

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

М. С. БОНДАРЕНКО, Б. Т. ДІАСАМІДЗЕ

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
«ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ТА РЕМОНТ СУДНОВИХ
ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ»**

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою НУК



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2025

УДК 629.5.018:621.4:621.01

Б81

Автори:

М. С. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент НУК;

Б. Т. Діасамідзе, д-р філософії, викладач кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики НУК

Рецензенти:

С. І. Сербін, д-р техн. наук, професор, професор кафедри турбін, директор Машинобудівного навчально-наукового інституту НУК;

І. М. Віршубський, д-р техн. наук, професор, директор ТОВ «Есо-oil-11»;

О. К. Чередніченко, д-р техн. наук, професор, професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики НУК

Рекомендовано Вченою радою НУК ім. адмірала Макарова

як навчальний посібник

(протокол № 04 від 26.04.2024 р.)

Бондаренко М. С.

- Б81 Конспект лекцій з дисципліни «Технічне обслуговування та ремонт суднових технічних засобів»: навчальний посібник / М. С. Бондаренко, Б. Т. Діасамідзе. – Миколаїв: НУК, 2025. – 264 с.

ISBN 978-966-321-489-4

Вміщено загальні питання організації технічного обслуговування суднових технічних засобів, аналіз їх несправностей, методи виявлення дефектів та ремонту головних двигунів, котлів, валопроводів, допоміжних комплексів і систем.

Призначено для студентів, що навчаються за спеціальностями 135 «Суднобудування» та 271 «Морський та внутрішній водний транспорт» денної та заочної форм навчання.

УДК 629.5.018:621.4:621.01

© М. С. Бондаренко, Б. Т. Діасамідзе, 2025

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2025

ISBN 978-966-321-489-4

ЗМІСТ

ЧАСТИНА I ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

РОЗДІЛ 1. ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ (СЕУ).....	6
1.1. Основи організації технічної експлуатації СЕУ.....	6
1.2. Організація технічної експлуатації.....	9
1.3. Технічне використання СЕУ.....	10
1.4. Організація вахтового обслуговування.....	11
1.5. Організація технічного обслуговування.....	14
1.6. Розподіл за завідуваннями.....	15
1.7. Заходи, що впливають на ефективність експлуатації судна.....	16
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ І ВІДМОВИ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ.....	23
2.1. Дефекти парогенераторів.....	23
2.2. Дефекти теплообмінних апаратів.....	27
2.3. Дефекти суднових парових турбін.....	27
2.4. Дефекти суднових газових турбін.....	29
2.5. Дефекти основних зубчастих передач.....	30
2.6. Дефекти двигунів внутрішнього згоряння.....	32
2.7. Особливості зношування дизеля в пусковий період.....	38
2.8. Дефекти масляної та пускореверсивних систем дизеля.....	40
2.9. Дефекти поршневих компресорів.....	41
2.10. Дефекти електронасосів.....	43
2.11. Дефекти мультипликатора.....	44
2.12. Дефекти суднових систем та трубопроводів.....	45
2.13. Дефекти блоків осушення та очищення стисненого повітря.....	46

2.14. Дефекти деталей та вузлів тралової лебідки.....	47
2.15. Дефекти якірних пристроїв.....	50
2.16. Дефекти швартовних, вантажних та шлюпкових пристроїв.....	50
2.17. Дефекти кермових пристроїв.....	50
РОЗДІЛ 3. ПЕРІОДИЧНІСТЬ ТЕХНІЧНОГО	
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ОСВІДЧЕННЯ ДИЗЕЛІВ.....	53
3.1. Технічне обслуговування суднових дизелів.....	53
3.2. Періодичність технічного обслуговування.....	56
3.3. Освідчення деталей і вузлів дизеля.....	61
ЧАСТИНА II	
РЕМОНТ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ СУДНОРЕМОНТУ.	
МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ.....	75
4.1. Види ремонту.....	75
4.2. Ремонтна документація.....	77
4.3. Нагляд за ремонтом суден та їх прийомка.....	79
4.4. Класифікація дефектів.....	81
4.5. Основні види зносу і руйнування.....	82
4.6. Методи виявлення дефектів.....	84
4.7. Виявлення внутрішніх дефектів та щільності з'єднань.....	88
РОЗДІЛ 5. РЕМОНТ КОТЛІВ.....	94
5.1. Підготовка котлів до ремонту.....	94
5.2. Ремонт котлів і теплообмінних апаратів.....	98
5.3. Допоміжні й утилізаційні котли.....	109
5.4. Випробовування та здача котлів у експлуатацію.....	111
РОЗДІЛ 6. РЕМОНТ ГОЛОВНИХ ДВИГУНІВ	
ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....	114
6.1. Підготовка двигунів внутрішнього згорання до ремонту.....	114
6.2. Дефектація та ремонт нерухомих деталей.....	124

РОЗДІЛ 7. ДЕФЕКТАЦІЯ ТА РЕМОНТ	
ОСНОВНИХ РУХОМИХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛІВ.....	151
7.1. Поршні.....	151
7.2. Крейцкопфи та поршневі пальці.....	159
7.3. Штоки.....	164
7.4. Шатуни, шатунні болти.....	166
7.5. Колінчасті вали.....	176
РОЗДІЛ 8. РЕМОНТ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ І ПАЛИВНОЇ	
АПАРАТУРИ.....	188
8.1. Турбокомпресори.....	188
8.2. Клапани.....	198
8.3. Розподільчі вали та кулачкові шайби.....	200
8.4. Паливні насоси.....	203
8.5. Форсунки.....	211
РОЗДІЛ 9. РЕМОНТ ВАЛОПРОВОДІВ І ГРЕБНИХ ГВИНТІВ.....	217
9.1. Дефектація і розбирання валопроводів.....	217
9.2. Дейдвудні труби.....	220
9.3. Гребні, проміжні та упорні вали.....	221
9.4. Дейдвудні втулки.....	229
9.5. Гребні гвинти.....	235
9.6. Насадка гребних гвинтів фіксованого кроку.....	239
РОЗДІЛ 10. РЕМОНТ ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ	
І СИСТЕМ.....	241
10.1. Палубні допоміжні механізми.....	241
10.2. Насоси, компресори та холодильні установки.....	243
10.3. Ремонт теплообмінних апаратів.....	250
10.4. Ремонт обладнання суднових систем.....	251
10.5. Ремонт трубопроводів.....	253
10.6. Збірка труб і захист їх від корозії.....	255
10.7. Теплова ізоляція трубопроводів.....	257
10.8. Монтаж та випробування трубопроводів на судні.....	259
10.9. Охорона праці під час ремонту систем.....	260
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	262

ЧАСТИНА I

ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

РОЗДІЛ 1

ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ (СЕУ)

1.1. Основи організації технічної експлуатації СЕУ

Під технічною експлуатацією (ТЕ) судна розуміється комплекс технічних та організаційних заходів, що забезпечують ефективне використання і тривалу підтримку на високому технічному рівні судна в цілому і кожного елемента суднового устаткування окремо. Таким чином, технічна експлуатація суднової енергетичної установки (СЕУ) є складовою частиною загального комплексу ТЕ судна.

Досягнення мети технічної експлуатації повинно здійснюватися за мінімальних витрат матеріальних і трудових коштів, що зі свого боку сприяє отриманню максимального економічного ефекту від експлуатації судна.

Універсальним і об'єктивним критерієм оцінки ефективності роботи судна є *прибуток* у процесі його експлуатації.

Відносно судової енергетики, це сумарний прибуток за період експлуатації судна:

$$\Pi_{\Sigma} = D_{\Sigma} - Z_{\Sigma},$$

де D_{Σ} – сумарний дохід за строк експлуатації судна, отриманий за його транспортну роботу – кількість перевезеного вантажу помножену на величину фрахтової ставки.

Сумарні витрати Z_{Σ} пов'язані з експлуатацією судна:

$$Z_{\Sigma} = K + Z_{\Sigma\text{ПММ}} + Z_{\Sigma\text{ек}} + Z_{\Sigma\text{рто}} + Z_{\Sigma\text{нк}},$$

де K – зведені витрати на побудову судна (амортизаційні відрахування, чи витрати пов'язані з оплатою банківських кредитів на побудову судна);

$Z_{\Sigma\text{ПММ}}$ – витрати на ПММ;

$Z_{\Sigma\text{ек}}$ – витрати на утримання екіпажу;

$Z_{\Sigma\text{рто}}$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування;

$Z_{\Sigma\text{н}}$ – витрати на обслуговування судна під час експлуатації: навігаційні, непрямі тощо.

Величина витрат на технічну експлуатацію багато в чому залежить від конструктивної досконалості СЕУ, а також від тривалості експлуатаційного періоду, обсягу і змісту ремонтних робіт, чисельності судового екіпажу, сорту та кількості палива і масла, що витрачаються, та деяких інших показників. Тривалість експлуатаційного періоду напряму впливає на кількість виконаних судом рейсів (величину його транспортної роботи) і, відповідно, на величину доходу від його експлуатації та прибутку.

Сучасна система технічної експлуатації флоту направлена на суттєве збільшення експлуатаційного періоду – головного показника, що визначає її рівень і, отже, економічну ефективність. Шляхи збільшення експлуатаційного періоду можна визначити, розглянувши сутність сучасної системи технічної експлуатації.

Річний бюджет часу морського судна розбивається на періоди:

– експлуатаційний, протягом якого судно виконує виробничі завдання;

– ремонтний, пов’язаний зі стоянками, необхідними для виконання ремонтних робіт і профілактичного докування.

Скорочення ремонтного періоду дозволяє збільшити час перебування судна в експлуатації і підвищити економічні показники його роботи.

Передбачаються технічні, організаційні та економічні заходи, що сприяють збереженню рівня технічного стану судна і перешкоджають збільшенню обсягу подальшого заводського ремонту:

- підвищення надійності суднового устаткування;
- оснащення суден у необхідному обсязі змінно-запасними частинами й засобами механізації;
- створення широкої мережі берегових баз технічного обслуговування.

Організаційні заходи обумовлюють створення стрункої системи технічного обслуговування, яка передбачає виконання максимально можливого обсягу планово-попереджувальних робіт з підтримки суднового устаткування в справному стані.

Крім того, весь обсяг ремонтних та профілактичних робіт розподіляють між судновими екіпажами і береговими ремонтними підприємствами. Чітко планують роботи з технічного обслуговування обладнання в процесі експлуатації судна, готують моряків за кількома робочими професіями.

Економічні заходи передбачають широке використання принципу матеріального стимулювання судових екіпажів, які домоглися продовження експлуатаційного періоду.

Завдяки перекладу флоту на тривалий термін плавання без заводського ремонту експлуатаційний період досяг у середньому по наливному флоту 319 діб, по суховантажному – 332 доби.

Технічна експлуатація судових енергетичних установок передбачає вирішення різних завдань, її можна поділити на *технічне використання* і *технічне обслуговування*.

Технічне використання передбачає забезпечення надійної, ефективної та економічної роботи суднової техніки, що сприяє виконанню виробничих завдань. Досконалість технічного використання визначається чіткою організацією праці суднового екіпажу, технічно правильним вибором режимів роботи обладнання, ефективністю контролю, підтримки й регулювання цих режимів, раціональним використанням палива і мастила, а також виконанням комплексу заходів щодо експлуатації двигуна та його систем.

Технічне обслуговування – це комплекс технічних і організаційних заходів, що проводяться екіпажем та береговими базами для підтримки в справному стані суднової техніки. В основі технічного обслуговування лежить система планово-попереджувальних оглядів та ремонтів, що забезпечує своєчасне відновлення техніко-експлуатаційних характеристик суднового устаткування, що втрачаються в процесі експлуатації.

Успішне розв'язання основних проблем організації технічного використання й обслуговування СЕУ є засобом подальшого підвищення експлуатаційного періоду.

1.2. Організація технічної експлуатації

В основу організації ТЕ на судах покладено такі основні принципи:

- організація єдиної служби забезпечення ТЕ судна;
- розподіл технічної експлуатації суден (здійснюваної судновим екіпажем) на вахтове і технічне обслуговування;
- розподіл суднових конструкцій і технічних засобів за завідуванням.

У межах пароплавства технічну експлуатацію флоту організовує служба суднового господарства (ССГ). Серед її різноманітних функцій важливе місце займають питання організації технічного використання й обслуговування СЕУ.

1.3. Технічне використання СЕУ

ТВ передбачає: організацію праці персоналу машинного відділення; вибір оптимальних режимів роботи СЕУ; раціональне використання палива й мастила.

Організація праці персоналу машинного відділення будуватиметься з урахуванням положень Статуту служби на суднах морського флоту.

Головною особою, відповідальною за правильну організацію технічної експлуатації судна в цілому, є *капітан*. Заступником капітана з технічної частини є *старший механік*. Він складає розклад по вахтах і завідуваннях судномеханічної частини, планує та організовує працю машинної команди. Розпорядження останнього з питань ТЕ обов'язкові для всіх членів екіпажу.

ТЕ судна, судових конструкцій і технічних засобів повинна проводитися в чіткій відповідності з інструкціями заводів-виготовлювачів обладнання, Правилами технічної експлуатації судових технічних засобів (ПТЕ СТЗ), Нормативних документів, затверджених пароплавством (судновласником). Відхилення від вимог можуть бути допущені у виняткових випадках за наказом капітана чи старшого механіка (в екстремальних випадках з дозволу вахтового помічника капітана з обов'язковим записом у судовому і машинному журналах).

Під організацією праці на судні мається на увазі раціональний поділ функцій членів машинної команди з технічної експлуатації установки. В умовах сучасного судна ці функції поділяються на контроль процесів, що протікають в установці, управління ними, і на ремонт судового устаткування. Першу функцію виконують у процесі несення вахт, а другу – у процесі судових робіт.

На сьогодні трудовитрати на технічну експлуатацію в умовах судна в середньому по флоту становлять (%):

на контроль – 18, на управління – 19, на профілактику і ремонт – 63.

1.4. Організація вахтового обслуговування

Вахта – це період несення служби з особливою відповідальністю за безпечну, надійну, економічну експлуатацію всіх суднових конструкцій і технічних засобів судна. Загальні вимоги до несення вахти, обов'язки вахтового персоналу встановлені Статутом, Положенням, інструкціями, а також іншими інструктивними документами.

Вахтова служба повинна забезпечити управління і контроль за станом суднової техніки, підтримку необхідних режимів роботи та безпечне плавання. Вона формується з постів, які поділяються на *вахтові, контрольні та чергові*.

Вахтовий пост встановлюють безпосередньо в обслуговуваних об'єктах; безперервна присутність вахтового персоналу тут обов'язкова.

Контрольний пост установлюють окремо від обслуговуваних об'єктів. Він оснащується системами керування та СЦК. Вахтовий персонал повинен перебувати на посту постійно, за винятком часу обов'язкових періодичних контрольних обходів.

Черговий пост не вимагає постійного контролю і безпосередньої присутності в ньому вахтового персоналу. Персонал може перебувати в будь-якому із суднових приміщень, обладнаних аварійно-попереджувальною сигналізацією, періодично роблячи обходи.

Контрольні та чергові пости вводяться на судах та мають знак автоматизації в символі Регістру (AUT1 або AUT2). Структуру й чисельність вахтової служби встановлює пароплавання (судновласник) за серіями суден, виходячи з призначення, тоннажу судна, типу та потужності ЕУ, ступеня

автоматизації, умов експлуатації. На кожному судні старший механік складає розклад по вахтах, який затверджує капітан.

Вахтовий механік – начальник усієї вахтової служби ЕУ. Він повинен сповіщати старшого механіка про аварійні ситуації, проте має право приймати самостійні рішення в екстрених випадках.

Ходова машинна вахта. Механік, що заступає на вахту, перевіряє стан працюючих механізмів і обладнання, рівні палива й масла у витратних, зливних, відстійних цистернах; робочі параметри головних і допоміжних механізмів; знайомиться із записами в машинному журналі та перевіряє їх відповідність власними спостереженнями. Вахта вважається переданою після підписання машинного журналу обома механіками, який здає і приймає вахту.

Машинна вахта на стоянці. Вахтове обслуговування СЕУ під час стоянок у портах включає в себе добове чергування механіків і за потреби вахту помічника механіка (машиніста) по 8 годин.

Під час стоянки в порту вахтовий механік:

- 1) забезпечує надійну роботу устаткування, пов'язаного з вантажними операціями і безпечною стоянкою судна;
- 2) здійснює контроль та управління судновими технічними засобами (СТС), що забезпечують подачу пари, електроенергії, стисненого повітря і води для виробничих та побутових потреб судна;
- 3) здійснює регулярні обходи судна для виявлення можливих несправностей устаткування та вживає заходів щодо їх усунення.

Про всі істотні події, пов'язані з роботою, технічним обслуговуванням або ремонтом необхідно зробити відповідний запис у машинному журналі.

За стоянкових режимів капітан установлює: постійну готовність до виходу або готовність до певного терміну. За постійної готовності судна, ЕУ повинна бути приведена

в дію в мінімально можливий термін (відповідно до інструкцій заводів-виготовлювачів).

Постійна готовність може бути оголошена під час стоянки на рейді, виробництві вантажних операцій на танкерах у незахищених від вітру і хитавиці місцях, виробництві вантажних операцій з небезпечними в пожежному відношенні вантажами, а також на розсуд капітана у складних умовах стоянки.

Під час стоянок зазвичай проводять роботи по ТО СТЗ, які не можуть бути виконані на ходу. Тривалість (терміни закінчення) цих робіт повинні бути узгоджені із заданим (установленим) ступенем готовності судна.

Трудовитрати на контроль і реєстрацію параметрів можна знизити шляхом концентрації всіх контрольно-вимірювальних приладів та сигнальних пристроїв на єдиному пульті управління. Це забезпечується широким упровадженням дистанційних контрольно-вимірювальних приладів, апаратури з автоматичним записом параметрів, систем попереджувальної сигналізації та аварійного захисту. Для зниження трудовитрат на управління застосовують автоматизацію процесів управління головними двигунами й допоміжними механізмами шляхом упровадження систем дистанційного автоматизованого управління (ДАУ) та автоматичних пристроїв обслуговування механізмів в умовах роботи на змінних режимах.

Контроль та управління значно спрощуються в разі комплексної автоматизації установки. У цих умовах можливе зменшення чисельності екіпажу й застосування більш прогресивних форм організації праці. Такими формами можуть бути:

- звичайне вахтове обслуговування, але зі зменшеною чисельністю вахтових аж до однієї людини;

- вахтове обслуговування в денний час і безвахтове – у нічний. У цьому випадку надійність механізмів і засобів автоматики повинна забезпечувати їх безперебійну роботу протягом не менше 16 год, а реєструючі пристрої повинні забезпечувати фіксацію параметрів в обсязі машинного

журналу. На випадок можливих аварій передбачається система виклику чергового фахівця в машинне відділення.

Незважаючи на можливість зменшення чисельності вахтового персоналу на комплексно-автоматизованих суднах, для значного зменшення кількісного складу машинної команди особливих можливостей поки немає. Це пояснюється тим, що поряд зі зниженням трудомісткості робіт з контролю та управління, частка трудовитрат на технічне обслуговування установок навіть дещо збільшується.

1.5. Організація технічного обслуговування

Технічне обслуговування (ТО) полягає у виконанні операцій, які забезпечують підтримку необхідного рівня стану СТЗ і конструкцій:

- 1) своєчасне виконання профілактичних та відновлювальних робіт, включаючи контроль технічного стану;
- 2) видалення експлуатаційних відкладень;
- 3) виявлення та усунення несправностей;
- 4) відновлення та/або своєчасна заміна зношених деталей, елементів і вузлів.

Зазвичай ТО повинно проводитися відповідно до плану-графіка і забезпечувати працездатність судна та його елементів у міжремонтний період експлуатації.

Для проведення ТО, члени служби технічної експлуатації судна, що не несуть вахту, об'єднуються у бригади, склад яких визначає старший механік за потреби. Робочою бригадою по корпусним частинам керує боцман, по машині – другий механік.

У роботах з ТО безпосередню участь беруть особи командного складу, відповідальні за завідування (розбирання, огляд, дефектацію, закриття СТЗ – присутність, контроль обсягу та якості виконаних робіт, прийому своїх ТЗ).

1.6. Розподіл за завідуваннями

Регламентується Статутом та уточняється судовим розкладом із завідувань, який складає старший механік і затверджує капітан.

Другий механік: головні й аварійні двигуни, валопровід, дейдвудний пристрій, рушій, рульовий пристрій, баластні, водовідливні та масляні системи, системи пожежогашіння, аварійно-рятувальне обладнання механічної установки.

Третій механік: допоміжні двигуни, повітряні компресори, повітроохолоджувачі, паливна система, (на парових судах – котельна установка, ОУ, системи котельної води, забезпечення парою загальносуднових механізмів).

Четвертий механік: механічна частина палубних механізмів, вантажних і захисних систем, котельна й опріснювальна установки, системи котельної води, обігріву баластних і паливних танків, парогшіння.

Електромеханік: на судах без електроруху входить усе електрообладнання, включаючи електричну частину засобів автоматизації і контролю.

Старпом + боцман: корпус судна, судові пристрої, аварійно-рятувальне обладнання, мірні, повітряні та прийомні труби, трапи, обладнання загальносуднових систем – старпом відповідає за ТВ, боцман забезпечує ТО.

Другий помічник капітана: вантажні пристрої й устаткування трюмів (прийомні сітки, горловини танків, системи внутрішньої трюмної вентиляції та механізації) – відповідає за правильне ТВ цього обладнання.

Третій помічник: штурманське, навігаційне та гідрометеорологічне обладнання, прилади та інструменти, морські карти, керівництва й посібники для плавання тощо.

Профілактичні та ремонтні роботи становлять основну частину трудовитрат екіпажу, що пояснюється необхідністю значного застосування ручної праці.

Шляхами зниження трудомісткості суднових робіт є наступне: упровадження засобів механізації; зменшення обсягу профілактичних та ремонтних робіт, що виконуються силами суднового екіпажу; комплектація механізмів у необхідній кількості змінно-запасними деталями; подальше підвищення надійності суднового обладнання.

Механізація трудомістких процесів передбачає, поряд із застосуванням механізованого інструмента з очищення і фарбування, використання механізованих пристроїв для монтажних та демонтажних робіт на ГД, допоміжних механізмах і суднових пристроях, способів очищення цистерн та теплообмінних апаратів тощо.

1.7. Заходи, що впливають на ефективність експлуатації судна

Роботи з технічного обслуговування суднового устаткування поряд із судновим екіпажем здійснюють берегові ремонтні організації. Тому ССГ під час складання плану-графіка профілактичних і ремонтних робіт по судну планує береговим організаціям роботи, виконання яких вимагає спеціального обладнання та кваліфікації виконавців. Суднова команда в умовах плавання повинна виконувати комплекс профілактичних робіт, терміни виконання яких не збігаються з періодичністю заводського ремонту.

Значному спрощенню ремонтних робіт у суднових умовах сприяє наявність необхідного комплексу змінних деталей. Подальшого зниження трудомісткості профілактичних і ремонтних робіт досягають проєктуванням та виготовленням суднової техніки, що володіє високою надійністю, великим ресурсом, зручністю в експлуатації та ремонті. Існують різні форми організації профілактичних і ремонтних робіт.

Вибір оптимальних режимів експлуатації суднових дизелів, що забезпечує надійну та економну їх роботу, є першочерговим завданням технічного використання. Це особливо важливо у зв'язку з існуючою наразі тенденцією підвищення теплової та механічної напруженості суднових дизелів.

Для кожного типу морських суден з однойменними двигунами в різних умовах експлуатації можуть бути визначені залежності між основними параметрами дизеля. Використовуючи ці дані в конкретних умовах плавання, можна призначити відповідні значення потужності з урахуванням створення необхідного резерву. Наявність резерву потужності запобігає перевантаженню двигуна за незмінного положення паливної рукоятки поста управління в разі зміни частоти обертання вала, викликаній зміною напруги і сили вітру, зміною глибини під кілем, перекладанням пера керма тощо.

На підставі досліджень і досвіду експлуатації суднових дизелів розроблені загальні принципи нормування режимів роботи головних двигунів. Вони передбачають попередження перевантаження двигуна, для чого параметри регламентуються загороджувальною характеристикою, і в той же час максимальне використання його можливостей у конкретних умовах, що визначаються фактичною гвинтовою характеристикою. Завдання оптимального режиму експлуатації двигуна супроводжується установкою необхідних параметрів в обслуговуючих його системах, що також визначає експлуатаційні показники установки.

Важливу роль у забезпеченні оптимальних умов експлуатації енергетичної установки має контроль, підтримка і регулювання заданого режиму роботи. Найбільш успішно це завдання вирішується в умовах комплексної автоматизації дизельної установки. Однак навіть часткова автоматизація процесів, що протікають у двигуні та обслуговуючих його системах, і використання аварійно-попереджувальної

сигналізації значно сприяють підвищенню ефективності підтримки режиму експлуатації установки.

Раціональне використання палива і масла передбачає подальше скорочення витрат на паливо за рахунок економного його витрачання, а також широкого використання більш дешевих сортів палива.

Витрати палива зменшують шляхом ретельного регулювання дизеля, правильного призначення режимів його роботи й постійного підтримання його в належному технічному стані. Однак, незважаючи на певні досягнення, подальше зниження питомої витрати палива не є єдиним ефективним засобом скорочення витрат на паливо.

Другий шлях зниження витрат на паливо є більш перспективним. Використання в суднових дизелях високов'язкого сірчистого залишкового палива, вартість якого значно нижча за вартість дизельного палива, дозволяє отримувати значну економію коштів, які витрачаються на експлуатацію СЕУ.

Однак важкі сорти палива (моторне паливо і мазут) відрізняються від дизельного палива більш високими показниками в'язкості та температури застигання, більшою коксівністю, зольністю, підвищеним умістом сірки, а також наявністю механічних домішок і води. Усе це може призвести до погіршення умов роботи елементів паливної системи, підвищеному утворенню нагару, корозії і швидшого зносу деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ).

Для створення нормальних умов експлуатації двигунів на важких сортах палива під час проєктування сучасних дизельних установок передбачається використання:

- систем підготовки палива, що забезпечують необхідний підігрів і очищення важкого палива;
- спеціальних систем подачі палива, що забезпечують якісне розпилювання, сумішоутворення і згоряння важкого палива;

– циліндрових і циркуляційних масел з високими проти-зносними та миючими властивостями, що забезпечують три-валу надійну роботу двигуна.

Упровадження перелічених конструктивних і експлуа-таційних удосконалень вимагає додаткових витрат. Аналізу-ючи основні статті цих витрат, можна встановити економічну доцільність використання важкого палива.

Витрати на паливо. У розрахунках має бути враховано збільшення витрат важкого палива під час спалювання в цилін-драх у зв'язку з його меншою теплоотою згоряння і зниженням індикаторного ККД двигуна. Крім того, збільшення витрат пов'язане з втратами у процесі очищення і необхідністю піді-гріву палива в системі під час подачі його до дизеля (в танках основного запасу, відстійних і витратних цистернах, перед сепараторами та перед паливними насосами). Відповідно до дослідних даних, питома витрата високов'язкого палива в порівнянні з дизельними зростає на 4...6%.

Витрати на спеціальні лужні масла для малообертових дизелів визначають з урахуванням того, що частка масла від витрати палива складає 0,3...0,5%.

Витрати на обладнання та ремонт елементів системи підготовки палива (відстійних цистерн, підігрівачів, сепара-торів, фільтрів). Установлено розрахунками і підтверджено практикою, що витрати на додаткове обладнання систем під-готовки палива компенсуються зазвичай протягом першого року експлуатації судна на важкому паливі.

Витрати на заміну та ремонт деталей ЦПП і паливної апаратури (паливних насосів, форсунок). Інтенсивність зносу перерахованих деталей під час роботи на важких сортах палива дещо зростає. Однак досвід експлуатації підтверджує, що в разі використання високоякісних імпортих і вітчизняних циліндро-вих масел зноси циліндрових втулок відносно невеликі та не перевищують 0,08 мм на 1000 год роботи. Термін придатності циліндрових втулок під час роботи двигуна на високов'язкому

паливі досягає 60 тис. год, під час роботи на середньов'язкому паливі – 100 тис. год. Термін придатності поршневих кілець досягає 12 тис. год, а паливної апаратури – 100 тис. год. Наведені дані вказують на те, що знос деталей ЦПГ і паливної апаратури під час роботи двигуна на важкому паливі мало відрізняється від зносу в разі роботи двигуна на дизельному паливі і тому витрати на цю статтю збільшуються несуттєво.

Витрати на підвищення трудомісткості робіт з обслуговування двигуна, що працює на важкому паливі, включаючи витрати на моточищення. Збільшення трудовитрат машинної команди в разі роботи установки на високов'язкому паливі викликане зазвичай більш частим очищенням паливних фільтрів і сепараторів, а також необхідністю посиленого контролю за роботою системи підготовки палива. За даними ЦНДІМФ, ці трудовитрати зростають у разі перевodu двигуна з дизельного на моторне паливо приблизно на 30 %, а в разі перевodu на мазут типу ДМ – на 80 %. Однак зростання трудовитрат у вартісному вираженні по відношенню до економічного ефекту від застосування важкого палива незначний.

Не суттєво зростають також трудовитрати на моточищення. Досвід експлуатації малообертових дизелів підтверджує необхідність моточищення тільки після втрати кільцями рухливості або в разі збільшення зазора в замках до граничних значень. Це пояснюється тим, що передчасне моточищення порушує пригонку деталей і призводить до збільшення зносу. Тому термін між моточищенням може складати від 7...8 до 10...12 тис. год. Досвід експлуатації багатьох судових двигунів підтверджує економічну доцільність і технічну можливість широкого використання високов'язкого палива в малообертових і середньообертових дизелях. До того ж додаткові експлуатаційні витрати, пов'язані з використанням важкого палива, повністю перекриваються економією, одержуваної в разі його застосування замість дизельного палива.

Під раціональним використанням масла мається на увазі правильний вибір і технічно правильне, економне використання циркуляційних і циліндрових масел. Це забезпечує роботу двигуна з мінімальним зношуванням деталей, дозволяє підтримувати витрати на профілактичні та ремонтні роботи по двигуну в оптимальних межах, а загалом веде до зниження експлуатаційних витрат по судну.

Під час вибору циркуляційного масла беруть до уваги конструктивні особливості двигуна та умови, у яких маслу належить працювати – матеріал деталей, що труться, навантаження на тертьові поверхні, швидкість їх відносного переміщення, температурний режим і робоче середовище.

Експлуатація циркуляційної системи повинна забезпечувати найкращі умови змащення двигуна з максимальним терміном придатності циркуляційного масла. На ефективність масла і тривалість збереження ним необхідних якостей у процесі експлуатації впливають технічний стан двигуна, температурний режим у системі змащення, режим очищення масла. Велике значення має також організація контролю якості масла в судових умовах, який дозволяє своєчасно встановити можливі зміни властивостей масла і вжити необхідних заходів щодо їх запобігання.

Під час вибору циліндрових масел ураховують ступінь швидкохідності двигуна, потужність і сорт палива, на якому працює двигун. Особливо важливим є правильний вибір циліндрових масел для потужних малообертових дизелів, що працюють на високов'язких сірчистих паливах і відрізняються високою тепловою напруженістю деталей ЦПГ, через що значно погіршуються умови їх змащення.

У разі підвищеного вмісту сірки в паливі збільшується утворення нагару на деталях ЦПГ, зростає їх корозія і знос. Використання спеціальних циліндрових масел, що мають високі нейтралізуючі й миючі властивості, значно знижує шкідливий вплив сірки.

В експлуатації циліндрової системи змащення важливе місце займає дозування подачі масла насосами-лубрикаторами. Величина подачі, забезпечуючи необхідні умови змащення і мінімальний знос деталей ЦПГ, не повинна допускати значних відкладень нагару і лаків у циліндрі.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ І ВІДМОВИ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

З часом суднові системи та механізми поступово чи раптово втрачають свою працездатність. Раптові відмови настають здебільшого через порушення правил експлуатації, а також несправностей, що залишилися після виготовлення системи, очікувані відмови – у процесі зношування або руйнування. Завдяки правильній експлуатації можна зберегти працездатність системи протягом усього заданого проміжку часу, і процеси зношування чи руйнування будуть мати так званий природний (нормальний) характер.

Для суднових систем найбільш характерними нормальними видами зношування та руйнувань є корозійне, ерозійне, втомне, зношування під час тертя, руйнування в результаті повзучості та релаксації напруги чи від впливу ядерних випромінювань.

2.1. Дефекти парогенераторів

Сучасні суднові водотрубні парогенератори працюють за високих значеннях тиску та температури перегрітої пари; під час маневрування судна відбувається часта зміна температурного режиму. Крім того, вузли парогенераторів знаходяться під постійним впливом агресивних речовин, що є у складі димових газів та котлової води, які за високих тисків та температур рухаються з великими швидкостями. Основними

дефектами парогенератора є корозійні та термовтомні руйнування металевих конструкцій, утрата щільності вальцювальних з'єднань, розриви труб та тріщини на колекторах у результаті перегрівів, несправностей форсункових і повітронаправних пристроїв, арматури, контрольно-вимірювальних приладів та цегляних кладок.

Під час роботи за високої температури можлива хімічна взаємодія металу парогенератора (заліза) з парами води, у результаті якого утворюється окис заліза та водень. Частина водню під впливом робочого тиску та високої температури дифундує в метал трубки, викликаючи міжкристалітну корозію по межах зерен, у результаті якої метал стає крихким. Водень, що проникає вглиб металу, вступаючи в реакцію з вуглецем сталі, утворює нерозчинний у металі газоподібний метан, який зі свого боку посилює процес міжкристалітної корозії. Крім того, зв'язування вуглецю веде до зменшення вуглецю у складі сталі.

Міжкристалітна корозія є також результатом руйнування металу за підвищених концентрацій їдкого натру в котловій воді та за великої напруги у металі. Корозія спостерігається в тих зонах водотрубних парогенераторів, де за конструктивними умовами відсутня циркуляція котлової води і підвищується концентрація їдкого натру. Такими вузлами, зокрема, є заклепувальні та вальцювальні з'єднання.

Електрохімічна корозія визначається катодним обмеженням, у якому швидкість корозії залежить від процесу кисневої деполяризації. Швидкість корозії зростає в разі збільшення кисню, розчиненого в котловій воді, і залежить від внутрішніх факторів – збільшення концентрації солей у котловій воді та наявності в металі окремих включень, що є сильними катодами. Небезпечно, коли зварний шов є анодом.

Газовій корозії за високих температур піддаються зовнішні нагрівальні поверхні парогенератора внаслідок взаємодії металу трубок з агресивними хімічними речовинами

димових газів. У процесі газової корозії на поверхні металу утворюється плівка оксидів (окалина), що захищає метал від подальшої корозії. Однак ця плівка може бути зруйнована потоком газів або внаслідок механічної та термічної напруги у пливці, пов'язаних зі змінами температурного стану парогенератора, у разі підвищення тиску пари або виведенні парогенератора з дії.

Поверхні бездіючого парогенератора, що стикаються з атмосферним середовищем, піддаються атмосферній корозії, поверхні, що омиваються котловою водою, – електрохімічній. Електрохімічну корозію внутрішніх поверхонь, покритих котловою водою, викликає розчинене у воді повітря, яке у вигляді бульбашок осаджується на внутрішніх поверхнях колекторів та трубок. Так як концентрація кисню всередині бульбашки вище, ніж у воді, то (згідно з принципом Еванса) поверхня металу всередині бульбашки біля стінки виявляється катодом, а біля стінки поза бульбашкою – анодом. Унаслідок цього метал руйнується по периметру бульбашки із зовнішнього боку.

Перегрів нагрівальних поверхонь парогенератора викликає місцеве або загальне підвищення температури котлових конструкцій вище розрахункових значень, що супроводжується погіршенням механічних властивостей сталі.

Короточасні перегріви обумовлюються убутком води з парогенератора, порушенням нормальної циркуляції котлової води, потраплянням у котлову воду масляних речовин або місцевим перегрівом, коли факел полум'я форсунки направлений безпосередньо у трубку частину.

Тривалі перегріви відбуваються через значне утворення накипу на внутрішніх поверхнях трубок, що через низьку теплопровідність накипу призводить до зростання термічного опору теплопередачі, або через спалювання в топці парогенератора кількості палива, що перевищує допустиме, що викликає збільшення температури в топці. Експлуатація

парогенератора з форсунками, що мають підвищену продуктивність, є однією з причин перегріву.

Незважаючи на те, що температура металу трубок парогенератора незначно (на 20...50 °C) перевищує гранично-допустиму, під час тривалої роботи це викликає інтенсивну повзучість металу. Результатом подібного перегріву є, наприклад, утрата щільності вальцювальних з'єднань парогенератора (через процес релаксації пружної напруги, отриманої під час вальцювання трубок, і повзучості металу).

Несправності колекторів парогенератора викликаються корозійними руйнуваннями, тріщинами по зварних швах та між трубними отворами, які зазвичай також є наслідком корозійних процесів. Наприклад, поява тріщин між трубними отворами пояснюється лужною корозією.

Несправності форсунок і повітрянаправляючих пристроїв пов'язані зазвичай з їх механічними пошкодженнями та зносом: підвищенням продуктивності форсунок у результаті збільшення прохідного перерізу, спричиненого зношуванням стінок соплового отвору; розширенням тангенціальних канавок розпилювачів механічних форсунок, при якому погіршується якість розпилювання палива; розтріскуванням торцевих поверхонь стаканів форсунок унаслідок їх перегріву; деформацією деталей повітрянаправляючих пристроїв, що погіршує якість перемішування палива з повітрям та знижує якість згоряння палива в топці парогенератора.

Найпоширенішими несправностями арматури парогенератора є пропуски робочих середовищ (води, пари) при закритому стані клапанів, руйнування або втрата прозорості скла (слюдяних пакетів) водовказівних приладів, неспрацьовування головних запобіжних клапанів у разі підвищення тиску пари в паровому колекторі, заклинювання стопорних пристроїв.

2.2. Дефекти теплообмінних апаратів

Характерними відмовами і несправностями теплообмінних апаратів є погіршення процесу теплопередачі в результаті обростання та експлуатаційних відкладень, поява нещільності з'єднання трубок і трубних дошок, корозії корпусів, трубних дошок трубок теплообмінних апаратів, знецинкування трубних дошок і трубок, руйнування шару полуди тощо.

2.3. Дефекти суднових парових турбін

Відносно невеликий термін придатності деяких важливих вузлів та деталей суднових турбін пояснюється складністю експлуатації суден та специфічними умовами їх роботи, що характеризуються великою кількістю введів у дію, тривалістю перебування у прогрітому стані, тривалою бездіяльністю, частою зміною режимів роботи, високою вологістю та різкою зміною температури у приміщеннях машинних відділень. Змінні режими порушують теплову рівновагу деталей, що призводить до появи температурних напруг та деформацій, виникнення умов для зношування.

Корпус турбіни, особливо в районі регульовального ступеня і пазів для кріплення діафрагм, схильний до корозії через нещільність запірної арматури, скупчення і застою конденсату в нижніх частинах корпусу в разі закупорки продуктами корозії отворів для продування, відкладення солей на поверхнях, що омиваються парою.

У процесі експлуатації інтенсивно зношується сопловий апарат. Зношування сопла виявляється як при загальному корозійному пошкодженні паропроводів і турбін, так і за відсутності корозійного пошкодження проточних частин турбін. У першому випадку поверхні соплових перегородок, крім зношування, мають глибоку виразкову корозію. Абразивне

зношування вихідних кромek, що почалося, швидко прогресує. Робота турбін із зношеними вихідними кромками сопел веде до втрати економічності та інтенсивного зношування лопаткового апарата регульовального ступеня, особливо направляючих лопаток, розташованих проти зношених сопел. Зношування лопаткового апарата парових суднових турбін відбувається внаслідок корозійних та ерозійних руйнувань і механічних пошкоджень, пов'язаних із потраплянням у проточну частину сторонніх тіл. Найбільшому зношуванню піддаються лопатки:

- регульовального ступеня, де спостерігається ерозійне зношування, а іноді й корозійне руйнування;
- останніх ступенів малих ходів та ступенів повного ходу турбіни високого тиску, де переважають корозійні процеси;
- перших трьох-п'яти ступенів турбіни низького тиску, де відзначаються змішані корозійно-ерозійні процеси;
- першого вінця турбіни заднього ходу.

Корозійним руйнуванням лопаток першого вінця турбіни заднього ходу сприяє поганий стан дренажу. Характерне серповидне зношування цих лопаток відбувається в результаті пропуску маневрового клапана. Корозійне зношування посилюється на ступенях, де спостерігається відкладення солей, тобто в зоні переходу пари з перегрітої до насиченої. Останній ступінь турбін низького тиску практично не має корозійно-ерозійного руйнування. Це пов'язано з малими значеннями окружних швидкостей і нижчою, ніж розрахункова, вологістю пари через знижене значення ККД на середніх експлуатаційних режимах. Мала швидкість проникнення корозії пояснюється змиванням солей під час роботи внаслідок великої вологості.

2.4. Дефекти суднових газових турбін

Потрапляння морської води до лопаткового апарата компресорів суднових газових турбін призводить до розвитку корозійної втоми лопаток. Лопатки газових турбін працюють в умовах багаторазових температурних коливань (від температури навколишнього повітря до 900 °С і більше), пов'язаних із запусками, зупинками та змінами режиму роботи. Це посилює дифузійні процеси в жароміцних сплавах, зменшує їхню міцність, збільшуючи швидкість повзучості, а також викликаючи об'ємні зміни металу, що супроводжуються утворенням тріщин, частину з яких не видно на поверхні.

До найістотніших дефектів камер згоряння відносяться тріщини в жарових трубах і зовнішніх кожухах, а також короблення жарових труб. Тріщини у жарових трубах виникають між отворами, розташованими на стінках, де місцеві градієнти температур можуть сягати кількох сотень градусів на сантиметр. Окислення, а також поява нагару призводять до додаткових температурних напруг та розвитку тріщин. У жарових трубах можуть виникати і тріщини втоми від вібрацій та частих змін температури. Тріщини нерідко розвиваються з мікротріщин, що утворюються в процесі виготовлення та механічної обробки жарових труб.

Короблення жарових труб відбувається через місцеві перегіви, що виникають через недостатнє охолодження або появи нагару на стінках, а також при недостатніх зазорах, що компенсують теплове розширення. Короблення спотворює течію повітря та погіршує характеристики камери згоряння.

У зовнішніх корпусах, що працюють у менш напружених температурних умовах, ніж жарові труби, тріщини з'являються внаслідок вібрації камери згоряння.

Зношування кінцевих ущільнень, ущільнень діафрагм і думісу проявляється в радіальному та осьовому зношенню, деформації, зминанні вусиків, а також у їх корозійному та

ерозійному руйнуванні. Характерна несправність ущільнень – поломка пружин ущільнювальних сегментів, внаслідок чого відбувається втрата їхньої радіальної рухливості.

2.5. Дефекти основних зубчастих передач

Сучасні основні зубчасті передачі працюють у важких експлуатаційних умовах. При малих габаритах зубчаста передача передає потужності десятками тисяч кіловат. Тому необхідно постійне спостереження за технічним станом зубчастої передачі протягом експлуатації та за повнотою дефектації; у разі надходження передачі – заводський ремонт.

Викришування зазвичай має втомний характер. У районі контактної лінії за низької якості масла, занадто високій його температурі та розцентровці можуть виникнути контактні напруги вище гранично-допустимих. Прогресуючому викришуванню сприяє пульсуючий характер навантаження в разі змикання зубів у резонансних зонах. На робочих поверхнях зубів починають з'являтися тріщини втоми, у які під тиском надходить масло і руйнує матеріал.

Викришування може бути непрогресуючим (безпечним), якщо в міру зношування зуба відбувається вирівнювання навантаження, що веде до припинення процесу руйнування. Відшаровування багато в чому схоже з викришуванням, але відрізняється тим, що при цьому від робочої поверхні зубів відокремлюються порівняно великі частинки металу. Явище відшаровування (сколювання) зазвичай поширюється по всій довжині зуба. Поверхнєве відшаровування у ряді випадків виникає під час перших пусків нових важконавантажених шестерень, поки поверхня зуба не отримала ще нормального наклепу.

Наволочування, або накочування відбувається в разі розриву масляної плівки, що призводить до різкого місцевого підвищення температури і пластичної течії матеріалу

на робочій поверхні зуба. Наволочування може виникати на поверхні зубів, що труться з великою швидкістю. Заїдання зубів є крайнім випадком наволочування. Воно характеризується відривом частинок матеріалу та утворенням глибоких борозн, що йдуть у напрямку ковзання.

Абразивне зношування зубів, що виникає в результаті роботи зубчастої передачі на забрудненому маслі, виражається у вигляді подряпин різної глибини, розташованих у напрямку ковзання.

Задири, або зріз зубів на вигляд схожі з абразивним зношуванням. Вони проявляються найбільш інтенсивно в тому випадку, якщо на поверхні зубів шестерень, виготовлених з твердішого матеріалу, ніж матеріал колеса, є сліди грубої обробки.

Поломка зубів, повна або часткова відбувається внаслідок потрапляння між зубами під час роботи передачі сторонніх предметів або є результатом прогресуючого процесу викришування. Зазвичай повна поломка зубів у сучасних швидкісних і важконавантажених передачах виводить шестерню з ладу, що фактично призводить до аварії всього ТЗА.

Порушення правильного взаємного положення осей шестерень зубчастої передачі (розцентрування) відбувається внаслідок нерівномірного зношування антифрикційного матеріалу опорних підшипників зубчастих коліс, а також деформації корпусу редуктора, на якому встановлені вкладиші опорних підшипників. Розцентрування визначає непаралельність та перекіс осей пари зубчастих коліс.

У практиці непаралельність та перекіс валів зустрічаються одночасно. Якщо непаралельність і перекіс пари зубчастих коліс виявляться більшими за допустимі, то відбувається нерівномірний розподіл навантаження по довжині зуба і, як наслідок, – місцеве навантаження зі зростанням контактної напруги, інтенсивний процес викришування зубів, пластичні деформації, вібрація передачі під час роботи.

Характерна несправність корпусу зубчастої передачі – порушення щільності з'єднань окремих частин корпусу редуктора через деформацію корпусних конструкцій.

Підшипники кочення не придатні для експлуатації, якщо є наступні дефекти:

- тріщинах на обоймах та заклепках сепараторів, на шариках чи роликах;

- зношення, викришування на бігових доріжках кілець, кульках або роликах;

- наявності кольорів побіглості на обоймах, сепараторах, шариках або роликах;

- грубих рисках, наволочуванні металу на шариках і роликах, задирках, відшаровуванні матеріалу, раковинах, гойданні заклепок, вибоїнах і вм'ятинах на сепараторі, вироблених у місцях прилягання шариків та роликів до сепараторів;

- корозії на бігових доріжках обойм, на шариках та роликах.

У підшипників, що пройшли огляд та визнаних придатними, перевіряють плавність ходу, осьові та радіальні зазори.

2.6. Дефекти двигунів внутрішнього згорання

У результаті динамічного впливу сил інерції та тиску в циліндрах, що передаються колінчастим валом на вкладиші рамних підшипників, збільшується діаметр і порушується співвісність їх постелей у фундаментних рамах. *Тріщини у фундаментних рамах* та блоках циліндрів утворюються внаслідок появи надмірних напруг, що виникають під час вібрації, неправильної затяжки анкерних зв'язків, кришок підшипників тощо.

Для блоків циліндрів характерні корозійні та ерозійні руйнування поверхонь, що охолоджуються водою, та експлуатаційні відкладення (накип). Корозійному зношуванню схильні також посадкові пояски блоків, які, крім того, зношуються

через наклеп опорних поверхонь від ударів при перекладанні зазора циліндро-поршневої групи. Герметичність ущільнень до того ж порушується і вода з блока може надходити в картер двигуна. Через знос робочої поверхні втулки збільшується її внутрішній діаметр. У сукупності зі зношуванням поршневих кілець і прямої частини поршня це призводить до збільшення зазорів між втулкою і поршнем та у стику кілець, а також порушення щільності прилягання кілець до дзеркала циліндра. У результаті знижується потужність, погіршується економічність роботи двигуна, ускладнюється його пуск. Прорив газів у картер викликає підвищений чад масла і погіршення його властивостей.

Найбільше зношування втулки (за її довжиною) спостерігається в ділянці першого поршневого кільця за положення поршня у в. м. т. Втулка нерівномірно зношується і в поперечному перерізі: згодом круговий переріз перетворюється на овальний з орієнтацією більшої осі у площині хитання шатуну. У крейцкопфних двигунах, де нормальні зусилля поршня сприймаються не стінками втулки, а паралелями, орієнтація більшої осі овалу може бути довільною і залежить від центрування поршня в циліндрі.

Як у тронкових, так і у крейцкопфних двигунів часто спостерігаються задири на дзеркалі циліндра та тріщини.

Поверхня втулки, що охолоджується водою, зазнає також корозійного, ерозійного та кавітаційного зношування. Зношування сідел клапанів, обгорання вогневої поверхні, продукти корозії та накип на стінках, що охолоджуються водою, тріщини на вогневій поверхні та в перемичках між газовою та водяною порожнинами, короблення – усі ці дефекти характерні для кришок циліндрів.

На *кришках тихохідних двигунів*, що мають вставні корпуси клапанів, вставки для форсунок, з'являються тріщини у вставках, що обумовлено концентрацією напруги в цих елементах конструкцій.

Деформації металу (напрацювання) у крайніх точках робочого ходу повзуна, задирки та подряпини на робочих поверхнях, нерівномірний знос по висоті є найбільш поширеними дефектами паралелей крейцкопфних двигунів. Останній дефект викликаний нерівномірним тиском повзуна по довжині його робочого ходу і, крім того, порушенням центрування елементів руху, осей циліндрів і паралелей.

У тронкових двигунів *поршні* зношуються по напрямній частині, торцевих поверхонь кільцевих канавок і робочих поверхонь бобишок. У поперечному перерізі напрямна частина поршня набуває форми овалу з більшою віссю, розташованої паралельно осі колінчастого вала, а в поздовжньому перерізі тронк найчастіше має форму конуса. Спостерігаються також подряпини, задири, тріщини головок і тронків, прогорання головок. Бобишки чи втулки бобишок зношуються на овал, велика вісь якого паралельна осі поршня.

Бічні поверхні головки і тронка поршня крейцкопфного двигуна спрацьовуються незначно, оскільки не передають нормальних зусиль на стінки втулки. Характерними дефектами поршнів таких двигунів є тріщини в головках, обгорання денця та зношування канавок.

Поршневі кільця зношуються по циліндричній і торцевих поверхнях, у результаті чого збільшуються зазори в стику замка і в кепках між кільцем та канавкою. Кільця, особливо верхні, що працюють в умовах високих температур, втрачають пружні властивості й коробляться, що призводить до заїдання їх у канавках та коксування.

Зношування поршневого пальця тронкового двигуна залежить від способу його закріплення в бобишках. За фіксованого положення пальця в бобишках спрацьовується лише його середня частина, розташована у верхній втулці головки шатуна. Якщо палець плаваючий, то знос його по довжині рівномірний. У поперечному перерізі фіксований палець набуває форми овалу. Під дією змінних за величиною та

напрямом навантажень на поверхні пальця іноді з'являються тріщини втоми і викришується шар цементації.

У крейцкопфних двигунів простої дії штоки можуть мати викривлення опорних фланців та вигин стрижня. Штоки двигунів подвійної дії додатково піддаються газовій корозії та зношуванню в циліндричній частині (у місці проходу через сальники). На стрижні штока утворюються подряпини від попадання абразивних частинок у сальники.

У крейцкопфів зношуються цапфи (спрацьовується нижня частина, що спирається на підшипники верхньої головки шатуна) та антифрикційне заливання повзунів.

Найбільш поширені такі *дефекти шатунів*: зношування втулок верхніх головок, ослаблення посадки втулок, зношування вкладишів нижніх головок, вушок і пальців кріплення причіпних шатунів у V-подібних та зіркоподібних двигунах, зминання різьби шатунних болтів та їх витяжка. Втулки верхніх головок зношуються більшою мірою, оскільки працюють в умовах підвищених температур, а змащення їх ускладнене внаслідок коливального руху верхньої головки шатуна щодо поршневого пальця.

Стрижень шатуна піддається впливу сил тиску газів і змінних у напрямку інерційних сил, які прагнуть вигнути шатун, викликати появу в ньому тріщин втоми. У шатунів крейцкопфних двигунів, що мають головні підшипники з бабітовою заливкою, часто спостерігається розтріскування та видавлювання заливки.

Найбільш поширеним дефектом *колінчастих валів* є зношування рамних і мотильових шийок, яке проявляється у загальному зменшенні їх діаметрів, утворенні овальності в поперечному перерізі, конусоподібності або бочкоподібності (рідше – сидлоподібності) у поздовжньому перерізі. Овальність шийок – результат змінної величини сил тиску газів за кутом повороту колінчастого вала. Нерівномірне зношування шийок по довжині відбувається через вигин вала,

неправильного центрування руху і т. д. Зношування рамних шийок залежить від порядку роботи циліндрів, кута заклинювання кривошипів, розташування шийок щодо маховика, антивібратора і центрування двигуна щодо лінії вала. Унаслідок неоднакового зношування рамних шийок порушується їх співвісність.

На рис. 2.1. наведена схема втомного руйнування шатунної шийки колінчастого вала двигуна внутрішнього згоряння. На поверхні зламу розрізняються п'ять зон.

Фокус зламу 1 являє собою малу зону, у якій через концентратор напруги на поверхні або під поверхнею виникає руйнування втоми. Осередок руйнування 6 (друга зона) межує з фокусом – у ньому зароджуються видимі тріщини.

Втомна тріщина зростає на ділянці вибіркового розвитку 4 і продовжує збільшуватися на ділянці прискореного розвитку 2.

Зона доламу 3 утворюється через значне зменшення поперечного перерізу деталі та зростання напруги і, на відміну від інших, має ознаки значного руйнування. На поверхні зламу видно втомні лінії 5.

Рамні підшипники зношуються також нерівномірно, вісь колінчастого вала до того ж згинається і збільшуються розкепи (різниця відстаней між щокми коліна за двох діаметрально протилежних положеннях). За значного згинання осі вала на шийках і щоках можлива поява втомних тріщин. Для підшипників (особливо товстостінних), крім загального зносу антифрикційного шару характерна поява в ньому тріщин, відшаровування та викришування. У разі підплавлення підшипників або попадання абразивних частинок у масло виникають кругові подряпини і задири шийок вала.

Характерним дефектом *розподільчих валів* є знос шийок вала та кулачкових шайб. Зі спотворенням профілю кулачкових шайб змінюються фази газорозподілу й динаміка руху клапанів. У клапанів зношуються втулки та контактні

поверхні коромисел, робочі фаски, штоки клапанів та їх напрямні втулки.

Найбільший вплив на робочий процес надає зношування плунжерних і клапанних пар паливних насосів високого тиску, голки та голкотримача форсунок.

Зношування плунжерних пар проявляється у зменшенні діаметра плунжера та збільшенні діаметра втулки, тобто збільшенні зазора у з'єднанні. Особливо схильні до зношування частина плунжера вище відсїчної кромки й робоча поверхня втулки вище за приймальні вікна. На плунжерних парах можуть бути риси, місцеві натири, викришування відсїчних кромок плунжера і кромок впускних отворів втулки, а в разі попадання води в паливо – корозія робочих поверхонь плунжерної пари та її заїдання.

Для клапанної пари характерним дефектом є негерметичність ущільнення внаслідок зношування конічних фасок нагнітального клапана та сідла. У форсунок голка та голкотримач спрацьовуються по циліндричних поверхнях та конічних фасках ущільнення. Через заїдання голки в голкотримачі та негерметичність конічного ущільнення голкотримача підтікає паливо і, як наслідок, відбувається коксування соплових отворів.

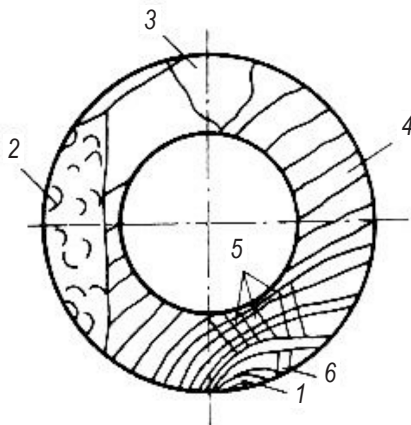


Рис. 2.1. Схема втомного зламу мотильової шийки КВ дизеля

Несправності в агрегатах наддуву виникають унаслідок зносу підшипників, лабіринтних ущільнень, механічних пошкоджень лопаток турбін та компресорних кілець, збільшення зазорів між рухомими та нерухомими деталями, появи тріщин

у деталях корпусу і ротора. Для гідравлічних частин насосів, навішаних на двигун, характерні ті ж самі дефекти, як і у турбін.

2.7. Особливості зношування дизеля в пусковий період

За даними багатьох експериментів, основне зношування робочої втулки циліндра відбувається в пусковий період, особливо в разі пуску холодного двигуна. Єдиної думки щодо впливу параметрів режиму роботи двигуна на знос циліндрів немає. Таке становище можна пояснити наступним: більшість досліджень проводилося короткими етапами (10...25 год) з оцінкою зносу лише за вмістом заліза в маслі. Наслідком цього могла бути неможливість відтворення і недостовірність результатів. Крім того, дослідження проводилися без спостереження за тепловим станом циліндра і без зіставлення розподілу зносів з розподілом температур робочої поверхні циліндра, які дозволили б правильно оцінити причини зміни зносу залежно від режиму роботи.

Існують чотири основні теорії, що пояснюють зношування від тертя:

1. За найстарішою теорією першопричиною зношування вважається абразивна дія твердих частинок, які потрапляють у циліндр з повітрям, що всмоктується, коксових частинок, дрібних частинок металу, що відшаровуються від стінок і т. п.

2. У теорії дезінтеграції поверхні абразивним зношуванням основна увага звертається на процес викришування поверхні. Вважають, що першопричиною такого зношування є неякісна механічна обробка, у результаті якої дроблені частинки металу вдавлюються в м'яку основу, а потім під впливом високих температур у циліндрі, ударних впливів, зішкрібання починають випадати; до того ж поверхня покривається рівномірним висипом.

3. У контактній теорії головне значення надається явищу миттєвого точкового контакту нагрітих металевих поверхонь, що труться, позбавлених у деяких місцях проміжного шару

масла. Вважають, що в цьому випадку відбувається явище, подібне до точкового зварювання, а саме: частинки металу, що приварилися, вириваються з основи, викришуються і викликають абразивне зношування, а також перенесення матеріалу.

4. Теорія корозійного зношування заснована на припущенні, що між агресивними хімічними сполуками, що знаходяться в паливі і мастилі, та металом стінок відбувається реакція окислення, результатом якої є корозійно-механічне зношування поверхонь. У цьому першорядне значення має тепловий стан двигуна.

Досліди Л. П. Буришкіна, В. С. Семенова та І. П. Горяйнова показали, що найбільш інтенсивне зношування втулки та поршневих кілець відбувається під час пуску малообертового двигуна. Після 100 послідовних пусків знос більше ніж після 300 год нормальної експлуатаційної роботи з 38-ми пусками. Після кожного пуску двигуна він дорівнює зносу у площині осі вала, що отримується після 3...5 год нормальної роботи, а у площині вала – після 7...8 год. Характер зношування після пуску такий же, як і після нормальної роботи двигуна, тобто, найбільше зношування спостерігається у верхній частині втулки; до того ж у площині осі вала воно менше ніж у площині напрямку обертання вала.

Значне зношування робочої втулки холодного двигуна в пусковий період пояснюється корозійною дією продуктів згоряння та абразивною дією поршневих кілець. Деякі дослідники вважають, що основною причиною зношування втулки під час пуску та прогрівання холодного двигуна є хімічна корозія.

Зіставлення температур внутрішніх поверхонь циліндрів різних двигунів з температурою насичення водяної пари по ходу поршня підтверджує гіпотезу про електрохімічну природу корозійного зношування циліндрів і дозволяє встановити характер впливу параметрів режиму на інтенсивність цього процесу:

- у разі зміни навантаження змінюються критичні температури внутрішньої поверхні циліндра, тому швидкість корозії залежить від того, яка із зазначених температур змінюється більшою мірою; якщо в разі зменшення навантаження температура води, що охолоджує, зменшується, то швидкість корозії на часткових режимах повинна бути вищою, ніж на режимі повного навантаження;

- у разі зміни частоти обертання критична температура практично не змінюється, тому корозійний процес повинен протікати інтенсивніше за малої частоти обертання двигуна;

- у всіх випадках швидкість корозії зростає в разі зменшення температури води, що охолоджує;

- особливо велика швидкість корозії спостерігається в разі частих пусків та різко змінних режимах.

Однак дані щодо зношування двигунів у пусковий період є приблизними, унаслідок дещо недосконалої методики проведення експериментів.

2.8. Дефекти масляної та пускореверсивних систем дизеля

Неполадки в роботі деталей масляної та пускореверсивних систем найчастіше виникають через несправність окремих механізмів та вузлів (у разі недоброякісного та неправильного регулювання дизеля або недотримання правил експлуатації). До таких неполадок відносяться: нещільності в нагнітальному трубопроводі масляного насоса, що викликають значний витік масла; нещільності у клапанах масляних насосів (поршневих насосів) або реверсивних шестеренних насосів; нещільності в редукційному або запобіжному клапані; засмічення приймального фільтра; підсмоктування повітря в нещільності трубопроводу, що всмоктує; велике зношування шестерень масляного насоса; засмічення приймального фільтра масляного насоса; нещільність безповоротного клапана маслоприймача

масляного насоса (за низького розташування маслозбірника); невчасне подання палива; заїдання в механізмі регулятора та системі зв'язку його з паливними насосами; нещільність пускового чи вихлопного клапана; великий підйом (хід) вихлопного клапана; недостатнє ущільнення між вихлопним клапаном та його сідлом; пробуксовування дисків (або конусів) зчеплення в разі недостатнього тиску натискного пристрою, надмірному змащенні поверхонь тертя або незадовільному взаємному їх приляганні; тертя гальмівної стрічки заднього ходу корпусу механізму реверса; пробуксовування гальмівної стрічки заднього ходу; недостатньо мастила шестерень та підшипників реверсивного механізму.

2.9. Дефекти поршневих компресорів

Несправності, характерні для поршневих компресорів, проявляються у зміні тиску по щаблях стиснення порівняно з нормальним, зменшенні продуктивності, підвищенні температури повітря, що нагнітається, перегріві деталей руху, негерметичності з'єднань.

Характерними зносами та пошкодженнями основних деталей та вузлів компресора вважаються наступні:

- корозійне зношування поверхонь, що охолоджуються водою;
- неприпустима деформація базових поверхонь фундаментної рами та станини;
- тріщини та зрив різьблення у різьбових отворах;
- поздовжні подряпини, задири, нерівномірний знос по довжині та колу на втулках циліндрів щаблів компресора.

Дефекти колінчастих валів, поршнів та шатунів компресорів аналогічні дефектам однойменних деталей двигунів внутрішнього згоряння.

Найчастіше відзначаються відмови компресора через поломки автоматичних клапанів, причини яких ми розглянемо докладніше, оскільки це питання недостатньо висвітлено в літературі. У поршневих компресорах повітря високого тиску у зв'язку з їхніми малими габаритами та швидкохідністю зазвичай використовують тарілчасті автоматичні клапани, які для уніфікації встановлюють на всіх щаблях.

На роботу автоматичного клапана в поршневому компресорі впливають параметри потоку газу, що протікає через клапан, робоче зусилля пружини клапана, сили інерції та маса рухомих частин, а також певною мірою і характеристики міжступеневих комунікацій. Під час правильної роботи клапани повинні закриватися на момент приходу поршня до відповідної мертвої точки. В іншому випадку нормальний процес роботи компресора буде порушено, що позначиться на продуктивності, розподілі тисків по сходах, підвищиться температура, а, отже, і утворення нагару в порожнинах циліндрів та клапанів.

У той же час у разі зміни режиму роботи компресора різко змінюється динаміка роботи власне автоматичного клапана, з'являється стукіт під час ударів тарілочки об обмежувач або сідло клапана. Це зі свого боку може призвести до підвищених зносів та часткових поломок, які остаточно розладнують регулювання клапана. У цьому випадку усунення причини, що викликала зміну режиму роботи компресора, не покращить умови роботи клапана, і він, зрештою, вийде з ладу. Автоматичний клапан однозначно характеризує надійність і працездатність компресора, тому що в разі виходу його з ладу, робота компресора не можлива. Крім того, у разі поломки клапана зазвичай шматочки металу потрапляють у циліндр, викликаючи задир дзеркала циліндра та деформації, а іноді й поломки кришок, поршневих кілець і навіть деталей руху.

Вихід з ладу автоматичних клапанів компресорів повітря високого тиску, зазвичай пов'язаний з поломкою окремих деталей, наявністю прогресивних зносів та самостійного розгвинчування. Однак переважна більшість поломок та прогресивних зносів деталей клапанів пов'язана з виходом з ладу пружин через їх неправильне регулювання.

У період нормальної експлуатації компресорів найчастіше зустрічаються такі види поломок і зношування деталей автоматичних клапанів:

- поломки циліндричних пружин у ділянці опорних витків, кінцевих та робочих витків від втомного зношування, перекосів та неправильної заправки кінцевих опорних витків;

- зношування робочих поверхонь у ділянці сидла та обмежувача, а також зношування та підрізування площини на глибину товщини тарілочки;

- фарбування і тріщини на сидлах та обмежувачах через недостатні площі контакту; знос напрямних стоек обмежувача внаслідок малих площ контакту з тарілочкою.

2.10. Дефекти електронасосів

В електронасосах широке застосування знайшли упорні гумометалеві підшипники, що складаються із сталеві п'яти та гумового підп'ятника.

Відмова сталеві п'яти відбувається внаслідок її зношування під дією сил тертя. Характер навантаження упорного підшипника та умови роботи такі, що діюче зусилля, частота обертання та характер контакту між п'ятою та підп'ятником протягом усього терміну придатності до граничного зносу практично залишаються постійними та серйозних відхилень процесу зношування від установлені лінійної залежності не спостерігається. Експериментально підтверджено, що

залежність зносу від докладеного зусилля має вигляд статечної функції.

В основі природи розглянутої відмови гумового підп'ятника лежать втома та теплове старіння гуми. За численними даними встановлено, що у матеріалів з інтенсивним старінням і швидким зростанням втоми здатність чинити опір навантаженням змінюється по експоненті.

2.11. Дефекти мультиплікатора

Мультиплікатор відцентрового суднового сепаратора складається з вертикального вала з насадженням на нього робочим барабаном із частотою обертання 7000 об/хв, гвинтової передачі та горизонтального вала. Вертикальний вал спирається на підшипники кочення, що пружно підвішені за допомогою системи пружин у корпусі сепаратора.

Підшипники та гвинтова передача працюють в умовах складного динамічного навантаження. Вертикальний вал спирається на гнучкі опори, а також на шестірню і знаходиться під впливом сильних динамічних впливів, обумовлених складною взаємодією інерційних сил та зовнішніх факторів (хитами тощо), і балансуванням ротора (під час переходу через кілька критичних швидкостей у процесі розгону).

Жорсткий упор та вплив ударного типу негативно впливають на довговічність опорних підшипників і гвинтової передачі та практично визначають ресурс цих найменш надійних елементів суднового сепаратора.

Дефекти ущільнювальних вузлів. Створення надійних вузлів ущільнювачів, що забезпечують герметичність протягом тривалого часу в широкому діапазоні температур і тисків, є однією з основних проблем.

Досвід експлуатації теплонавантажених гідравлічних систем показує, що дві третини всіх відмов виникають унаслідок

порушення працездатності ущільнень, що відбувається під дією механічної напруги (тиску) та хімічно активних компонентів робочого середовища. Висока температура впливає найбільше на швидкість накопичення надмірних деформацій.

Ці фактори викликають зменшення еластичності, накопичення надмірної деформації та падіння контактних напруг ущільнювальних кілець. Як основний показник, що визначає працездатність ущільнення, зазвичай береться відносна надмірна деформація, за зміною якої можна судити про процес хімічної релаксації напруги. Герметичність ущільнення забезпечується поки контактна напруга або надмірна деформація не досягне певних критичних значень (приблизно 80 %).

2.12. Дефекти суднових систем та трубопроводів

Технічний стан систем та трубопроводів має особливо важливе значення, оскільки від нього залежить безвідмовність судна загалом. Їх надійність та збереження забезпечується періодичними оглядами, оглядами та ремонтами.

Внутрішні та зовнішні поверхні трубопроводів та інших елементів суднових систем схильні до корозійного зношування. Для труб і арматури характерна загальна та місцева корозія. Місцева корозія у вигляді глибоких виразок особливо значна у місцях контакту різномірних металів, у місцях паяння твердими латунними припоями (знецинкування), на ділянках, що піддаються нагріванню. Ерозійне руйнування внутрішніх поверхонь труб і арматури сильніше проявляється на ділянках крутих згинів та різких змін перерізів. Особливо інтенсивне ерозійне руйнування спостерігається під час великих швидкостей руху і високого ступеня аерації робочого середовища, так як відбувається стирання поверхонь робочих полів арматури, що стикаються, штоків, сальникових втулок, експлуатаційні відкладення в трубах та обростання

морськими організмами й водоростями прийомних патрубків донної і заборотної арматури.

Найбільш схильні до старіння мідні та пластмасові труби. Для чавунних деталей характерна графітізація матеріалу, тріщини та розриви, зумовлені металургійними, конструктивними, технологічними або експлуатаційними факторами, вм'ятини та інші надмірні деформації, що з'являються в результаті ударів під час вантажно-розвантажувальних робіт, демонтажу тощо. Ці дефекти особливо небезпечні для труб великого тиску (через небезпеку втрати стійкості стін). До того ж спостерігається порушення щільності роз'ємних з'єднань і сальників арматури (унаслідок зносу прокладок та набивання) та між робочими поверхнями клапанної, клінкетної, пробкової та іншої арматури внаслідок задирів, перекосів, пошкодження робочої поверхні з'єднань, заклинювання штоків, приводів та інших деталей через механічні пошкодження та корозію, пошкодження деталей кріплення (зрив різьблення більше двох ниток, деформація різьблення, зминання граней шестигранників тощо).

2.13. Дефекти блоків осушення та очищення стисненого повітря

Технічний стан деталей і вузлів судових блоків осушки й очищення стисненого повітря (типу БО) високого тиску, так само, як і систем кондиціонування повітря, багато в чому визначає умови проживання судна і в низці випадків відбивається на якості продукції та продуктів, що перевозяться у трюмах.

Більшість дефектів систем та трубопроводів характерна і для судових блоків осушення та очищення стисненого повітря. Особливу небезпеку становлять дефекти різьбових

з'єднань, у яких неприпустимі як зриви різьблення більше однієї нитки, і навіть деформація різьблення та люфти.

Поява силікагельного пилю на внутрішніх поверхнях всіх вузлів блока може означати розрив сіток адсорбера або порушення режиму експлуатації під час підвищених швидкостей абсорбційно-десорбційних процесів, що призводить до розтріскування та розпилення адсорбенту.

Про засмічення аерозольного фільтра або порушення ущільнення фільтруючого елемента, а також утрату фільтруючої здатності керамічного фільтра свідчить поява пилю на дзеркалі вимірювальної головки автоматичного індикатора вологості. Пошкодження фільтруючих елементів аерозольного та керамічного фільтрів, що визначається несправностями неповоротного клапана та клапана підтримки тиску, викликає втрату герметичності та запилення дзеркальця головки індикатора вологості.

Перегорання одного або кількох нагрівальних елементів теплообмінника можна виявити зі зміни загального опору нагрівальних елементів.

2.14. Дефекти деталей та вузлів тралової лебідки

Основною причиною відмов як нових, так і відремонтованих лебідок є зношування їх елементів (75...80 %), поломка та зрізи деталей (7,5...15,5 %), розрегулювання (1,1...1,6 %), заїдання (3..5,2 %) і фарбування (2,1...2,6 %). Основні дефекти деталей та вузлів тралової лебідки ЛЕТр 2–3:

– редуктора: знос зубів шестірні, поломка вал-шестерні, фарбування зубів шестерні, непаралельність і перехресування осей шестерні й колеса, поломка проміжного вала, вихід з ладу підшипників редуктора, зміщення ведучого та проміжного валів;

- гальмівної стрічки: зношування накладки, обрив заклепок, фарбування, замаслювання;
- ходового гвинта: зношування нарізки, вигин, наволочування на зубах, поломка зуба;
- колодок електрогальма, ущільнень проставочних кілець: зношування;
- вал-шестерні: поломка вала, зношування та поломка зубів шестерні, тріщини вала;
- пальців гальмівної стрічки: заклинювання та зношування;
- шліцевої напівмуфти: зрізання шліців, зношування шпонки муфти;
- повідка ваєроукладача: знос, поломка та заклинювання;
- роликів (сухарів) вилки перемикання швидкостей: зношування, поломка, зрізання, вихід із зачеплення;
- приводу ваєроукладача: обрив ланцюга, поломка кронштейна валопроводу, зношування шпонки, зношування черв'ячного вала та втулки шестерні, заклинювання, вигин черв'ячного вала, обрив зірочки;
- кулачкової муфти вантажного барабана: зношування кулачків, заклинювання, обрив зуба;
- приводу перемикання кулачкової муфти: задири внутрішньої поверхні, зношування стопора, обрив болтів кріплення важеля, поломка валика;
- вертикального та горизонтального роликів: зноси та злами;
- стрічкового гальма: зношування підшипника, зминання різьби регулювального болта, поломка валика, задири ходового гвинта;
- знімної реборди гальмівного барабана: зношування барабана під гальмівними стрічками та підшипника гальмівного барабана;

- вантажного вала, втулки барабана: зношування шийок і шестерень, прогин вала, граничний люфт розбігу, прокручування, заклинювання;
- турачки: зношування поверхні та втулок.

2.15. Дефекти якорних пристроїв

Механічний і корозійний знос ланок якорних ланцюгів, осей і гнізд якорів, палубних і бортових клюзів, жвакогалсів, стопорів; втомний знос і наклеп ланок якорних ланцюгів, що погіршують механічні властивості матеріалу, деформація деталей гвинтових стопорів, якорів, кришок клюзів, ланок та інших деталей ускладнюють нормальну роботу якорних пристроїв. Деформація ланок призводить до послаблення контрфорсів та заклинювання ланцюга на зірочці шпиля.

2.16. Дефекти швартовних, вантажних та шлюпкових пристроїв

Так як конструкції швартовних, вантажних і шлюпкових пристроїв відрізняються великим різноманіттям, можна розглянути лише найпоширеніші дефекти деяких загальних їм елементів. До таких дефектів відносяться розриви та зношування дротів у сталевих тросах та ураження грибками рослинних тросів, механічне зношування деталей (знос кнехтів, бітингів, кипових планок, осей та втулок блоків, штирів, вертлюгів, втулок тощо); корозійне зношування та вигин кріплення, стріл, щогл, шлюпок; деформація деталей (вигин щік та обводів швартовних в'юшок, стріл і шлюпбалок, вм'ятини стінок щогл і стріл); наклеп та структурні зміни матеріалу деталей; тріщини та поломки деталей.

2.17. Дефекти кермових пристроїв

У результаті механічного зношування шийок балера, вкладишів підшипників, штирів, петель та їх втулок, підп'ятників, сочевиць та деяких інших деталей з'являються

люфти та просідання. Підвищене механічне зношування деталей призводить до вібрації та збільшення зусиль під час перекладки.

Корозійне та ерозійне зношування обшивки та зварних з'єднань пера керма, обтічників та інших конструкцій є причиною порушення водонепроникності та міцності.

У місцях з'єднання деталей часто спостерігаються тріщини різної товщини (іноді вони з'являються в балері керма, петлях керма та рудерпоста), надмірні деформації балера (скручування та вигин). У результаті скручування можуть погіршуватися характеристики балера. Вигин балера, пов'язаний зі збільшенням навантаження на кермову машину, може призвести до заклинювання керма. Можливі також надмірні деформації пера руля, румпеля, рульового приводу та інших деталей.

Порушення центрування підшипників, петель керма та рудерпоста, відхилення у співвісності шийок балера та штирів можуть призвести до заклинювання керма. Пошкодження з'єднання балера з пером керма призводять до зминання і зрізу деталей з'єднання, а за конусного з'єднання – порушення щільності посадки.

Розгляд основних дефектів суднових механізмів дозволяє зробити класифікацію способів можливого визначення їх технічного стану:

- визначення зовнішніх дефектів візуальними та приладно-візуальними методами з визначенням у разі потреби геометричних параметрів руйнувань;

- визначення зносів і механічних та корозійно-ерозійних пошкоджень з визначенням геометричних параметрів приладовими методами;

- визначення внутрішніх дефектів та руйнувань власне металу фізико-металургійними методами;

- контроль щільності з'єднань та зміни їх параметрів безрозбірними методами;

непряме визначення геометричних характеристик вузлів механізмів, що сполучаються, напруженості їх окремих деталей з оцінкою геометричних та енергетичних параметрів;

контроль якості паливо-мастильних матеріалів за їх основними параметрами;

контроль робочих параметрів суднових механізмів динамічними та теплотехнічними вимірами їх специфікаційних параметрів;

оцінка надійності нових, експлуатованих та відремонтованих механізмів за даними їх відмов за всіма параметрами, що визначаються Держстандартом.

РОЗДІЛ 3

ПЕРІОДИЧНІСТЬ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ОСВІДЧЕННЯ ДИЗЕЛІВ

3.1. Технічне обслуговування суднових дизелів

У процесі експлуатації деталі суднових машин і механізмів схильні до природного зносу, що призводить до зміни техніко-експлуатаційних показників суднового устаткування. Підтримка й відновлення цих показників є завданням технічного обслуговування, яку вирішують шляхом проведення ремонтів, профілактичних розтинів, оглядів і ревізій суднових механізмів, моточищення, налагоджень, регулювань, своєчасного забезпечення матеріалами, змінними деталями, інструментом, засобами механізації робіт у суднових умовах.

Ремонт суднової техніки залежно від необхідних для його виконання обладнання, оснащення та кваліфікації виконавців можна поділити на два види: заводський і експлуатаційний. *Заводський* ремонт може бути виконаний тільки в заводських умовах з виводом судна з експлуатації. *Експлуатаційний* може проводитися в суднових умовах у процесі експлуатації.

Чіткий поділ суднових ремонтних робіт на заводські та експлуатаційні дозволяє по кожному судну встановити номенклатуру ремонтних робіт, для виконання яких потрібно заводське обладнання. Визначення необхідної періодичності цих робіт дозволяє встановити оптимальні терміни роботи судна без заводського ремонту.

Основним документом, що визначає організацію технічного обслуговування, є план-графік робіт, що виконуються в умовах експлуатації. План-графік визначає строки проведення оглядових профілактичних робіт на час експлуатації судна без виведення його на заводський ремонт. Його також використовують для оперативного планування робіт на місяць, рейс, стоянку. Плани-графіки для механічної частини складають за завідуваннями II, III, IV механіків, а з електро-механічної частини – за завідуванням електромеханіка.

До плану-графіка заносять суднове обладнання, яке підлягає ремонту в процесі експлуатації. Підставою для розкриття механізмів є нормативні документи. Під час складання плану-графіка повинні бути враховані обставини, що впливають на форми технічного обслуговування: тривалість рейсів та стоянок, порти заходів і наявність у них баз технічного обслуговування та інші особливості експлуатації.

Це дозволяє під час визначення виконавців робіт у плані-графіку поєднувати існуючі форми технічного обслуговування: штатний судновий екіпаж, суднові ремонтні бригади (СРБ), берегові ремонтні бригади (БРБ), періодично направляються в рейси, і берегові бази технічного обслуговування (БТО).

У правій частині плану-графіка роблять позначку про фактичну трудомісткість робіт, виконаних кожного місяця. Це дозволяє проконтролювати виконання робіт, а крім того, під час планування технічного обслуговування на наступний цикл експлуатації заново відкоригувати планову трудомісткість за фактичними витратами.

Під час складання планів-графіків визначають перелік змінного обладнання, змінних деталей, напівфабрикатів, матеріалів, необхідного інструмента та обладнання для виконання запланованих робіт. Потреба в обладнанні дозволяє правильно вирішити питання про розподіл робіт між виконавцями.

Насамперед виділяють роботи, що виконуються судовим екіпажем. Для цього попередньо визначають бюджет робочого часу екіпажу для профілактичних і ремонтних робіт та беруть до уваги положення Статуту служби на судах МФ і Правил технічної експлуатації, що визначають обов'язки членів судової команди з виконання судових робіт. Крім цього, судовий екіпаж виконує роботи щодо найменш надійного обладнання з мінімальною періодичністю проведення профілактичних оглядів.

Потім визначають роботи, доручені БТО під час стоянок судна під вантажними операціями і в доці на весь експлуатаційний період. Берегові бази технічного обслуговування (БТО) виконують роботи, що вимагають відповідного обладнання і фахівців, відсутніх у складі судового екіпажу.

Роботи, що залишилися, виконує суднова ремонтна бригада (СРБ), або, за відсутності такої, БРБ, яка тимчасово знаходиться на судні, що виходить у рейс.

Для виконання робіт силами БТО і БРБ суднова адміністрація повинна надавати в ССГ річний план технічного обслуговування цими підрозділами, складений на підставі плану-графіка. Необхідні матеріали, змінні деталі й засоби механізації для виконання робіт поставляються на судно за заявками його адміністрації, підготовленим на підставі плану-графіка і представленим у ССГ.

3.2. Періодичність технічного обслуговування

3.2.1. Роботи з ТО за визначеними причинами

Таблиця 3.1

№ з/п	Вузол	Виконувана робота	Привід (причина)
1	2	3	4
1	Підшипник колінчастого вала	Демонтувати та оглянути підшипники коленвала. Зняти нижні вкладки підшипників та перевірити оглядом	За вимогами класифікаційної організації
2	Упорний підшипник	Зняти та оглянути упорні сегменти	Те ж саме
3	Анкерний зв'язок	Перевірити затягування, за потреби підтягнути	Перший раз після закінчення року, потім кожні 4 роки
4	Сорочка циліндра	Визначити стан водоносного кільця у водяній порожнині	Після кожного демонтажу та монтажу однієї з циліндрових втулок
5	Циліндрова втулка	Визначити зношування в отворі (у монтованому стані). Видалити ударну кромку з отвору. Замінити гумове кільце	Під час кожного зняття поршня. Теж саме перед кожною установкою
6	Змашувальний штуцер	Перевірити роботу та щільність (герметичність)	Під час кожного зняття поршня
7	Сальник поршневого штока	Очистити кільця та визначити ступінь зносу	Те ж саме
8	Кришка циліндра	Перевірити камеру згоряння	Те ж саме
9	Паливна форсунка	Зовнішнім оглядом перевірити всі з'єднувальні місця	До пуску дизеля після тривалої бездіяльності

Продовж. табл. 3.1

1	2	3	4
10	Пусковий клапан	Під час роботи перевірити трубопровід перед клапаном обмацуванням. У разі підвищеної температури розібрати клапан	Періодично
11	Валоповоротний пристрій	Перевірити рівень масла, за потреби долити	Перед кожним увімкненням
12	Поршень	Оглянути днище поршня та перевірити попередню затяжку гайок податливих болтів та додатково затягнути гайки	Під час кожного демонтажу поршня
13	Поршень	Перевірити поршень після збирання на герметичність	Тільки після розбирання
14	Поршень	Вирівняти ходові труби охолодження поршня	Тільки після встановлення на місце
15	Поршневі кільця	Зняти, очистити та визначити ступінь зносу. За потреби встановити нові кільця	Під час кожного демонтажу поршня
16	Охолодження поршня	Зняти нерухомі труби та перевірити стан напрямних втулок	Те ж саме
17	Охолодження поршня	Розібрати, очистити та визначити ступінь зносу на сальниках ходових труб	Те ж саме
18	Клапан відключення пускового повітря	Спустити повітря, розібрати та перевірити зовнішнім оглядом (зокрема, гніздо та пружину)	Після кожного періоду маневрування
19	Охолоджувач надувного повітря	Очистити під час роботи (з боку подачі повітря)	У початковий період щотижня
20	Паливна форсунка	Очищення, опресування. Розбирання для притирання розпилювача форсунки	Відповідно до рекомендації інструкції

Продовж. табл. 3.1

1	2	3	4
21	Головні та мотильові підшипники	Демонтаж, ревізія, виміри зазорів, дефектація	Відповідно до часу періоду ревізії
22	Шийка крейцкопфа	Демонтаж крейцкопфа, вимір зазорів, дефектація	Під час розбирання поршня та шатуна
23	ПНВТ	Притерти ущільнюючі поверхні клапанів	Під час ревізії ПНВТ
24	Ресивер наддувного повітря	Перевірити та очистити ресивер та водовіддільні елементи	У разі падіння тиску наддувного повітря
25	Охолодник наддувного повітря	Очищення з боку подачі повітря $P_{\text{макс}} = 300$ мм вод. ст. Демонтаж охолоджувача з метою ретельного очищення	У період стоянки судна
26	Фільтри палива і масла	Очищення або заміна фільтруючого елемента (залежно від типу)	У період стоянки судна

3.2.2. Роботи ТО, що проводяться щоденно

1	Регулятор Вудварда	Перевірити рівень олії, за потреби долити олію
2	Ресивер наддувного повітря	Спостереження за безперервним виходом накопиченої води
3	Газотурбонагнітач	Промивати компресор під час роботи (через кожні 25...75 год)

3.2.3. Роботи ТО, які проводяться через кожні 500 год роботи дизеля

1	Змащувальне масло дизеля	Провести аналіз масла
2	Газотурбонагнітач	Промити турбіну під час роботи (через кожні 250...1000 год)
3	Механізм балансування моментів	Після встановлення нових роликових ланцюгів – перша підтяжка ланцюгів

3.2.4. Роботи ТО, що проводяться через кожні 1500 год роботи дизеля

1	Фундаментна плита	Уперше перевірити затягування фундаментних болтів
2	Поршень	Візуальний контроль через продувні вікна; з боку розподілу та випускних газів (входити в ресивер наддувного повітря та повернути КВ за допомогою валоповоротного пристрою)
3	Нижня сторона поршня	Перевірити стан порожнини та очистити її
4	Паливний кулак	Перевірити робочу поверхню
5	Кулачок насоса приводу випускного клапана	Перевірити робочу поверхню

3.2.5. Роботи ТО, які проводяться через кожні 3000 год роботи дизеля

1	Масло	Лабораторний аналіз
2	Паливні форсунки	Зняти з дизеля. Перевірити опресування, активне впорскування. Провести розбирання та притирання розпилювача форсунки
3	Поршень	Візуальний контроль через продувні вікна з боку розподільного вала та випускних газів. Виявлений дефектний стан поршневих кілець циліндра – зробити ревізію з метою заміни поршневих кілець та визначення зносу циліндрової втулки
4	Шестерні приводу розподільного вала	Перевірити стан зубів
5	Регулятор Вудварда	Замінити масло, під час заміни промити корпус
6	Наддувний ресивер	Розкрити, провести огляд, очистити
7	Фундаментна плита	Перевірити затягування фундаментних болтів шупом
8	Змашувальне масло	Лабораторний аналіз
9	Паливні форсунки	Зняти з дизеля. Перевірити опресування, активне впорскування. Провести розбирання та притирання розпилювача форсунки
10	Поршень	Візуальний контроль через продувні вікна з боку розподвала

3.2.6. Роботи ТО, що проводяться через 3000–6000 год роботи дизеля

1	Випускні клапани відхідних газів	Зняти з циліндрової кришки. Очистити, зробити та зафіксувати всі виміри. Виконати притирання пари клапан–сідло. Перевірити кільця ущільнювачів гідравлічного і пневматичного поршнів. Перевірити пневмосервер на працездатність
---	-------------------------------------	---

3.2.7. Роботи ТО, що проводяться через 6000–8000 год роботи дизеля

1	Фундаментна плита	Перевірити затягування фундаментних болтів. Металеві шупи
2	Упорний підшипник	Перевірити осьовий та радіальний зазор. Перевірити отвір для спуску циркуляційної олії кривошипно-шатунного механізму на вільне пропускання
3	Пусковий клапан	Демонтувати один із пускових клапанів і розібрати його (за вибіркою). За результатами дефектації визначити термін ревізії (огляду) інших клапанів
4	Запобіжний клапан	Провести демонтаж, розбирання та ревізію деталей клапана, зібрати та відрегулювати на відповідний тиск
5	Колінвал	Здійснити виміри розкєпу (розвал) щік колінвала
6	Головні та мотильові підшипники шатуна	Перевірити зазори підшипників
7	Повзун	Перевірити робочий зазор
8	Шестерні приводу розподільного вала	Перевірити бічний зазор та зазор у підшипнику проміжної шестерні
9	Підшипники розподільного вала	Визначити та заміряти зазори в підшипниках
10	Ресивер наддувного повітря	Здійснити очищення ресивера
11	Лубрикатори масла циліндрів	Опорожнити корпус, промити та очистити
12	Випускний колектор	На технічний стан перевірити болтові з'єднання опори колектора
13	Манометри та пірометри	Порівняти показання з контрольними приладами, вивірити

3.3. Освідчення деталей і вузлів дизеля

3.3.1. Циліндри та втулки робочих циліндрів

Основними видами зносів і пошкоджень циліндрів та циліндрових втулок є наступні: напрацювання, еліптичність та конусність робочої поверхні, задири та подряпини на робочій поверхні, збільшення діаметра втулки, тріщини, корозійні руйнування, ослаблення втулок у місцях посадки.

Зовнішній огляд. Під час його виконання звертається увага на наявність напрацювань, задирів, подряпин, тріщин, раковин. Особлива увага приділяється стану перемичок у продувних і впускних вікон двотактних двигунів, де знос досягає великої величини внаслідок деформації втулки в цій ділянці під дією високої температури відхідних газів і порівняно жорсткого кріплення в місцях посадки втулки.

Виміри. Величина напрацювань визначається за допомогою лінійки та щупа, а також пластиліну або свинцю.

Збільшення діаметра втулки, еліптичність і конусність визначаються вимірами мікроштихмасом або індикатором за двома взаємно перпендикулярними напрямками: по осі колінчастого вала і у площині руху шатуна. Так як втулка зношується по висоті нерівномірно, виміри знімаються по певних поясах як у двотактних, так і в чотиритактних двигунів. Дані точки вимірювання втулки для кожного двигуна наведені в інструкціях.

Гранично-допустима еліптичність циліндрів та втулок – $0,0028D$, де D – діаметр циліндра. Гранично-допустима конусність – $(0,0075 \dots 0,010)D$.

Допустиме збільшення діаметра циліндрів береться: для верхньої частини циліндра $\Delta D = 0,005D$; для середньої частини $\Delta D = 0,001D$.

Ослаблення втулок у місцях посадки визначається заміром за допомогою мікрометричних штихмасів та скоб: зовнішнього діаметра втулок – у поясах посадки та діаметра самого циліндра (блока). Отримані дані звіряються з допусками на посадку втулки.

3.3.2. Поршні та поршневі кільця

Основними видами зносу та пошкодження поршнів є наступні: знос канавок поршневих кілець (напрацювання та збільшений зазор у кепах); збільшення зазора між поршнем та циліндровою втулкою; конусність і еліптичність поршня, зношування та зміщення отворів під поршневий палець, відсутність перпендикулярності між осями отвору поршневого пальця і твірної поршня; тріщини, обгорання головок поршнів.

Поршні та поршневі кільця дизелів очищають, оглядають та заміряють з метою визначення їх зносу, не рідше одного разу на рік. Середній термін придатності ущільнювальних кілець 3000...3500 год роботи, маслознімних – 6500 год роботи.

Зношування канавок під поршневі кільця визначаються щупом по зазорах між кільцями і канавками по висоті, за надітих на поршень кільцях, по всьому колу кільця або під час обкатування кільця по канавці. Зазор між кільцем та канавкою по висоті не повинен перевищувати $\delta = 0,03h$; h – висота кільця.

Напрацювання в канавках виявляються за допомогою нутроміра або шаблона, і вони за діаметра поршнів 100...500 мм не повинні перевищувати, відповідно, 0,08...0,20 мм.

Зазор між поршнем і робочою втулкою циліндра заміряється щупом по осі вала та перпендикулярно йому при знаходженні поршня у ВМТ і середньому положенні. Точність виміру – 0,01 мм. Гранично-допустимий зазор між головою поршня та втулкою береться $S = (0,0175...0,0150)D$ мм, де D – діаметр головки поршня.

Під час обміру поршня користуються мікрометричною скобою з точністю вимірювання 0,01 мм. Виміри проводяться за взаємно перпендикулярними напрямками у трьох точках за висотою поршня.

Під час перевірки зносу граничні величини еліптичності та конусності беруться рівними 0,15...0,60 мм, за діаметра поршнів, відповідно, 100...1000 мм.

Вигоряння денця поршнів перевіряються шаблонами; сильно обгорілі поршні піддаються гідравлічному випробуванню і повинні витримувати при цьому випробуванні полуторний робочий тиск з боку денця і тиск 4...6 бар з боку охолоджуючої порожнини. Середній термін придатності поршневих головок 18 000...20 000 год роботи, а поршня у зборі – 20 000...25 000 год.

Установлено, що у поршневих кілець за діаметра циліндра 100...1000 мм допустимий зазор у замку кільця повинен становити, відповідно, 2,5...8,0 мм.

Стирання кілець за висотою визначається мікрометричною скобою, а правильність геометричної форми кільця перевіряється в неробочій частині циліндра на просвіт. Зазор у місці найбільшого просвіту не повинен перевищувати 0,1 мм.

3.3.3. Поршневі пальці, цапфи поперечок, штоки, шатуни

Під час огляду поршневих пальців та цапф перевіряється можлива наявність поверхневих руйнувань: фарбування, вибоїн, тріщин, задирів, поломок. Виявлення дефектів проводиться за допомогою лупи та інших способів контролю.

Еліптичність та конусність пальців визначаються шляхом обміру діаметра по двох поясах на однаковій відстані від кінців пальця за допомогою мікрометричної скоби. Допустима еліптичність і конусність пальців за діаметра 50...200 мм не повинні перевищувати, відповідно, 0,10...0,25 мм. Ступінь зносу шийок, цапф поперечки перевіряється у двох або трьох перерізах по довжині та у двох взаємно перпендикулярних напрямках уздовж осі поршня та перпендикулярно їй. Допустима еліптичність і конусність для діаметрів 50...500 мм береться в межах 0,10...0,30 мм.

Тріщини та вигини цапф є неприпустимим дефектом. Вимірювання зносу проводиться мікрометричною скобою по двох взаємно перпендикулярним діаметрам, по трьох поясах на рівній відстані по довжині. Згинання штоків перевіряється на перевірочній плиті або в центрах токарного верстата.

Під час огляду шатунів звертається увага на відсутність наклепу у п'ятки шатуна, справність мастильних каналів шатуна та чистоту їх перетину.

3.3.4. Паралелі та повзуни крейцкопфних дизелів

Під час перевірки цих деталей установлюють наявність тріщин, зношування, відшаровування антифрикційного металу. Зношування паралелей виявляється в нерівномірному стиранні та задирах робочих поверхонь. Масляний зазор між паралеллю і повзуном визначається заміром за допомогою щупа в трьох положеннях повзуна: ВМТ, НМТ і посередині ходу. Під час вимірів зазорів крейцкопф притискається до паралелі домкратом. Максимальна величина масляного зазора 0,15...0,35 за діаметра цапфи, відповідно, 50...500 мм.

3.3.5. Вкладиші головних, мотильових та рамних підшипників

Основними видами зношування та пошкоджень вкладишів підшипників є наступні: рівномірне зношування заливки антифрикційного покриття, знос бронзових вкладишів без покриттів, виплавка заливки та її викришування, відшаровування заливки та поява тріщин.

Крім того, необхідно перевіряти стан жолобників, холодильників масла та мастильних канавок. У разі виявлення у них гранично-допустимого зношування, тріщин, викришування або відшаровування антифрикційного металу, глибоких задилок або оплавлення робочої поверхні – підшипники повинні бути замінені на нові.

Прийом огляду вкладишів підшипників зводиться до наступного, а саме: зношування вкладишів виявляється визначенням масляного зазора, який не повинен перевищувати за діаметра шийок вала 150...600 мм, відповідно, 0,18...0,48 мм. Під час визначення допустимих зношувань деталей, слід керуватися інструкцією заводу-виробника.

Вимірювання масляних зазорів у роз'ємних підшипниках проводиться за допомогою відтисків свинцевого дроту. Зазор вимірюють за найбільшим перерізом вала. Якщо антифрикційний метал має свинцеву основу, використання свинцевого дроту для перевірки величини зазора не допускається, і зазор слід вимірювати за допомогою щупа.

Якщо підшипник нерозбірний, зазор вимірюється з обох торців підшипника за допомогою щупа. У нероз'ємних головних підшипниках тронкових дизелів зазор вимірюється щупом – за роз'єднаних шатуні та поршні – між втулкою шатуну та пальцем з обох торців по всьому колу. Діаметральний зазор у нероз'ємних підшипниках можна визначити як різницю діаметрів підшипника та пальця.

Для вимірювання осьового зазора в рамних підшипниках (осьовий розбіг вала) вал зсувається в один бік до упору, після чого вимірюється сумарний зазор з іншого, протилежного до упору боку.

Для зменшення зносу підшипників, шийок колінчастого вала та поршневих пальців (цапф крейцкопфів) необхідно підтримувати в експлуатації зазори, близькі до монтажних. Якщо температура в підшипниках підвищується внаслідок великого витoku масла, зазори в підшипниках, незалежно від того, досягли чи ні гранично-допустимої величини, повинні бути зменшені.

Розкриваючи підшипники для оглядів вкладишів, необхідно ретельно перевірити стяжні болти: чи немає в них зірваних та надламаних ниток різьби, тріщин, подрізів. Вимірюючи довжину болта, порівнюють її з даними креслення: якщо подовження є, то має бути зроблено заміну болта.

Визначення зазначених зносів та пошкоджень проводиться зовнішнім оглядом, вимірами та випробуванням. Указаному дослідженню та випробуванню піддаються стяжні болти підшипників, які пропрацювали понад 20 000 год у швидкохідних дизелів та 25 000 год – у тихохідних двигунів.

3.3.6. Колінчасті вали

Основними видами зносу та пошкоджень колінчастих валів є наступні: вироблення на еліптичність та конусність рамних та мотильових шийок; напрацювання, задири та вибоїни; тріщини та поломки валів; скручування колінчастого вала; погнутість та пружний прогин вала.

Напрацювання, задири та вибоїни виявляються оглядом та обміром, до того ж допускається не більш 1–2 вибоїн або задир на шийці глибиною до 0,2 мм.

Гранично-допустима еліптичність шийок колінчастого вала, за діаметра вала 150...600 мм, повинна бути не більше 0,15...0,44 мм; гранично-допустима конусність – не більше 0,15...0,44 мм.

Під час огляду колінчастих валів особлива увага звертається на виявлення тріщин, тому що навіть незначна тріщина на шийці колінчастого вала, невидима простим оком, може призвести до аварії двигуна. У складених колінчастих валах необхідно перевіряти щільність посадки шийок у щоках. Підозрілі ділянки колінчастого вала перевіряються за допомогою дефектоскопії. Найчастіше застосовують магнітну дефектоскопію.

Перевірку характеру та величини вигину осі колінчастого вала проводять шляхом виміру просідання та розкепів.

Просідання та розкепи колінчастого вала, крім термінів, установлених графіком оглядів, вимірюються до і після затягування анкерних зв'язків та фундаментних болтів, а також у всіх аварійних випадках: під час виплавлення та заливки вкладишів рамних підшипників, обриву шатунних болтів,

заміни задертих поршнів, значної вібрації двигуна, після посадки судна на міліну.

Перевірка просадки рамних шийок колінчастого вала проводиться просадною скобою після зняття кришки та верхніх вкладишів підшипників. До того ж скоба встановлюється по черзі в передній та задній частинах кожної шийки на відстані 15...20 мм від жолобників, причому мотиль першого циліндра повинен знаходитися у ВМТ. Перед виміром просідання необхідно переконатися, що шийки вала спираються на нижні вкладиші, для цього щупом промірюють зазор між шийкою і вкладишем. Щуп 0,03 мм не повинен проходити в зазор.

Для виявлення еліптичності та конусності мотильових та рамних шийок колінчастого вала виробляють виміри діаметрів шийок у трьох поперечних перерізах – за двома взаємно перпендикулярними напрямками, а саме: по вертикалі та горизонталі.

Під час виміру мотильових шийок відповідний мотиль повинен бути поставлений у ВМТ, а під час виміру рамних шийок – у ВМТ або НМТ.

На великих габаритних дизелях у процесі їх експлуатації перевіряють еліптичність шийок за допомогою індикатора без підйому колінчастого вала.

До того ж, розташувавши мотиль першого циліндра ВМТ, установлюють ніжку індикатора на нуль і потім записують показання індикатора через кожні 45° повороту колінчастого вала. Якщо максимальна різниця показань індикатора спостерігається через кожні 90° повороту мотиля, то це є показником еліптичності шийки, причому величина еліптичності дорівнює подвоєної максимальної різниці показань індикатора.

Якщо максимальна різниця показань індикатора спостерігається через кожні 180° повороту мотиля, це означає, що є порушення співвісності у шийці вала, причому величина

неспіввісності дорівнює половині найбільшої різниці показань індикатора.

У разі виявлення на шийках колінчастого вала неглибоких подряпин і рисок, що утворилися в результаті попадання в підшипник сторонніх частинок або виплавлення антифрикційного металу, усе це необхідно ретельно зачистити і шийку зашліфувати.

3.3.7. Перевірка висоти камери згоряння та встановлення кришки циліндра

Висота камери стиснення, тобто відстань між кришкою циліндра і верхньою кромкою поршня в разі положення його у ВМТ має бути строго визначеним, навіть невелика зміна розміру камери відбивається на величині тиску стиснення.

У процесі експлуатації ДВЗ зміна висоти камери стиснення відбувається внаслідок зносу мотильових, рамних та головних підшипників, від зміни в них товщини прокладок, від застосування прокладок невідповідної товщини під кришки циліндрів та п'яти шатунів. У період ремонту, якщо перезаливаються рамні підшипники і збільшується товщина заливки нижніх вкладишів, вісь колінчастого вала може виявитися піднятою. Це спостерігається і під час перезаливки мотильових та головних підшипників. Зміна висоти камери стиснення може статися також під час заміни поршня та кришки циліндра.

Для перевірки висоти камери стиснення застосовуються свинцеві кубики (циліндри) заввишки дещо більші за висоту камери стиснення (на 5...10 мм). Свинцеві кубики укладаються по краях поршня – з носової та кормової сторін. Для цього кришка знімається, а після встановлення кубиків вона ставиться на місце. Якщо дозволяє конструкція двигуна, свинцеві кубики можна заводити через отвори попередньо знятих клапанів кришки циліндра.

Перевернувши двигун через ВМТ, стиснуті кубики виймаються для виміру їх висоти та порівняння із заводськими

даними. Висоту камери стиснення встановлюють шляхом заміни прокладок між п'ятою шатуна та мотильовим підшипником. До того ж необхідно звертати увагу на те, щоб центрувальний виступ п'яти шатуна не вийшов з отвору підшипника мотіля.

Під час встановлення кришки циліндра має бути забезпечене вільне опускання її по шпильках на місце. Ущільнюючий борт кришки повинен входити у відповідне виточення у втулки циліндра із зазором 1...2 мм.

Під виступаючий борт кришки ставиться прокладка із червоної міді завтовшки 1,5...2 мм або червономідного дроту діаметром 3 мм. Вісь кришки циліндра повинна точно збігатися з віссю циліндра, що перевіряється виміром зазора. У разі збігу осей зазор по всьому колу має бути однаковим і складати 2...3 мм. Цей зазор можна регулювати затягуванням гайок.

Процес затягування гайок проводиться у строгому порядку – поступово та рівномірно. Спочатку підтискаються дві діаметрально протилежні гайки, а потім наступні діаметрально протилежні гайки, найбільш віддалені наскільки можна від двох перших. Не слід допускати надмірне затягування гайок, оскільки це може призвести до появи тріщин, обриву шпильок або фланців у втулці циліндра.

3.3.8. Перевірка центрування зібраного вузла руху на дизелі

Під час монтажу нових двигунів паралельність осей мотильових шийок осі вала зазвичай не може викликати сумнівів, оскільки перевірка вузлів здійснюється під час заводського складання. Інша справа на судні під час ремонту та ревізії поршневої групи руху ДВС з подальшим монтажем двигуна. У разі заміни шатунів, штоків і поршнів доводиться проводити низку пригінних та контрольних операцій.

Під час перевірки необхідно насамперед з'ясувати положення поршня у циліндрі. Для цього кривошипно-шатунний

механізм по черзі встановлюють у положення: ВМТ, правий борт, НМТ, лівий борт і, поміщаючи в підпоршневий простір лампу, щоразу спостерігають зверху кільцевий зазор. Промінь світла, за порівняно невеликого зазора величиною 0,20...0,25 мм і за ретельно обтертому поршні, добре уловлюється в щілину. Спостереження проводять із чотирьох діаметрально протилежних сторін. Якщо підгонка зроблена правильно, то під час просвічування головка поршня повинна бути точно в середині циліндра. Цим визначається і правильність положення поршня щодо шатуна.

У разі неправильно зібраних головних підшипників шатуна поршень отримає перекіс. Шляхом належного шабрування вкладишів слід досягати усунення цього перекосу.

Для цього, повертаючи колінчастий вал, з боку підпоршневого простору довгим щупом виконують заміри зазора між поршнем і втулкою з чотирьох взаємно перпендикулярних сторін через кожні 90° повороту мотиля або перевіряють зазор на світло.

Після досягнення паралельності осей мотильових шийок осі вала та точного установа шатуна та поперечки, необхідно перевірити паралельність п'ят штока та поперечки. Для цієї мети, не скріплюючи з'єднання штока з поперечкою, щупом перевіряють паралельність у місці з'єднання п'яти. Якщо виявиться, що зазор тут різний або з одного боку він буде виявлений, а з протилежного не виявиться, то п'яту приганяють шабруванням.

Закінчивши шабрування п'ят та компресійних прокладок, встановлюють прокладки на місце і шток поршня опускають на п'яту поперечки. Потім зазор у з'єднанні п'ят або між компресійними прокладками знову перевіряється щупом. Відсутність зазора у з'єднанні вказує на правильне припасування. Переконавшись у задовільному приляганні п'ят штока та поперечки, заводять болти, після стягування яких з'єднання перевіряється знову.

Далі здійснюють перевірку центрування вузла «тронк–цапфа–шатун–поршень», поршень за знятих кільцях опускається в робочий циліндр. У цей період мотильова шийка має бути у ВМТ. Вузол опускається так, щоб п'ята шатуна поєдналася з верхньою половиною мотильового підшипника. Шийка мотіля перед укладанням половинки вкладиша намащується тонким шаром фарби пригонки. Необхідно відмітити, що вкладиші мотильового підшипника, що приганяється, попередньо повинні бути перевірені по мотильовій шийці з тим, щоб був передбачений аксіальний зазор приблизно 1,0...1,5 мм на бік.

Зазори між поршнем і циліндровою втулкою заміряються лише у площині осі колінчастого вала. У напрямку, перпендикулярному їй, тронк поршня притискається до стінки втулки то одним боком, то працюючи, як повзун; тому зазор досить виміряти з одного боку. Одночасно з цим вимірюють аксіальні зазори в мотильовому підшипнику.

Результати вимірів заносяться до технологічних дефектних карт і тим самим визначається перекіс, який не повинен перевищувати 0,15 мм на 1 м довжини поршня.

Перевірку перекосу руху бажано проводити за мінімальних зазорів у мотильовому підшипнику. Під час проведення вимірів не слід вводити щуп із зусиллям, тому що в цьому випадку поршень буде віджиматися і вимір виявиться неправильним.

Для усунення перекосу руху необхідно за даними виміру зазора між поршнем і втулкою встановити причину перекосу.

Причини перекосу у вузлі руху можуть бути наступні:

- одностороння верхня конусність мотильової шийки;
- неправильне шабрування верхньої половинки підшипника;
- зміщення осі шатуна з поршнем до носа або корми за рахунок відсутності аксіального зазора з протилежної торцевої сторони мотильового підшипника;

– непаралельність мотильової шийки осі колінчастого вала та конусність шийки.

Схема взаємного положення поршня та втулки робочого циліндра в разі перекосів показана на рис. 3.1. До того ж якщо носовий та кормовий зазори у ВМТ та НМТ рівні (рис. 3.1,*а*), а це означає, що поршень та шатун пригнані правильно; якщо носові і кормові зазори у ВМТ різні, а НМТ рівні (рис. 3.1,*б*), це показує, що мотильова шийка має односторонню конусність. Для усунення такого дефекту необхідно опилити конус шийки. Якщо носові зазори у ВМТ та НМТ вийдуть більше або менше ніж кормові зазори на однакову величину (рис. 3.1,*в*), це вказує на зміщення шатуна з поршнем. Виправлення полягає в опилюванні торця підшипника, причому на протилежний торець напаяється шар антифрикційного сплаву. Нарешті, якщо виміри у ВМТ і НМТ в обох випадках указують на наявність нахилу шатуна в ніс або в корму (рис. 3.1,*г*), це означає, що перекіс викликаний неправильним шабруванням верхнього вкладиша мотильового підшипника. Для усунення перекосу необхідно підшабрити верхній вкладиш мотильового підшипника з того боку, з якого зазор між поршнем і втулкою циліндра виявляється більше.

Під час зняття шабруванням надлишку металу з одного боку вкладиша необхідно поступово зводити метал нанівець до протилежного торця вкладиша. До того ж слід добиватися гарного прилягання вкладки до шийки. Для досягнення останнього шабрування ведуть по шийці підшипника на фарбу.

Якщо поршень у ВМТ виявиться нахиленим у бік носа, а НМТ – у бік корми, це вказує на наявність непаралельності мотильової шийки з віссю вала.

У разі значних перекосів поршня в циліндрі необхідно усувати непаралельність мотильової шийки з віссю вала. У міру усунення перекосів проводять повторні виміри зазора між втулкою та поршнем.

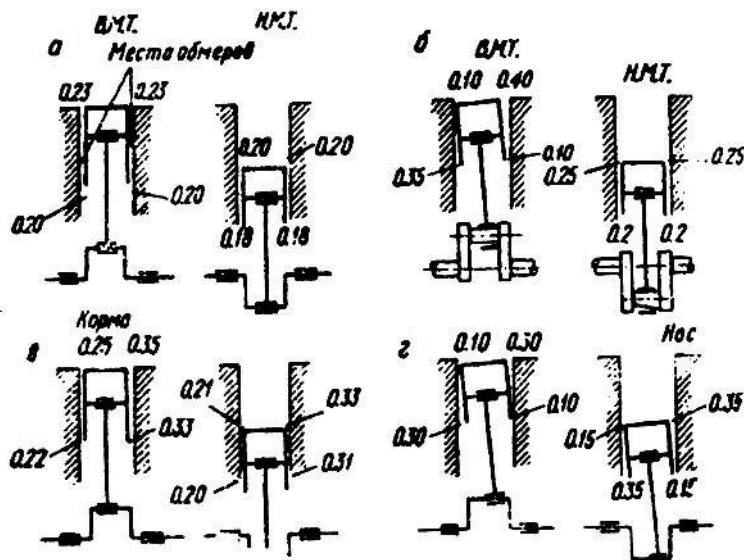


Рис. 3.1. Схема взаємного розташування поршня та втулки робочого циліндра в разі перекосів

Після закінчення вивірювання руху та підгонки мотильового підшипника, останній знову розбирається, і вузол руху виймається з циліндра. Стінки втулок циліндрів оглядаються, протираються та змащуються. На поршень одягаються кільця. Поршень та кільця промазуються, після чого деталі руху знову вводяться в циліндр для остаточного складання.

3.3.9. Перевірка положення повзуна та паралелі

Перевірка положення повзуна щодо площин паралелей проводиться шляхом вимірювання зазора «а», «б», «с», «д» (рис. 3.2).

Отримані значення мають бути рівними між собою. Однак зазори між повзуном та паралеллю правого та лівого бортів можуть бути різними, оскільки паралелі працюють, головним чином, на передній хід.

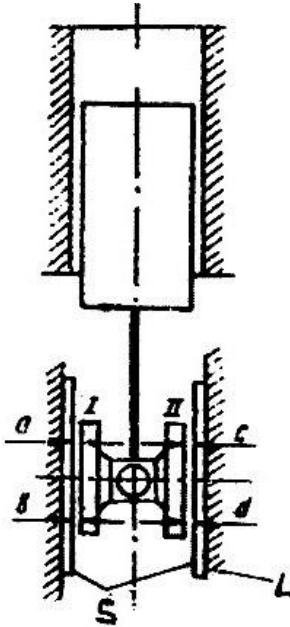


Рис. 3.2. Вивірка положення механізму щодо площин паралелі

Між робочою поверхнею повзуна та відповідною їй опорною поверхнею паралелі, за діаметра цапф 150...500 мм, установлюється масляний зазор 0,15...0,35 мм. Під час зняття вимірів крейцкопф притискають до паралелі домкратом.

За наявності непаралельності між робочими поверхнями паралелей та крейцкопфа, шабрується поверхня S (рис. 3.2).

У разі виявлення значної непаралельності підкладаються під поверхню L клинові підкладки. У разі наявності паралельності, але за значної різниці у величинах вимірів з правого та лівого бортів, під напрямні планки ставляться прокладки рівномірної товщини.

Після закінчення центрування руху поршні з циліндра виймаються, ставляться поршневі кільця і вводять поршень у циліндр.

Коли поршень остаточно введений у циліндр, з'єднують деталі руху і після цього перевіряють вал на кілька обертів.

ЧАСТИНА II

РЕМОНТ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

РОЗДІЛ 4

ОРГАНІЗАЦІЯ СУДНОРЕМОНТУ. МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ

4.1. Види ремонту

Організація ремонту та докування суден заснована на планово-попереджувальній системі (ППС), яка забезпечує збереження справного технічного стану, підтримання або відновлення експлуатаційно-технічних якостей суден, нормальні умови праці та побуту суднових екіпажів, скорочення строків та зниження вартості ремонту. Строк служби суден, види ремонту, періодичність їх виконання, а також докування визначаються Положенням про технічну експлуатацію морського флоту.

Ремонт – це комплекс операцій із відновлення справності чи працездатності судна загалом чи його складових частин. Він є складовою технічної експлуатації. Ремонт проводиться з виведенням суден з експлуатації переважно спеціалізованими судноремонтними заводами.

Тепер усе частіше ремонт виконують бази технічного обслуговування без виведення суден із експлуатації. Для цієї мети використовується стоянка судна та в рейси направляють

ремонтні бригади. Для суднових конструкцій та технічних засобів установлюють два види планово-попереджувального ремонту: поточний та капітальний, а для суден загалом – заводський та доковий. Для суден, що не входять до ППС, застосовуються підтримуючий, відновлювальний, міжрейсовий, аварійний ремонти, а також практикується переобладнання суден та їх модернізація.

Поточний ремонт суднових конструкцій та технічних засобів проводиться з метою гарантування або відновлення їх працездатності. До того ж відновлюють і замінюють окремі (швидкозношувані) елементи, крім базових. Під час ремонту проводиться: перебирання суднових технічних засобів, перевірка та відновлення необхідних зазорів, регулювання, усунення дрібних несправностей і дефектів; очищення та фарбування корпусу і його елементів, заміна протекторів, усунення виникаючих нещільностей та дрібних пошкоджень, усунення деформацій окремих елементів, підварювання швів, наплавлення місцевих роз’їдань та виконання інших робіт, що не потребують заміни великих елементів корпусу; очищення, фарбування та усунення дрібних пошкоджень обробки та обладнання суднових приміщень; перебирання, усунення нещільностей суднових трубопроводів та арматури, заміна арматури, відпал та заміна окремих труб; усунення дрібних несправностей та дефектів електромереж, приладів, засобів автоматики тощо.

У процесі докового ремонту повинні виконуватися роботи також не докового характеру, необхідні для забезпечення безпечної експлуатації судна. Періодичність та обсяг докового ремонту встановлює МІУ.

Міжрейсовий ремонт полягає в усуненні несправностей окремих елементів судна, що виникають в експлуатації, і забезпеченні його справного технічного стану.

Підтримуючий ремонт судна полягає у відновленні технічного стану до мінімально необхідного рівня, він забезпечує

нормальну експлуатацію судна у встановлений період. Під час підтримуючого ремонту забороняється виконувати роботи з модернізації.

Відновлювальний ремонт судна здійснюють після досягнення граничного зносу. Судна, що пройшли відновлювальний ремонт, підлягають введенню до ППС; термін їхньої служби встановлює МІУ.

Модернізаційні роботи виконують з метою покращення техніко-економічних показників судна загалом, підвищення продуктивності праці, поліпшення умов праці та побуту суднового екіпажу, запобігання забрудненню навколишнього середовища.

Переобладнання суден роблять з метою зміни експлуатаційного призначення судна чи його основних елементів лише з дозволу МІУ. Роботу переважно здійснюють у процесі планових ремонтів.

Аварійний ремонт не входить до ППС, його виконують для усунення пошкоджень судна, суднових конструкцій та технічних засобів. Під час аварійного ремонту зазвичай здійснюють лише необхідні роботи, викликані аварією (аварійним випадком). Виконання інших робіт допускається в межах терміну, встановленого для усунення аварійних пошкоджень.

4.2. Ремонтна документація

Проектно-кошторисна типова документація, що розробляється та застосовується на судноремонтних підприємствах, дуже різноманітна. Зосереджена вона в ССГ і на заводах, до яких прикріплені судна, що ремонтуються. Готують її задовго до того, як судно буде поставлено на ремонт. У процесі ремонту судна судноремонтний завод зобов'язаний погодити з інспекцією Регістру технологічні процеси особливо

складних для відповідальних робіт; програму здавальних та швартовних випробувань; робочі креслення з робіт, які входять до компетенції Регістру.

Основною формою ремонтної документації є відомості ремонтних робіт, що складаються у межах затвердженого судновласниками ліміту або планової ціни на ремонт даного судна. У складі робіт, які включені у відомості, можуть бути уніфіковані, типові та індивідуальні, унаслідок чого відомості поділяють на відповідні частини. Уніфіковані та типові відомості ремонтних робіт мають переваги порівняно з індивідуальними: вони полегшують роботу під час складання ремонтної документації, дають змогу встановити єдині відпускні ціни на судноремонтну продукцію, організувати внутрішньо-заводське планування та підготовку виробництва за єдиними технологічними процесами.

Судновласник під час видачі заводу замовлення на ремонт або докування судна наводить у відомостях номера комплектів за чинними прейскурантами типових ремонтних робіт, що підлягають виконанню, із зазначенням їх короткого утримання та обсягу (для робіт, що оцінюються одиничними розцінками), а також супутніх робіт, необхідних для виконання ремонту (якщо не враховуються прейскурантами).

Відомості на ремонт судна, до передачі їх заводу, судновласник повинен у разі потреби погоджувати з органами нагляду та взяти участь під час розгляду їх заводом.

За всіма видами ремонтів суден становлять відомості: нульового етапу, ремонтних та докових робіт. Кожна відомість, за винятком докових робіт, містить розділи робіт з корпусної, механічної, електричної та радіонавігаційної частин. Вхідними матеріалами для складання відомостей на ремонт судна слугують формуляри технічного стану корпусу та енергетичної установки, акти розпорядження та вимоги органів нагляду, норми зносів елементів корпусу й деталей

суднових технічних засобів; дані оглядів та спостережень у процесі експлуатації. Відомості на ремонт судна надаються в ССГ судновою адміністрацією до постановки судна на ремонт.

Замовлення та технічна документація на модернізаційні роботи, переобладнання суден, а також на роботи, спрямовані на покращення умов праці та побуту суднового екіпажу, мають бути надані за 6 місяців до наміченого терміну початку виконання цих робіт.

Відповідальність за якість та повноту складання відомостей на ремонт та докування судна несе старший механік. Відповідальність за відповідність відомостей затвердженому пароплавством ліміту, за їх подання ССГ у встановлений термін заводу несе капітан судна.

4.3. Нагляд за ремонтом суден та їх прийомка

Відповідно до Положення про заводський ремонт суден ММФ спостереження за проведенням ремонтних робіт з боку Регістру здійснюється відповідно до його чинних правил та інструкцій за договором, укладеним із заводом. Спостереження за виконанням робіт з боку замовника здійснюється капітаном, старшим механіком судна та груповим інженером. Ці особи зобов'язані контролювати виконання та якість робіт відповідно до затверджених відомостей на ремонт, проєктів, креслень та кошторисів; брати участь у заводській дефектації; контролювати термін виконання робіт за заводським технологічним графіком; брати участь у проміжних заводських прийманнях відповідальних деталей, вузлів, механізмів, обладнання, пристроїв та в остаточному прийманні судна; перевіряти та попередньо погоджувати калькуляції робіт та кошторису під час всіх ремонтів, на які відсутні планові ціни.

Інспекція Регістру, яка веде спостереження за ремонтом, уточнює та надає заводу та замовнику свої вимоги в період заводської дефектації. Приймання ремонтних робіт буває двох видів:

1. *Попереднє*, що проводиться по закінченню робіт у процесі ремонту окремих деталей, механізмів та елементів судна. Усі механізми, деталі, елементи судна, що надаються до здачі, повинні бути прийняті відділом технічного контролю (ВТК) заводу з оформленням відповідних актів; на відповідальні деталі нанесені тавра. Попереднє приймання здійснює суднова адміністрація.

2. *Остаточне*, яке проводиться після заводських робіт. Остаточне приймання після навігаційного та підтримуючого ремонтів, а також чергового докування здійснюють капітан та старший механік за участю представника замовника (групового інженера), а після відновлювального ремонту, модернізації та переобладнання – комісія, призначена начальником пароплавства. Дата підписання акта є датою закінчення ремонту.

У необхідних випадках до участі у прийманні судна із ремонту замовник залучає представників органів нагляду. Приймання судна з ремонту проводять за програмою, складеною заводом та погодженою з інспекцією Регістру.

Програма включає в себе проведення швартовних та ходових випробувань. Після закінчення випробувань складають акт, у якому докладно викладають результати випробувань, наводять дефекти, що підлягають усуненню. Після усунення дефектів, зазначених в акті, та перевірки складають акт приймання судна з ремонту. Заводська адміністрація до моменту підписання акта має передати судновій адміністрації всю звітну документацію із внесенням до формулярів відповідних змін.

4.4. Класифікація дефектів

Дефекти різних частин корпусу та механізмів з причин їх виникнення класифікуються на експлуатаційні, конструктивні, виробничі та аварійні.

Експлуатаційні дефекти виникають у результаті нормального фізичного зношування або пошкоджень у разі порушення правил технічної експлуатації. У разі фізичного зносу окремі деталі та вузли механізмів, агрегатів, пристроїв та схем, втрачаючи свої початкові геометричні форми та розміри, втрачають механічні, фізичні та хімічні властивості, отримані ними під час виготовлення чи ремонту. Нормальне фізичне зношування виникає в умовах нормальної експлуатації механізмів під впливом тертя, корозії, ерозії, кавітації, пружних та пластичних деформацій тощо.

Конструктивні дефекти – результат помилок, допущених під час конструювання корпусу, деталей та вузлів механізмів (помилки під час розрахунку міцності, у виборі допусків та посадок на сполучені деталі, неправильний підбір під час проєктування матеріалу та режиму термообробки; неправильне конструктивне оформлення деталей).

Виробничі дефекти – результат помилок, допущених під час будівництва та ремонту корпусів суден, виготовлення та ремонту деталей механізмів, збирання агрегатів, систем та суднових механізмів (відступ від розмірів, даних у робочих кресленнях; застосування недоброякісних матеріалів; порушення режимів термообробки; недотримання технічних умов під час монтажу механізмів, вузлів, конструкцій).

Аварійні дефекти – результат пошкоджень та поломок конструкцій корпусу, механізмів, вузлів, деталей, котлів, суднових систем та пристроїв, що відбулися внаслідок недотримання правил судноводіння, технічної експлуатації флоту або внаслідок стихійних лих.

4.5. Основні види зносу і руйнування

У процесі експлуатації в суднових технічних засобах і елементах корпусу судна з різних причин виникають дефекти (зноси та пошкодження), які зменшують довговічність та надійність цих конструкцій, визначають їх терміни придатності і планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Процеси зношування та руйнування виникають унаслідок дії тертя, ерозії, корозії, а також через вплив металу, теплового впливу, експлуатаційних відкладень, важких умов експлуатації та аварій. Інтенсивність процесу зношування залежить від характеру навантажень, наявності та якості мастила, температурних умов, режиму взаємного переміщення поверхонь, що беруть участь у процесі тертя, характеру захисних окисних плівок, що утворюються на поверхні, твердості й межі пружності, теплофізичних характеристик, хімічної стійкості і структури металу тощо.

Механічне зношування – це процес руйнування поверхневих шарів унаслідок механічних впливів пружних та пластичних деформацій (без істотних фізико-хімічних змін властивостей матеріалів). Цей вид зношування призводить до зменшення розмірів, міцності та зміни форми деталей (еліптичність, конусність, бочкоподібність циліндрів і т. п.), збільшення масляних зазорів у підшипників, напрацюваннях, задирах, подряпинах, рисках у разі потрапляння на поверхню тертя абразивних частинок.

Корозійно-механічне зношування виникає в результаті механічного впливу, що супроводжується хімічною та/або електричною взаємодією матеріалу із середовищем. До корозійно-механічного зношування відноситься фітинг-корозія (корозія в сукупності з тертям), що виникає в результаті відносно невеликого переміщення двох деталей, що контактують, одна з яких (або дві) – металева. У цьому випадку на поверхні з'являються викришування (дрібні

точкові руйнування), які заповнюються оксидами металів. Це явище спостерігається на посадкових місцях гребних валів у ділянці кормових торців облицювання, насаджених пресовою посадкою та рамних підшипників потужних двигунів. Корозійно-механічне зношування прискорюється під час роботи деталі в газовому або рідкому середовищі агресивних речовин.

Ерозійне зношування – механічне зношування, що виникає внаслідок впливу потоку рідини та/або газу.

Корозійне руйнування – це процес мимовільного руйнування деталей механізмів унаслідок фізико-хімічної дії з довкіллям. У разі корозії відбувається витончення елементів конструкцій та зменшення розмірів деталей, розрив клепаних з'єднань.

Ерозійне руйнування – це процес руйнування деталей, викликаний механічним впливом часток, що швидко рухаються, води або інших речовин. Величина руйнування залежить від твердості металу, його структури та величини зерен, ступеня наклепу під час обробки в холодному стані, швидкості середовища, його складу та характеру потоку. Ерозійне руйнування може бути спричинене газовою, кавітаційною та абразивною ерозією. Наприклад, з виникненням явища кавітації гребного гвинта відбувається ерозійне руйнування у вигляді роз'їдання, викришування, каверн, борозн, виразок та тріщин. Втомне руйнування характеризується накопиченням пружних спотворень кристалічних решіток, розвитком субмікроскопічних втомних тріщин до розмірів мікротріщин, зростанням тріщин до мікророзмірів з подальшим руйнуванням деталі.

Теплова дія під час роботи сталевих і чавунних деталей (особливо тривалий час у зоні підвищених температур) може призвести до перегріву, перепаду, газової корозії, повзучості, графітизації, зростання чавуну та інших явищ, що знижують механічні властивості сталей і чавуну.

4.6. Методи виявлення дефектів

Значну частину дефектів механізмів, пристроїв та систем можна визначити за зовнішніми ознаками за різних станів механізмів: під час дефектувального пробігу судна, пуску окремих механізмів; зовнішнього візуального огляду зібраних і розібраних механізмів. До технологічних методів контролю можна віднести візуальний, свердління, гасово-крейдяний, а також електролітичне травлення, кольорову та люмінесцентну дефектоскопію.

Під час візуального (зовнішнього) огляду неозброєним оком або через лупу виявляють вади на поверхні деталі. До того ж використовують лупи, що дають 6...180-кратне збільшення. Дефектні ділянки швів, що підлягають виправленню, відзначають червоною фарбою – двома лініями, що перетинають зварний шов і однієї – паралельної шву по довжині дефектної ділянки. Для кращої видимості поверхню попередньо протрують кислотою.

Внутрішні поверхні труб, глибокі свердління оглядають оптичними трубоскопами, якими в цехах та в суднових умовах можна оглянути поверхні, віддалені від ока спостерігача на 7,5 м, діаметром від 38 до 60 мм. Шорсткість поверхні визначають профілактографами.

Вимірювальні інструменти дають точність вимірювань від 0,01 до 0,005 мм, що відповідає вимірювальним приладам 2 та 3 класів точності.

У випадках, коли необхідно отримати епюру лінійних зносів по всій поверхні, використовують прийом вимірювання зносу методом штучних баз. На поверхні вирізують поглиблення певної геометричної форми (сферичні у вигляді лунок) такого розміру, щоб вони не впливали на роботу механізму. Поглиблення (відбитки) наносять алмазною квадратною пірамідою з кутом 136° . Після заданого відпрацьованого механізмом часу зміни розмірів поглиблення визначають значення зносу в цій точці.

Метод свердління застосовують для контролю зварних швів, особливо в тих місцях, які не можуть бути просвічені рентгенівськими або гамма-променями, або відсутня апаратура для просвічування. Діаметр свердла повинен бути на 2...3 мм більшим за ширину шва для того, щоб розкрити вершину кута оброблення кромки і межі сплавлення кромки шва та основного металу. Глибина свердління стиків швів має бути не менше $\frac{2}{3}$ товщини металу. Кутові шви свердлять із заглибленням у основний метал на 1,0...1,5 мм. Після свердління отвір шліфують наждачним папером, продувають повітрям, обробляють 10...15 % розчином азотної кислоти і висушують фільтрованим папером. Шов бракують, якщо на поверхні поглиблень будуть непровари та тріщини, а газових пор та шлакових включень виявиться понад дві-три штуки за товщини основного металу до 10 мм і понад три-чотири – за товщини понад 10 мм та розміри понад 1 мм.

Гасово-крейдяний метод застосовують для контролю якості зварних та клепаних швів під час випробування їх непроникності, для виявлення тріщин у деталях механізмів. Він заснований на молекулярних властивостях гасу, бензину, ацетону та інших речовин, які легко проникають у тріщини виробів. Обстежуване місце очищають і рясно змочують гасом, потім витирають насухо, фарбують водяним або спиртовим розчином крейди. Поблизу місця перевірки завдають ударів молотком по мідній прокладці. Про наявність та розмір тріщин судять за появою на покритій крейдою поверхні жирового сліду, що виникає внаслідок вбирання крейдою гасу. Струс сприяє виходу гасу, що проникає в тріщину деталей.

Під час перевірки зварних швів корпусів суден з внутрішнього боку шов змочують гасом так, щоб на його поверхні протягом випробування зберігся тонкий шар гасу. З протилежного боку шва, що перевіряється, наносять крейдяний розчин. Узимку до складу крейдяного розчину вводять розчинник, що не замерзає. Після цього витримують водонепроникні шви

від 20 до 60 хв; шви в корпусах нафтоналивних суден витримують від 40 до 120 хв залежно від їх товщини та положення (нижнього, вертикального). Якщо шов має наскрізні дефекти, на поверхні, пофарбованій крейдою, з'являються жирні плями гасу.

Електролітичне травлення застосовують для виявлення тріщин, волосовин, флокенів, шлакових включень тощо. Деталь поміщають у електролітичну ванну.

Люмінесцентна та кольорова дефектоскопія засновані на молекулярних властивостях рідин. Люмінесцентну дефектоскопію застосовують для виявлення зовнішніх дефектів деталей судових механізмів. Вона ґрунтується на властивостях деяких органічних сполук світитися під впливом ультрафіолетових променів. Носії свічення називаються *люмінофорами*. Як люмінофор застосовують барвник дефектоль зелено-золотистий і дефектоль «Норіол».

Люмінофор розчиняють у бензині, гасі чи трансформаторному маслі, очищають деталь, наносять люмінофор на поверхню деталі пензлем або занурюють деталь у ванну і витримують її там протягом 10...15 хв. Обмивають деталь ковзним струменем холодної води під тиском 1...2 бар, сушать у струмені теплого повітря або покривають водним розчином вуглекислого магнію. Під впливом ультрафіолетових променів люмінофор, що залишився в тріщинах, дає яскраве свічення.

Кольорова дефектоскопія заснована на властивостях речовини, які містять пігмент, що барвить, проникати у тріщини й мікротріщини.

Випробування зменшенням тиску в об'ємі проводять за допомогою насоса. Після нагнітання насосом повітря або іншого газу в герметичний посуд до досягнення потрібного тиску, повітряну мережу відключають від об'єкта, що випробовується. Нецільність виявляють за падінням тиску в часі за допомогою приладу безпосередньої оцінки.

За час випробування (12...14 год) температура газу досягає температури навколишнього середовища. Потім вимірюють падіння тиску в цій посудині, що виникає внаслідок витoku газу.

Стиснутим повітрям із застосуванням аміаку перевіряють зварні шви. Контрольовані шви покривають папірцем, стрічкою або бинтом, просоченим 5 %-им розчином азотної ртуті. Ширина паперової стрічки повинна бути на 20 мм більша за ширину шва. Після закріплення стрічки у виріб вводять аміак у кількості 1 % об'єму повітря, що заповнює порожнину виробу за нормального тиску. Потім вводять стиснене повітря, тиск якого визначають за технічною умовою (ТУ) на цей виріб. Цей тиск витримують протягом 3...5 хв, потім його знімають, стрічку відокремлюють від шва та оглядають. Нещільність установлюють по чорних плямах на паперовій стрічці.

Індикатором дефектів, крім зазначеного, може бути водний розчин фенолфталеїну, який під час реакції з аміаком утворює червоно-фіолетові плями. Спочатку перевіряють непроникність стисненим повітрям, потім – аміаком. Це дозволяє попередньо виявити й усунути порівняно грубі нещільності і тим самим зменшити загазованість навколишньої атмосфери аміаком.

Випробування за допомогою вакуум-камери. Проводять із застосуванням вакуум-камер, з'єднаних шлангом з патрубком відкачування вакуумного насоса. Вакуум-камера має прозорий верх, через який видно випробовуваний шов. Краї вакуум-камери мають пружну еластичну прокладку, що щільно прилягає до шва під час відкачування повітря з коробки. Випробування проводять по черзі на окремих ділянках. Вакуум-камеру встановлюють на очищений від забруднень шов, змочений піноутворюючим розчином. Потім із коробки вакуум-насосом відкачують повітря до невеликого ступеня розрідження 65...80 кПа, що реєструється вакуумметром. Шов вважають непроникним, якщо під час випробування контрольованої ділянки в піноутворюючому розчині не утворюються повітряні бульбашки.

4.7. Виявлення внутрішніх дефектів та щільності з'єднань

У судноремонті широко використовують фізичні методи контролю.

Гамма- та рентгенівська дефектоскопія засновані на властивостях електромагнітних хвиль. Рентгенівські промені та гамма-промені є короткохвильовими електромагнітними коливаннями, які володіють здатністю проникати через тверді непрозорі тіла, що дозволяє використовувати їх для виявлення внутрішніх дефектів виливків, поковок, зварних і клепаних швів. За наявності дефектів деталі, промені, що пройшли через них, зберігають більшу інтенсивність унаслідок нещільності матеріалу пороків, ніж промені, що пройшли через ділянки, що не мають дефектів.

Залежно від способу реєстрації дефектів розрізняють рентгеноскопію і гаммаскопію, тобто просвічування на екран, що світиться, або візуальне спостереження за дефектами; рентгено- та гаммаграфування, тобто фотографування об'єкта на рентгенівську плівку (рис. 4.1); рентгено- і гамма-іонізаційний спосіб, за якого оцінку інтенсивності променів, що пройшли через виріб, виконують за допомогою іонізаційних камер та різних лічильників.

Як устаткування під час рентгенографії використовують промислове рентгенівське обладнання. Гаммаграфування проводиться за допомогою гамма-джерел (радіоактивних ізотопів), поміщених у захисні контейнери.

Перед рентгено- та гаммаграфуванням, зварний шов та навколошовна зона повинні бути очищені від шлаку та забруднень і на шві мають бути намічені ділянки, що підлягають контролю. Обсяг просвічування зварних швів корпусних конструкцій береться у відсотках від довжини швів.

Наприклад: верхня палуба і днище, включаючи скули суден довжиною 80 м і більше, а також мають клас УЛ і вище незалежно від довжини в межах 0,6 довжини судна в середній

частині 10 % монтажних швів, 2,5 % секційних швів; за межами середньої частини 2,5 та 1 % відповідно; борт судна – 5 та 1 % і відповідно 2,5 та 1 %.

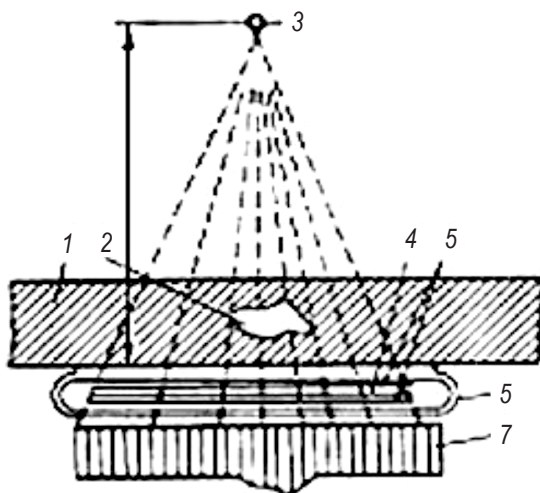


Рис. 4.1. Загальна схема рентгено- і гаммаграфування:

- 1 – виріб, що просвічується; 2 – дефект;
3 – джерело випромінювання; 4 – плівка; 5 – екрани; 6 – касета;
7 – еюра інтенсивності променів

Стики та пази настилу верхньої палуби та вузлів вантажних люків – один знімок на кожен стик (на ділянці, що безпосередньо прилягає до краю люка), а за межами середньої частини – нарівні з іншими швами верхньої палуби.

Стики потовщених листів стрингерів верхньої палуби в кінці надбудов – один знімок на кожен стик.

Після прояву рентгено- та гаммаграм визначають якість зварного шва. Якість знімка вважається хорошою, якщо на ньому видно всі маркувальні знаки, зразки чутливості та зображення шва. На плівках дефектні місця будуть видні у вигляді темних плям, крапок та смуг.

Якість швів оцінюється за трибальною системою за такими ознаками:

бал III – гарна якість; дається, якщо на знімку немає ознак непроварів або тріщин, газових і шлакових включень, а є лише одиничні дрібні далеко розташовані включення (до п'яти штук на довжині знімка) розміром не більше 2 мм;

бал II – задовільна якість; дається, якщо на знімку немає ознак непроварів або тріщин, а є невеликі кількості (скупчення) дрібних газових та шлакових включень, що не мають виду суцільної сітки, розміром до 1 мм за загальної площі включень не більше 20 мм² на 1 см² за товщини шва до 10 мм і трохи більше 40 мм² – за товщини шва 50 мм;

бал I – незадовільна якість; дається, якщо на знімку є ознаки непроварів або тріщин, або сітки газових та шлакових включень, розміри, кількість або сумарна довжина яких перевищує значення, зазначені для бала II.

Ультразвукова дефектоскопія використовується для виявлення зовнішніх і внутрішніх дефектів. Ультразвукові хвилі проникають на глибину до 10 м у металевих виробах. Ультразвукові дефектоскопи працюють на діапазонах частот, що перевищують 20 000 Гц, їх поділяють за такими ознаками: прямого прозвучування (тіньовий метод); із видимим зображенням дефектів та імпульсні (рис. 4.2).

Сутність наскрізного прозвучування у тому, що ультразвук підводиться до деталі з одного боку, а приймається з іншого (рис. 4.2,*а*). Якщо структура металу однорідна, то ультразвук проходить через нього без коливань. Якщо на шляху ультразвуку зустрічаються дефекти, він розсіюється і до приймача надходить ослабленим. Для кращого акустичного контакту між щупом і виробом поверхню, що перевіряється, змащують касторовим або трансформаторним маслом.

В імпульсному дефектоскопі (рис. 4.2,*б*) імпульсний генератор збуджує пластинку випромінювача (щуп). Платівка коливається, і на її гранях виникає електрична напруга, яка

посилиюється підсилювачем і надходить на пластинки електронно-променевої трубки. На екрані осцилографа виходить зображення початкового імпульсу. За наявності дефекту у виробі з'являється другий імпульс (відображення дефекту), і під час виходу променя з виробу з'являється третій – донний імпульс. За розташуванням імпульсів визначають глибину залягання дефекту. Ультразвукові дефектоскопи дають можливість визначити лише внутрішні дефекти, визначити глибину залягання та орієнтовну площу. Установити характер дефектів не завжди вдається.

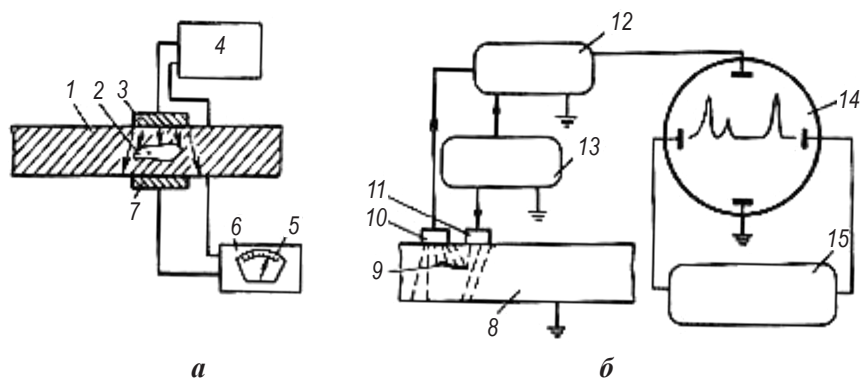


Рис. 4.2. Схема ультразвукового дефектоскопа:

- а** – наскрізного прозвучування; **б** – імпульсного прозвучування;
 1 – деталь; 2 – дефект; 3 – випромінювач; 4 – генератор;
 5 – індикатор; 6 – підсилювач; 7 – приймач; 8 – деталь; 9 – дефект;
 10 – приймальний шуп; 11 – передавальний шуп; 12 – генератор імпульсів;
 13 – підсилювач; 14 – електронно-променева трубка;
 15 – генератор розгортки променя

Магнітна дефектоскопія ґрунтується на властивостях магнітного поля. Цим методом виявляють у чавунних та сталевих деталях суднових механізмів втомні тріщини, що виникли внаслідок термообробки, шліфувальні, поверхневі та підповерхневі полони, волосовини, заходи й закови

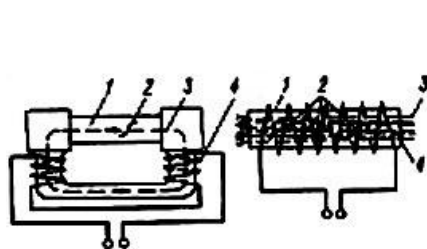
(на глибину не більше 2...3 мм). Магнітна дефектоскопія дозволяє виявляти тріщини розміром до 0,001 мм.

Існують магнітний порошковий та магнітний індукційний методи. У першому способі індикатором спотворення силових ліній магнітного поля слугують частинки порошку оксидів заліза, що осідають на дефектах намагніченої деталі, у другому – індукційний струм у котушці, з'єднаний з вимірним приладом під час її переміщення щодо намагніченого виробу або виробу щодо котушки.

Під час дефектації методом магнітної суспензії її готують із гасу або трансформаторного масла, залізної пудри (50 г порошку на 1 л води). Іноді використовується магнітна суспензія, виготовлена на пасті МПЕ. Ця суспензія не викликає корозії деталі, добре змочує вироби, чутлива до виявлення дефектів.

Під час використання порошкового методу намагнічування виробів проводиться переносними магнітними дефектоскопами або зварювальними трансформаторами.

Під час індукційного методу контролю наявність дефектів визначають за допомогою спеціальних пристроїв. Виріб намагнічується електричним струмом. Під час переміщення котушки в ній збуджується електричний струм, що гальванометр фіксує наявність дефекту відхиленням стрілки. Намагнічування виробів буває полюсне – електромагнітом та соленоїдом (рис. 4.3), циркулярне – через деталь та через провідник у порожній деталі (рис. 4.4). Індукційний метод контролю недосконалий, тому що дає можливість визначити лише місцезнаходження дефекту, а глибину залягання дефекту визначити не можна.



a

б

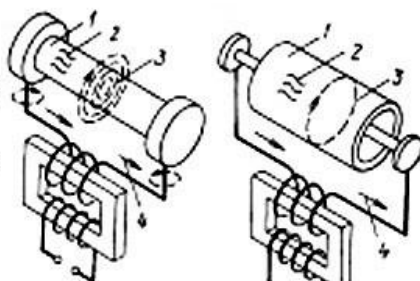
Рис. 4.3. Поліусне
намагнічування:

a – електромагнітом;

б – соленоїдом;

1 – деталь; *2* – дефект;

3 – силові лінії магнітного
поля; *4* – провідники



a

б

Рис. 4.4. Циркулярне
намагнічування:

a – через деталь; *б* – через
провідник у порожній деталі;

1 – деталь; *2* – дефект;

3 – силові лінії магнітного
поля; *4* – провідники

Питання, які виносяться на самостійне опрацювання

1. Механічна обробка деталей, система ремонтних розмірів.
2. Ручна дугова та газова наплавка.
3. Автоматичне наплавлення.
4. Електромеханічний метод нарощування та електроіскрова обробка.
5. Електролітичний метод нарощування.
6. Металізація розпилюванням.
7. Відновлення розмірів та форми деталей деформуванням.
8. Відновлення деталей насадками, накладками, штифтами та стяжками.
9. Заварювання тріщин у чавунних деталях.
10. Механічне, термічне та електромеханічне зміцнення.
11. Зміцнення структури термодифузійною обробкою.

РОЗДІЛ 5

РЕМОНТ КОТЛІВ

5.1. Підготовка котлів до ремонту

5.1.1. Очищення котлів

Для огляду та дефектації котлів проводять зовнішнє та внутрішнє очищення. У першому випадку видаляють сажу, окалину, іржу тощо. На відміну від ручного очищення більш продуктивним є відпарювання відкладень гарячою водою або парою із застосуванням лужних присадок під тиском 4...5 бар з подальшим видаленням відкладень стисненим повітрям або обмиванням гарячою водою. Внутрішнє очищення виконують з метою видалення накипу, шламу та маслянистих речовин. Ручне очищення за допомогою ударного чи іншого інструмента заборонено. В окремих випадках (за дозволом) допускається механізоване очищення після луження та промивання, коли очищення ведуть сталевими щітками та інше, а водогрійні труби за допомогою шарошок-фрез, насаджених на гнучкий вал з електричним, пневматичним або гідравлічним приводом.

Найбільш ефективним і в багато разів продуктивнішим є хімічне очищення. Якщо в котлі виявлено твердий накип, то його слід досліджувати з метою застосування хімічного очищення, для якого повинні використовувати тільки препарати, рекомендовані Міністерством інфраструктури України (МІУ). Так, наприклад, у разі виявлення в котлі карбонатних та змішаних накипів рекомендується використовувати сульфамінову або інгібовану соляну кислоту.

Промисловість випускає спеціальний препарат, що складається з 20 %-го водного розчину соляної кислоти і 0,8 %-го препарату Унікал (ПБ-4) – інгібітору, що запобігає окисненню металу котла. Для видалення залізо-мідних відкладень застосовують комплексопи (трилон Б, пом'якшувач Ф-1 та ін.).

Якщо в котлі виявлено нафтопродукти, то перед хімічною очисткою слід зробити луження котла тринатрійфосфатом, кальцинованою содою та іншими подібними препаратами. Хімічне очищення повинні проводити з підігрівом робочих розчинів до 50...60 °С, наприклад, парою, за допомогою змійовика в баку з розчином за обов'язкової примусової циркуляції насосом по замкнутому контуру через котел (рис. 5.1).

Очищення має супроводжуватися хімічним контролем складів робочих розчинів для своєчасного додавання реагентів або закінчення операції. Прокачування розчину припиняється, якщо останні три проби показують, що концентрація розчину залишається постійною.

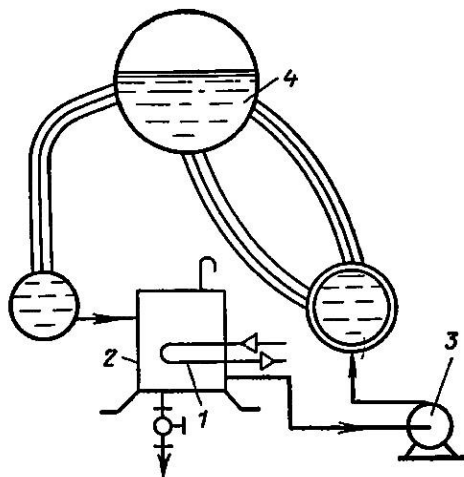


Рис. 5.1. Схема циркуляції кислотного розчину в котлі:
1 – змійовик; 2 – бак; 3 – насос; 4 – котел

Після хімічного очищення залишки зруйнованого накипу повинні бути видалені з котла під час промивання чистою водою, потім 1 %-им розчином тринатрійфосфату і знову чистою водою.

5.1.2. Огляд та дефектація водотрубних котлів

Перед пред'явленням котла до внутрішнього огляду його потрібно повністю очистити й осушити. Дефектацію котлів після їх очищення проводять для уточнення ремонтної відомості та видачі завдань для розробки технологічних процесів ремонту частин котлів, які у більшості випадків повинні узгоджуватись з Регістром. Під час дефектації користуються даними формуляра, машинного журналу та Регістрової книги котла та головного паропроводу. Дефектацію труб котла починають із огляду. Слід звертати увагу на нижні кінці водогрійних труб, де виникає корозія, а верхні частини можуть мати сліди обламаних кінців як результат каустичної крихкості.

Виявлені провисання і погнутості труб, які виникли внаслідок перегріву, що перевищують два діаметри труби, підлягають заміні, якщо число заглушених труб конвективного пучка більше 10 %, притопкових рядів більше 10 штук у ряду, екранних більше 5 %, або коли заглушені труби розташовані поруч. Крім того, труби підлягають заміні, якщо на розрізаних для випробувань трубах виявлена суцільна або часткова корозія і товщина стінок, що залишилася, становить менше 60 % початкової. Зменшення товщини опускних труб діаметром більше 60 мм, допускається до 15 %.

Під час дефектації колекторів слід звертати увагу на глибину корозійних роз'їдань стінок, зварних швів, днищ, трубних дощок та горловин внутрішніх деталей головного колектора на можливі місця тріщин зварних швів, перемичок трубних отворів, приварювання штуцерів тощо. Підігрівачі повністю бракуються в разі наскрізних пошкоджень труб і зношування трубних дощок більше 50 %. Деталі топкового

пристрою бракуються, якщо дифузори форсунок і заслінки зношені більше 60 %, стволи форсунок – понад 40 % їх побудованої товщини, листи обшивки, газонаправляючі щити і листи піддонів – на 50 % товщини. Дефектацію цегляної кладки проводять візуально.

5.1.3. Матеріали, що використовуються для ремонту котлів

Для виготовлення та ремонту колекторів та корпусів котлів з робочою температурою до 400 °С застосовують якісні вуглецеві сталі 15К, 20К та 22К. Для ремонту котлів, що працюють за температур 400...500 °С, застосовують сталі леговані, молибденові та хромомолибденові 16М, 20М та 12ХМ, а також термостійкі 12ХІМФ та 24Г2.

Вуглецеві та малолеговані сталі задовольняють більшість вимог, але мають порівняно більшу швидкість загальної корозії, що визначається агресивними властивостями води. Від цього недоліку значною мірою звільнені сталі аустенітного класу 12Х18Н9Т, 08Х18Н10Т, Х18Н12Т та ОХ18Н12Б. Це дозволяє широко застосовувати їх для облицювання внутрішніх поверхонь колекторів котлів та теплообмінних апаратів.

Труби для суднових парових котлів та їх теплообмінних апаратів застосовують холоднокатані, холоднотягнуті та гарячекатані безшовні діаметром 20...57 мм та товщиною стінки 2,0...3,5 мм, виконані зазвичай із сталей марок 10, 20 та 12ХІМФ. Труби зі сталі марок 10 і 20 застосовують за температури робочих середовищ до 450 °С, із жаростійкої сталі марки 12ХІМФ – для робочого середовища температурою 580 °С. До допоміжних вузлів відноситься каркас, обшивка, опори, піддон та інші деталі. Під час ремонту каркаса використовують балки кутового та таврового перерізу; обшивки – листи завтовшки до 6 мм, а знімних щитів обшивки – листи завтовшки приблизно 2 мм. Матеріалом слугують вуглецеві сталі Ст3 та низьколегована СХЛ4.

5.2. Ремонт котлів і теплообмінних апаратів

5.2.1. Колектори

Тріщини у будь-яких місцях колекторів, кришках горловин є предметом спеціального обговорення з інспекцією Регістру. Тріщини, виявлені поза трубною дошкою за довжини не більше 200 мм та у кількості не більше двох, можуть бути заварені за дозволом Регістру. Не дозволяється усувати шляхом zenкування тріщини на внутрішній поверхні колектора під кутом 45° у місці приварювання штуцера. Корозійне руйнування фланця лазу відновлюється наплавленням з підігрівом, відпусткою та подальшою обробкою. Невеликі тріщини у фланці лазу вирубують та заварюють. Збільшення отворів у трубних решітках допускається до 5 % номінального діаметра, а овальність – трохи більше 0,3 мм.

Трубні отвори відновлюють розгорткою. До того ж усуваються овальність, risks, вибоїни та відновлюється необхідна шорсткість поверхні ($Ra = 3,2$ мкм). Тріщини між трубними отворами не допускаються, і за їх наявності колектор замінюють. Обварювати трубні отвори заборонено. Ущільнювальні канавки трубних отворів відновлюють різними переносними пристроями. Окремі віспини та роз'їдання обичайок поза зоною швів, відфланцювань та трубних отворів допускається за глибини не більше 20 %. Зношені стінки наплавляють лише за погодженням з Регістром за умови, що глибина роз'їдання не перевищує 30 % товщини стінки за площі трохи більше 500 см^2 . Ремонт, складання та встановлення внутрішніх барабанних пристроїв слід проводити строго за кресленнями та інструкціями. Зазвичай до стін колектора приварюють основні підтримуючі деталі, до яких зі свого боку приварюють елементи внутрішніх барабанних пристроїв.

5.2.2. Заміна водогрійних труб

Залежно від типу котлів можна глушити від 5 до 12 % загальної кількості труб. В експлуатації труби глушать шляхом установлення пробок з м'якої сталі або пробок з різбою з твердої сталі, які ввертають у труби, як мітчики. У заводських умовах труби замінюють. Під час заміни водогрійних труб в окремих випадках допускається застосовувати стикове зварювання за умови, що місце зварювання не знаходиться на погнутій ділянці. У цьому випадку внутрішні відкладення повинні бути видалені з обов'язковим забезпеченням заданого прохідного перерізу, що може здійснюватися перевіркою каліброваною кулею, що дорівнює 0,85 внутрішнього діаметра труби.

Під час заміни водогрійних труб спочатку видаляють труби в середній частині, залишаючи 4...5 рядів у поперечному напрямку з кожного фронту котла для підтримки пароводяного колектора. Решту рядів замінюють у другу чергу. Труби видаляють киснево-ацетиленовим пальником на відстані 100...150 мм від колектора або вирубують гострим зубилом урівень з поверхнею колектора.

Якщо розвальцьовані труби мають ущільнювальні канавки, то кінці після вирізки, що залишилися, видаляють обтискним пристосуванням (три захвати обтискають виступаючий кінець труби). Перевага даного пристрою – виключається небезпека пошкодження гнізд. Якщо труби приварені, то їх виступи (зі швом) зрізують пристосуванням, що складається з фрези з направляючим роликком і шпинделя, що приводиться в обертання електричною або пневматичною машинкою.

Довжину водогрійних труб визначають за допомогою дротяних шаблонів, що знімаються з плаза, на якому труби викреслюють у натуральну величину. Водогрійні труби гнуть за шаблонами в холодному вигляді без наповнювача на трубозгинальних верстатах. Допустима овальність не більше

5 % діаметра труби – перевіряють прокаткою сталеві кульки, діаметр якої дорівнює 0,9 внутрішнього діаметра труби.

Після остаточної підготовки водогрійні труби піддають гідрравлічному випробуванню пробним тиском

$$P = k \times \sigma_T \times (s/d_n),$$

де k – коефіцієнт, що залежить від робочого тиску пари в котлі, $k = 80 \dots 120$;

σ_T – межа текучості матеріалу труб за температури 20 °С, МПа;

s – товщина стінки труби, мм;

d_n – зовнішній діаметр труби, мм.

Труби у гніздах трубних решіток закріплюють двома способами: вальцюванням та зварюванням. Вальцювальне з'єднання труби з гніздом трубної дошки називається *міцнощільним*. Міцний напружений контакт між стінкою труби та гніздом трубних решіток утворюється за рахунок роздачі кінця труби. Найкраща якість вальцювального з'єднання досягається за шорсткості поверхні отворів $Ra = 25 \dots 12,5$ мкм, що забезпечують свердлінням та зенкеруванням. Кінці труб мають бути гладкими, ретельно зачищеними. Зазор між отвором та трубою повинен бути не більше 0,3...0,6 мм. Вальцювання труби складається з двох операцій: перша полягає у прихватці труби, коли вона розвальцюється до зіткнення зі стінками гнізда, друга – в остаточній роздачі труби та відбуртовуванню дзвіночка на її кінці.

На рис. 5.2,*а* показано пристосування для вальцювання, що складається з корпусу з фрезерованими в ньому трьома вікнами для роликів, муфти з підшипником і веретена. Під час обертання в осьовому переміщенні конічного веретена ролики, обертаючись, спричиняють радіальний тиск на стінки труби. У трубі з'являються пружні, потім пластичні деформації. Метал труби тече в радіальному напрямку до міцного щільного з'єднання з поверхнею гнізда, що пружно

деформується та створює стискаючі радіальні напруги (рис. 5.2,б).

З метою підвищення міцності кріплення труби вальцюванням кінець труби, що виступає, розбуртовують. Оптимальна висота виступу труби – $h = 6 \pm 1$ мм за зовнішнього діаметра труби менше 45 мм і $h = 8 \pm 1,5$ мм за зовнішнього діаметра труби більше 45 мм і куті розбуртовки $\alpha = 15^\circ$. Розбуртовку роблять комбінованим вальцюванням або оправкою. Під час вальцювання труб у колекторах малих діаметрів (менше 500 мм) застосовують кутові передачі з виносом пневматичного або електричного приводу за колектор.

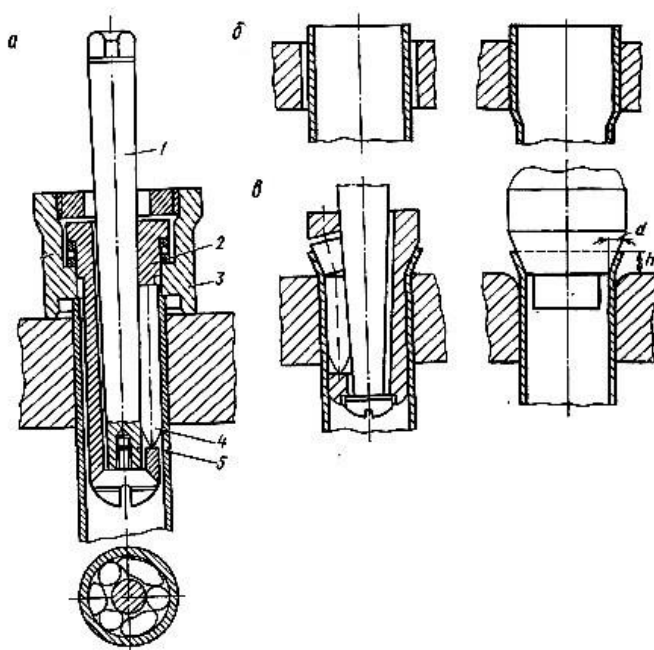


Рис. 5.2. Вальцювання котельних труб:

а – пристосування для вальцювання;

б – вальцювальна труба; в – розбуртовка;

1 – веретено; 2 – корпус; 3 – муфта; 4 – ролик; 5 – труба

Практичний ступінь розвальцювання визначають за зусиллям, що виникає під час вальцювання, і за величиною осевого переміщення веретена. Якість вальцювальних з'єднань перевіряють візуально та гідравлічним випробуванням.

Більш продуктивним є спосіб роздачі кінців труб шляхом протягування через них спеціального інструмента (рис. 5.3).

Поршневий насос 1 з приводом від електродвигуна, розташований на масляному баку 2, нагнітає масло по трубопроводу 3 через розподільник 4 гідравлічний циліндр 5, поршень якого призводить у поступальний рух шток 6. До штока 6 кріпиться протяжний пристрій 7. Конусна оправка 11 з розрізною втулкою 10 вставляється всередину труби 9, що виступає з трубної решітки 8. Під час руху конусної оправки 11 вліво розрізна втулка роздвигается і сегменти 12 оправки входять у пази втулки 10, замикаючись у кільце. Під час подальшого переміщення оправки 11 фіксатор 14 утоплюється і втулка починає рухатися 13 разом з конусною оправкою. У результаті виступаюча частина розрізної втулки 10 роздає трубу. Дана машина має комплект оправок та втулок.

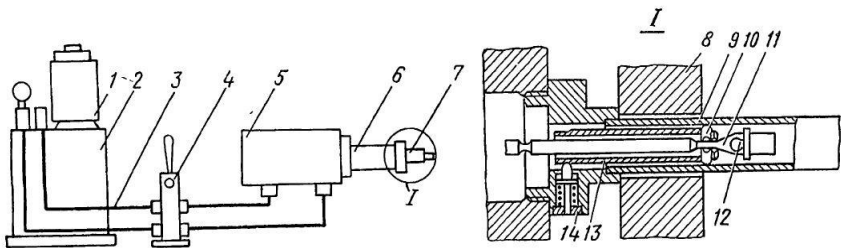


Рис. 5.3. Схема дії протяжного пристосування

Кріплення водогрійних труб зварюванням (рис. 5.4) відрізняється надійністю, міцністю та щільністю; усуваються витoki пари, краще зберігаються гнізда та особливо їх перемички. Тому цей спосіб кріплення знаходить широке застосування.

Незважаючи на ці переваги водогрійні труби кріплять також вальцюванням, коли невеликі розміри колекторів ускладнюють застосовувати зварювання.

На сьогодні використовують високопродуктивні імпульсні методи запресування труб з використанням енергії електричного вибуху провідників (рис. 5.5,*а*) та вибуху бризантних вибухових речовин (рис. 5.5,*б*).

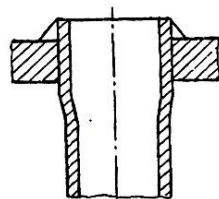


Рис. 5.4. Приварка водогрійної труби

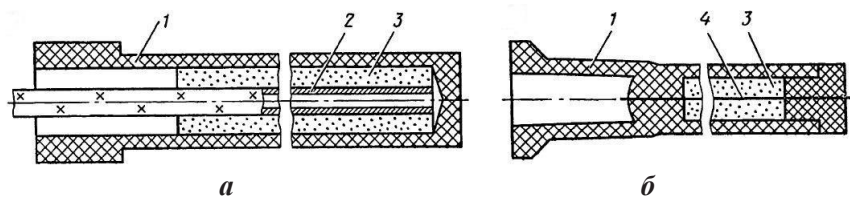


Рис. 5.5. Вибухові патрони:

1 – корпус; 2 – шнур; 3 – вибухова речовина;
4 – електродетонатор

До того ж підвищенні вимоги висувають до підготовчих робіт. Кінці труб зачищають шкіркою для усунення окисної плівки та ризик, а потім знежирюють ацетоном.

Для збільшення міцності з'єднання на поверхні кожного отвору нарізають по одній кільцевій канавці шириною 5 мм і глибиною від 0,1 до 0,6 мм (залежно від діаметра), а зазори між зовнішньою поверхнею труб і отворами трубної дошки повинні становити від 0,05 до 0,60 мм. Під час запресування труб енергією вибухової речовини не потрібне складне обладнання. Міцно-щільне з'єднання виходить за допомогою ударної хвилі, за рахунок якої відбувається роздача та запресування труби у трубній дошці з дифузією металів.

Для цієї мети застосовують спеціальні патрони, корпуси яких виготовляють з легко руйнівного матеріалу – вініласту,

технічної гуми та ін. Початковий імпульс створює електродетонатор (рис. 5.5,б) або шнур, що детонує. Запресування вибухом є повністю керованим, має високу ефективність та дуже просте, безпечне і не вимагає спеціальної підготовки. На рис. 5.5,б показаний комбінований патрон, що володіє енергією електричного вибуху й вибухової речовини підвищеної безпеки.

5.2.3. Каркас, обшивка, ізоляція

Ремонт каркаса зазвичай зводиться до заміни частини або повністю окремих балок (групи балок) кутового або таврового перерізу, пошкоджених корозією більш ніж на 30 %. Балки, що мають надмірні деформації, підлягають заміні. Пошкоджену частину балки вирізують кисневою різкою, балку зачищають від напливів, бризок тощо і приварюють нову. Перед видаленням непридатної балки (частини балки) або вузла слід передбачити надійний підпір, щоб уникнути деформації конструкції та котла. Зварювання виконують ручним електродуговим способом, напівавтоматичне – під шаром флюсу в середовищі вуглекислого газу. В основу каркаса, крім прямих і зігнутих балок, входять листи, книці, планки, ребра, півкільця та інше, які під час заміни доводиться розмічати за шаблонами або викреслювати з урахуванням припусків на обробку та зварювання. Під час зварювання слід суворо дотримуватися послідовності накладання зварювальних швів (за технологічним процесом), щоб уникнути виникнення значних усадочних напруг. Для щитів обшивки по розмітці свердлять отвори, приварюють нові шпильки та планки для кріплення ізоляції. Останнім часом каркас та обшивку оберігають від корозії водостійкою емаллю К0813 після попереднього фосфатування та металізації напиленням захисного металу пістолетом.

Внутрішні поверхні вузлів каркаса та обшивки покривають ізоляцією – азбестовим картоном товщиною 10...20 мм,

листи якого закріплюють за допомогою планок дротяними скобами із шайбами.

5.2.4. Цегляна кладка і топкові пристрої

Кладку цегли виготовляють на мертелі, розведеному водою або рідким склом, ретельно промазуючи цеглу та азбест із забезпеченням товщини швів 3 ± 1 мм. Щоб підвищити пластичні властивості мертелю ВТ-1 та ШТ-1, до нього додають пластифікатор – розчин кальцинованої соди та сульфітно-спиртову барду. До обшивки цеглу кріплять на напрямних уздовж фронту або частіше болтами. Її укладають так, щоб стик двох цеглин закривався цеглою наступного ряду. Зазори між цеглою та отвори під головку болта ретельно закладають мертелем.

Під час повної заміни кладки спочатку видаляють ізоляційний шар, потім усе кріплення. Усі деталі замінюють на нові. Кладку починають вести з піддону, попередньо виклавши його азбестовим картоном завтовшки 10 мм; стінки також покривають азбестовим картоном на силікатному клеї. Кладку стін ведуть знизу нагору, починаючи з кутів. Стесані поверхні цегли, трохи відбиті кути і кромки слід укладати всередину стінок. Шви повинні мати перев'язки у пів цегли і бути заповнені мертелем. Після кріплення кожної цеглини отвори під головки болтів заповнюють мертелем. Амбразури викладають спеціальною фасонною цеглою після попереднього сортування і ретельного взаємного припасування. Кладку ведуть за шаблоном, основою якого є тимчасово встановлена форсунка. Футерівку роблять за кресленням.

Після остаточної кладки її поверхні покривають шаром вогнетривкої обмазки. Потім приступають до сушіння, яке виконують поступово у певній послідовності згідно з рекомендаціями Правил технічної експлуатації котлів (якщо немає інструкції). Важливою роботою є правильне центрування форсунки, оскільки якщо її вісь не паралельна

осям колекторів, то факел буде направлений у труби або під цегляну кладку. Це спричинить перегрів труб або передчасне зношування поду. Центрування форсунки можна виконувати за допомогою шаблона.

Ремонт дуттьових пристроїв включає в себе заміну частини чи всього повітропроводу, пошкодженого корозією. Частину повітропроводу, що вставляється, приварюють або закріплюють замком, якщо матеріал невеликої товщини. Повітронаправляючий пристрій найчастіше піддають правці, лопаті реєстрів у разі значного зносу або деформації замінюють новими, відновлюють легкість їх руху під час керування вручну і за допомогою сервомоторів.

Значною мірою корозійні частини корпусу повітродувки (вентиляторів) вирізують з наступною постановкою вставок зварюванням. Непридатні лопатки робочого колеса замінюють, закріплюючи нові зварюванням. До того ж лопатки слід підбирати з однаковою масою, щоб зменшити невірноваженість колеса. Відновлюють вали та замінюють непридатні підшипники кочення. Після ремонту робочого колеса роблять його балансування. Дуттьовий пристрій перевіряють у процесі випробування та здачі котла.

5.2.5. Котельна арматура

Робочі поверхні фланців без прокладок чи з металевими прокладками повинні бути ретельно відшліфовані. Після проточування товщина фланців не повинна зменшитися більш ніж на 20 % від початкової. Металеві прокладки повинні бути перевірені по плиті, не мати рисок і вм'ятин на поверхнях, що ущільнюються. Якщо проточка і шліфування робочих поверхонь фланців неможлива, їх шабрують. За наявності на кришках тріщин, раковин, глибиною понад 30 % номінальної товщини та інших серйозних дефектів їх замінюють. У разі втрати площинності, вибоїнах, невеликих надмірних деформаціях кришки проточують. Штоки (шпинделі) за наявності

рисок і задирів на їх робочих поверхнях необхідно пришліфувати або проточити. Штоки котельної арматури правити не рекомендується, оскільки (на відміну від звичайної арматури) у разі повторної деформації вони слабшають. Робочі поля корпусів тарілок та сідел арматури високого тиску після проточки дефектного шару наплавляють, термічно обробляють і проточують до розмірів, указаних на кресленні, з наступним притиранням. Остаточне притирання роблять після збирання арматури. Незначні дефекти різби виправляють калібруванням.

Тріщини, раковини та свищі після зачистки та підготовки усувають заваркою за умови, що загальна довжина тріщини на одній деталі не перевищує 25 % умовного проходу арматури, а число раковин або свищів не більше чотирьох на 100 см² дефектної поверхні корпусу або іншої великої деталі. Пошкоджені шпильки, що кріплять арматуру, слід замінити. Незначні пошкодження пробок, сідел кранів (риски, рожево-червоні плями через поверхневе знецинкування тощо), зберігаючи правильну геометрію, усувають шляхом притирання.

Для ліквідації серйозних нещільностей між пробкою і корпусом крана, їх проточують, якщо є необхідний натяг. Якщо натяг невеликий і під час проточки пробка провалиться у гніздо корпусу, допускається пробку крана пришабрити по плиті, попередньо покритій тонким шаром фарби. Потім гніздо шабрують перевіреною пробкою, яка є шаблоном. Після проточки та пришабрування притирають пробки по гнізду корпусу.

Під час заміни дефектного скла у водовказівних приладах повинні встановлюватися лише термічно оброблені стекла, що щільно прилягають до оправы та рамки приладу. Для зняття внутрішніх напруг нове скло повинно бути прокип'яченим у маслі протягом 30 хв з наступним повільним охолодженням. Потім скло слід перевірити по контрольній плиті і, якщо виникає потреба, притерти по ній. Виправлена площа скла є шаблоном для перевірки та виправлення

площини приладу, до якого прилягає скло. Погане прилягання скла призводить до появи в ньому додаткових напруг після затягування болтів, які, підсумовуючись з робочими напруженнями, призводять до його поломок.

5.2.6. Теплообмінні апарати

Ремонт колекторів пароперегрівача котлів складається з робіт із перевірки магнітною дефектоскопією, вимірювання колектора для визначення характеру всіх його пошкоджень, ретельної підготовки для попереднього підігріву газокисневими пальниками дефектних місць до температури 250...300 °С. Отвори наплавляють електродами марки УОНИ-13/55ХНК діаметром 3 мм.

Після цього виконують термообробку: нагрівають у термічній печі до 630...650 °С, витримують за цієї температури протягом 2-х год, охолоджують спочатку разом із піччю до 400 °С, потім на спокійному відкритому повітрі.

Після механічної обробки отворів до заданого діаметра проводять знову магнітну дефектоскопію визначення якості робіт. Труби для довгих змійовиків зварюють у стик.

Гнуті холодним способом по шаблонам труби змійовиків або петель перевіряють кулькою діаметром на 10 % менше від внутрішнього діаметра труби. Після гідравлічного випробування труб пароперегрівач збирають. Повністю зібраний пароперегрівач піддають гідравлічному випробуванню на міцність і щільність пробним тиском $P_{пр} = 1,5P_p + 3,5$, де P_p – робочий тиск пари в пароперегрівачі, МПа.

Змійовикові економайзери з гладкими трубами, що складаються зазвичай з колекторів і змійовиків, ремонтують подібно до пароперегрівачів. Під час ремонту економайзери з ребристими трубами переважно замінюють. За правилами технічної експлуатації котлів труби водяних економайзерів замінюють, якщо понад 20 % змійовиків або секцій заглушено, а також за ознаками, перерахованими під час розгляду

заміни водогрійних труб та пароперегрівача. Якщо ребристі труби мають поперечний диск, вони насаджуються на трубу із зазором 0,2...0,3 мм із наступною її роздачею. Якщо труби обребрують поздовжніми планками, їх приварюють до труби. Змійовики, що замінюються, піддають гідравлічному випробуванню, а після складання економайзер перевіряють пробним тиском $P_{пр} = 1,5P_p + 3,5$, де P_p – тиск, що розвиває живильний насос, МПа.

Ремонт повітропідігрівачів полягає зазвичай у частковій або повній заміні труб, трубних решіток, повітряних перегородок та діафрагм. Замінні труби кріплять до трубних решіток зварюванням. Діафрагми закріплюють прихватками. У зв'язку з тим, що газові повітропідігрівачі працюють під тиском майже рівним атмосферному, товщина трубних решіток невелика. Тому для уникнення їхньої деформації труби слід змінювати групами, залишаючи по кілька рядів старих. Рекомендується приварювання проводити вольфрамовим електродом у середовищі аргону.

5.3. Допоміжні й утилізаційні котли

Ремонт допоміжних водотрубних екранованих однопроточних котлів, що не мають хвостових поверхонь нагріву, однаковий з ремонтом аналогічних головних котлів. Основними ремонтними роботами утилізаційних водогрійних котлів з примусовою циркуляцією є заміна дефектних змійовиків з їхньою подальшою перевіркою кулькою діаметром не менше 0,85 мм внутрішнього діаметра труби, відновлення різьби у штуцерних з'єднаннях або заміна їх у з'єднаннях з колекторами. Ремонт утилізаційних і комбінованих котлів включає в себе роботи з вальцювання або зварювання труб, зачистки гнізд, зварювання тріщин і свищів, наплавлення з подальшим розгортанням або розточуванням, заміні

циліндричної вставки, що прогоріла. В установках з байпасними газоходами необхідно замінити непридатні заслінки і після збирання перевірити плавність роботи приводів уручну та сервомоторами.

В утилізаційних котлах слід ретельно усувати нещільність обшивки з подальшою перевіркою, щоб уникнути попадання випускних газів у МКВ.

Ремонт допоміжних та утилізаційних вогнетрубних котлів зазвичай зводиться до виконання наступних робіт: часткову або повну заміну димогарних труб; розвальцювання димогарних труб, якщо вони закріплені вальцюванням; зачищення гнізд у трубних решітках, наплавлення та розточування гнізда у трубних решітках; заміні частини або повністю трубних решіток; заварювання тріщини в перемичках трубних решіток; заварювання можливих тріщин у жарових трубах, топках та вогневих камерах; ліквідації течі швів котла та ін. Часткову або повну заміну непридатних димогарних труб ведуть у наступному технологічному порядку. Дефектні труби вирізують газовим різаком на відстані 50...100 мм від трубної решітки зсередини труби. Хвостовики, що залишилися, вибивають за допомогою оправки пневматичним молотком. Якщо труби приварені, видаляють їх шляхом зрізання зварного шва спеціальним пристосуванням.

Після зачищення гнізда оглядають. Допускається овальність до 0,5 мм та кільцеві риски глибиною до 0,25 мм. Якщо пошкодження гнізд виходять за допустимі межі, роблять розгортку, але розмір перемичок не повинен зменшуватися більш ніж на 20 %, інакше гнізда наплавляють з наступним розгортанням або розточуванням. Потім кінці підготовлених труб роздають за умови, якщо збільшився діаметр гнізд. У цьому випадку кінці труб слід відпалити. Після цього труби піддають гідравлічному випробуванню.

Роботи з ліквідації тріщин, заміни частини або повністю трубних решіток, установлення латок проводять за

розробленим технологічним процесом, погодженим з інспекцією Регістру.

5.4. Випробовування та здача котлів у експлуатацію

Випробування та здавання котла в експлуатацію складаються з внутрішнього огляду, гідравлічного та парового випробування, швартовних та ходових випробувань котельної установки. Внутрішній огляд проводять з метою перевірки проведених ремонтних робіт та готовності котла до гідравлічного випробування.

Під час гідравлічного випробування перевіряють міцність та щільність усіх частин і з'єднань котла за температури води в котлі не нижче $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Уся арматура перед початком випробування має бути закрита, крім повітряних клапанів. Котел заповнюють водою до появи з повітряного крана суцільного струменя.

Забороняється проводити гідравлічне випробування лише з одним манометром, установленим на пресі. Крім манометра, встановленого на пресі, має бути другий перевірений манометр, приєднаний безпосередньо до котла.

Тиск плавно піднімають до робочого значення та оглядають усі частини та зварні шви. Якщо дефектів та пропусків не виявлено, тиск піднімають до пробного $P_{\text{пр}} = 1,25P_{\text{р}}$, де $P_{\text{р}}$ – робочий тиск пари в котлі, МПа. Пробний тиск витримують 10 хв, потім його знижують до робочого і знову оглядають котел.

Поодинокі краплі води, що не стікають, у вальцювальних та інших механічних з'єднаннях допускаються. У зварних швах це неприпустимо. Незначну течу фланцевих з'єднань усувають затяжкою гайок, а зварних швів – частковою вирубкою та підварюванням швів тільки за тиску, зниженому до атмосферного, але з подальшою перевіркою пробним тиском.

Вважають, що гідравлічне випробування котла витримане, якщо не виявлено нещільності й надмірної деформації. Гідравлічне випробування проводиться заводом у присутності замовника та інспектора Регістру, який записує результати випробувань до котлової книги.

Метою парового випробування є перевірка витоків пари у з'єднаннях, теплових зазорів, регулювання запобіжних клапанів та налаштування органів регулювання. Перед підйомом пари перевіряють наявність у котельному відділенні протипожежних засобів, основного й аварійного освітлення, контрольно-вимірювальних приладів та включеного контрольного манометра, легкості відкриття і закриття арматури та дія приводів, відсутність бруду, води, сторонніх предметів і легкозаймистих матеріалів. Усі механізми та теплообмінні апарати повинні бути у робочій готовності. Перед запаленням форсунки її опресовують, а котел вентилують протягом 3...5 хв. Повітряний кран відкривають для видалення повітря та закривають, коли з нього піде чиста пара. Підйом пари до робочого тиску роблять за інструкцією.

Витоки пари у фланцевих з'єднаннях арматури усувають після зниження тиску пари до атмосферного. Перевіряють теплові зазори опор та верхніх кріплень. За повного навантаження котла та закритих стопорних клапанів перевіряють або регулюють пружини запобіжних клапанів. Запобіжний клапан повинен підривати в разі перевищення тиску пари в котлі більше робочого на 5 % у вогнетрубних котлів та більше 8 % – у водотрубних. Протягом 15 хв після підриву клапана у вогнетрубних та 7 хв у водотрубних котлах тиск пари не повинен бути більшим за робочий на 0,75 бар, а рівень води в котлі впасти не більше ніж до нижчого допустимого. Протягом цього часу запобіжний клапан може закриватися та відкриватися для тривання пари.

Інспектор Регістру пломбує один із запобіжних клапанів. Виявлені дефекти ліквідують за атмосферного тиску пари

в котлі. Після усунення дефектів парову пробу повторюють. Результати парового випробування інспектор Регістру заносить до котлової книги.

Після парового випробування поступово знижують тиск пари до атмосферного і в разі досягнення температури води нижче 50 °С її спускають, після чого промивають пароводяний простір зі шлангів.

Швартовні та ходові випробування є заключними етапами у здаванні котельної установки після ремонту. Їх проводять за програмою випробувань, погодженою із заводом, замовником та схваленою інспекцією Регістру. До початку швартовних випробувань завод повинен підготувати технічну документацію: сертифікати на матеріали, що пішли на ремонт котла, та дані їх випробувань, акти про приймання робіт ВТК, відкориговані креслення котла, акти гідравлічного та парового випробувань тощо. На швартовних випробуваннях перевіряють роботу арматури, дію систем допоміжних механізмів та пристроїв котла.

Здачу котла можна обмежити швартовними випробуваннями, але остаточне налагодження систем автоматичного регулювання роботи виконують під час ходових випробувань. Основним завданням цих випробувань є перевірка надійності роботи головного котла та його систем, пристроїв, механізмів на різних режимах із отриманням основних теплотехнічних характеристик та визначенням його економічності.

РОЗДІЛ 6

РЕМОНТ ГОЛОВНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

6.1. Підготовка двигунів внутрішнього згоряння до ремонту

6.1.1. Підготовка дизелів до демонтажу і розбирання

Роботи, пов'язані з від'єднанням механізмів та зйомкою їх у зібраному вигляді з постійного місця роботи або суднових фундаментів, прийнято називати *демонтажними*. Перед розбиранням поршневих механізмів слід підготувати: робочий і вимірний інструмент, матеріал; місце для зберігання та укладання деталей і вузлів; тару, бирки та заглушки для деталей і приладів, що відправляються на завод або на склад; стелажі для деталей, що знімаються, і механізмів у приміщеннях, відведених для їх зберігання; підйомно-транспортні засоби і пристрої; засоби освітлення для працівників (переносні лампи тощо).

Перед розбиранням дизеля необхідно перевірити та записати: моменти газорозподілу; зазори в механізмі газорозподілу, а також між роликами штовхачів паливних насосів та кулачковими шайбами; висоту камер стискування в циліндрах; розкепи колінчастого вала за навішеного вузла руху та нерозібраних підшипниках; бічні зазори в зубчастих передачах; зазори в мотильових і рамних підшипниках тощо. За відсутності клейм на неробочі частини деталей наносять мітки зі скороченим найменуванням судна, двигуна (правий, лівий), номери деталей.

Розбирання суднових двигунів у своїй основі має багато спільного та може бути виконано за наступною схемою: знімають та відправляють на перевірку контрольно-вимірнувальні прилади; розбирають та знімають трубопроводи: водяний, масляний, паливний, стиснутого повітря; впускний та випускний колектори. Щоб уникнути потрапляння сторонніх предметів та бруду, отвори труб і фланці закривають пробками та накладками. Знімають тяги до паливних насосів, регулятора, реверсивного пристрою; штовхачі, стійки із клапанними важелями; форсунки; видаляють клапани, якщо дозволяє їх конструкція; насоси паливні, масляні, системи охолодження; масляні, водяні, повітряні холодильники і всі ті вузли й механізми, які можуть заважати подальшому розбиранню дизеля; демонтують турбонагнітачі.

Віддають гайки кріплення кришок циліндрів, знімають їх, гайки навертають на шпильки для попередження можливого пошкодження різьби шпильок.

Розбирають та знімають систему охолодження поршнів. Віддають мотильові болти, знімають нижню половину мотильових підшипників, ставлять кривошип у ВМТ, ввертають у голівку поршня рими чи скоби і виймають його разом із шатуном. У крейцкопфних двигунах після від'єднання штока від поперечини поршень виймають разом із штоком, роз'єднують колінчастий вал та валопровід, знімають маховик.

За потреби випресовують гідравлічним домкратом втулки циліндрів. Знімають циліндри або блок циліндрів краном або декількома телями, розташованими рівномірно по довжині блока. Після зняття рамних підшипників скобою перевіряють просідання вала щодо контрольних площин. Результати вимірів заносять у формуляр. Установлюють розпірки між щоками кривошипів, піднімають колінчастий вал та знімають нижні вкладки рамних підшипників. Колінчастий вал опускають на бруси й обмірюють мікрометричною скобою рамні та мотильові шийки.

Під час розбирання дизеля необхідно: вибивати установчі та контрольні болти раніше кріпильних, щоб уникнути їх надмірного навантаження, пошкодження або втрати; звертати увагу на наявність марок та міток, що визначають взаємне положення деталей та вузлів, необхідних для правильної їхньої установки під час складання; стерті або пошкоджені марки наносити знову; застосовувати спеціальні знімачі для деталей, пов'язаних нерухомими або перехідними посадками, і які вимагають для їхнього роз'єднання великих зусиль; за відсутності знімачів завдавати ударів через мідні, свинцеві чи дерев'яні виколотки; щоб уникнути перекосу попередньо відпускати по черзі всі болти або гайки, що кріплять вузол (деталь), що знімається, після чого відвертати їх повністю; навертати на місце або нанизувати на дріт гайки, зняті з болтів або шпильок, прикріплюючи до дроту бирку із зазначенням вузла, з якого знято гайки; не вивертати шпильки з гнізд, за винятком випадків, пов'язаних із заміною (ремонт) самої шпильки або деталі, у яку вона вкручена.

Точно оброблені поверхні розібраних деталей, щоб уникнути пошкоджень, змащують густим мастилом, ізолюють ганчір'ям або мішковиною та оберігають від можливих механічних пошкоджень дерев'яними планками, фанерою або картоном.

6.1.2. Розбирання дизеля

Розбирання суднового дизеля – один із найважливіших технологічних процесів ремонту. Якість розбирання істотно впливає на тривалість та вартість ремонту. Недбале розбирання нерідко призводить до пошкодження і навіть втрати деталей. Процес розбирання дизелів на судні та в цеху зазвичай однаковий, проте розбирання та складання в цеху зручніше і значно продуктивніше, тому що виконують її в більш сприятливих умовах. Водночас не можна не враховувати додаткових робіт, які виникають під час демонтажу та транспортування дизелів у цех та назад.

Так як різні марки дизелів мають однакові вузли і деталі, тому можна рекомендувати наступну принципову схему розбирання:

1. Знімають контрольно-вимірювальні прилади (манометри, термометри, термопари, тахометри, прилади автоматичної сигналізації тощо). Зняті прилади укладають у ящики чи коробки та позначають відповідними бирками.

2. Від'єднують і видаляють трубопроводи охолоджувальної води, палива, масла, повітря тощо. На кожну зняту трубу (в окремих випадках – пучок труб) прикріплюють бирку із зазначенням, яка це труба та з якого циліндра дизеля. Отвори для труб на дизелі закривають дерев'яними пробками чи картонними прокладками.

3. Знімають навішені на дизель механізми: повітродувки, паливні насоси тощо. Якщо їх відправляють у цех на ремонт, то позначають відповідними бирками.

4. Знімають випускний та повітряний колектори. У потужних тихохідних дизелів колектори знімають частинами, для цього віддають болти у фланцевих з'єднаннях.

5. Розбирають приводи газорозподілу.

6. Знімають впускні, випускні та пускові клапани, форсунки, запобіжні клапани, індикаторні крани та іншу арматуру.

7. Вимірюють висоту камери стиснення в кожному циліндрі та результати виміру заносять у технічний формуляр. Висоту камери заміряють свинцевими стовпчиками (перетин – 15X15 мм, висота – близько 20 мм).

8. Від'єднують патрубки охолодження та знімають кришки циліндрів. Гайки шпильок, що кріплять кришки, віддають з протилежних боків (хрест-навхрест) приблизно на один оборот і тільки після цього відкручують остаточно.

9. Після зняття кришок розбирають вузли руху, попередньо знявши індикаторні тяги і розібравши пристрої для охолодження поршнів. Якщо дизель крейцкопфного типу, то спочатку від'єднують шток поршня від поперечки і тільки після

цього виймають поршень з циліндра. Потім, тимчасово закріпивши поперечку на паралелі, розбирають головне з'єднання та мотильовий підшипник і виймають шатун. Після цього розбирають паралель та знімають поперечину з повзунами.

10. Знімають розподільчий вал та розбирають привід до нього. Якщо ланцюгова передача, то спочатку роз'єднують ланцюг. Розбирають реверсивний пристрій.

11. Знімають циліндри зі станин чи блока.

12. Вимірюють розкепи колінчастого вала. Знімають верхні половини рамних підшипників і піднімають колінчастий вал. Демонтаж та транспортування колінчастих валів проводять тільки за наявності вмонтованих між щоклами кривошипів розпірних планок, що оберігає їх від деформації.

Така загальна схема повного розбирання дизеля на вузли, прийнятна для всіх типів дизелів. Можуть бути окремі відхилення, пов'язані з конструктивними особливостями дизелів.

Під час розбирання слід приділити особливу увагу тавруванню та маркуванню деталей дизеля та місця їх встановлення. Різні деталі під час роботи зношуються і приробляються до деталей, що сполучаються неоднаково, взаємне розташування їх під час складання після ремонту повинно відповідати розміщенню до ремонту. Ретельне маркування та клеймування деталей не дає можливості встановлення деталей однотипних дизелів із різних суден.

Клеймування – нанесення на поверхні деталей відповідного знака, тобто скороченого позначення, яке вказує, якому судну та якому механізму належить ця деталь, а також місце її положення.

Маркування – фіксування взаємного становища деталей, що сполучаються шляхом нанесення на них кернів, рисок, одиничних літер і цифр. Під час будівництва нових дизелів заводи роблять таврування та маркування деталей. За наявності заводського маркування та таврування слід до розбирання дизеля ретельно вивчити її систему. Якщо тавро та марки

з якихось причин на низці вузлів та деталей відсутні, їх необхідно поставити; якщо тавро чи маркування стерлися (забиті), то їх відновлюють.

Клейма ставлять лише на неробочій поверхні деталі. Якщо конструкція деталі не дозволяє її таврувати, на неї після зняття з місця прикріплюють бирку. На бирці вказують найменування судна, розташування дизеля та місце деталі. Маркування також наноситься на неробочі поверхні.

Особливу увагу слід приділити на маркування деталей зачеплення шестерень, положення болтів, гайок і т. д. Після розбирання болти, гайки, шайби, шплінти рекомендується закріплювати. У разі значної кількості стандартних кріпильних деталей, щоб не витрачати час на відкручування під час збирання, їх збирають та зберігають у ящиках або нанижують на дріт і прикріплюють бирку із зазначенням судна, механізму, вузла, з якого зняті кріпильні деталі.

Щоб запобігти мимовільному повертання двигуна від гребного гвинта та пускової системи, вмикають валоповоротний пристрій і спускають повітря з пускової системи. Продувні та індикаторні клапани перед розбиранням відкривають.

Перед початком робіт із колінчастим валом необхідно двигун від'єднати від валопроводу. Перед розбиранням і у його процесі визначають та заносять у технічний формуляр наступні характеристики, що визначають доремонтний стан дизеля: величину камери стиснення в кожному циліндрі, установку газорозподілу по циліндрах, положення передавальних шестерень, зазори між зубцями шестерень, розкепи між щоками кривошипів, просадку вала, зазори між поверхнями деталей, що труться, і т. д.

6.1.3. Очищення та дефектація деталей

Розібрані деталі суднових механізмів очищають від накипу, нагару, корозії та жиру. Ретельне миття та очищення деталей сприяють підвищенню якості ремонту. Повне

видалення жирової плівки з деталей створює сприятливі умови дефектоскопії.

Жирові речовини за їх властивостями поділяють на омилювані та неомилювані. До омилюваних відносяться жири органічного походження (рослинні та тварини), а до неомилюваних – неорганічного походження (мінеральні масла, універсальні мастильні матеріали та ін.). Омилювані жири під час взаємодії з лужним розчином утворюють мило і легко видаляються з поверхні деталей. Неомилювані жири добре розчиняються та змиваються з поверхні деталі розчинниками, бензином, гасом, і не омилюються в лужних розчинах. Для видалення цих жирів до складу розчину додають активізуючі речовини – емульгатори (рідке скло, тринатрійфосфат та ін.). Однак бензин і гас дорого коштують та дуже небезпечні у пожежному відношенні. Тому на ремонтних підприємствах гас і бензин застосовують тільки для миття відповідних точних деталей (прецизійних пар, кулькових та роликових підшипників, масляних каналів у корпусних деталях та валах). Тривалість та якість знежирення поверхні деталей залежать, головним чином, від властивостей та концентрації розчинів. Наприклад, тривалість знежирення деталей значно зменшується в разі підвищення концентрації лужного розчину. Однак концентровані лужні розчини спричиняють утворення корозії на поверхні деталей. Тому вміст каустичної та кальцинованої соди в розчині обмежують. Крім того, до складу лужних розчинів вводять компоненти, що запобігають утворенню корозії. Знежирені лужними розчинами деталі ретельно промивають водою.

Деталі дефектують після очищення та промивання. У результаті дефектування їх сортують на три групи: придатні без ремонту, які вимагають ремонту, та брак. На деталях, придатних без ремонту, ставлять тавро придатності. Деталі, що потребують ремонту, позначають нітрофарбою в тих місцях, де помічені дефекти. Забраковані деталі маркують червоною

фарбою та відправляють на склад металобрухту. Придатні без ремонту деталі направляють на склад або ремонтні цехи відповідно до технологічного маршруту.

6.1.4. Перевірка розкепів колінчастого вала

Перевірка осі колінчастого вала. За допомогою спеціальних скоб, що є своєрідним паспортом заводського укладання колінчастого вала, визначають просідання вала. Під час вимірів скобу встановлюють на опорні площини рами та щупом визначають зазор між язичком скоби та поверхнею рамної шийки. На просадній скобі вибиті номери підшипників та початкові монтажні зазори кожного з них. Збільшення зазора проти заводського та останнього виміру свідчить про знос. Зношування підшипника і просідання вала слід вимірювати завжди за положення відповідного кривошипа у ВМТ, а скобу встановлювати в місця, відмічені керном. Зазвичай виміри роблять у двох місцях по довжині шийки (ніс – корми) на відстані 20...30 мм від галтелей. Дані вимірів заносять до таблиці. Нумерація рамних підшипників зазвичай ведеться від носа до корми.

Стан осі колінчастого вала визначають розкепами, тобто за різницями відстаней між щоками кривошипа, виміряними у двох діаметрально протилежних його положеннях (верх – низ, правий борт – лівий борт). За характером зміни розкепів можна судити про ступінь та характер вигину осі колінчастого вала. Розрізняють розкепи у вертикальній та горизонтальній площинах, а також позитивні та негативні. Розкепи у вертикальній площині визначають як різницю відстаней між щоками за положення кривошипа у ВМТ і НМТ, у горизонтальній площині – як різницю відстаней між щоками за положення кривошипа на правому й лівому бортах. Якщо вісь колінчастого вала буде увігнута, то крайні рамні шийки виявляться вище за середні. У цьому випадку за положення середнього кривошипа у ВМТ, його щоки розійдуться, а за

положення в НМТ – зближаться. Якщо ж вісь колінчастого вала буде розташована опуклістю вгору, то положення щік у мертвих точках буде протилежним.

Розкепи вважаються позитивними, якщо відстані між щоками кривошипа у ВМТ або на лівому борту виявляться більше відповідних відстаней, за знаходження кривошипів у НМТ або на правому борту, $+\Delta l = l_1 - l_2$, оскільки $l_1 > l_2$ (рис. 6.1...6.3).

Розкепи вважаються негативними, якщо відстані між щоками кривошипів у положенні НМТ або правому борту виявляться більше відповідних відстаней у ВМТ чи лівому борту. У цьому випадку $-\Delta l = l_1 - l_2$, тому що $l_1 < l_2$.

Нині розкепи заміряють індикаторами, змонтованими у спеціальних оправках. Точки, між якими вимірюють, повинні бути постійними, знаходитися на середині щоки на відстані від осі рамної шийки, що дорівнює половині діаметра колінчастого вала. Від осі мотильової шийки місце виміру розташовують на відстані, що дорівнює пів сумі ходу поршня і діаметра колінчастого вала (рис. 6.2).

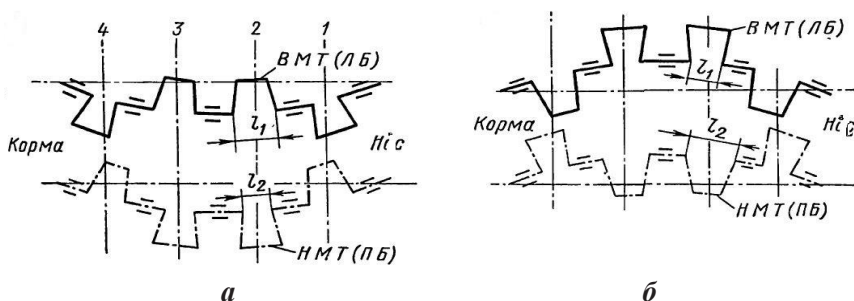


Рис. 6.1. Положення осей колінчастого вала при розкепах:

а – позитивних; **б** – негативних

У складених валів тіло щоки, що охоплює рамну шийку, має значну ширину. У цих випадках точки

вимірів розташовуються на відстані 10...15 мм від краю щоки (рис. 6.2,б), що перевищує зазначену відстань від осі кривошипа для цільнокованих валів. З цієї причини розкепи, виміряні у складових валах, відрізнятимуться від відповідних розкепів цільнокованих валів.

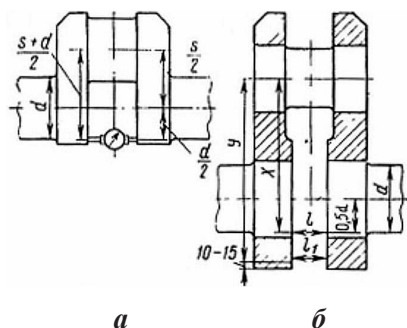


Рис. 6.2. Місце виміру розкепів вала:
а – цільнокованого;
б – складеного

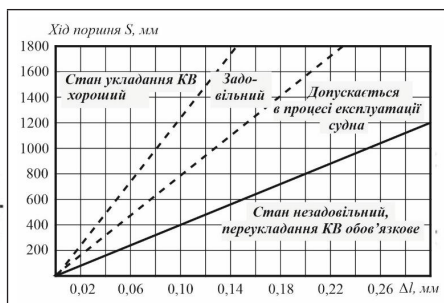


Рис. 6.3. Номограма визначення допустимих розкепів

Монтажні та допустимі норми розкепів даються для цільнокованих колінчастих валів, тому розкеп складеного вала перераховують на розкеп цільнокованого, користуючись співвідношенням

$$\Delta l = \Delta l' x/y,$$

де x , y – відстань від осі мотильової шийки до місця зняття вимірів між щоками кривошипа відповідно для цільнокованого та складеного вала;

$\Delta l'$ – розкеп складеного вала.

Виміри розкепів при розібраному вузлі руху виконують у чотирьох положеннях кривошипа: 0; 90; 180; 270°. При навішеному вузлі руху розкепи знімають у чотирьох положеннях кривошипа 15 (345°) 90; 195 (165°) та 270°. У НМТ шатун

перешкоджає встановленню індикатора, тому доводиться проводити замір розкепу, не доводячи або переводячи кривошип щодо НМТ на 15° , і діаметрально протилежний вимір під час повороту мотилі на 15° . Результати вимірів треба заносити до таблиці для подальшого аналізу.

Допустимі значення розкепів визначають залежно від ходу поршня S . Під час укладання вала розкеп не повинен перевищувати $\Delta l = 0,0001 \cdot S$. Допустимий розкеп (у разі експлуатації) становить $\Delta l = 0,00015 \cdot S$. Неприпустимі розкепи усувають шляхом шабрення підшипників. За позитивних розкепах необхідно піднімати рамові шийки даного кривошипа або зміщувати на лівий борт, за негативних – навпаки. Це досягається видаленням частини антифрикційного шару з підшипників сусідніх кривошипів. За відсутності даних про розкепи, регламентовані заводом-будівельником, рекомендується користуватися номограмою (рис. 6.3).

6.2. Дефектація та ремонт нерухомих деталей

6.2.1. Фундаментні рами

Осі гнізд рамних підшипників повинні лежати на одній прямій. Відхилення між осями двох сусідніх гнізд допускаються не більше $0,02 \dots 0,04$ мм. Положення осей у вертикальній площині перевіряють, переміщуючи індикатор уздовж верхньої площини рами. Для вимірювань використовують шліфоване кільце, яке по черзі укладають у кожне гніздо. Співвісність гнізд у горизонтальній площині перевіряють, переміщуючи індикатор уздовж кожного гнізда у площині гнізда. Вимірювальною базою для індикатора є бічна кромка рами.

Вісь гнізд повинна бути паралельна верхній площині рами, цим під час складання блока та рами забезпечується перпендикулярність осей циліндрів осі колінчастого вала.

Відхилення від паралельності допускається не більше 0,03 мм на 1 м довжини і не більше 0,1 мм по всій довжині рами.

Перевірку здійснюють переміщенням індикатора по верхній площині рами одночасно з перевіркою першої вимоги. Площини опорних лап для зручності збирання двигуна на заводському стенді виконують паралельними верхній площині рами з точністю до 0,05 мм на 1 м.

Торцеві площини рами, якщо до них кріпляться допоміжні механізми, кінематично жорстко пов'язані з колінчастим валом, повинні бути перпендикулярні до осі гнізд підшипників. Допустима неточність – 0,05 мм на 1 м довжини. Високі вимоги висувають прямолінійності верхньої площини рами. Відхилення від площини (допускаються місцеві увігнутості) під час перевірки лінійкою, довжиною 3...4 м, і щупом – не більше 0,05 мм.

Для контролю прямолінійності починають широко застосовувати оптичні пристрої, зокрема, оптичну лінійку. Перевірку площинності прямолінійних поверхонь виконують за допомогою лінійки (3 м) і щупа в поздовжньому, поперечному та діагональному напрямках. Циліндричні поверхні гнізд підшипників перевіряють фальшвалом, виготовленим із труби, товщина стінок якої не менше 10 мм. Шийки фальшвала обробляють на круглошліфувальному верстаті з точністю до 0,01...0,02 мм на діаметр.

Для визначення правильності циліндричної поверхні контрольний вал укладають у гнізда підшипників та вимірюють зазори щупом у кількох точках по колу кожного торця гнізда. Зазор між шийкою вала та поверхнею гнізда не повинен перевищувати 0,03 мм.

Паралельність осей гнізд підшипників верхньої площини рами визначають індикатором, що встановлюється на площину рами з обох кінців фальшвала. Різниця вимірів має перевищувати 0,1 мм. Положення вертикальних реперів замків щодо осі гнізд зручно перевіряти калібром (рис. 6.4).

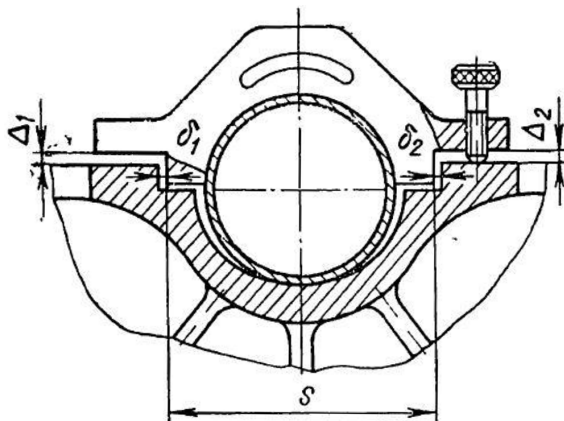


Рис. 6.4. Калібр для визначення зносу замків гнізд рамних підшипників

Для цього калібр вставляють у гніздо і встановлюють регулювальним гвинтом рівність зазорів Δ_1 і Δ_2 . Потім щупом перевіряють бічні зазори δ_1 і δ_2 . Ширина бази калібра S дорівнює номінальній ширині замка.

Наявність тріщин у корпусі рами перевіряють легким постукуванням слюсарного молотка. Деренчання звуку свідчить про дефект рами. Герметичність рами перевіряється наливом води, температура якої має бути не нижче 10 °С; тривалість випробування – 1 год. Виявлену тріщину зачищають і оглядають через лупу 5...7-кратного збільшення.

За наявності всіх згаданих вище дефектів ремонт фундаментної рами виконують зазвичай у такій послідовності: ліквідують тріщини, пробоїни, раковини і злами. Виправляють або нарізають різьбу під шпильки, що кріплять рамні підшипники. Розточують гнізда рамних підшипників. Фарбують внутрішні поверхні масло- та вологостійкою фарбою.

Тріщини в рамах зазвичай ліквідують за допомогою зварювання без підігріву. За технологією, узгодженою з Реєстром, обробляють шов із установленням гвинтів та

обварювання їх спеціальними електродами; невеликі тріщини – за допомогою ввертишів або стяжок.

За наявності більш значних пошкоджень, викликаних тріщинами або розривами в чавунних деталях, застосовують зварювання маловуглецевими електродами, установлюючи гвинти та додаткові зв'язки. Іноді виконують комбіноване кріплення, у якому поєднують посилені накладки із постановкою зв'язків. Зазначені дефекти можна усунути за допомогою накладок на болтах. На сьогодні набуває широкого поширення спосіб усунення тріщин епоксидними смолами. Ліквідацію тріщин у сталевій рамі здійснюють зварюванням.

Дефекти різьби в отворах під шпильки виправляють калібруванням мітчиками. Якщо є зрив більше трьох ниток різьби, отвір розсвердлюють на більший діаметр, а потім після розгортання нарізають різьбу найближчого розміру.

У малих дизелях тріщини чи злами у поперечних перегородках чи інших частинах рами, виготовленої з чавуну, ремонтують установленням металевих накладок. Накладки з поперечною перегородкою та ребрами жорсткості з'єднують призонними болтами. Кількість призонних болтів вибирається залежно від площі накладок, яка залежить від протяжності тріщин. Крок болтів має бути не більше 100 мм. До бобишків накладні планки кріплять призонними штифтами.

Якщо під час встановлення сталевих накладок на перегородки рами потрібно, окрім міцності, забезпечити ще і щільність, то між накладкою та стінкою рами встановлюють тонку прокладку з листового свинцю на свинцевих білилах або сурику. Після обробки та калібрування вертикальних та горизонтальних поверхонь замків гнізд приступають до виправлення циліндричної поверхні гнізд підшипників фундаментної рами. Розточування гнізд ведуть у зборі із верхніми кришками рамних підшипників. Робота може виконуватися як на горизонтально-розточувальному верстаті, так і за

допомогою переносної борштанги, що монтується спільно з приводами на рамі, що обробляється.

На рис. 6.5 показано розточування гнізд підшипників у рамі великого двигуна на горизонтально-розточувальному верстаті. Борштанга верстата з різцевими головками спрямовується підшипниками проміжних опор, закріплених на верхніх площинах. Рама встановлена на чотирьох чавунних призмах. Під час встановлення та кріплення рами стежать за індикатором, щоб не було пружної деформації. За настановну базу беруть оброблену верхню площину рами. Правильне положення борштанги щодо вертикальних реперів замків установлюють за допомогою пристосування – кронштейна підшипників, що нагадує калібр. Установлення борштанги ведуть по кінцевих підшипниках рами. Проміжні опори для зручності установлення борштанги влаштовані так, що відстань від осі їх підшипника до площини прилягання лап дорівнює відстані від гнізда підшипників рами до її верхньої базової поверхні.

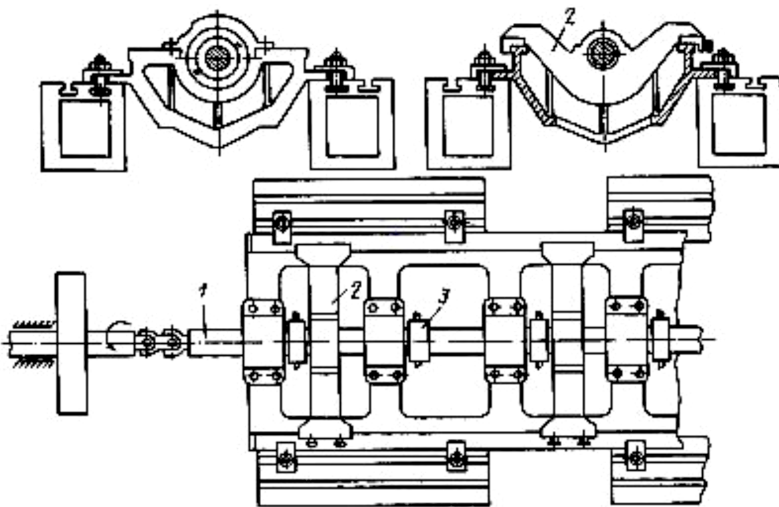


Рис. 6.5. Розточування гнізд підшипників фундаментної рами:
1 – борштанга; 2 – кронштейн підшипників; 3 – головка різцева

Завдяки подовженим овальним отворах у лапах проміжні опори можуть переміщатися горизонтальною площиною. У разі знятих кришок підшипників рами та проміжних опор борштангу укладають уздовж осі рами. Симетричність положення щодо вертикальних реперів замків крайніх підшипників установлюють калібром.

За відсутності необхідного обладнання ремонт циліндричної поверхні гнізд підшипників роблять за допомогою порожнистого фальшвала, що має достатню жорсткість. Діаметри потовщених шийок цього вала дорівнюють діаметру гнізд рамних підшипників плюс масляний зазор, а довжина шийки дорівнює довжині вкладиша підшипника плюс 30 мм. На шийку фальшвала наносять тонкий шар фарби, укладають його на гнізда рамних підшипників і повертають 2...3 рази на 30...40° у різні боки. Після видалення фальшвала за кількістю плям, що залишилися на гнізді, судять про стан поверхонь. Якщо кількість плям фарби, що залишилися недостатньо, то шляхом шабрування домагаються, щоб кількість плям на 1 см² була не менше одного-двох та щуп товщиною 0,05 мм не проходив між фальшвалом і гніздом. Вісь фальшвала має бути паралельна контрольним площинам рами. Паралельність осі фальшвала перевіряють скобою-індикатором, установленною на спеціальному пристосуванні. Допустима непаралельність осі фальшвала щодо контрольних площин не повинна перевищувати 0,05 мм на 1 м довжини вала. По укладеному в ліжку фальшвала пришабровують кришки рамних підшипників. Гніздо промивають і витирають насухо, наносять тонкий шар фарби на кожену поверхню, укладають вкладиш у гніздо, щільно притискають і переміщують його по колу на 20...25 мм у кожен бік 2...3 рази. Потім вкладиш виймають із гнізда та оглядають. Місця, якими вкладиш не торкається гнізда, залишаються чистими від фарби, а місця, що торкаються, забарвлюються фарбою. Знімаючи надлишки забарвленого металу спочатку напилком, а потім шабером,

домагаються щільного прилягання задньої частини вкладиша до поверхні гнізда. Про якість підгонки поверхні судять за розмірами плям і рівномірності їх розподілу на потиличному боці вкладиша. За хорошого прилягання поверхонь на площі 1 см² має бути не менше однієї-двох плям, а щуп 0,03 мм не повинен входити у площину роз'єму вкладиша та гнізда на глибину понад 5...10 мм.

У процесі заливання вкладиші коробляться і площини роз'єму зсуваються всередину, порушується паралельність площин роз'єму та зовнішньої поверхні вкладиша.

Площини роз'єму пришабрують по плиті, перевіряють непаралельність потиличної частини вкладиша по відношенню до площини роз'єму, яка має не перевищувати 0,01 мм на 100 мм довжини вкладиша. Унаслідок деформації вкладишів необхідно перевірити пригін їх потиличної поверхні по гніздах фундаментної рами.

6.2.2. Станини, паралелі, блоки циліндрів

Ремонт станин. Під час ремонту станин ДВЗ основними видами робіт є усунення тріщин, полумок, короблення, роз'їдання поверхонь. Тріщини і полумки зазвичай усувають газовим або електричним зварюванням з попереднім підігрівом деталі, що зварюється, до температури 500–600 °С або холодним способом без підігріву. На сьогодні під час ремонту станин, що мають тріщини, раковини, вибоїни, застосовують епоксидні смоли. Короблення станин ДВЗ виправляють припилюванням і шабруванням площин роз'єму по плиті. У разі значного зняття шару металу спочатку виконують шліфування пневматичними або електричними наждачними машинками, потім припилювання, а потім пришабровку на фарбу, домагаючись щільності прилягання лап станин до фундаментної рами. Пришабровку вважають задовільною, якщо кількість плям на площі 1 см² не менше двох і щуп 0,05 мм не проходить між плитою та лапою станини. Після доробки нижніх

поверхонь приступають до виправлення верхніх площин станини, домагаючись їх взаємної паралельності з точністю не менше 0,1 мм на 1 м довжини станини.

Ремонт блоків. Під час ремонту блока особливу увагу звертають на стан опорної поверхні, що прилягає до площини рами, так як нижня поверхня блока циліндрів є основною складальною базою (блок, у якого станина та циліндри становлять собою єдиний виливок). Прилягання площин визначається за ослабленого кріплення блока та рами за допомогою щупа, що вводиться у площину роз'єму по всьому периметру. Остаточно неплотинність установлюють у демонтованому блоці контрольною лінійкою та щупом.

Тріщини виявляють легким обстукуванням слюсарним молотком. Підозрілі місця ретельно оглядають через лупу 8...10-кратного збільшення. Блоки з тріщинами ремонтують зварюванням, установлюють металеві накладки, стяжки та ввертиші.

Чавунні блоки циліндрів із тріщинами, розташованими вздовж осі циліндра або з невеликим ухилом від неї, можна ремонтувати зварюванням. Блоки з тріщинами в будь-яких напрямках також дозволяється зварювати, але за наявності анкерних зв'язків, що розвантажують ділянку тріщини від напруг, що розтягують. У разі застосування зварювання в обробку шва ввертають шпильки, які виготовляють із маловуглецевої сталі діаметром, рівним 0,3...0,4 товщини стінки, що зварюється.

У блоках, що не мають анкерних зв'язків, на тріщини, розташовані в поперечному напрямку по відношенню до осі циліндра, установлюють сталеві накладки на шурупах з прокладкою листового свинцю, червоної міді (попередньо відпаленої) або гуми.

За наявності неглибоких тріщин у ділянці опорного бурта верхнього пояса роблять розточування на більший діаметр до виведення тріщин з подальшим запресуванням на епоксидній смолі сталевого кільця.

Після ремонту блок циліндрів повинен задовольняти наступним вимогам: неплосчинність нижньої поверхні блока не більше 0,01 мм на всю довжину; місцеві виробітки не повинні перевищувати 0,2 мм; неперпендикулярність осей посадкових поясів щодо базової поверхні не більше 0,1 мм на 1 м довжини циліндра, не більше 0,05 мм у крайніх точках; зсув осі посадкових поясів щодо осі симетрії в напрямку осі колінчастого вала не більше 0,3 мм. Відремонтований блок піддають випробуванню на герметичність, потім ґрунтують і фарбують волого- та маслостійкою фарбою. Опорні поверхні станин і колон вважаються пригнаними, якщо під час перевірки на фарбу на 1 см² припадає не менше однієї плями, а загальна площа прилягання не менше 50 % площі опори. Щуп 0,05 мм не повинен проходити у площині роз'єму станини з рамою та блока зі станиною.

Ремонт паралелей. Найбільшому зносу тертям піддається ділянка паралелей, що відповідає середині ходу поршня; коли нормальне зусилля повзуна досягає максимального значення. У разі потрапляння твердих частинок на поверхнях, що труться, виникають задирки. Напрацювання утворюються у разі порушення центрування вузла руху, а також коли повзун під час свого руху не перекриває верхню та нижню кромки паралелей. Під час напрацювань на паралелях понад 0,15...0,40 мм необхідний ремонт. Зазначені дефекти усувають у цеху чи на місці.

У цеху паралелі обробляють на плоскошліфувальних або стругальних верстатах. Під час установлення на верстаті паралелі необхідно кріпити в упор без затискачів, щоб уникнути можливої пружної деформації. Після установлення на місце закріплені паралелі зазвичай деформуються і вимагають додаткового шабрення. У разі невеликих порушень площинності усунення дефектів проводять без демонтажу. Роботу виконують шабренням із застосуванням вузьких перевірочних плит. Якщо є можливість установлення

електричного шліфувального пристрою, то робота може бути прискорена. Ремонт закінчують за наявності на поверхні паралелей двох плям на 1 см^2 , що пришабровується.

На сьогодні у практику ремонту ДВЗ з метою визначення прямолінійності, співвісності й перпендикулярності осей та площин упроваджують точні прилади, що дозволяють скорочувати час на вимірювання.

Кришки циліндрів. Ремонт кришок залежить від характеру пошкоджень та зносу. Тріщини на зовнішніх стінах кришки закладають у суднових умовах за допомогою стяжок. За наявності тріщин на зовнішніх стінках кришку ремонтують установленням мідних або сталевих накладок на гумовій прокладці або установленням мідних або сталевих ввертишів. У всіх випадках свердління кінців тріщин є обов'язковим. Місцеві свищі, окремі раковини, що виникають унаслідок корозії, закладають шляхом установлення гужонів. Тріщини у сталевих кришках ліквідують електрозварюванням, а в чавунних – газовим зварюванням. У тому та іншому випадку попередньо розробляють технологічний процес заварювання тріщин та узгоджують його з Регістром.

Притирання конічних поверхонь гнізд та тарілок клапанів здійснюють за допомогою паст ДОО (Державний оптичний інститут) кількох складів на спеціальних притиральних верстатах. Верстат забезпечує високу якість притирання та підвищує продуктивність праці в порівнянні з ручним у 10...15 разів.

Для остаточної перевірки якості прилягання слід налити гас у корпус клапана, зібраного у кришці. Якщо протягом 10 хв просочування не буде, то притирку закінчують. За наявності великих вад у сидлі клапана виправлення конічної поверхні ведуть спеціальним зенкером або шарошкою з напрямним хвостовиком, що входить у напрямну втулку. Приробку посадкових поверхонь сидла та тарілки клапана дозволяється вести тільки після заміни або ремонту

направляючої втулки з метою запобігання зміщення осей втулки, сидла та тарілки клапана.

Після закінчення притирання сидл визначають висоту сидел за величиною утоплення в них тарілок клапанів. Прилягання ущільнювального бурта кришки циліндра по плиті має бути безперервним, а шириною – не менше 2 мм.

Якщо ущільнювальний борт кришки циліндра сполучається із втулкою через червономідну прокладку, ширина бурта повинна бути на 1,0...1,5 мм менше ширини канавки ущільнювача у втулці. Борт таких кришок немає необхідності прилаштовувати точно по плиті, проте поперечних рисок він, як і в першому випадку, не повинен мати. У кришках малооборотних дизелів, що складаються з двох частин: нижньої сталевий і верхньої чавунної, приблизно через 30 000 год потрібні проточування та притирання площин роз'єму.

Неперпендикулярність осей різьбових отворів до поверхні кришки не має перевищувати 0,15 мм на 100 мм довжини. Усі різьбові отвори кришок циліндра повинні мати фаски, зенковані під кутом 120°.

Кришки циліндрів до складання та установлення на двигун піддають гідравлічному випробуванню для виявлення тріщин з боку водяних порожнин, тому що їх неможливо виявити під час зовнішнього огляду. Водяні порожнини перевіряють гідравлічним тиском не менше 4 бар, а з боку камери згоряння нижнє денце перевіряють на полуторне значення максимального тиску P_z газів усередині циліндра. Повітряна порожнина для пускового клапана перевіряється гідравлічним тиском 6 МПа. Тривалість випробувань 5 хв. Підтікання та відпінтніння до того ж не допускаються.

Втулки циліндрів. Перш ніж приступити до випресовування втулки циліндра, потрібно переконатися, що штуцери для її змащування вивернуті та ніщо не перешкоджає підйому, є мітки, що визначають положення втулки у блоці. Якщо міток немає, необхідно їх нанести для полегшення наступного

складання, інакше буде важко досягти збігу отворів для штуцерів. Для цього на деяких двигунах застосовуються спеціальні штифти, що фіксують положення втулки.

Втулки циліндрів на двигунах малої потужності випресовують вручну за допомогою одного болта. У двигунах середньої потужності використовуються два або кілька болтів. На тихохідних двигунах великої потужності для цієї операції використовують гідравлічні домкрати або спеціальні пристосування.

У разі утворення тріщин на втулках циліндра їх необхідно замінити, незважаючи на те, що робоча поверхня цілком придатна до експлуатації.

Під час відновлення номінальних розмірів втулок двигунів невеликої та середньої потужності їх ремонтують у такій послідовності: внутрішню поверхню шліфують на внутрішньошліфувальному верстаті на розрахунковий розмір; зовні обробляють посадкові пояси до видалення корозійних раковин, шліфують торці та упорний борт верхнього пояса, після чого з необхідним припуском роблять осталення або хромування з наступним шліфуванням на номінальний розмір.

Втулка легко деформується під час затискання кулачками патрона, тому її під час чистової обробки на токарному або внутрішньошліфувальному верстаті встановлюють на цанговій оправці, що самоцентрується.

Для зменшення шорсткості робочої поверхні після шліфування проводять хонінгування, яке ведуть за частоти обертання 120 об/хв і 250 подвійних ходах за хвилину. Обробка триває 2...5 хв з охолодженням абразивних брусків гасом або дизельним паливом. Після хонінгування внутрішню поверхню втулки промивають гарячою водою, насухо витирають і консервують. До відремонтованих або нових втулок робочих циліндрів висуваються такі основні технічні вимоги:

– шорсткість робочої поверхні втулки (дзеркала) за діаметра понад 400 мм повинна бути не нижче $Ra = 1,25$ мкм; менше 200 мм (втулки швидкохідних двигунів) $Ra = 0,32$ мкм;

- неперпендикулярність осі циліндричної втулки до опорної поверхні, що допускається, не повинна перевищувати 0,1 мм на 1 м довжини втулки;
- діаметр верхнього бурта роблять на 0,5...1,0 мм менше діаметра розточування посадкового місця у блоці;
- твердість втулок, якщо вона не обумовлена в технічній документації заводу-будівельника, має перебувати в межах 180...200 НВ.

Сьогодні практикується спосіб відновлення деталей на найближчий ремонтний розмір. У цьому випадку внутрішню поверхню втулки, ущільнювальні пояси та упорний борт шліфують на цілком визначені розміри поршня і блока, заздалегідь передбачені та узгоджені з поверхнями, що сполучаються. Зовнішня поверхня оберігається антикорозійними цинковими покриттями або епоксидними складами. Відновлюють зношені поверхні, а також підвищують зносостійкість нарощуванням втулок стінок методом осталювання, хромування, електрометалізації, азотування, покриттям зовнішньої поверхні клеями і шпаклівками, виготовленими на основі епоксидних смол.

Багаторічні випробування двигунів показали, що зносостійкість хромованих втулок у 3...5 разів перевищує зносостійкість втулок зі звичайного перлітного і у 3,9 рази – хромо-нікелемолібденомідистого чавуну. До того ж зносостійкість поршневих кілець, що працюють у поєднанні з хромованими втулками, підвищується у 2...3 рази. Хромовані втулки двотактних двигунів менше виробляються в ділянці випускних вікон і значно знижують можливість поломок кілець.

Для відновлення зруйнованих корозією посадкових поясів втулок двотактних двигунів застосовують епоксидні смоли з наповнювачами (дрібною чавунною тирсою).

Розточування втулок на судні. Під час розточування переносним пристроєм циліндрів головних двигунів безпосередньо на судні, слід забезпечити високу точність форми циліндра й шорсткість поверхні, що обробляється. Допуск під час

розточування циліндрів діаметром від 500 до 1000 мм лежить не більше 120...170 мкм, а шорсткість – $Ra = 0,32$ мкм.

Центрівка пристрою під час розточування циліндрів двигунів ведеться по верхніх і нижніх неробочих виточках. Якщо розточують втулку циліндрів, то зверху центрують її по неробочій виточці, а знизу – по зовнішній частині втулки, що звисає в картер двигуна.

Для зняття напрацювання у втулках без випресовування їх із циліндра застосовують пристосування рис. 6.6. Диск з абразивним камінням в оправці встановлюють так, щоб між фіксатором і верхнім торцем втулки був зазор не менше 1 мм. Після цього поворотом стопорів звільняють пружини, і абразивне каміння притискається до стінок втулки.

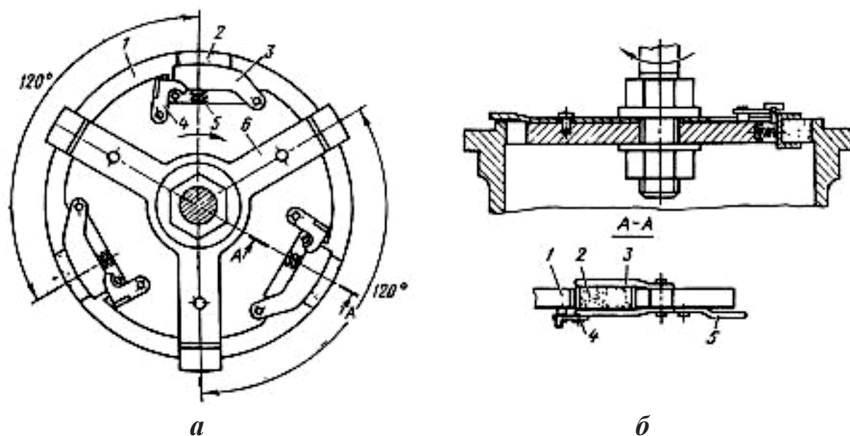


Рис. 6.6. Пристрій для зняття напрацювання у втулках:
а – схема пристрою; **б** – установлення пристрою у втулці;
 1 – диск; 2 – абразивний камінь; 3 – оправлення; 4 – стопор;
 5 – пружина; 6 – фіксатор

Під час обертання головки напрацювання знімається за кілька хвилин. Межа розточування втулок лімітується міцністю. Розточування на місці виконують у кілька проходів.

Якщо в перших проходах з метою коригування центрування, глибини різання або вимірювання можливі зупинки шпинделя розточувального пристрою, то під час чистової обробки на останньому проході зупиняти різець не можна, так як на поверхні, що обробляється, буде рваний слід.

Розточування циліндрів малообертових двигунів великої потужності пов'язане з необхідністю заміни поршнів на більший діаметр і потребує запасу деталей нестандартних розмірів. Крім того, відмінність у масі окремих поршнів порушує динамічну рівноваженість двигуна. З цих причин ремонт втулок зводиться до усунення напрацювання, натирів, задирів, подряпин, вибоїн і рисок з внутрішнього боку, до закруглення гострих кромek вихлопних та продувних вікон.

Найбільше допустиме збільшення діаметра втулок циліндрів $\Delta D = (0,0075 + 0,009)D$, а найбільша допустима овальність $- 0,02D$ (D – діаметр втулки циліндра, мм).

Засорочковий простір втулок опресовують тиском $1,5P$ (P – тиск у системі охолодження двигуна).

Втулки піддаються гідравлічному опресуванню, якщо їх діаметр збільшився на 0,5 % порівняно з початковим. Верхню частину втулки (1/3 довжини від бурта) перевіряють тиском $1,5 P_z$. Втулки по поясах опресовують ручним насосом.

Вкладиші підшипників. Підшипники підлягають ремонту, якщо:

- товщина шару, що залишився, становить половину початкової; відставання бабіту перевищує 10 % площі заливання;
- товщина прокладок між вкладишами досягла 0,5 мм;
- площа, зайнята тріщиною, становить понад 15 % поверхні заливання.

Головні підшипники і п'яти повзунів тихохідних двигунів заливують, якщо товщина бабіту зменшена до 2 мм за діаметра цапфи менше 150 мм і до 3 мм за діаметра цапфи від 150 до 300 мм. Товщину шару антифрикційного металу, що

залишився, визначають шляхом свердління або вимірювання з боку торця в тих випадках, коли в конструкції відсутня гальтельна заливка.

Залежно від швидкохідності двигунів та питомого навантаження на підшипники як антифрикційні сплави застосовують марки бабітів Б83, Б16, БН, а також свинцеву бронзу марки БрС30.

Підготовка вкладок до заливки. Підготовка полягає в попередньому очищенні від бруду, масла та інших механічних нашарувань, промиванні їх у гасовій ванні. Перед видаленням старого шару бабіту рекомендується знежирити його кип'ятінням у 10 %-му розчині каустичної соди протягом 10 хв з наступним промиванням гарячою водою (80...90 °С). Видалення старого шару роблять механічним шляхом, якщо товщина його 10 мм, або за допомогою нагріву вкладиша з тильного боку паяльною лампою до температури розм'якшення сплаву (240...260 °С). Найкраще виплавляти бабіт в електропечах. Видалення шляхом безпосереднього розплавлення бабіту відкритим полум'ям не слід робити через вигорання цінних складових (олова, сурми та ін.), а також інтенсивного окислення сплаву киснем повітря та змішування компонентів полуди з антифрикційним сплавом. Для остаточного видалення залишків масла і частинок старого бабіту, що не відокремилися, вкладиші нагрівають до температури приблизно 400 °С.

Після остигання вкладиші роздають на 1...2 мм під пресом. Це робиться для того, щоб компенсувати зменшення діаметра вкладиша у площині роз'єму після заливання, що викликається усадковою деформацією сплаву під час його охолодження. Величина роздачі може бути визначена за формулою

$$\Delta D = 016 D/b,$$

де D – зовнішній діаметр вкладиша, мм;

b – товщина стінки вкладиша з бабітовою заливкою, мм.

Очищення від іржі проводять травленням вкладишів у 10...15 %-му розчині сірчаної або соляної кислоти протягом 5...10 хв з подальшим промиванням у гарячій воді за температури 80...90 °С і одночасним очищенням сталеву щіткою. Ретельно промиті та очищені вкладиші протирають насухо або просушують у сушильній шафі. Чавунні вкладиші з метою видалення з поверхні графітової плівки та оксидів рекомендується прокип'ятити протягом 15...20 хв у 25 %-му розчині їдкого калію КОН.

Знежирення старих вкладишів проводять у ванні з 10...15 %-им водним розчином лугу їдкого натру або їдкого калію за температури 80...90 °С. Знежирений і промитий до повного видалення лугу вкладиш травлять у 10...15 %-му розчині соляної кислоти протягом 10...15 с. Після травлення вкладиш миють гарячою водою (80...90 °С) і опускають для нейтралізації кислоти 3...5 %-ий розчин лугу на 2...3 хв. Ретельно промитий водою підшипник просушують у сушильній шафі.

Нові вкладиші, що не мають іржі, лише знежирюють та трують кислотою. Мета травлення – видалити з поверхні тверду плівку оксидів, що перешкоджають приставанню полуди та бабіту. Для лудіння поверхні використовують чисте олово або спеціально приготовані олов'яно-свинцеві припої. Застосовують стандартні припої ПОС-20, ПОС-30 і ПОС-40.

У заводських умовах застосовують найчастіше лудіння у ванні. Перед зануренням у ванну вкладиші підшипника збирають на прокладках у площинах роз'єму та затискають хомутом. Поверхні, що не підлягають лудінню, обмазують пастою, що складається із 30 % крейди, 2 % столярного клею та 68 % води. Необхідно бути обережними, щоб паста не потрапила на підготовлену до лудіння поверхню.

Для запобігання окисленню поверхню, що підлягає лудженню, покривають флюсом. Як флюс можна використовувати хлористий амоній (нашатир) у поєднанні з хлористим

цинком. Перед лудінням розчин розбавляють водою з розрахунку 1/3 розчину на 2/3 води, за допомогою волосяного пензля змочують внутрішню поверхню вкладишів. Під час заливання великої кількості підшипників розчин виливають у ванну. У цьому випадку підшипники нагрівають в електричній печі до температури 80...90 °С, опускають на 5...10 с у ванну з флюсом, після чого знову нагрівають у печі до температури, що перевищує на 30...50 °С температуру початку затвердіння припою.

Наявність не змочених флюсом ділянок внутрішньої поверхні вкладишів свідчить про її погане знежирення. Виявлені ділянки слід обробити шабером та знову покрити флюсом або провести знежирення і травлення. Під час заливання підшипників свинцевими бабітами як припій застосовують третник або ПОС-30, а під час заливки олов'янистими бабітами – зазвичай олово.

Припій, призначений для лудіння, розплавляють у сталевому циліндричному або трохи конічному тиглі. Це робиться для того, щоб зменшити поверхню окислення полуди киснем повітря. З цією ж метою розплавлення полуди у тиглі ведуть під шаром деревного вугілля. Шматочки гранульованого вугілля розміром трохи більше 10...15 мм у поперечнику просівають від пилу і крихти. Товщина ізолюючого шару має бути приблизно 30 мм.

Припій нагрівають до температури на 30...50 °С вище температури початку затвердіння сплаву. Покритий флюсом та нагрітий до такої самої температури підшипник за допомогою спеціального захватного пристрою або лудженими кліщами занурюють у тигель з розплавленим припоєм і витримують у ньому 4...5 хв. Розсунувши вугілля та шлак убік, підшипник виймають. Полуда доброї якості має світло-сріблястий відтінок і покриває рівним шаром усю поверхню, що підлягає заливанню. Темно-сірий колір або наявність кольорів з жовтуватими відтінками свідчать про неякісне покриття полудою.

Лудіння без занурення у ванну або тигель з розплавленою полудою виконують наступним чином: внутрішню поверхню підготовленого до лудіння підшипника покривають флюсом та підігрівають з тильного боку до температури 270...280 °С, змочують розчином хлористого цинку і посипають порошком хлористого амонію. Остаточну підготовлену до лудіння поверхню натирають прутком олова чи третника, а в деяких випадках використовують порошкоподібний припій. Розплавлену полуду розтирають ганчіркою по поверхні підшипника або вкладиша, домагаючись її рівномірного розподілу по всій площі, що підлягає лудженню. У разі стікання полуди з окремих місць їх слід обробити шабером, покрити флюсом і повторно лудити.

У судноремонті набули поширення, головним чином, три способи заливання: ручний, відцентровий та вібраційний.

Ручне заливання. За ручного способу заливки (рис. 6.7) попередньо луджені вкладиші збирають на азбестових прокладках у хомуті та скобах. Товщину прокладок у стиках вкладишів вибирають 2...5 мм, тому що необхідно передбачити припуск на механічну обробку. У середину зібраного підшипника по центру встановлюють сердечник у вигляді пустотілого сталевго циліндра. Для запобігання витіканню розплавленого бабіту фланець сердечника і торець підшипника ущільнюють азбестовою прокладкою та збирають на плиті заливки за допомогою струбцин; сталевих косинців та планок.

Вкладиші великих підшипників заливують окремо і встановлюють на плиті для заливки, що має форму косинця. Для утворення порожнини заливки вкладиша бабітом виготовляють шаблон із сталевго листа завтовшки 2...3 мм у вигляді напівциліндра з бічними фланцями. Для вільного видалення сердечника після заливання, його поверхню, що стикається з розплавленим бабітом, покривають графітовою мастикою або натирають деревним вугіллям.

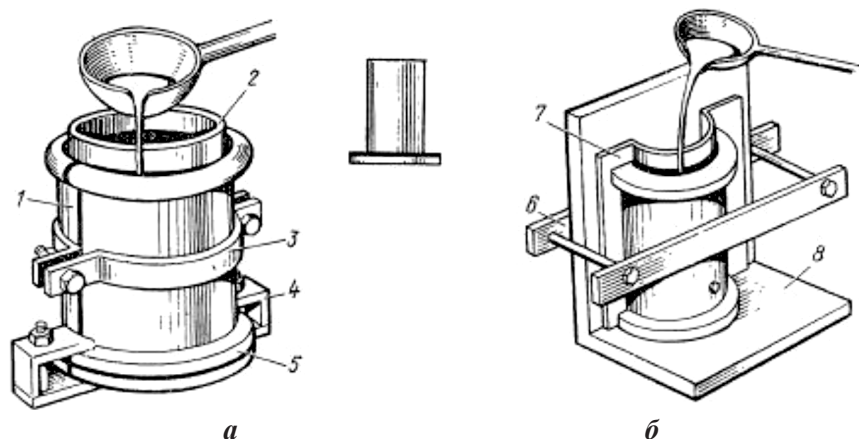


Рис. 6.7. Ручне заливання вкладишів підшипників:

а – двох; *б* – одного великого;

1 – вкладиш; 2 – сердечник; 3 – хомут; 4 – скоба; 5 – прокладка;
6 – струбцина; 7 – шаблон; 8 – плита

З метою запобігання витoku розплавленого металу нещільності замазують сумішшю азбесту та глини. Отвори для підведення мастильного матеріалу в підшипнику краще заливати бабітом, а потім просвердлювати, тому що закупорка їх азбестом призводить іноді до нещільного з'єднання бабіту з полудою і відставання наплавленого металу через проникнення масла.

Бабіт, призначений для заливання підшипників, плавлять у чавунних чи сталевих тиглях. Бабіт завантажують у тиглі шматками масою 0,5...1,5 кг, причому зазвичай у складі шихти використовують 30...40 % відходів тієї ж марки. Змішувати бабіти різних марок не допускається через їх відмінності за хімічним складом.

Шматки бабіту перед завантаженням у тигель змочують соляною кислотою для кращого видалення оксидів під час розплавлення. За відсутності електричних печей нагрівання тиглів ведуть у ковальських горнах. Щоб уникнути окислення

розплавленого бабіту необхідно скорочувати час нагрівання його до температури заливки. Тому перед завантаженням тигля шихтою його нагрівають до температури 350...400 °С. Поверхню розплавленого бабіту ізолюють шаром, приблизно 30 мм, деревного вугілля.

Для зменшення втрат тепла під час заливки підшипників бабіт нагрівають до температури, що перевищує температуру його затвердіння на 30...50 °С: бабіт Б83 нагрівають до 400...420 °С, БН та Б16 – до 450...460 °С, БК2 – до 560...580 °С. Нагрів до більш високих температур спричиняє вигорання окремих компонентів, інтенсивне окислення, усадку металу та утворення раковин. За знижених температур нагріву з'являється пористість і нещільне приставання бабіту до полуди та тіла вкладиша.

Для відновлення оксидів розплавлений бабіт рафінують нашатирем, який вносять за допомогою спеціальної ложки, яка називається *рафінувальником*. На 1 кг бабіту слід внести 2...3 г нашатиру. Для зручності його загортають у папір і опускають рафінувальником у нижні шари розплавленого металу. За легкого помішування газу, що виділилися в результаті випаровування нашатиру, відновлюють оксиди, які у вигляді шлаків спливають на поверхню сплаву, звідки їх неважко видалити. Під час заливання великої кількості підшипників роблять багаторазове рафінування нашатирем розплавленого бабіту.

З метою запобігання окисленню бабіту в момент заливання необхідно розплавлений метал заливати в підшипник безперервним коротким і товстим струменем. Тонкий і довгий струмінь сприяє інтенсивному окисленню. Перерви в заливці призводять до розшарування металу, утворення пор та раковин, а надалі – до виникнення тріщин у шарі бабіту.

До основних недоліків ручної заливки слід віднести велику витрату бабіту, нерівномірність його структури та неоднакову щільність прилягання до поверхні вкладиша. Цих

недоліків позбавлена відцентрова заливка металу, що застосовується під час масового переливання підшипників.

Відцентрове заливання. Воно більш продуктивне і дозволяє отримати однорідну дрібнокристалічну структуру наплавленого шару. Малі припуски на обробку, що досягаються під час відцентрової заливки, роблять її економічною. Надійне зчеплення білого металу до поверхні вкладиша виключає утворення раковин, порожнин і пор.

Для відцентрової заливки без особливих зусиль можна пристосувати токарний верстат, забезпечивши його необхідним пристроєм. Затискний пристрій, що самоцентрується, дозволяє легко і швидко встановлювати спарені вкладиші підшипника. Для цієї мети застосовують пружинні та пневматичні затискачі. На рис. 6.8 зображено верстат із швидкодіючим затискачем вкладишів пружиною. Звільнення вкладишів досягається стиском пружини віджимним гвинтом. З метою запобігання витіканню розплавленого бабіту та тепловідведення до затискних планшайб між ними та торцями підшипника встановлюють азбестові прокладки. Під дією відцентрових сил, що виникають під час обертання, розплавлений бабіт добре ущільнюється і розподіляється рівномірним шаром по всій внутрішній поверхні підшипника.

Через 15...20 с після заливки підшипник охолоджують стисненим повітрям або повітряно-водяною сумішшю, що підводиться трубопроводом у кінцях верстата. Тривалість примусового охолодження становить 4...5 хв, після чого верстат зупиняють, знятий підшипник остаточно охолоджується в атмосферному повітрі.

Вібраційне заливання. На деяких судноремонтних заводах застосовують вібраційний метод заливання підшипників. Підготовка форми до вібраційної заливки нічим не відрізняється від підготовки до ручної заливки. Зібрана для вібраційної заливки форма монтується не на плиті для заливки, а на рухомій платформі – вібростолі.

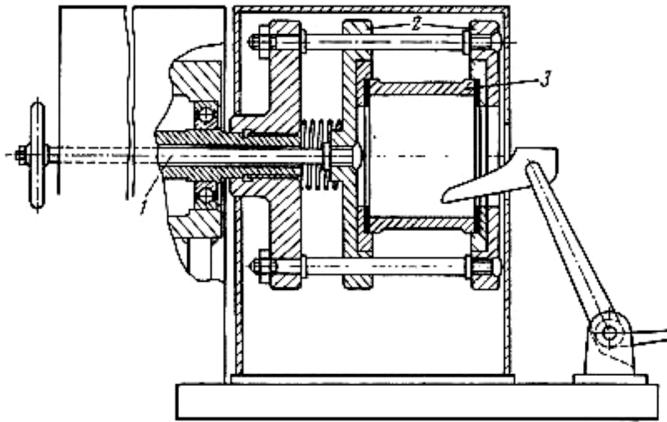


Рис. 6.8. Верстат для відцентрової заливки підшипників:
1 – гвинт; 2 – планшайба; 3 – вкладиш

Після заливання розплавленого металу у форму вмикається вібропристрій, і платформа із встановленим на ній підшипником здійснює коливальні рухи у вертикальній площині. За амплітуди коливання приблизно 1,5 мм частота коливання платформи дорівнює 1400 за хв. Безперервна вібрація в період заливки та на початку твердіння бабіту сприяє рівномірному заповненню форми підшипника, кращому відведенню газів та повному прилягання білого металу до поверхні.

Заливка сітчастих вкладишів. У суднових двигунах знаходять широке застосування сітчасті вкладиші підшипників, що мають підвищену довговічність і надійність у роботі (рис. 6.9). Поверхня сітчастих вкладишів утворюється шляхом накочування спеціального профілю сталевими роликами. До того ж прокатка вкладки здійснюється або на спеціальному двовалковому пристосуванні, або на токарному верстаті за допомогою багаторядної накатки або ролика. У металі вкладки під час прокатки виникають пластичні деформації, у результаті яких метал видавлюється з осередків і внутрішній діаметр вкладиша зменшується.

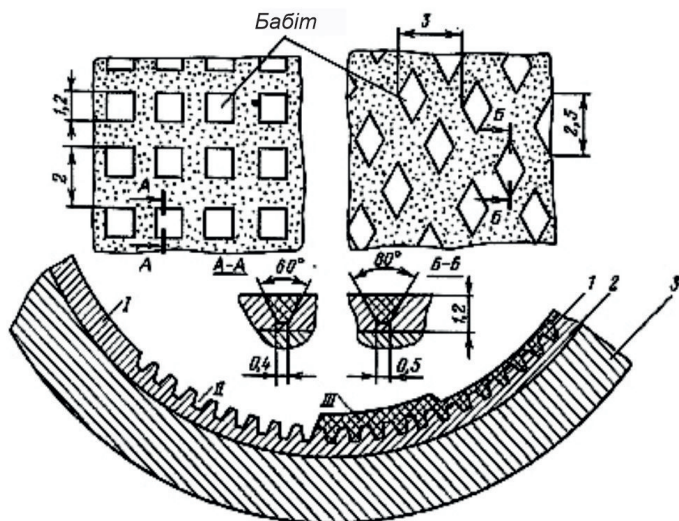


Рис. 6.9. Вкладиш із сітчастою поверхнею:

- I* – свинцево-олов'янистий сплав; *2* – мідно-свинцевий сплав;
 3 – сталева основа;
I – до накатки; *II* – після накатки; *III* – після заповнення осередків
 олов'янистим сплавом

Після остаточної обробки сумарна площа, яку займають осередки з м'яким сплавом, становить 50...60 % робочої площі вкладиша. Кількість осередків на одному квадратному сантиметрі 20...30 штук, глибина осередків залежить від товщини антифрикційного шару і вибирається не більше 0,4...1,2 мм, і з урахуванням остаточної механічної обробки – 0,8...1,6 мм.

Осередки, накатані на внутрішні поверхні вкладиша, заповнюються бабітом або іншим свинцево-олов'янистим сплавом під час занурення вкладиша у ванну з розплавленим металом або шляхом заливання відцентровим способом.

У зв'язку з інтенсивним зношуванням головних підшипників крейцкопфних двигунів упроваджено таку технологію

ремонту цього вузла. Після чистового розточування головних вкладишів їх бабітову поверхню (Б83) гальванічним методом покривають сплавом свинець–олово (олово 5...12 %) шаром завтовшки 40...50 мкм (для бронзових вкладишів із БрС30 – товщина шару 15...20 мкм).

Попередньо вкладиші знежирюють і декапують електролітом (видалення найтонших окисних плівок з поверхні для більш міцного зчеплення гальванічного покриття з підкладкою). До складу досить складного електроліту входять борфтористоводневий свинець, олово, плавикова і борна кислоти та столярний клей. Анодом є олово. Товщину покриття контролюють за сталевими пластинками-свідками магнітним індикаторним товщиноміром. Після покриття вкладиші промивають холодною водою. Жодна слюсарно-механічна обробка покриття не допускається. Обов'язковою умовою гарної роботи вузла є суперфінішування робочих поверхонь цапф крейцкопфа та їхній ретельний захист від випадкових пошкоджень. Перед складанням головного вузла цапфи попередньо натирають дисульфід молібденовим мастилом. Експлуатація дизелів показала, що знос головних з'єднань, виконаних за цією технологією, став навіть дещо меншим порівняно з мотильовими та рамними підшипниковими вузлами, що забезпечує продовження ресурсу крейцкопфних ДВЗ.

Механічна та слюсарна обробка вкладишів. Площини роз'єму вкладишів після видалення наплавленого металу пришабровують по плиті з точністю до однієї плями на 1 см², до того ж непаралельність площин стиків вкладиша, визначена індикатором, не повинна перевищувати 0,01 мм на 100 мм довжини вкладиша. Підготовлені вкладки збирають на прокладках і стягують хомутами. Товщину прокладок залежно від розмірів шийок колінчастого вала вибирають у межах 2...5 мм.

Для регулювання масляного зазора необхідно мати комплект прокладок завтовшки 0,03; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25;

0,50; 1,0; 2,0 мм і т. д. В обох стиках вкладиша має бути покладено однакову кількість рівних за товщиною прокладок. Товсті прокладки встановлюють донизу, тонкі – вгору. Тонкі прокладки зазвичай виготовляють із каліброваної латуні або фольги, товсті – зі сталі та латуні. Площини прокладок мають бути ретельно прошліфовані.

Непаралельність площин прокладок не має перевищувати 0,01 мм на 100 мм довжини. Отвори у прокладках під штифти вкладишів слід свердлити в пакеті кондуктором. Під час підготовки вкладишів до розмітки та наступного розточування їх збирають на прошліфованих сталевих прокладках, виконують розмітку з торця зібраних вкладишів, покритих крейдяним розчином. Правильність установа вкладки на призмі перевіряють рейсмусом (рис. 6.10). Припуск на шабрування встановлюють залежно від розміру вала в межах 0,1...0,3 мм на діаметр.

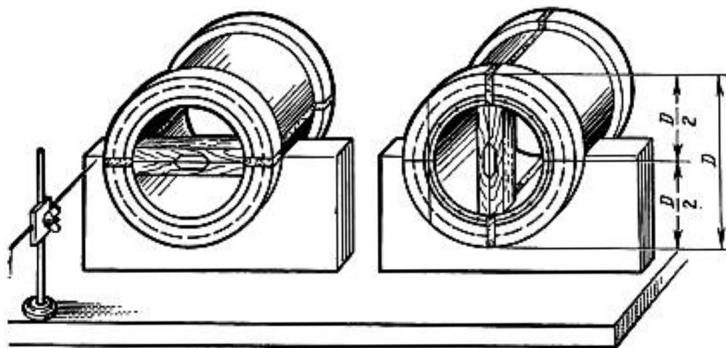


Рис. 6.10. Розмітка вкладишів підшипника для розточування після заливання

У двигунах малої та середньої потужності набули поширення тонкостінні вкладиші. Посадка тонкостінного вкладиша у гніздо рамного підшипника проводиться з натягом, тому його зовнішній діаметр повинен бути більшим за діаметр гнізда.

Установлюють та замінюють тонкостінні підшипники без попереднього припилювання задньої частини підшипника по гнізду. Вкладиші укладають у гніздо з деяким зусиллям. Для цього збирають підшипник, накладають верхню кришку і гайками як би «впресовують» вкладиш. Дозволяється також «впресовувати» нижні вкладиші легкими ударами свинцевої кувалди. Щоб уникнути жолоблення верхнього вкладиша між кришкою і фундаментною рамою, установлюють прокладки.

РОЗДІЛ 7

ДЕФЕКТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ОСНОВНИХ РУХОМИХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛІВ

7.1. Поршні

Для виявлення зносу обмірюють поршень. Вимірювання роблять у двох взаємно перпендикулярних напрямках – по осі та по ходу. Перші виміри діаметра роблять нижче верхньої кромки на 10 мм, наступні – через 100...200 мм. Гранично-допустимі значення конусності та еліптичності поршнів залежно від діаметра поршня коливаються в межах 0,15...0,6 мм, або $(0,001...0,002)D$. Для більших значень діаметрів – менший коефіцієнт, менших – більший. Зношування поршневих канавок усувають шляхом проточки з подальшим шліфуванням. Шліфування зовнішньої поверхні та канавок для кілець зручніше виконувати на круглошліфувальному верстаті із застосуванням самоцентрувальної цангової оправки. Обробку ведуть у центрах, настановною базою є торець та технологічний поясок поршня. Шорсткість має бути в межах $Ra = 0,63$ мкм.

Отвори під палець у бобишках поршня розточують на верстаті за допомогою борштанги. Вимоги до механічної обробки: овальність та конусність циліндричної поверхні поршня – не більше 0,04 мм, неперпендикулярність зовнішньої поверхні до нижнього торця поршня – 0,1 мм/м, неперпендикулярність осей отворів під палець до зовнішньої поверхні поршня 0,1 мм/м, зміщення осі отворів у бобишках

щодо осі симетрії поршня – 0,3 мм, овальність отворів у бобишках під палець – 0,02 мм. Різниця відстаней від осі поршня до торців бобишок – 0,3 мм, неперпендикулярність площин канавок для кілець до осі поршня – 0,03 мм.

Спосіб ремонту головок поршнів залежить від їхнього матеріалу. За наявності тріщин або значних зон пошкодження в центрі денця внаслідок впливу факела полум'я пошкоджене місце сталевих головок зачищають або проточують на станку, потім заварюють. Відремонтовану електрозварюванням головку слід відпалити за температури 600...650 °С, щоб зняти напругу.

Профіль денця після обварювання обробляють за шаблоном. До того ж слід витримувати відстань від верхнього торця до осі бобишок з точністю до $\pm 0,1$ мм. Денце поршня перевіряють тиском $1,5 P_z$ (рис. 7.1).

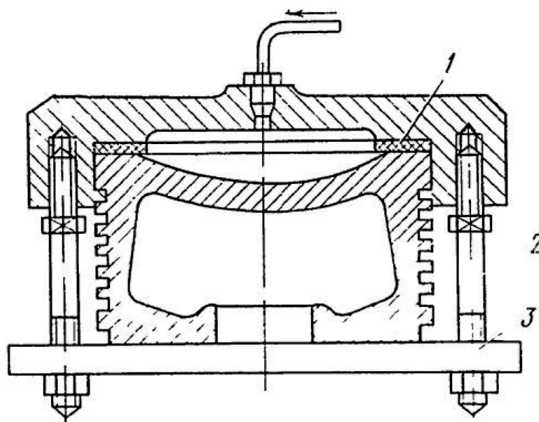


Рис. 7.1. Випробування денця головки поршня:

1 – прокладка; 2 – шпильки; 3 – фланець

Площини роз'єму головки і тронка підганяють по плиті пришабруванням з точністю двох плям на 1 см². Особливо ретельна підготовка поверхонь повинна виконуватися для поршнів з охолодженням водою чи маслом.

За наявності пошкоджень різьби у кріпильних шпильках або отворах для них у тілі поршня роблять заміну шпильок, виправлення різьби мітчиками у гніздах або нарізання нової, найближчої за стандартом.

Сьогодні під час ремонту поршнів упроваджуються методи відновлення зношених поверхонь за допомогою останювання та хромування. В обох випадках перед відновленням форми та розмірів поршні шліфують або проточують на токарному верстаті до видалення пошкоджень. Після цього деталі знежирюють. Хромування дає можливість здійснити заміну чавунних поршнів алюмінієвими, покритими хромом, у результаті досягається зменшення сили інерції та зниження зносу деталей. Найбільш уразливі місця алюмінієвих поршнів – канавки для кілець; будучи покриті шаром хрому, вони мають більшу зносостійкість у порівнянні зі звичайними в чавунних поршнях.

Під час виготовлення та ремонту алюмінієвих поршнів можна застосовувати захисне покриття – оксидування. До того ж твердість зовнішнього шару збільшується 4...5 разів і сягає (375...515) *HB*. Оксидна плівка за меншої теплопровідності та більшої температури плавлення (у 3 рази) у порівнянні з алюмінієм є утеплювачем, це виключає обгорання поверхні денця поршня.

Чавунні поршні з метою підвищення зносостійкості поверхні тронка і канавок для кілець піддають азотуванню, в результаті чого, за порівняно невеликих витратах, зносостійкість підвищується у 2...3 рази. Твердість азотованого шару не знижується навіть після нагрівання на 550...600 °С.

Перпендикулярність осей поршня та отворів у бобишках під палець визначають індикатором за допомогою контрольного валика (рис. 7.2). Індикатором, установленим на стійці з постійним упором, вимірюють з одного боку поршня; стійка спирається на кінець контрольного валика. Потім стійку переносять на інший кінець валика та роблять другий вимір.

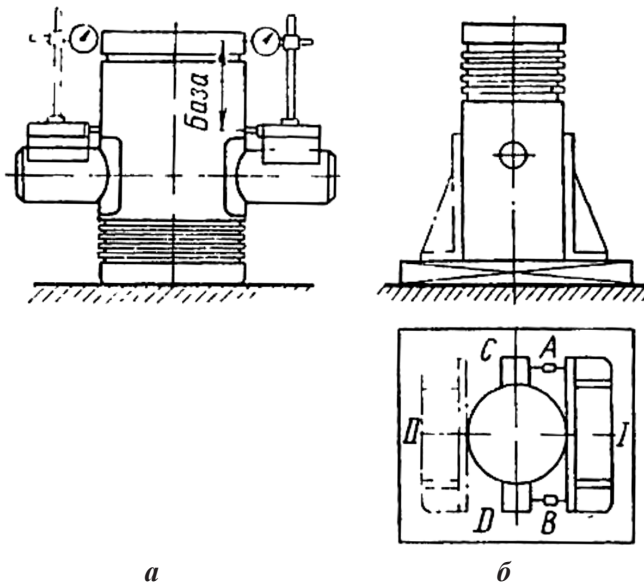


Рис. 7.2. Перевірка перпендикулярності (а) та перетину (б) осей поршня й отворів під палець

За рівності вимірів твірна поршня, а отже, і її вісь, перпендикулярна осі отвору під поршневий палець. Допуск на неперпендикулярність не повинен перевищувати 0,1 мм та на 1 м довжини. Перетин осей пальця та поршня визначають на плиті за допомогою перевірного косинця, мікрометричного штихмаса та контрольного валика (рис. 7.2, б). Кутник установлюють впритул до поршня і в положенні I вирівнюють розміри в місцях А і В. Потім кутник установлюють з протилежного боку так, щоб відстані в місцях D і С були між собою рівні. Різниця вимірювань у положеннях I та II не повинна перевищувати 0,3 мм.

Цю перевірку можна виконати за допомогою індикатора, укріпленого на скобі з упором (рис. 7.3). Скобу встановлюють на контрольний валик так, щоб упор торкнувся полиці косинця, присунутий до торця поршня. За індикатором

визначають відстань до твірної поршня. Після цього поршень повертають на 180° і виконують аналогічний вимір. За різницею показань індикатора визначають зміщення осей.

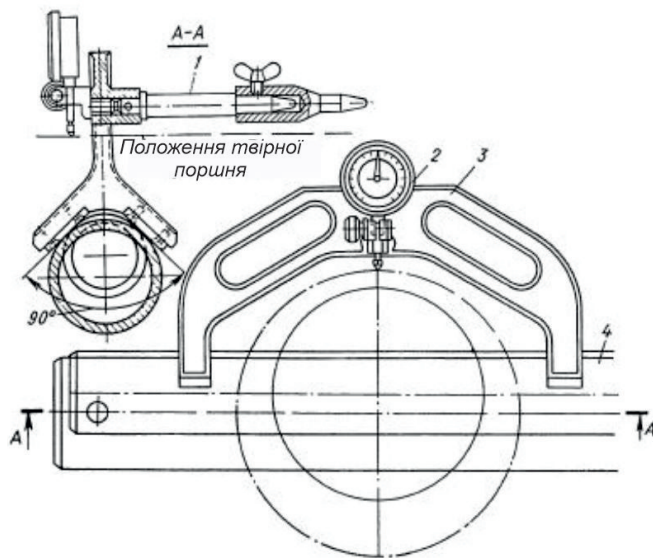


Рис. 7.3. Перевірка перетину осей поршня та пальця скобою:
1 – упор; 2 – індикатор; 3 – скоба; 4 – валик

Поршні крейцкопфних ДВЗ перевіряють у зборі зі штоком за допомогою індикатора у центрах токарного верстата. За відсутності биття циліндричної поверхні поршня та штока, а також його п'яти умови співвісності поршня і штока та перпендикулярність площини п'яти виконані. Тріщини поршня заварюють електрозварюванням як із підігрівом деталі, так і в холодному стані. Після електрозварювання слід зробити глибокий відпал до $600...650^\circ\text{C}$, щоб зняти напругу. У разі застосування газового зварювання тріщину заварюють спеціальним мідно-цинковим сплавом, деталь нагрівають до температури $800...860^\circ\text{C}$.

Після проведеного ремонту поршні піддають гідравлічному випробуванню. Днища поршня ДВС випробовують на тиск $1,5 P_z$. Поршні ДВЗ, що мають охолодження, проходять перевірку герметичності порожнини охолодження тиском не менше 5 бар. Після консервації поршні повинні перебувати у вертикальному положенні, оскільки в разі тривалого перебування в горизонтальному положенні вони можуть бути деформовані.

Пригін та встановлення поршневих кілець. Поршневі кільця замінюють у разі їх поломки, граничного зношування по висоті або радіальної товщини, у разі втрати пружних якостей, збільшення теплового зазора в робочому положенні. Перед установленням кілець на поршень необхідно прочистити і промити гасом поршневі канавки, а потім протерти насухо.

Під час заміни кілець перевіряють їхню придатність. Для цього передусім визначають зазор у замку кільця у вільному стані. Кільце кладуть на плиту та за допомогою штангенциркуля або масштабної лінійки визначають лінійну величину замка у вільному стані. Порівнюючи обумовлену виміром величину з допустимою, роблять висновок про придатність даного кільця.

Після цього слід перевірити зазор у замку кільця у його робочому стані. Зазор залежить від розмірів циліндра двигуна та його теплового навантаження. Величина теплового зазора в кільці для двотактних двигунів на 8...10 % більше ніж для чотиритактних, і може коливатися в межах $(0,03...0,06)D$, де D – діаметр циліндра.

Перевірку теплового зазора можна провести за допомогою калібра, внутрішній діаметр якого дорівнює номінальному діаметру циліндра. Якщо зазор перевищить допустиму межу, то кільце ставити не слід, якщо ж виявиться меншим за допустимий, то стики замка слід обпилити напилком до відповідного розміру. Подальшу перевірку кілець проводять з метою визначення сполучності їх торцевих поверхонь з опорними поверхнями поршневих канавок.

Зазвичай перед тим як ставити кільце, його, не надягаючи на поршень, прокочують канавкою, до того ж за допомогою щупа перевіряється в декількох місцях зазор між кільцем і канавкою. Кільце, добре підігнане своєю канавкою, будучи надіте на поршень, без особливого зусилля вільно повертається. За нормальної нормальної щільності прилягання пластинка щупа 0,03 мм може проходити не більше ніж на $1/3$ довжини кола.

Для різних двигунів монтажні зазори, залежно від висоти кілець, коливаються від 0,1 до 0,2 мм, причому для алюмінієвих поршнів зазор на 0,06...0,10 мм більше ніж чавунних. Верхні кільця в 1,5...2 рази мають більший проміжок, ніж інші. У разі відсутності паспортних даних монтажні зазори можна вибирати за довідковими таблицями.

Кільця слід також перевіряти на пружність, щільність прилягання до стінок циліндра та відсутність короблення. Пружність перевіряється стисненням під дією сили, спрямованої у площині кільця перпендикулярно до діаметральної лінії, що проходить через середину замка. Перевірка може бути виконана стисненням кільця між двома площинами або стиском пружною стрічкою (рис. 7.4,*а*). В основу приладів, що визначають еластичність кілець, покладено принцип пружинних ваг. Кільце встановлюють у гніздо приладу і шляхом тиску тарованих вантажів або переміщення рухомого вантажу на важелі (рис. 7.4,*б*) стискають кільце до тих пір, поки не встановиться зазор, рівний зазору в робочому положенні кільця.

Щільність прилягання кілець перевіряють на світло із виміром зазора щупом. Ступінь прилягання нового поршневого кільця зазвичай перевіряється за калібром, внутрішній діаметр якого дорівнює номінальному діаметру циліндра.

Короблення кілець перевіряють, пропускаючи кільця у щілину між плитами, відстань між якими на 0,1 мм перевищує висоту кільця. Зазвичай у пристосуванні встановлюють дві калібровані щілини: одну для компресійних, іншу – для маслознімних кілець.

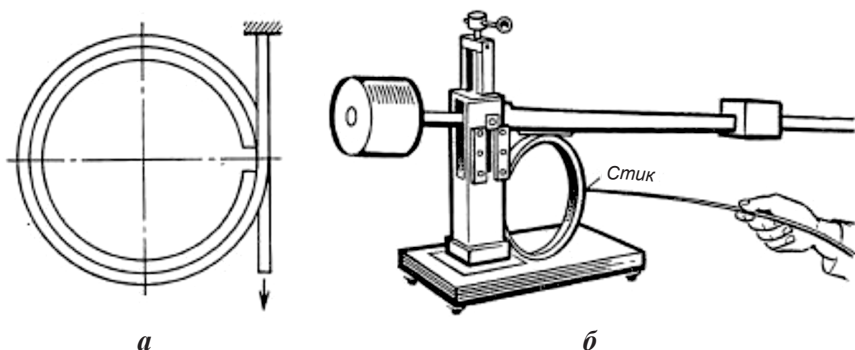


Рис. 7.4. Перевірка поршневих кілець:
а – пружною стрічкою; *б* – приладом

Кільце, що не має жолоблення, вільно проходить між плитами під дією власної маси. Необхідно стежити за чистотою поверхні плит, щоб не забракувати придатні кільця. Знос кромки маслоснімних кілець визначається за допомогою огляду та вимірюванням масштабною лінійкою. Висота кромки кільця має відповідати паспортним даним. Кільця, підібрані для установалення на поршень, не повинні мати задирок, сколів та раковин. Простіший спосіб визначення короблення кілець – це замір зазора щупом між плитою та кільцем.

Під час установалення кілець слід користуватися спеціальними щипцями з обмежувачем розводки кільця. Надмірне розведення кінців кільця може викликати надмірну деформацію і цим призвести до зниження пружних якостей. За відсутності спеціальних щипців установалення та зняття кілець проводять за допомогою трьох сталевих смужок товщиною 0,5...1,0 мм та шириною 15...22 мм. Смужки заводяться між кільцем та поршнем так, щоб дві з них знаходилися біля стику кільця, а третя – з протилежного боку.

7.2. Крейцкопфи та поршневі пальці

Зношені цапфи поперечин проточують на токарному верстаті. У разі невеликого зносу цапфи поперечки відновлюють хромуванням з наступним тонким шліфуванням. Еліптичність та конусність цапф поперечки після ремонту не повинні перевищувати 0,05 мм. Шорсткість шийок повинна бути не вище $Ra = 1,25$ мкм. Поверхні конусного отвору для штока проточують і додають на фарбу до повного сполучення з конусом штока. Чистота поверхні має бути до того ж не менше двох плям на 1 см². Упорну поверхню повзуна в разі значного зносу відновлюють наплавленням.

Попередню обробку спрямованої поверхні роблять на стругальному або фрезерному верстаті. Для надання поверхні необхідної точності її пришабрують чи шліфують. Під час перевірки по плиті упорна поверхня повинна мати не менше 1...2-х плям на 1 см². Робочу поверхню повзуна в разі невеликого зносу та тріщинах відновлюють паянням та наплавленням бабіту з наступним зачищенням і пришабруванням до однієї плями на 1 см². Якщо шар бабіту на робочій поверхні повзуна зменшився на 2,5 мм, заливають новий антифрикційний шар з подальшим струганням і пришабруванням робочої поверхні. Під час перевірки площини поверхні на плиті пластинка щупа товщиною 0,04 мм не повинна проходити між плитою і поверхнею повзуна. Чистота приробки повинна бути не менше однієї плями на 1 см².

Перпендикулярність осей штока і цапф поперечки зручніше перевіряти в центрах токарного верстата за допомогою індикатора, закріпленого в різцетримачі супорта (рис. 7.5,а). Крейцкопф установлюють так, щоб осі цапф розташовувалися в горизонтальній площині. Переміщуючи супорт з індикатором, перевіряють перпендикулярність твірної цапфи осі штока. Повернувши вузол на 180°, роблять таку ж перевірку іншої цапфи.

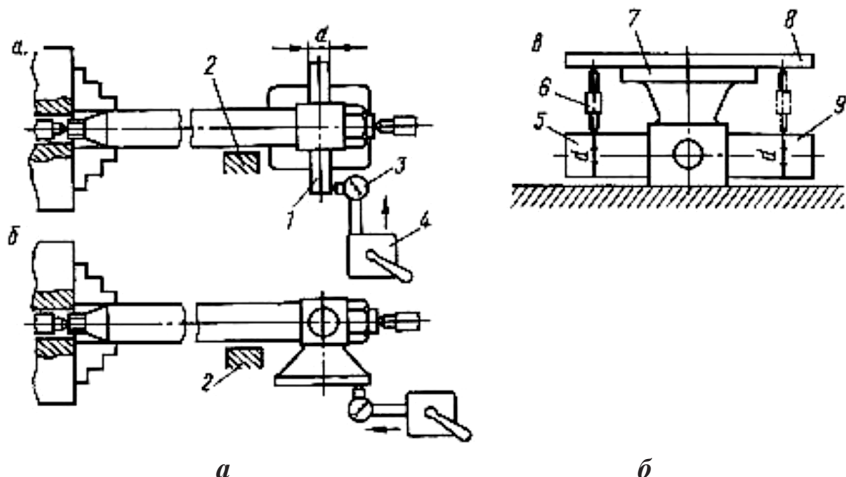


Рис. 7.5. Перевірка штока у зборі з крейцкопфом та повзуном:
а – перпендикулярності штока та цапф; **б** – паралельність поверхні повзуна осі штока; **в** – паралельності площини повзуна осі цапфи;
 1 – цапфа поперечки; 2 – люнет; 3 – індикатор; 4 – супорт;
 5, 9 – цапфи; 6 – мікросштихмас; 7 – п'ята повзуна; 8 – контрольна лінійка

Відхилення від перпендикулярності не має перевищувати 0,15 мм на 1 м довжини. Паралельність робочої площини повзуна осі штока перевіряють, повернувши вузол на 90° рейсмусом або індикатором, що закріплюється в супорті (рис. 7.5,б). Відхилення від паралельності має перевищувати 0,15 мм на 1 м довжини.

Перевірку паралельності робочої площини повзуна осі цапфи проводять вимірюванням відстані від твірної цапфи до лінійки, установленної на площині повзуна (рис. 7.5,в). Відхилення від паралельності має перевищувати 0,1 мм на 1 м довжини.

Перпендикулярність поверхонь поперечки, що сполучаються з повзуном та фланцем штока, перевіряють на плиті за допомогою косинця та щупа (рис. 7.6,а). Відхилення

від перпендикулярності має перевищувати 0,2 мм на 1 м довжини.

Паралельність осі цапфи поперечки та її поверхні, що прилягає до фланця штока (рис. 7.6,б) перевіряють за допомогою індикатора. Допустиме відхилення до 0,1 мм на 1 м довжини. Під час цього устанавлення поперечки перевіряють на плиті на фарбу площинність поверхні, прилеглої до фланця штока.

Паралельність робочої та неробочої поверхонь повзуна перевіряється на плиті індикатором (рис. 7.6,в). Відхилення від паралельності не має перевищувати 0,05 мм на 1 м довжини.

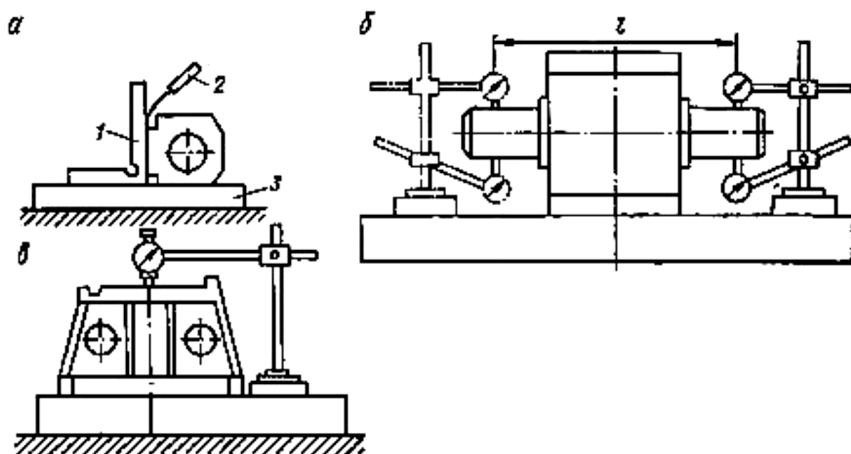


Рис. 7.6. Перевірка положення поперечки та повзуна:

- а* – перпендикулярність робочих площин поперечки;
- б* – паралельність осі цапф робочій поверхні поперечки;
- в* – паралельність поверхонь повзуна;
- 1* – косинець; *2* – щуп; *3* – плита

Перетин осі цапфи поперечки з віссю штока, тобто розташування цих осей в одній площині, перевіряється на плиті мікроштихмасом (рис. 7.7).

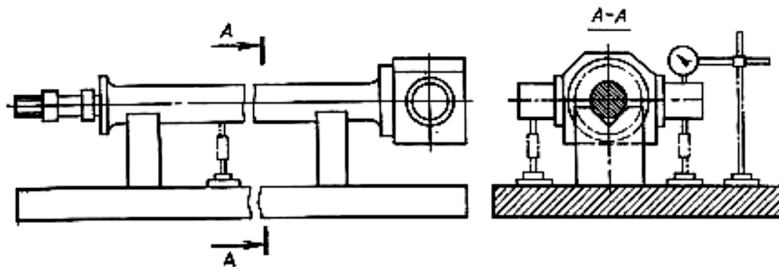


Рис. 7.7. Перевірка перетину поперечки осі цапфи з віссю шатуна

Шток у зборі з поперечкою встановлюють на призмах так, щоб його вісь та вісь цапф були паралельні плиті. Вимірявши відстань від плити до твірної цапфи (які повинні бути рівні між собою), вузол повертають навколо осі штока на 180° і знову встановлюють положення, коли осі штока й цапф будуть паралельні площині плити.

Вимірявши відстань від плити до цапф, порівнюють його з першим значенням. Однакова відстань показує, що осі цапф і шатуна перетинаються. Цю перевірку можна виконати швидше, якщо замість мікроштихмаса застосувати індикатор. Зміщення осей цапф від осі шатуна не має перевищувати 1 мм. У крейцкопфах з повзунами переднього та заднього ходу проводять перевірку паралельності їхніх робочих поверхонь. Відхилення від паралельності допускається не більше 0,1 мм на 1 м довжини, до того ж щуп 0,04 мм не повинен проходити між плитою та кожною робочою поверхнею. Чистота робочих поверхонь повзунів – не менше однієї плями на 1 см^2 площі.

Ремонт поршневих пальців. Характер зносу поршневих пальців залежить від їхньої конструкції. У пальцях плаваючого типу відзначається рівномірне зношування поверхні. Поверхня пальців, нерухомо закріплених у бобишках поршня, зношується односторонньо. У результаті цього циліндрична поверхня набуває форми овалу.

Пальці, що були в роботі, оглядають через лупу 5...10-кратного збільшення або перевіряють за допомогою електромагнітної дефектоскопії з метою виявлення тріщин. Пальці, які досягли граничного зношування або мають на своїй поверхні неприпустимі ризики, задири, напрацювання, але не мають тріщин, підлягають ремонту. Їхній зовнішній діаметр можна збільшити механічним шляхом за рахунок скорочення довжини. Для цього відпалені та нагріті пальці піддають торцевому стиску під пресом. Пустотілі пальці після відпалу роздають за допомогою спеціальної оправки, що пропускається через внутрішній отвір. До того ж збільшення діаметра становить 0,3...0,5 мм, чого достатньо для подальшої обробки.

Покриття зношених пальців шаром хрому дає можливість відновити втрачені розміри та надати поверхні пальця більш високих зносостійких якостей. Пальці, призначені для хромування, не повинні мати на своїй поверхні тріщин, надривів, вм'ятин, корозійних пошкоджень, гострих кромek, глибоких рисок тощо. Поверхнева твердість хромованих пальців досягає 700...800 HB, що збільшує їх зносостійкість.

Матеріалом для виготовлення нових пальців можуть бути вуглецеві сталі марок 15, 20, 45 або леговані сталі 15ХА, 20Х, 12ХН3А, 18ХНВА, 12ХН2А і 38ХВФЮ. Для обробки та зняття напруги поковку нормалізують і відпалюють. Після обробки пальці з маловуглецевої сталі цементують та гартують для надання зовнішній поверхні високих зносостійких якостей.

Пальці плаваючого типу мають більш рівномірне зношування по всьому колу. Принцип обміру пальця для визначення зносу такий самий, як і цапф поперечки. Максимально допустимий знос, мм, залежить від діаметра пальця і може бути визначений з формули $\Delta = 0,001d + 0,008$.

Зношені поршневі пальці можна відновлювати електроімпульсним нарощуванням (у разі зношення понад 0,25 мм).

Після цього пальці шліфують та остаточно обробляють суперфінішуванням.

Суперфінішування (мікрошліфування) виконують на спеціальних або токарних верстатах зі спеціальними пристроями. Сутність суперфінішування полягає в тому, що під час обертання деталі, закріпленої у спеціальному пристрої, абразивні бруски здійснюють коливальні рухи вздовж осі деталі з амплітудою коливання 2...6 мм. Крім того, бруски разом із супортом верстата здійснюють зворотно-поступальний рух зі швидкістю 1,5...2,0 м/хв. Деталь обертається зі швидкістю 20...40 хв⁻¹.

Пальці з тріщинами або викришеним поверхневим шаром замінюють новими. Якщо на поверхні пальця є дрібні риси або натири, але розмір пальця нормальний, ці дефекти в суднових умовах усувають шліфуванням дрібною шкіркою та поліруванням з використанням тонкої пасти «ГОІ».

7.3. Штоки

Зношування зовнішньої поверхні та характер зміни форми штока визначають вимірюванням його діаметра за допомогою мікрометричних скоб. Вимірювання проводять у двох взаємно перпендикулярних площинах (по осі колінчастого вала і по ходу мотиля) через кожні 100...200 мм довжини поверхні, підданій стиранню в сальниковому ущільненні. За наявності еліптичності та сідлоподібності (корсетності) шток піддають ремонту.

Паралельність опорних поверхонь штока та їх перпендикулярність осі, а також співвісність циліндричної та конічної поверхонь, прямолінійність осі перевіряють у центрах токарного верстата (рис. 7.8).

Виробка штока по довжині та в поперечному перерізі на еліпс, а також подряпини, риси, задири усувають

шліфуванням або проточуванням з наступним шліфуванням. Штоки, що отримали деформацію (вигин), виправляють у центрах токарного верстата або спеціальних опорах.

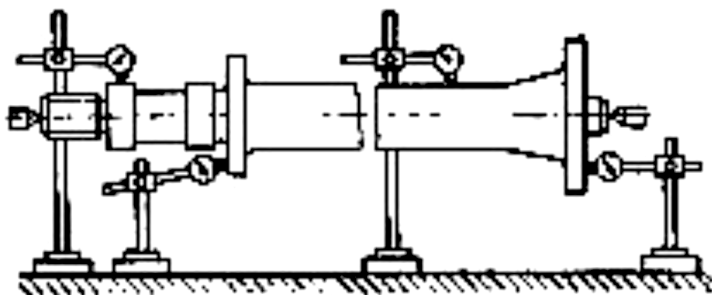


Рис. 7.8. Перевірка перпендикулярності та паралельності поверхонь штока

Штоки з прогином $0,5 \dots 0,6$ мм і більш доцільно правити з нагріванням до температури $800 \dots 900$ °С газовими пальниками або електричним струмом. Після усунення прогину шток повільно охолоджують, обертаючи в центрі верстата, якщо виправлення проводилося на верстаті, або покривають теплою ізоляцією, якщо виправлення здійснювалося в опорах. Під час першого виправлення штоків у центрах токарного верстата не слід підтискати центр задньої бабки до упору, ураховуючи, що в процесі виправлення шток дещо подовжується. Виправлення штока вважають виконаним, якщо його биття менше $0,02 \dots 0,03$ мм на 1 м довжини. Після виправлення шток зазвичай шліфують або проточують з наступним шліфуванням. Шорсткість поверхні повинна відповідати $Ra = 0,63$ мкм.

Після виправлення та шліфування штока слід перевірити його опорні фланці. У разі виявлення биття його усувають зняттям перевіркою стружки. Неперпендикулярність торцевої поверхні фланця до осі штока не має перевищувати

0,01 мм на 100 мм діаметра фланця, а неспіввісність циліндричної поверхні тіла штока і хвостовика (чи конічної поверхні хвостовика) допускається не більше 0,01...0,02 мм. Штоки, що отримали тріщини, не ремонтують, а замінюють новими. Їх виготовляють із легованої сталі марок 40ХН, 38ХА, 30ХМА та ін.

7.4. Шатуни, шатунні болти

Вигин шатунів ліквідують виправленням під пресом із попереднім нагріванням до температури 800...900 °С. Після виправлення перевіряють і обробляють п'яти верхньої та нижньої головок шатуна з таким розрахунком, щоб опорні поверхні п'ят були перпендикулярні осі шатуна.

Площини п'ят шатуна шабрують по роз'ємних поверхнях головного та мотильового підшипників. Ці поверхні повинні бути перевірені на плиті. Щільність прилягання пришаброваних поверхонь (п'яти шатуна і підшипника) перевіряють щупом. Технічні вимоги до точності: щуп товщиною 0,03 мм не повинен проходити у роз'єм за зібраного з'єднання; допускається лише місцеве «закушування» щупа.

Шатуни, у яких виявлено тріщини, замінюють. Основні технічні вимоги до шатунів:

- неперпендикулярність опорних поверхонь шатуна осі не повинна перевищувати 0,15 мм на 1 м довжини штока;
- шорсткість поверхонь не вище $Ra = 2,5$ мкм;
- непаралельність осей верхньої та нижньої головок шатуна у вертикальній площині не повинна перевищувати 0,2 мм на 1 м довжини;
- непаралельність осі розточування верхньої головки площині п'яти шатуна має бути не більше 0,15 мм на 1 м довжини.

Осі головного й мотильового підшипників повинні бути паралельні одна одній, перпендикулярні до осі шатуна

і знаходиться з нею в одній площині. Стан циліндричних поверхонь визначають, вимірюючи внутрішні діаметри індикаторним або мікрометричним нутроміром.

Стан опорної поверхні п'яти шатуна та стиків підшипників перевіряють щупом на перевірочній плиті, отвори для шатунних болтів – пробними калібрами.

Ремонт шатунів двигунів середньої потужності полягає у відновленні всіх складальних базових поверхонь на постійний ремонтний розмір.

Виправлення опорної поверхні п'яти шатуна. Для усунення наклепу поверхню п'яти шабрують, перевіряючи стан площини лінійкою, щупом або плитою по фарбі. Розподіл плям фарби на пришабреній поверхні має бути не менше двох плям на 1 см². Пластинка щупа товщиною 0,02 мм не повинна проходити між плитою та поверхнею п'яти, яка повинна бути паралельна осі отвору верхньої головки та перпендикулярна осі шатуна. Відхилення від паралельності повинно бути не більше 0,15 мм на 1 м довжини.

Паралельність осі головки шатуна та площини п'яти можна перевіряти на плиті за допомогою контрольного валика та індикатора, встановленого на стійці (рис. 7.9,*а*), тому слід зняти показання індикатора спочатку з одного боку контрольного валика, потім – з іншого. Під час виправлення опорної поверхні п'яти шатуна слід домагатися не тільки допустимої шорсткості, а й паралельності опорної поверхні п'яти шатуна осі головки. Шатуни крейцкопфних двигунів із нижньою та верхньою п'ятами зручно перевіряти в центрах токарного верстата індикатором. За наявності значного биття торцевих поверхонь допускається легка проточка торців з наступним пришабруванням; цим домагаються паралельності опорних поверхонь п'ят і перпендикулярності осі шатуна.

Паралельність осі головки та п'яти шатуна можна перевірити на плиті за допомогою контрольного валика, кутника та щупа (рис. 7.9,*б*). В отвір головного підшипника

встановлюють калібрований валик, вісь якого перпендикулярна поверхні столу, до поверхні п'яти впритул підсувають перевірочний кутник. За допомогою домкрата голівку шатуна встановлюють у положення, коли твірні отвору та контрольного валика виявляться паралельними і зазор між ними рівним нулю.

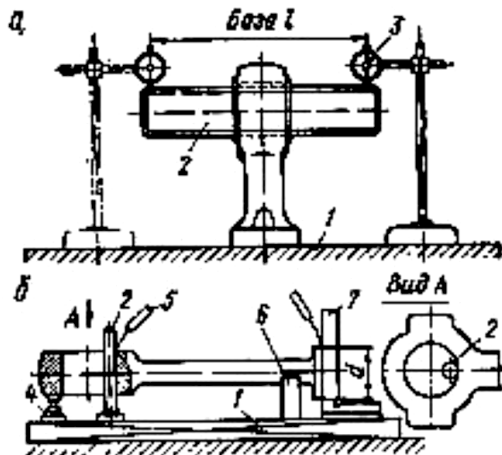


Рис. 7.9. Перевірка паралельності поверхні п'яти осі головки шатуна:

- a* – індикатором та контрольним валиком; *б* – кутником і щупом;
 1 – плита; 2 – контрольний валик; 3 – індикатор; 4 – домкрат;
 5 – щуп; 6 – призма; 7 – кутник

Ремонт нижньої головки шатуна. Вісь отвору нижньої головки має бути паралельна опорній поверхні, що сполучається з площиною п'яти шатуна. Відхилення від паралельності не має перевищувати 0,02 мм на 100 мм довжини. Стики половинок головки повинні лежати в одній площині, бути паралельні твірній внутрішньої поверхні та опорній площині, що сполучається з п'ятою шатуна. Відхилення від паралельності – не більше 0,02 мм на 100 мм довжини. Пластинка щупа

товщиною 0,02 мм не повинна проходити між площиною стику та перевіркою плитою. Осі отворів для шатунних болтів повинні знаходитися в одній площині, перпендикулярній осі головки, і перпендикулярні площині стиків з допустимим відхиленням не більше 0,05 мм на 100 мм довжини. За наявності значного наклепу площини стиків обробляють на фрезерному або стругальному верстаті з наступним шліфуванням або приробкою шабруванням до двох плям на 1 см².

Паралельність площин стиків твірної – отворів головки та опорної – площини верхньої половинки, що сполучається з п'ятою шатуна, перевіряють, як зазначено на рис. 7.10. За наявності непаралельності опорної площини більше 0,02 мм на 100 мм довжини її пришабрують або злегка проточують на токарному верстаті, беручи за базу установлення площини стиків, якими верхня половинка притискається до планшайби верстата заднім центром.

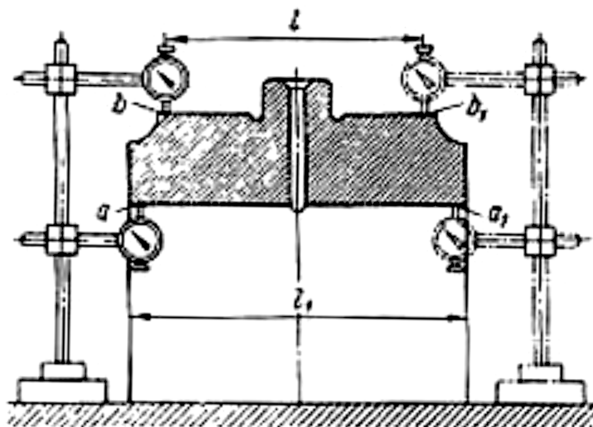


Рис. 7.10. Перевірка координації поверхні верхньої частини мотильової головки

Після проточки опорну площину пришабрують до площини п'яти шатуна з точністю двох плям на 1 см². Потім

половинки збирають на тимчасових прокладках і заплавляють бабітом, як це роблять для шатунів ДВЗ великої потужності. Заплавлену мотильову головку розточують із припуском 2 мм на діаметр для подальшого точного розточування підшипників шатуна у зборі; проводиться підрізування торців.

Далі головку розрізають по антифрикційному сплаву на дві половинки, роблять зачищення стиків від бабіту та перевірку площин на плиті по фарбі. Прилягання поверхні повинне бути не менше 75 %. Якість заливки визначається за струмом та газового пробою.

Ремонт нижніх головок шатунів МОД переважно зводиться до приробки стиків та заміни вкладишів. Отвори для шатунних болтів є складальними базами під час розточування внутрішньої поверхні мотильового підшипника, тому до їх калібрування висуваються високі вимоги, а на відстань між осями болтів установлюється жорсткий допуск $\pm 0,03$ мм. Самі отвори виконуються з допуском на діаметр за 3-м класом точності – для тихохідних та по 2-му – для швидкохідних двигунів. Шорсткість повинна бути не вища $Ra = 1,25$ мкм.

Для задоволення цих умов отвори під шатунні болти калібрують. Для калібрування отворів під шатунні болти використовується спеціальний пристрій (рис. 7.11).

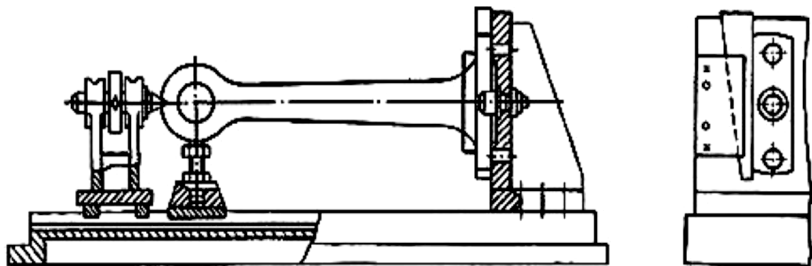


Рис. 7.11. Пристрій для калібрування отворів під шатунні болти

Базами для установа́лення шатуна під калі́брування є опорна площа́на п'яти шатуна, центруючий отвір у ній і одна з бічних сторін п'яти. Паралельність осей отворів головних і мотильових підшипників шатуна можна перевірити за допомогою контрольних валиків та індикатора чи мікроштихмаса.

Для цього шатун із вставленими валиками встановлюють на призмах та домкраті на переві́рочній плиті (рис. 7.12,а).

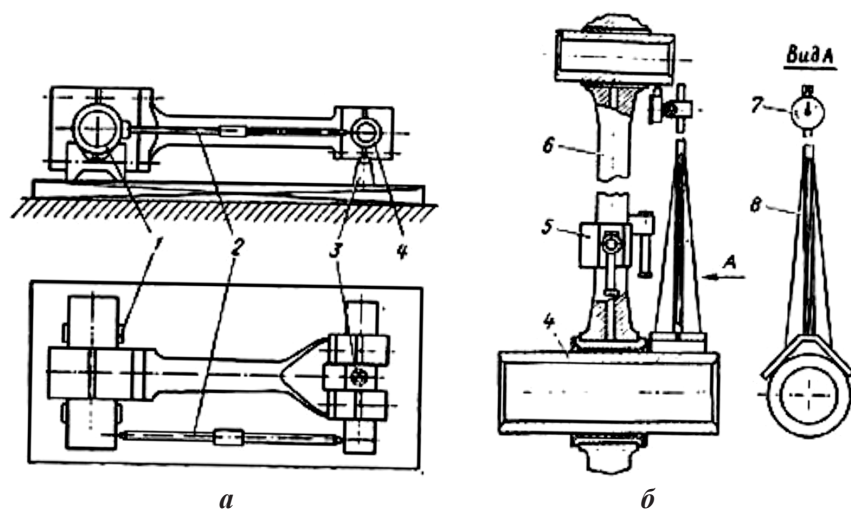


Рис. 7.12. Перевірка паралельності осей головок шатуна:
а – на переві́рочній плиті; **б** – у вертикальному положенні;
 1 – призми; 2 – мікроштихмас; 3 – домкрати; 4 – контрольний валик; 5 – затискач; 6 – шатун; 7 – індикатор; 8 – стійка

Вимірювання проводять між внутрішніми твірними контрольних валиків з одного та з іншого боку. Різниця вимірів указуватиме на непаралельність. У деяких випадках за занадто довгих шатунів обміряти в горизонтальному положенні незручно внаслідок значного прогину мікрометричного штихмаса. Тоді шатуни підвішують або закріплюють

у вертикальному положенні. Жорстка стійка індикатора виключає вплив прогину (рис. 7.12,б).

Допустима непаралельність осей верхнього та нижнього підшипників шатуна повинна становити не більше 0,15 мм на 1 м довжини. Вигин стрижня шатуна визначають за допомогою контрольного валика та бугеля (рис. 7.13,а).

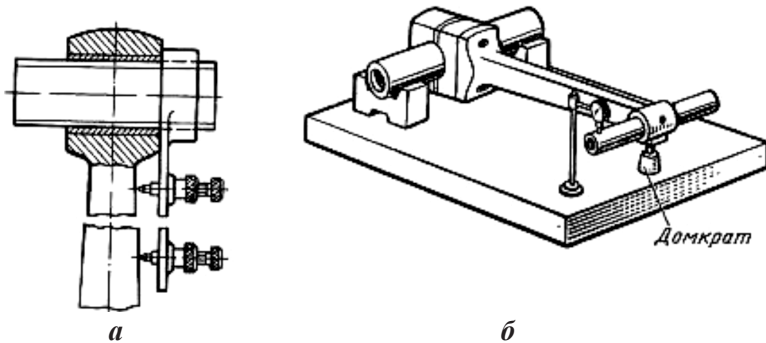


Рис. 7.13. Перевірка розташування осей шатуна:
а – вигину стрижня; б – скручування стрижня

Контрольний валик повинен від руки щільно входити в отвір головки як з одного, так і з іншого боку. Така сама щільна посадка на палець повинна бути у бугеля. Гойдання пальця або бугеля неприпустиме, інакше результати перевірки будуть неправильними. Відстань між контрольними гвинтами має бути якомога більшою, оскільки вона визначає базу вимірювання.

Перевірку проводять у такій послідовності: валик з бугелем вставляють в отвір головки з одного боку і встановлюють мінімальні зазори між стрижнем шатуна та вершинами регулювальних гвинтів. Після підтискання контргайок вимірюють щупом зазори у кожного гвинта і записують у таблицю. Переставивши бугель, вимірюють зазор проти гвинтів із протилежного боку. Якщо зазори чи їх різниця з одного боку рівні зазорам чи їх

різниці з іншого, то вісь отвору головки перпендикулярна осі шатуна. У разі різниці в зазорах осі головки та стрижня – неперпендикулярні. Неперпендикулярність можна усунути шабруванням поверхні підшипника з боку, протилежного до тієї, у якій кінець контрольного валика опущений. Відхилення від перпендикулярності має бути не більше 0,1 мм на 1 м довжини – для мотильової та 0,15 мм – для верхньої головки шатуна. Осі головки і стрижня шатуна повинні бути в одній площині, тобто не повинно бути скручування осей або їх зміщення.

Перевірку скручування проводять на перевірочній плиті за допомогою контрольних валиків та індикаторів (рис. 7.13,б). Валик мотильової головки встановлюють паралельно плиті на двох призмах, а верхню головку шатуна – на домкраті так, щоб осі головок приблизно були на одному рівні від плити.

За наявності скручування осей показання індикатора з одного та іншого кінця контрольного валика верхньої головки будуть різними. Відношення різниці показань та довжини бази вимірювання, помножене на 1000 мм, дасть значення скручування на 1 м довжини, яке можна визначити за формулою

$$c = 1000 \, i/l,$$

де i – різниця показань індикатора;
 l – відстань між точками вимірів, м.

Значення скручування не має перевищувати 0,4 мм на 1 м довжини – для крейцкопфних двигунів і 0,3 мм – для тронкових. Для визначення зміщення осей головок щодо осі стрижня необхідно під час цього же установа шатуна виміряти відстань від плити до зовнішньої твірної кінців контрольних валиків.

Записавши результати вимірів, шатун повертають на 180° і проводять повторно вимір у зазначених місцях. За наявності різниці у вимірах з одного та іншого боку судять про зміщення, значення якого не повинно перевищувати 0,5 мм.

Виготовлення та ремонт шатунних болтів. Під час ремонту двигунів шатунні болти піддають огляду, обміру та магнітній дефектоскопії. За наявності тріщин, волосовин, зазублин, надривів, зриву різьби або викривлення профілю від скручування гайок, шатунні болти слід замінити новими. Болти замінюють і в тих випадках, коли вони не мають зовнішніх пошкоджень, але вже відслужили встановлений термін, а також у разі раптової зупинки двигуна через заїдання поршня.

Під час капітального ремонту двигуна піддають механічному випробуванню матеріал двох болтів. У разі несприятливих результатів усі болти замінюють на нові. Різьбу болтів перевіряють калібром. У разі задовільного стану різьби гайки повинні без хитання навертатися до кінця різьби. У разі заїдання різьби її притирають гайкою. Для цього на різьбу наносять тонкий шар порошку карбіду бору, змішаного з маслом, і нагвинчують гайку. Після кількох нагвинчувань і відгвинчувань гайки на різьбу болта ретельно промивають обидві деталі, обдувають стисненим повітрям і, змастивши тонким шаром масла різьбу болта, навертають гайку.

Різьбу виконують по граничному калібру 2-го класу. Болти, що мають надмірну деформацію більше 0,002 їхньої початкової довжини, замінюють. Тріщини на поверхні болта можна виявити за допомогою гасу, розчину соди або магнітної дефектоскопії. В отвори головки шатуна болти повинні входити туго під дією легких ударів свинцевого молотка масою 3...5 кг. Правильність прилягання опорної поверхні головки болта та гайки до відповідних місць шатуна контролюється щупом. Якщо прилягання задовільне, то пластинка щупа товщиною 0,04 мм не повинна проходити в пару площин.

За потреби слід пришабрити опорні поверхні шатуна. Шабрити торці гайки та головки болта не дозволяється. Вимоги до відремонтованих болтів такі ж, як і до нових. Торцеве биття опорної поверхні головки болта щодо його осі не

більше 0,02 мм. Овальність та конусність зовнішньої поверхні не більше 0,01 мм. Циліндричну поверхню та галтелі шліфують і полірують. Гострі кромки заокруглюють по радіусу 0,5 мм. На бічній поверхні головки болта повинні бути вибиті тавро ВТК заводу та довжина болта з точністю до 0,01 мм.

Шатунні болти підлягають огляду у терміни, зазначені в інструкції та заміні в разі виявлення навіть незначних дефектів. До того ж існує гранична кількість годин роботи шатунного болта, після якого необхідна його заміна, навіть якщо він не має помітних пошкоджень. Граничне число годин роботи болта до заміни підраховується за емпіричною формулою

$$T = 10^6 \cdot 6/n,$$

де n – частота обертання двигуна, хв^{-1} .

Необхідно періодично заміряти надмірні подовження та проводити дефектоскопічний контроль шатунних болтів чотиритактних дизелів. У разі досягнення граничного подовження або виявлення дефектів (тріщин і пошкоджень різьби) болти підлягають заміні. Такому контролю підлягають болти двотактних і чотиритактних дизелів, що працювали «на розніс», або після заклинювання поршня. Крейцкопфні та шатунні болти двотактних дизелів необхідно піддавати дефектоскопічному контролю за ймовірністю дефектів.

Шплінти ставлять щоразу нові. Шплінт, який був раз поставлений на місце і потім знятий під час перезатяжки або просто розбирання шатуна, використовувати не рекомендується. Категорично забороняється застосовувати шплінти невідповідних розмірів, використовувати саморобні шплінти із дроту.

Під час остаточної затяжки гайок може статися розбіжність отвору для шплінту в болті з прорізом у гайці. У цьому випадку гайку рекомендується додатково підтиснути у бік натягу до найближчого збігу отвору в болті з прорізом у гайці.

7.5. Колінчасті вали

Визначення зносу шийок колінчастих валів. Для більш точного визначення ступеня зносу шийок вала їх обмір проводять через кожні 45° . Зношування рамних шийок можна визначати без підйому колінчастого вала індикатором, установленим на площині роз'єму фундаментної рами. Стрижень індикатора ставлять перпендикулярно поверхні вала з деяким натягом. Виміри биття кожної шийки починають за положення відповідного кривошипа у ВМТ до того ж нуля шкали індикатора поєднують зі стрілкою. Покази індикатора записують через кожні 30° повороту кривошипа. Виміри проводять у трьох площинах по довжині шийки. Абсолютних значень діаметрів шийки в різних перерізах за цього способу отримати неможливо.

Діаметри шийок вимірюють мікрометричною скобою у трьох поперечних перерізах по довжині шийки (ніс, корма, середній переріз між ними) та у двох діаметрально протилежних площинах у кожному перерізі. Крайні виміри виконують у перерізах на відстані 15...20 мм від щік. Дані вимірів записують до таблиці. Зіставивши фактичні розміри шийок з нормами допустимого зносу, роблять висновок про необхідність ремонту чи можливості подальшої експлуатації.

Існують різні спеціальні способи визначення зносу рамних шийок без підйому вала з підшипників, наприклад, вимірювання мікрометричною скобою малого перерізу, що дозволяє ввести її у простір між шийкою та гніздом після викочування вкладиша рамного підшипника (рис. 7.14).

Після виміру цієї рамної шийки вкладиш заводять на місце і приступають до вимірювання наступної шийки.

Вимірювання за допомогою спеціального пристосування (рис. 7.15), що складається з двох ніжок, жорстко з'єднаних двома валиками з правою і лівою різьбою. Під час обертання гайки ніжки зміщуються за розміром шийки вала. Стрижень, по якому ніжки переміщуються як по напрямній,

призначений для надання стійкості пристосуванню. У валиках є призматичні шпонки, що запобігають провертанню на валику державки. Для вимірювання рамних шийок з гнізд по черзі викочують вкладиші і, установивши ніжки за діаметром даної рамної шийки, визначають її розмір за відстанню між ніжками.

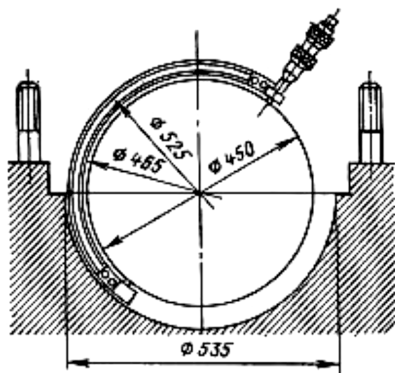


Рис. 7.14. Обмір рамних шийок без підйому

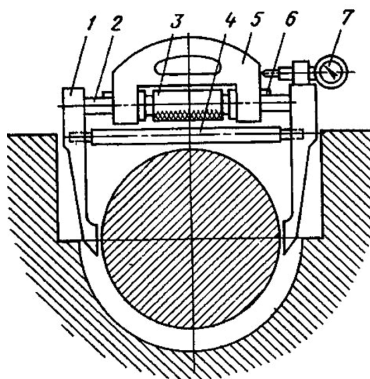


Рис. 7.15. Пристрій для вимірювання діаметра рамних шийок без підйому колінчастого вала:

1 – ніжка; 2 – валик; 3 – гайка; 4 – стрижень; 5 – державка;
6 – шпонка; 7 – індикатор

Установивши стрілку індикатора, закріпленого на ніжці, на нуль, перевіряють розміри інших шийок вала. Гайкою змінюють положення ніжок, установлених під час вимірювання першої шийки. Зближення або розбіжність ніжок буде відзначено індикатором. До того ж виміряні діаметри відрізнятимуться один від одного на подвоєне показання індикатора.

Обробка шийок колінчастого вала на судні. На сьогодні є кілька добре перевірених на практиці способів ремонту рамних шийок шляхом їх обпилювання в судових умовах. Розглянемо один із цих способів, а саме: обпилювання шийок за контрольними рисками. Контрольні риси, які необхідні при цьому способі, наносять по обидва кінці кожної рамної шийки на відстані 5...10 мм від галтелей. За базові поверхні під час нанесення контрольних рисок зазвичай беруть місця посадки шестерні приводу газорозподілу й неробочі ділянки протилежного кінця вала, що мають правильну циліндричну форму.

По базовим місцям виготовляють тимчасові вкладиші (фальшпідшипники) і з гнізд фундаментної рами видаляють вкладиші всіх рамових підшипників. У постелі крайніх підшипників установлюють тимчасові вкладиші, куди спирається вал своїми базовими місцями (рис. 7.16).

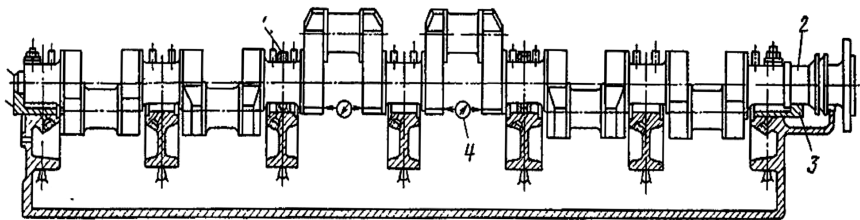


Рис. 7.16. Установлення колінчастого вала перед нанесенням рисок:

- 1 – центрувальне кільце; 2 – місце насадки шестерні приводу;
3 – тимчасовий підшипник; 4 – індикатор

Для запобігання прогину вала застосовують проміжні опори, якими слугують регульовані центрувальні кільця (рис. 7.17). Кільця виготовляють із сталі. Кожне кільце складається з двох частин, що скріплюються болтами 5. Половинки кільця фіксуються призонними штифтами. Для регулювання положення кільця щодо шийки в нього вкручені регульовальні гвинти 3 і 4. Від прокручування кільця щодо шийки вала оберігає штифт, один кінець якого входить у радіальний отвір 1 кільця, інший – в отвір вала для підведення масла.

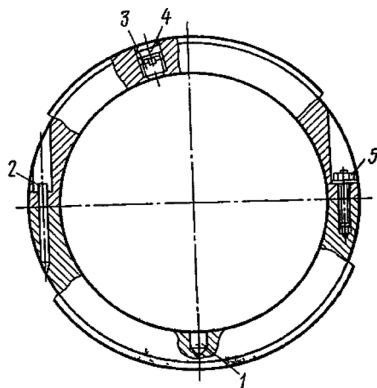


Рис. 7.17. Центрувальне кільце

Таким чином, кільце обертається разом із валом. Число таких кілець визначають залежно від кількості кривошипів колінчастого вала. Для шестиколінчастого вала їх має бути не менше двох, для восьмиколінчастого – трьох. Перед нанесенням на шийках контрольних рисок для обпилювання колінчастий вал, з вільно надітими центрувальними кільцями, укладають базовими поверхнями на тимчасові крайні вкладиші.

У кривошипах, розташованих між центрувальними кільцями, установлюють індикатори визначення розкепів. Поворотом колінчастого вала два середні коліна переміщують у НМТ, після чого шкалу кожного індикатора ставлять на нуль.

Потім вал повертають на 180° так, щоб середні коліна стали у ВМТ, і записують показання індикаторів. За допомогою стропів підйомного пристрою, не знімаючи індикаторів, вал піднімають за середні шийки так, щоб показання індикаторів зменшилися рівно вдвічі. У такому положенні середина вала не провисатиме і її шийки будуть співвісні з базовими; до того ж центрувальні кільця, що лежать зовнішніми поверхнями на постелях, не повинні торкатися своїми внутрішніми поверхнями шийок.

За допомогою регулювальних гвинтів стопорять центрувальні кільця так, щоб щуп $0,03$ мм не міг проходити між постелею та зовнішньою поверхнею кільця. Після цього, послабивши стропи, вал повертають на 180° і загвинчують до упору гвинти, що раніше знаходилися з нижнього боку кільця. Зафіксувавши кільця, знову перевіряють розкепи. Якщо розкепи перевищать $0,0001$ ходу поршня, повторюють регулювання. До нанесення рисок перевіряють биття кожної рамної шийки у двох перерізах на відстані $5 \dots 10$ мм від галтелей. Покази індикатора записують у таблицю через кожні 45° повороту вала. Риски наносять різцем за допомогою пристосування, яке встановлюється на фундаментну раму над шийкою та закріплюється на шпильках рамного підшипника (рис. 7.18).

Різець, що закріплюється в пристрої, має дві ріжучі кромки; одна робить риски на початку галтелі, а друга – на робочій частині шийки на відстані $5 \dots 10$ мм від першої. Поворотом колінчастого вала шийка встановлюється найбільшою виробкою вгору. Різець закріплюють у пристосуванні так, щоб він торкався ріжучими кромками поверхні шийки, і повертають вал $2 \dots 3$ рази. На поверхні шийки утворюються дві чіткі риски, найбільша глибина яких, залежно від еліптичності, може бути $0,3 \dots 0,6$ мм. Потім різець звільняють та повертають на 180° . Таким же способом наносять риски з іншого боку шийки і послідовно на всіх інших рамних шийках. Потім вал піднімають, знімають з центрувального кільця і укладають на бруски.

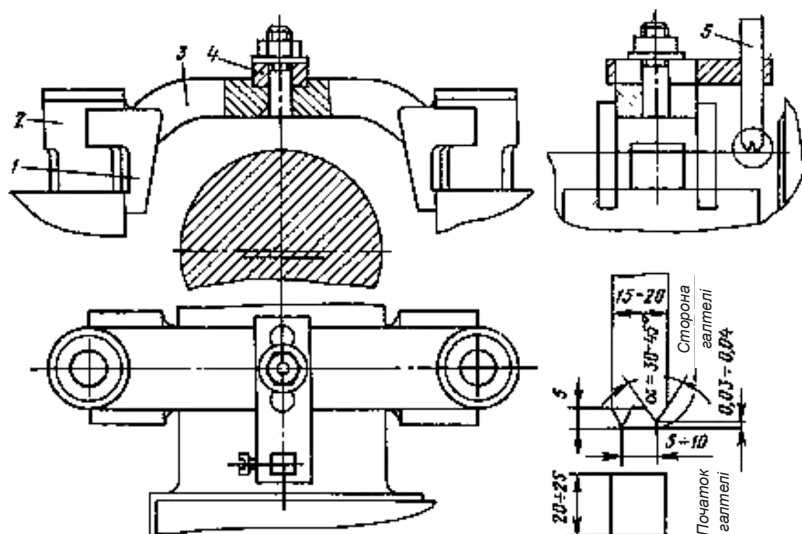


Рис. 7.18. Пристрій для нанесення рисок на рамних шийках:
1 – напрямні; 2 – опори; 3 – поперечка; 4 – консоль для кріплення
різця; 5 – різець

Обпиловку роблять смужками на дузі $30...40^\circ$. Спочатку обпилюють ділянки над внутрішніми рисками, не переходячи за крайні, щоб не врізатися в галтель. Потім обпилюють усю поверхню між крайніми рисками, що прилягають до галтелей. Прямолінійність твірної перевіряють ребром контрольної лінійки на фарбу. Довжина контрольної лінійки повинна бути дещо меншою за відстань між галтелями. Діаметр шийки в різних перерізах слід перевіряти мікрометричною скобою. Орієнтуючись по рискам, світловому зазору між шийкою і ребром контрольної лінійки, а також по відбиткам фарби обпилюють усю поверхню шийки. До того ж колінчастий вал за потреби слід повертати. Обпилювання закінчують, коли крайні риси будуть ледь помітні, а еліптичність і конусність будуть у допустимих межах.

Після обпилювання поверхня складається з безлічі граней. Їх видаляють за допомогою калібра, розточеного у вигляді підшипника, з двох половин, що стягуються. Внутрішню поверхню кондуктора покривають фарбою, після чого його надягають на шийку і кілька разів повертають на дузі 45...60°. Обпилюючи забарвлені місця «бархатним» напилком, видаляють грані.

Закінчують роботу, коли на 1 см² буде не менше однієї плями. Після обробки циліндричної частини шийки обпилюють галтелі «бархатним» напівкруглим напилком. Контролюють обпилювання галтелей шаблоном. Рамові шийки шліфують після обпилювання галтелей дрібним наждачним полотном, змоченим у маслі. Зручно проводити шліфування за допомогою спеціального пристрою, що складається з двох скоб, з'єднаних шарніром. Між скобами закріплюють дубові вкладиші. До нижньої скоби прикріплюють вкладиш нерухомо, у верхній скобі між планками встановлюють рухомий вкладиш, який притискається до шиї вала гвинтом. Між вкладишами та шийкою вала затискають наждачне полотно та роблять шліфування.

Шліфувати рамні шийки на судні за допомогою оригінального переносного верстата (рис. 7.19). Цей верстат монтують на фундаментній рамі двигуна за допомогою стоек, які встановлюють по обидва боки колінчастого вала.

Оброблення мотильових шийок вручну. За потреби оброблення шийок виконують на судні вручну обпилювкою бархатними напилками та наждачними брусками.

Для цього шийку зачищають та обмірюють мікрометричною скобою. За результатами вимірів виготовляють чавунний калібр, внутрішній діаметр якого дорівнює найменшому діаметру шийки. Змастивши внутрішню поверхню калібра фарбою, його збирають на мотильовій шийці. Болти затискають настільки, щоб калібр можна було перевірити рукою (рис. 7.20).

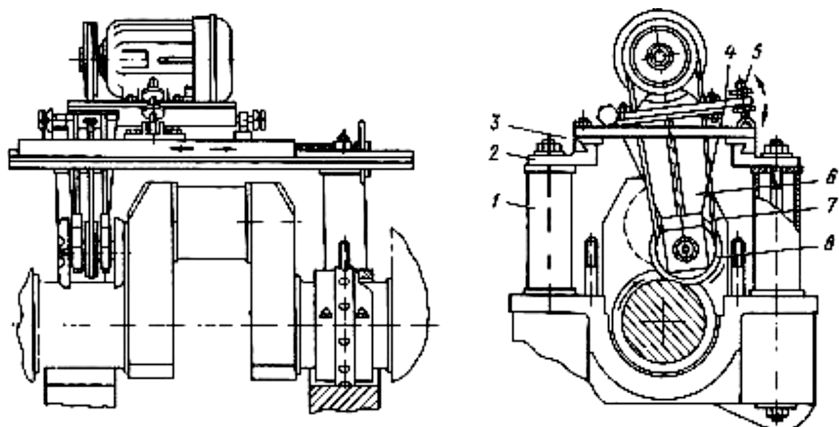


Рис. 7.19. Верстат для шліфування рамних шийок на судні:
 1 – стойки; 2 – напрямні; 3 – повзуни; 4 – похила дошка;
 5 – регулювальний гвинт; 6 – кронштейн; 7 – приводний ремінь;
 8 – абразивний круг

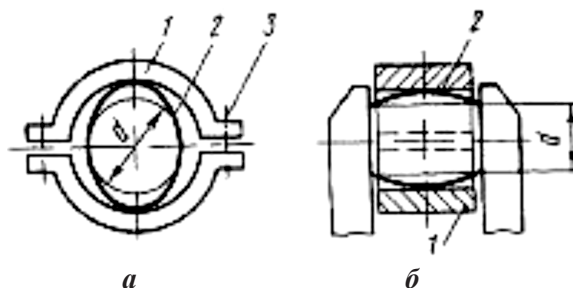


Рис. 7.20. Ручне калібрування мотильової шийки:
 а, б – усунення відповідно до овальності та бочкоподібності;
 1 – калібр рознімний; 2 – шийка; 3 – болти стяжні

Зробивши два-три повороти на кут $50...60^\circ$ в один та інший бік, калібр знімають. За плямами фарби, що залишилися на шийці, визначають місця, що підлягають обпиловці. Процес обпиловки продовжують доти, поки на 1 см^2 буде не менше двох плям. Після калібрування шийку шліфують наждачною

дрібною шкіркою на маслі за допомогою ремня. У процесі ручного калібрування мотильових шийок слід контролювати паралельність їх осей осям рамних шийок. До того ж непаралельність допускається не більше 0,15 мм на 1 м довжини.

Виправлення колінчастих валів наклепом. Колінчасті вали високообертових двигунів виправляють або механічною обробкою рамних шийок, або методом наклепу щік. Останній метод застосовують на деяких ремонтних заводах також і для правки колінчастих валів двигунів середньої швидкохідності. Залежно від напрямку прогину наклеп роблять із внутрішнього чи зовнішнього боку щік кривошипа. З цією метою використовують спеціальний молоток із кульовою головкою або пневматичний молоток із кутовою надставкою. Місця наклепу щік показано на рис. 7.21, де суцільною лінією зображено стан вала перед правкою, а тонкою – після правки.

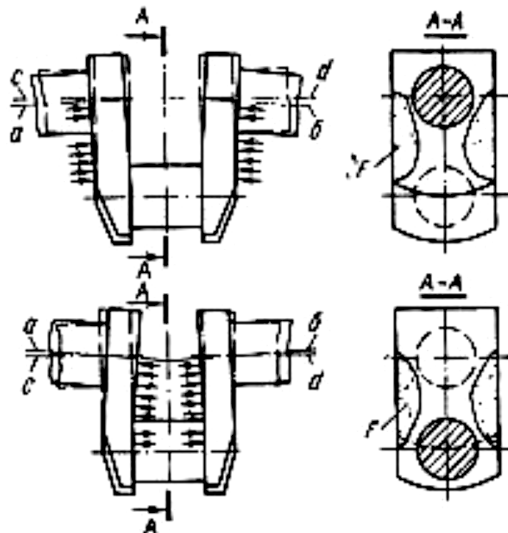


Рис. 7.21. Правка колінчастого вала методом наклепу щік:
a, б – вісь вала до правки; *c, d* – те саме, після правки;
F – ділянка, що піддається наклепу

Відновлення прямолінійності осі колінчастого вала до того ж відбувається за рахунок деформації щік (подовження волокон у зоні наклепу). Усунення вигину вала досягається підсумовуванням деформацій, що виникають під час наклепу на декількох щоках кривошипа.

Термомеханічне виправлення. Цим способом можна усувати значні деформації колінчастих валів безпосередньо на судах, що дає великий економічний ефект порівняно з виправленням їх у цехах заводів (ліквідуються трудомісткі процеси з виїмки, транспортування та встановлення валів, скорочується загальний час ремонту двигуна). Перед правкою колінчастого вала перевіряють осі колінчастого вала в підшипниках фундаментної рами (якщо відсутня надмірна деформація в самій рамі). Перевірка геометрії колінчастого вала в підшипниках фундаментної рами подібна до перевірки вала на контрольній плиті. Роль призм у цьому разі виконують постелі (гнізда) рами. Кількість опор вибирається залежно від кількості колін та жорсткості вала.

З метою визначення стану геометрії колінчастого вала необхідно зробити такі вимірювання та перевірки: щільність прилягання рамних шийок до нижніх вкладишів (щупом 0,03 мм) за різних положень кривошипа (0; 90; 180; 270°); значення розходження щік кривошипів (розкепів); радіальне биття рамових шийок (за допомогою індикатора, закріпленого на шпильці рамного підшипника).

Для виправлення колінчастий вал установлюють у таке положення, за якого прогин деформованої шийки розташовується опуклістю вгору. Картер у ділянці деформованої шийки слід зачистити, протерти, продути повітрям та покрити листами азбесту. Перед нагріванням вала необхідно вжити заходів щодо усунення протягів у машинному відділенні. До початку нагрівання шийки колінчастий вал статично навантажують у напрямку, протилежному вигину. Якщо вигин мотильової шийки перебуває у площині кривошипа, то вал

можна навантажувати з допомогою домкрата, установленного між щоками кривошипа (рис. 7.22).

Якщо ж вигин мотильової шийки не лежить у площині шийки, то вал слід навантажувати у площині вигину силою тиску кришки рамного підшипника.

Виправляють вал за допомогою нагрівання погнутої шийки вогнем газового пальника. До того ж слід підтримувати постійний тиск кисню та однакову відстань від пальника до поверхні нагрівання, щоб не допустити місцевого перегріву металу. Ядро полум'я пальника слід тримати приблизно 10...12 мм від поверхні шийки. Для рівномірного нагрівання всієї ділянки пальник необхідно повільно й рівномірно пересувати по всій зоні нагріву.

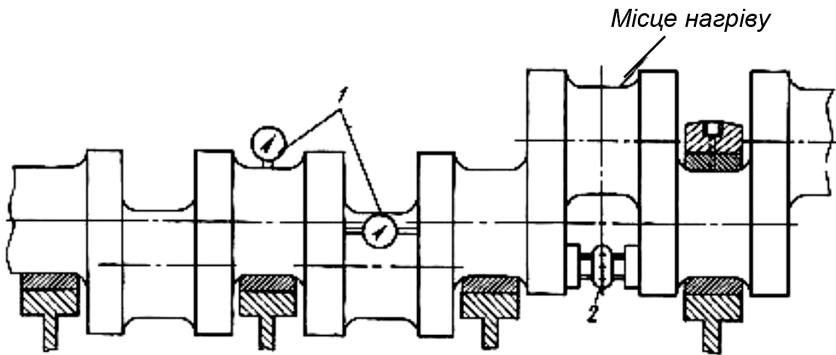


Рис. 7.22. Установлення колінчастого вала під час виправлення мотильової шийки:

1 – індикатори; 2 – домкрат

Температура та тривалість нагріву залежать від прогину та розмірів вала. Температура нагріву шийки вала повинна бути в межах 250...400 °С, а час нагрівання – 5...12 хв. Нагрівання слід контролювати контактним пірометром через циліндричну втулку.

Після закінчення нагрівання шийку утеплюють азбестовою тканиною та повстю, закривають люки картера й отвори

в циліндрах, вимикають вентиляцію. Після остигання шийки до температури навколишнього середовища роблять необхідні виміри.

Зазвичай вал нагрівають у зазначеній послідовності кілька разів, доки не ліквідується прогин. Повторні нагрівання задля досягнення однакових результатів слід вести інтенсивніше перших. Порівняно невисока температура нагріву в поєднанні з повільним охолодженням виключає поверхневе загартовування шийок.

Завершальним етапом технологічного процесу виправлення колінчастого вала є шліфування та полірування виправлених шийок, які рекомендується перевірити дефектоскопом.

РОЗДІЛ 8

РЕМОНТ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ І ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ

8.1. Турбокомпресори

Газовий турбонагнітач складається з осьової одноступінчастої турбіни і відцентрового нагнітача, що проводиться нею. Для підтримки нормальних умов експлуатації турбокомпресора необхідно своєчасно чистити приймальні повітряні фільтри, проточну частину та колеса компресора й турбіни. Особливі труднощі викликає очищення проточної частини компресора.

Після демонтажу повітряних фільтрів, глушника і кришки завитка відкривається доступ до лопаток нагнітача та дифузора. Поверхні цих деталей легко відмивають соляром та продувають повітрям. Тильний бік робочого колеса, де зазвичай розміщується ущільнення у деяких типах турбокомпресорів, може бути очищена після зйомки робочого колеса і вала.

Поширення отримав простий спосіб промивання проточної частини компресора водою під час працюючого двигуна (рис. 9.1). На турбокомпресор установлюють бачок, наповнений гарячою водою. У верхню частину бачка підводять трубку з боку нагнітача компресора, іншу трубку, підведену до низу бачка і з'єднану з частиною компресора, що всмоктує, направляють на лопатки робочого колеса.

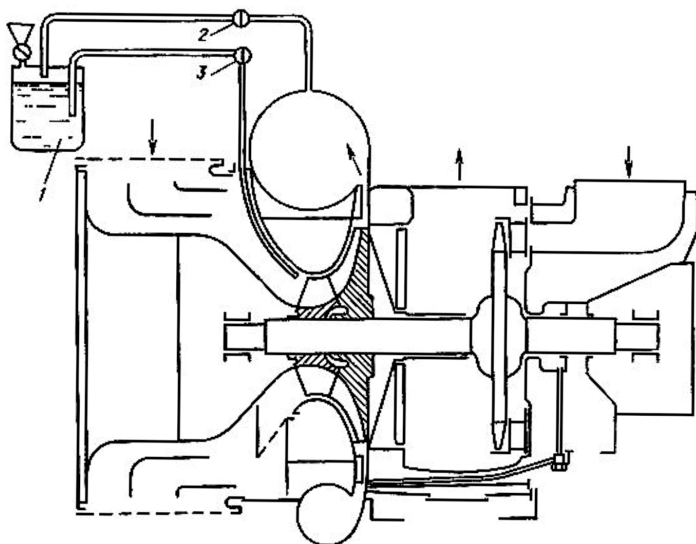


Рис. 8.1. Промивання проточної частини компресора на ходу:
1 – бачок з водою; 2 – кран забору повітря; 3 – кран подачі води на робоче колесо

Лопатки турбіни очищують від нагару та відкладень гарячою водою або паром, які легко розчиняють ці відкладення. Достатньо ефективним є спосіб промивання лопаток у ванні з гарячою водою (рис. 8.2). Щоб не виймати ротор з корпусу, знімають передню кришку турбіни. Замість неї на ці ж болти на нижню частину отвору надягають вирізаний з 3...4-х міліметрової сталі щит, що має форму сегмента. Щит ставлять на гумову прокладку. В утворену таким чином ванну заливають гарячу воду і, підтримуючи температуру близько 80 °С, повільно провертають ротор. Поступово відкладення на лопатках розчиняються та відпадають.

Невеликі окремі риски та подряпини на шийках вала глибиною до 0,1 мм допускається зачищати до повного виведення їх надфілем та шкіркою на маслі до шорсткості поверхні не нижче $Ra = 0,16$ мкм.

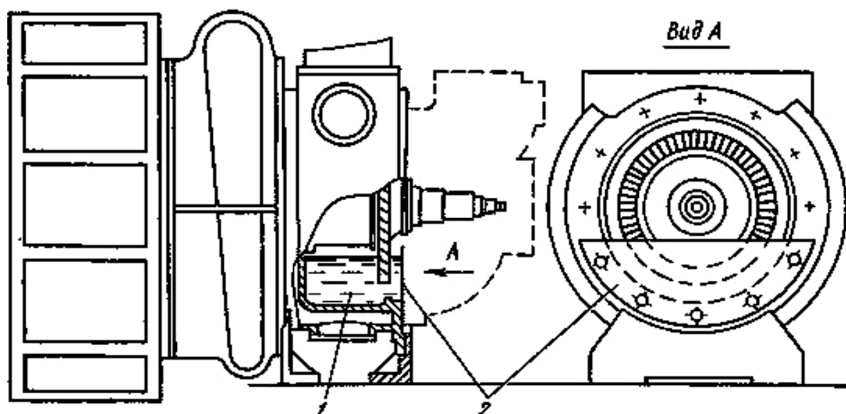


Рис. 8.2. Промивання лопаток турбіни:
1 – гаряча вода; 2 – щит

Вал ротора турбіни та компресора піддають дефектації під час капітального ремонту (вимірюють у центрах точного токарного верстата або спеціального стенда биття шийок і робочих коліс). Биття шийок, а також упорних заплечиків на валу, що сполучаються з упорними торцями підшипників ковзання, допускається не більше $0,02...0,03$ мм. Такий жорсткий допуск на радіальне зношування призначають з метою забезпечення динамічної врівноваженості ротора. Якщо биття перевищують зазначені значення, шийки та упорні заплечики шліфують на круглошліфувальному верстаті в центрах з подальшим доведенням їх до $Ra = 0,160$ мкм. Дозволяється це робити в тому випадку, якщо після шліфування шийок масляний зазор у підшипнику не перевищує допустимий.

Погнутість вала ротора із загартованими підшипниковими шийками є бракувальним фактором. Допускається термічна правка (з підігрівом вала) тільки кінцевої ділянки біля валів із незагартованими шийками.

Торцеве биття робочих коліс турбіни й компресора та радіальне биття лабіринтових канавок на колесах у межах

до 0,05 мм не усувають. На ділянках вала ротора, що сполучаються з бронзовими ущільнювальними втулками, допускаються окремі кругові риси та подряпини глибиною до 0,2 мм із зачищенням їх надфілем та шкіркою на маслі без виведення. Різні задирки та натири не допускаються, їх слід виводити повністю. На поясах вала, що сполучаються з підшипниками кочення, допускаються поздовжні риси глибиною до 0,2 мм та шириною до 1 мм із зачищенням їх без виведення.

Лабіринтові ущільнення гребінцевого типу на валу ротора та робочому колесі, виконані із зачеканеної в канавках сталеві смуги, перевіряють оглядом. Зім'яті гребінці виправляють, а ті, що не піддаються виправленню, і ті, що ослабли в місці зачеканки, замінюють новими.

Вал ротора та диск робочого колеса турбіни перевіряють дефектоскопом на відсутність тріщин, які є фактором браку. Після перевірки магнітним дефектоскопом вал необхідно розмагнітити.

Лопатки робочого колеса турбіни оглядають через лупу з метою виявлення тріщин та корозії. Тріщини, явно виражена корозія у вигляді раковин не допускаються. Окремі лопатки із такими дефектами замінюють новими. Якщо лопатки приварені до диска, дозволяється одну-дві дефектні лопатки, розташовані окремо одна від одної, обрізати частково або повністю. У цьому випадку для збереження врівноваженості ротора обрізають на рівну величину, відповідно, одну або дві справні лопатки, діаметрально протилежні дефектним.

Вибойни на кромках лопаток глибиною до 1 мм і менше (незалежно від кількості пошкоджених лопаток) дозволяється зашліфувати до виведення їх з подальшим поліруванням кромки лопатки не нижче $Ra = 0,16$ мкм. Вибойни глибиною до 2 мм на кромках лопаток допускаються лише на четвертій частині всіх лопаток. Кромки пошкоджених лопаток з такими дефектами зашліфують із забезпеченням плавного округлення та полірують до вказаної чистоти. У разі виявлення тріщин

або вибоїн глибиною більше 2 мм або за кількості лопаток з такими дефектами (глибиною до 2 мм) понад 25 %, ротор замінюють новим. У робочого колеса з лопатками, з'єднаними ялинковим замком, лопатки, пошкоджені вибоїнами глибиною більше 1 мм або зі значною погнутістю кромки, замінюють новими.

Погнутість лопаток перевіряють шаблоном і шляхом вимірювання кроку між сусідніми лопатками, а розташування бічних країв лопаток в одній площині – сталеву лінійкою, зігнутою по дузі кола (рис. 8.3).

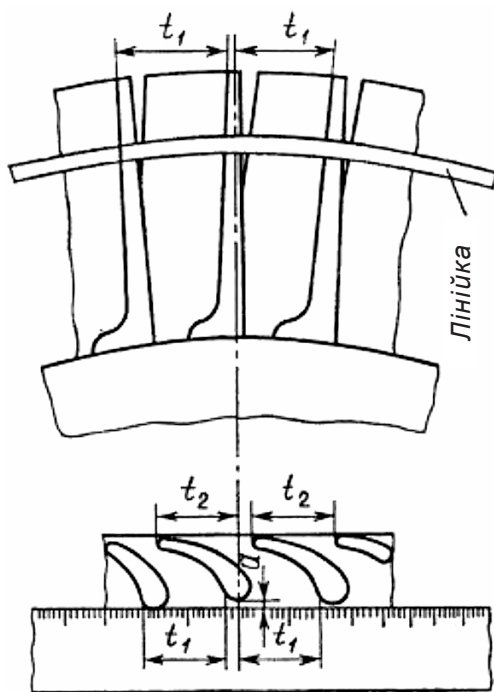


Рис. 8.3. Схема вимірювання кроку між лопатками робочого колеса турбін за допомогою вимірювальної лінійки:

t_1 – крок по вхідних кромках; t_2 – крок по вихідних кромках;
 a – відхилення кромки лопатки від площини

Різниця за кроком лопаток допускається до 0,1 мм на 100 мм діаметра робочого колеса. Відхилення кромок лопаток від площини під час перевірки лінійкою не повинно перевищувати 0,3 мм на кінцевих точках. Невеликі викривлення кромок лопаток усувають правкою.

Колесо компресора перевіряють з метою виявлення тріщин змочуванням гасом. Для цього колесо попередньо протирають ганчір'ям, змоченим у гасі, а потім насухо протирають і покривають крейдою.

Якщо на диску колеса є тріщина, то гас, що залишився у тріщині, змочить крейду на ділянці її розташування. Якщо колесо компресора посаджено на вал ротора нерухомо (з натягом), перевіряють міцність посадки від руки або легкими ударами дерев'яної ручки слюсарного молотка. Ротор у зборі перевіряють на динамічну рівноваженість на балансувальній машині.

Дефектація корпусів турбокомпресора полягає у виявленні тріщин та деформацій базових площин, якими вони сполучаються між собою. Тріщини виявляють оглядом, обстукуванням легкими ударами мідного молотка (деренчливий звук до того ж указує на наявність тріщини) і гідравлічним випробуванням водяних та масляних порожнин за тиску 0,2...0,3 МПа протягом 5 хв. Якщо тріщини виявлені на ділянках запресування підшипників, корпус бракують. В інших місцях тріщини невеликої довжини, приблизно до 50 мм, заварюють.

Короблення базових площин корпусів перевіряють щупом. Пластинка щупа товщиною 0,05 мм не повинна проходити між двома корпусами, що сполучаються у площині їх роз'єму. Під час гідравлічних випробувань не допускаються пропуски води через стінки та їх пітніння.

У соплового апарата можуть бути деформації під впливом високих температур випускних газів дизеля. Його перевіряють на плиті. Допускається нещільне прилягання соплового

апарата до плити по торцях не більше 0,05 мм на 100 мм діаметра. Короблення до 0,5 мм на 100 мм діаметра усувають припилюванням і шабренням торців соплового апарата на плиті на фарбу.

Ремонт роторів. Шийки вала ротора, що мають кругові риси, задирки глибиною понад 0,1 мм, овальність і биття шийок більш допустимого, шліфують з подальшим поліруванням. Після шліфування шийки вала ротора повинні відповідати наступним вимогам: допуск на діаметр по 2-му класу точності; овальність, конусність та биття шийок не більше 0,01 мм; шорсткість поверхні не нижче $Ra = 0,16$ мкм.

У разі зносу (риски, задирки, биття тощо) більше 0,2 мм підшипникові шийки відновлюють на номінальний діаметр шляхом напресовування сталевих втулок. Втулки виготовляють із конструкційної сталі 45. Товщину стінок їх беруть рівною $0,1d$, де d – номінальний діаметр шийки вала ротора.

Під час виготовлення втулки обробляють з невеликим припуском по діаметрах і довжині, потім піддають термічній обробці (загартуванню) до твердості $HRC\ 40$. Шліфують по внутрішньому діаметру – $Ra = 0,50$ мкм. Вимірюють внутрішній діаметр з точністю до 0,01 мм і за дійсним діаметром отвора обробляють підшипникові шийки на валу ротора. Напресовують втулку на цапфу вала термічним способом – шляхом її нагрівання до $100...120\ ^\circ\text{C}$. Потім шийки вала (з напресованими втулками) остаточно шліфують на круглошліфувальному верстаті в центрах і полірують. У разі ослаблення посадки колеса компресора на роторному валу його знімають, цапфу нарощують хромуванням, обробляють шліфуванням у центрах на діаметр, що забезпечує посадку колеса з натягом пресової посадки 2-го класу точності, а потім напресовують колесо на вал. Напресування роблять термічним способом – шляхом нагрівання колеса компресора до $100...120\ ^\circ\text{C}$.

Окремі витки лабіринтових ущільнень гребінцевого типу на валу ротора і колесі компресора замінюють наступним чином: вал ротора укладають шийками на дві дерев'яні опори так, щоб запобігти пошкодженню лопатки робочих коліс турбіни й компресора. За допомогою спеціального зубила та плоскогубців видаляють з канавки зачеканений туди дріт, що утримує пластини ущільнювачів. Звільнені канавки зачищають і без особливих зусиль вставляють загнуті пластини. Зім'яті пластини виправляють до установаження канавки. В *U*-подібний паз зачеканюють дріт, ущільнюючи пластину паза. Дріт заганняють легкими ударами ручника масою 200...300 г за допомогою спеціальної чеканки. Проте сильно зачеканювати дріт не можна, оскільки вал ротора може деформуватися. Після зачеканки дроту хвилеподібно деформовані пластини випрямляють плоскогубцями і проточують на верстаті для того, щоб зазор між пластиною ущільнювача й корпусом лежав у межах 0,40...0,50 мм. Під час заміни кількох сусідніх витків стики розносять по колу. Вони не повинні розташовуватися в одній площині через вісь вала. Лопатки з невеликою погнутістю кромek виправляють уручну за допомогою плоскогубців, що мають губки лекальної форми, напаяні міддю. Допускається виправлення легкими ударами мідного молотка на мідній підтримці.

Виправлення лопаток необхідно виконувати з великою обережністю через небезпеку виникнення мікротріщин. Конфігурацію периферійної частини лопатки під час виправлення перевіряють за шаблоном, відступаючи на 10...15 мм від кінця, а розташування лопатки стосовно сусідніх лопаток – виміром просвітів між лопатками, порівнюючи результати вимірювань із просвітами на непошкодженій ділянці колеса.

Технологічний процес заміни лопатки складається з наступних операцій:

- 1) вирізують дефектну лопатку з диска фрезою на вертикально-фрезерному верстаті;

2) обробляють паз у диску колеса під корінь лопатки (рис. 8.4);

3) припилюють корінь лопатки по пазу в диску колеса (корінь лопатки повинен щільно входити в паз; допускається місцеве проходження щупа між ними завтовшки не більше 0,05 мм);

4) з'єднують лопатку з диском колеса у кондукторі під зварювання;

5) приварюють корінь лопатки до диска колеса електродами зі спеціальною обмазкою, що забезпечує отримання наплавленого у шві міцного, жаростійкого металу;

6) зачищають зварний шов по торцях колеса різцем на токарному верстаті з доведенням до $Ra = 0,16$ мкм.

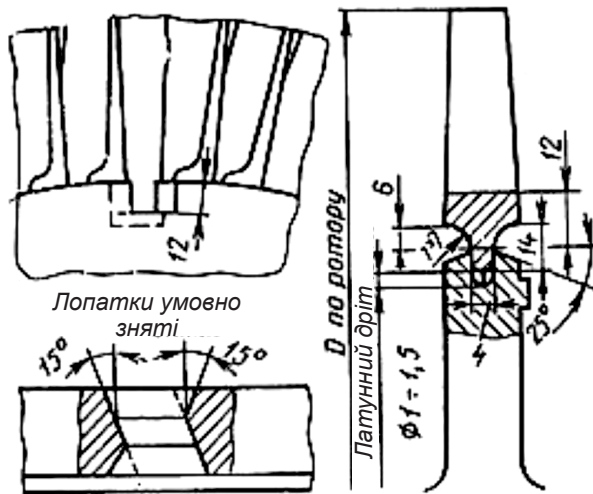


Рис. 8.4. Ескіз обробки паза під корінь і хвостовик лопатки на диску робочого колеса турбіни турбокомпресора марки РДН-35

Ротор турбокомпресора після ремонту слід перевіряти на динамічну врівноваженість і за потреби обов'язково проводити динамічне балансування. Динамічне балансування

роторів роблять на балансувальних машинах. У процесі динамічного балансування одночасно усувають як динамічну, так і статичну невірноваженість ротора. У машинах є стробоскопічний пристрій, що показує, у якій діаметральній площині, що проходить через вісь ротора, розташована динамічно невірноважена маса. Стробоскопічний ефект полягає в тому, що тіло, яке здійснює періодичні рухи (оберти), висвітлюється і робиться видимим в окремі, дуже малі, порівняно з його періодом руху, проміжки часу. Якщо ці світлові спалахи йдуть через рівні проміжки часу, що збігаються з періодом руху тіла, то воно здається зупиненим.

Балансування ротора полягає в наступному: установлюють ротор, що балансується, у підшипники пружних опор машини; розмічають диск колеса компресора крейдою; з'єднують ротор із приводним електродвигуном; віддають гальмівні пристрої пружних опор; вмикають електровимірювальну схему; підводять лампу стробоскопічного приладу до диска колеса компресора, помічену крейдою. Вмикають приводний електродвигун, і коли ротор почне обертатися, відзначають під час спалахів стробоскопічної лампи кутове розташування невірноваженої маси на диску колеса компресора (яке внаслідок стробоскопічного ефекту здається зупиненим); переводять перемикачі на пульті управління в положення для визначення значення невірноваженості (дисбалансу) у площині колеса компресора; вмикають приводний електродвигун, і коли ротор почне обертатися із заздалегідь заданою частотою, електровимірювальним приладом відзначають значення дисбалансу в мілівольтах. Користуючись таблицею тарування, переводять показання приладу в одиниці дисбалансу ($\text{г} \times \text{см}$); знімають ротор з машини і видаляють метал на заданих кресленням заводу-виробника площинах корекції колеса компресора в кількостях, еквівалентних значенням дисбалансу. Кількість металу в грамах, яке підлягає видаленню, визначають за тарирувальною таблицею.

Перед першим пуском турбокомпресора необхідно переконатися у справній циркуляції масла в підшипниках. Перший пуск протягом 2...3 хв проводять за мінімальної частоти обертання вала дизеля, а потім останній зупиняють. Під час пуску за допомогою стетоскопа прослуховують працюючий турбокомпресор.

Рівний, постійний рівень шуму, що видає турбокомпресор, з поступовим згасанням після зупинки дизеля свідчить про нормальну його роботу. Різка зміна шуму, удари або металевий скрегіт є ознаками аварійного характеру; у разі його виникнення двигун слід негайно зупинити. Під час випробування турбокомпресора після ремонту перевіряють наступне: тиск наддувного повітря; тиск та температуру випускних газів на вході в газову турбіну; частоту обертання ротора; тиск і температуру масла в системі змащення; температуру охолоджуючої води. Стабільність перелічених параметрів протягом тривалого часу та відповідність їх паспортним даним турбокомпресора свідчать про те, що ремонт та його монтаж виконані правильно.

Випробовують турбокомпресор на різних режимах у процесі випробування двигуна: за мінімально стійкої частоті обертання двигуна; нормального режиму роботи останнього протягом 1 год; на режимі з 10 %-ним навантаженням. Під час випробування на режимі перевантаження необхідно особливо контролювати температуру випускних газів перед турбіною, яка не повинна перевищувати значення, зазначеного в паспорті турбокомпресора.

8.2. Клапани

Найбільш поширеною операцією ремонту клапана є притирання ущільнювальної конічної поверхні тарілки до сідла, яку виконують як механічним способом на верстаті, так

і вручну за допомогою воротка. Останнє застосовують, головним чином, у суднових умовах. Притирання ведуть за допомогою паст «ГОІ» трьох сортів, що відрізняються один від одного величиною абразивних зерен. Розрізняють пасти за кольором: грубі – чорний, середні – темно-зелений, тонкі – світло-зелений. Для кращого нанесення абразивного матеріалу на поверхню, що притирається, пасту розводять у гасі або в мінеральному маслі.

Зазвичай притирання починають грубими пастами, а закінчують тонкими. Щоб уникнути перекосу або усунення осей, притирання слід вести із застосуванням прямої втулки штока клапана. Притирання проводять до тих пір, поки на поверхні фаски не з'явиться матовий круговий поясок шириною 2...3 мм. Щільність притертих поверхонь можна перевірити за допомогою газової проби або повітря. Якщо протягом 20 хв тиск повітря під час повітряної проби не впаде, клапан вважається притертим. У практиці часто перевіряють щільність прилягання клапана за допомогою рисок м'якого олівця.

За наявності великих рисок або раковин від вигорання, тарілки клапанів проточують на токарному верстаті або шліфують. Шток клапана можна відновити хромуванням із наступним шліфуванням на остаточний розмір. Найзручніше цю операцію проводити на безцентровому шліфувальному верстаті. Овальність та конусність штока не повинні перевищувати 0,03 мм. У деяких випадках нарощування розмірів штока та тарілки клапана здійснюють за допомогою наплавлення з подальшою обробкою на токарному верстаті та доведенням до остаточних розмірів шліфуванням. Якщо висота циліндричного пояса тарілки випускного клапана менше 50 % номінального значення, а впускного – менше 2 мм, необхідно зробити їх заміну, або відновлення.

Неробочі поверхні клапана полірують, до того ж слід пам'ятати, що цементований шар дозволяється знімати на

глибину не більше 0,3 мм. Поверхня, уражена корозією, не має перевищувати 1 см², а глибина роз'їдання має бути не більше 0,2 мм. Биття поверхні фаски щодо робочої поверхні штока, а також торцеве биття тарілки не повинно перевищувати 0,03 мм.

Корпуси клапанів та їх сідла відливають зі сталі та чавуну марок СЧ21-40, СЧ28-48 та СЧ35-52. Тарілки клапанів виготовляють із сталей 12ХН3А, ХІОС2М, 20ХН4ФА, а для впускних клапанів МОД застосовують сталь 45.

Напрявні втулки клапанів двигунів усіх марок виготовляють із бронзи наступних марок: БрАЖ9-4, БрАЖМц10-3-1,5, БрОЦС3-11-5, а також жаростійких БРАЖНІ0-4-4 та БРАЖН-11-6-6. Останні дві бронзи можна застосувати і для сидел клапанів ДВЗ.

На виготовлення пружин ідуть марганцеві сталі 50Г, 60Г і 65Г, з яких пружини навивають у гарячому стані. Зі сталей 60С2, 60С2Н2А та 50ХФА навивку пружин виконують у холодному стані.

Пояски тарілок клапана наплавляють стелітом марки ВЗК. Перед наплавленням поясок проточують. Температура попереднього підігріву до 500 °С. Наплавлення ведуть аргонодуговим зварюванням вольфрамовим електродом, що не плавиться, діаметром 3 мм, постійним струмом прямої полярності. Після наплавлення проводять відпал за температури 700 °С, якість наплавлення контролюють люмінесцентною дефектоскопією.

8.3. Розподільчі вали та кулачкові шайби

Характерними дефектами розподільчих валів є знос шийок вала та кулачкових шайб. Зі спотворенням профілю кулачкових шайб змінюються фази газорозподілу й динаміка руху клапанів. До типових робіт з усунення несправностей розподільчих

валів слід віднести відновлення або заміну знімних кулачкових шайб, шліфування шийок та виправлення вала.

Розподільчий вал бракують у разі виявлення наступних дефектів: тріщин будь-якого розміру та розташування; кільорів побігlostі, що супроводжуються зменшенням твердості кулачків нижче допустимої межі; зносу бічних поверхонь шліців та бurtів більш допустимого значення.

Зношені більш установленої норми кулачкові шайби розподільчих валів двигунів середньої швидкохідності й тихохідних зазвичай замінюють. Технологія заміни кулачкових шайб визначається способом їх кріплення на валу. Кругові risks, подряпини, задирки та нерівномірність вироблення робочих шийок розподільчих валів усувають шліфуванням або проточуванням. Відновлення зазора в підшипниках розподільчого вала двигунів середньої швидкохідності та тихохідних найчастіше здійснюють перезаливкою вкладишів, а високообертових – хромуванням шийок у разі зношування не більше 0,15...0,20 мм на радіусі.

Зім'яті стінки шпонкових пазів розподільчих валів зі знімними кулачковими шайбами виправляють фрезеруванням, до того ж збільшення ширини паза шпонки допускається не більше 5 % номінальної. На такий же розмір обробляють шпонковий паз і в кулачковій шайбі. Зношені шліцові з'єднання розподільчих валів відновлюють хромуванням (у разі зношування шліців не більше 0,2 мм на один бік зуба) або сталюванням.

Розподільчі вали високообертових двигунів, що мають зношування кулачків більш допустимого значення зазвичай бракують. В окремих випадках кулачки відновлюють наплавленням твердим сплавом. Після наплавлення вал піддають термічній обробці – низькотемпературній відпустці за температури 200...220 °C з витримкою протягом 30 хв. Деформації розподільчого вала, що з'явилися після наплавлення або експлуатації, виправляють правкою на пресі в холодному стані. Наплавлені кулачки обробляють шліфуванням.

Технологічний процес ремонту вала наступний:

- 1) обробка вершин кулачків;
- 2) виправлення різьби під заглушку;
- 3) шліфування шийок під хромування;
- 4) хромування шийок буртів;
- 5) шліфування шийок після хромування;
- 6) полірування;
- 7) оксидування.

Різьбу в отворі розподільчого вала в разі зриву не більше двох ниток, виправляють мітчиком. Перед шліфуванням шийок перевіряють прогин вала. Зношені вали (діаметром менше 32 мм) відновлюють хромуванням. Щоб надати правильну геометричну форму, їх попередньо шліфують. Для шліфування шийок вала рекомендується застосовувати круг з корунду зернистістю 45...60 і твердістю С2-СТ1.

Шийки вала, які хромуватимуться в перший прийом, знежирюють і промивають проточною водою. Після декапування шийки хромують. Режим вибирають таким, щоб одержати блискучий осад хрому. Товщина хромованого покриття має бути 0,15...0,20 мм. За потреби хромують робочі поверхні упорних буртів. Хромовані шийки шліфують корундовим кругом зернистістю 45...60 і твердістю СТ2-СТ1.

Сліди корозії на неробочих поверхнях вала видаляють поліруванням повстяним кругом, накатаним корундовим порошком зернистістю 100...120. Для обробки робочих поверхонь деталі до металевого блиску застосовують м'який круг М1 та пасту «ГОІ». Відремонтовані вали швидкохідних ДВЗ оксидують.

Під час укладання розподільчого вала в підшипники масляний зазор має бути 0,06 мм для валів діаметром до 70 мм та 0,08 мм – понад 70 мм. Розподільчий вал доцільно укласти в підшипники методом взаємозамінності без шабрування вкладишів по шийці вала. Така збірка можлива за наступних умов: відхилення діаметрів гнізд підшипників від номінального діаметра в межах допуску 2-го класу

точності A ; обробки вкладишів підшипників та шийок розподільчого вала за 2-м класом точності; зміщення осей сусідніх гнізд підшипників не більше 0,02 мм; биття шийок вала не більше 0,02 мм.

За потреби шабрують вкладиші по шийках розподільного вала або технологічного вала на фарбу. Шабрування закінчують, коли плями фарби покривають нижню частину вкладишів з кількістю 12...16 плям у квадраті 25×25 мм на дузі близько 120° , а на решті між шийкою вала і вкладишем є необхідний масляний зазор. Під час укладання вала без шабрування вкладишів по шийках перевіряють щупом щільність прилягання шийок до вкладишів у нижній частині. Щуп товщиною 0,03 мм не повинен проходити між вкладишем та гніздом.

Найбільш поширені призматичні шпонки, що утворюють нерухоме з'єднання вала та кулачкової шайби. Сполучення кулачкової шайби, що нерухомо сидить на валу, роблять по ковзній посадці. Для шайб, що мають осьове переміщення вздовж вала, застосовують ходову посадку. Посадочні місця обробляють $Ra = 0,63$ мкм. Роз'ємна кулачкова шайба має бути сполучена з валом по напруженій посадці. До того ж контрольний зазор між торцем половинок має бути 0,05...0,20 мм.

Посадку шпонок рекомендується виконувати: паз на валу і в шайбі по A_3 , а шпонку – по $Pr2a$ з наступною підгонкою для забезпечення посадки А/Н так, щоб щуп 0,03 мм не проходив у поєднанні шпонки і вала.

8.4. Паливні насоси

У процесі експлуатації паливного насоса найбільшому зносу піддаються втулка та плунжер, всмоктувальні та нагнітальні клапани. Ширина посадкового пояса у клапанах допускається не більше 0,4 мм. Плунжер та втулка не

є взаємозамінними деталями. У разі зношування однієї деталі бракують і іншу. Аналогічно вчиняють з нагнітальним клапаном та його сідлом. За наявності тріщин у корпусі насоса, а також зриву ниток різби у гніздах під штуцери понад 1,5 витка останній бракують. Пружини клапанів і штовхачів, що мають надмірну деформацію або втратили пружність, бракують. За наявності великого бічного зазора між зубцями рейки та шестернею повороту деталі бракують. За діаметра шестерні 40 мм припустимий зазор не більше 0,35 мм, зазор між рейкою насоса та поверхнею її гнізда – не більше 0,2 мм.

Зазор між торцем плунжера й опорною поверхнею стакана, щоб уникнути ударів, не повинен бути більше 0,25 мм. Допустимий зазор між стаканом штовхача та гніздом корпусу насоса має бути не більше 0,005 діаметра стакана. Між штовхачем і циліндричною поверхнею, що його спрямовує, допустимий зазор не більше 0,005 діаметра штовхача. Допустима овальність ролика штовхача не повинна перевищувати 0,05 мм, а зазор між пальцем та втулкою ролика – не більше 0,1 мм. Указаний знос припустимий під час поточного ремонту. Під час капітального ремонту деталі із таким зносом замінюють новими.

Перекомплектування та доведення прецизійних пар. Зношені плунжер та втулка, що не мають тріщин, вибоїн та інших вад, можуть бути за відповідної перекомплектації та ремонті використані за призначенням. Перекомплектація з подальшою доводкою дозволяє використовувати до 20 % старих прецизійних пар. До якості обробки плунжерних пар висувають дуже високі вимоги. Поверхні прецизійної пари, що сполучаються, повинні мати шорсткість не більше $Ra = 0,04$ мкм, торців втулки і корпусу нагнітального клапана – не більше $Ra = 0,08$ мкм.

Під час відбору пар необхідно їх комплектувати так, щоб плунжер міг входити у втулку не менш як на 20...25 % довжини робочої поверхні. Доводку проводять на довідкових

верстатах (бабках). За 200...250 об/хв шпинделя бабки доведення триває 30...60 с. Найбільш часто застосовують під час доведення тримікронну пасту з окису алюмінію, розведену на гасі, та алмазну пасту. Притерті втулку та плунжер промивають у бензині та оглядають через лупу. Без подряпин і рисок плунжер, змащений профільтованим дизельним паливом, висунутий із втулки на 2/3 робочої довжини, за кута нахилу 45° повинен плавно входити у втулку під дією власної маси з будь-якого положення щодо своєї осі.

Випробування плунжерних пар на щільність. Плунжерні пари перевіряють на щільність на спеціальному стенді. Під час випробування втулку пари, що перевіряється, без зусилля вставляють у гільзу стенда і затискають гвинтом (рис. 8.5). Знизу втулку вставляють у плунжер і за знаходження вантажу у верхньому положенні за допомогою регульовального гвинта поєднують торець плунжера з верхньою кромкою впускного отвору у втулці. Плунжер установлюють на максимальну подачу. У цьому положенні нагнітальна порожнина втулки через кран заповнюється паливом. Для випробування використовують або профільтоване дизельне паливо, або суміш дизельного палива з маслом за температури приблизно 20°C та в'язкості 9,9...10,9 мм²/с. Маса вантажу повинна бути такою, щоб тиск палива в нагнітальній порожнині дорівнював 20 МПа.

У момент звільнення вантажу вмикають секундомір. Під дією вантажу паливо видавлюватиметься через зазор між втулкою та плунжером. Вантаж плавно опускається до тих пір, поки відсічна кромка плунжера не відкриє нижньої кромки отвору втулки; вантаж різко падає на амортизатор. Секундоміри зупиняють. Проміжок часу в секундах, протягом якого відбулося видавлювання палива, характеризує гідравлічну щільність плунжерної пари. Випробування проводять 2...3 рази і беруть середньоарифметичне значення. За тиску 20 ± 1 МПа час видавлювання палива має бути не менше 15 с.

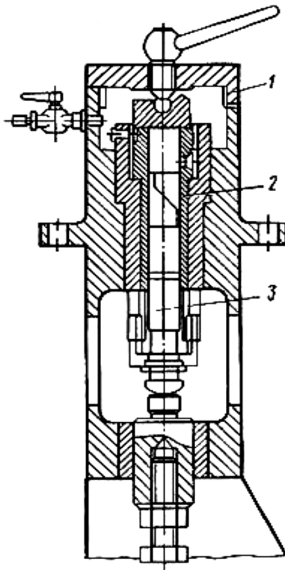


Рис. 8.5. Пристрій для перевірки
гідравлічної щільності
плунжерних пар:
1 – замок; 2 – втулка;
3 – плунжер

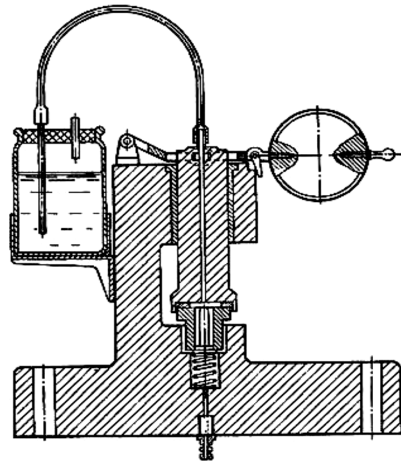


Рис. 8.6. Пристрій для
випробування нагнітального
клапана

Притирання та випробування нагнітальних клапанів на щільність. Клапан і гніздо слід взаємно притерти, якщо ширина пояса ущільнювача досягла 0,4 мм. Фаску сидла клапана зменшують за допомогою шліфування верхнього торця. Напрацювання на конусі клапана видаляють шліфуванням на верстаті. Клапан та сидло притирають на доводочній бабці притиральною пастою.

Після притирання та промивання в бензині або у профільтрованому дизельному паливі перевіряють щільність прилягання клапана до сидла на спеціальному стенді (рис. 8.6). Випробовують стисненим повітрям тиском 0,5 МПа. Якщо під час натискання клапана знизу повітря не проходить

у надклапанний простір, а потім по осьовому свердлінню штока та трубочці не надходить у скляний балон і не виходить у вигляді бульбашок, щільність достатня. Випробування продовжують 15 с у трьох положеннях клапана по колу щодо сидла.

Випробування розвантажувального пояска на гідравлічну щільність. Випробування розвантажувального пояска клапана на щільність зводиться до визначення часу видавлювання палива через проміжок між корпусом і боковою поверхнею пояска. Для різних клапанних пар воно має бути в межах від 4 до 12 с.

Складання паливних насосів. Насос збирають після ремонту окремих деталей або вузлів. Під час складання, щоб уникнути деформації від радіальних зусиль, зазор між плунжерною втулкою і корпусом насоса, а також між втулкою плунжера й поворотною гільзою повинен бути 0,05...0,10 мм. У зібраному вигляді за будь-якого положення плунжера по висоті в межах його ходу він повинен вільно, без особливих зусиль, повертатися щодо своєї осі. Рух рейки вздовж осі повинен відбуватися без заїдання, зазор між зубами не повинен перевищувати 0,25 мм, а зазор між рейкою та корпусом насоса – 0,2 мм.

Щоб уникнути неправильної затяжки фланця, гайки слід затягувати рівномірно до упору ключем з рукояткою довжиною 250...300 мм. Плунжерну втулку слід установлювати так, щоб перепускний отвір її збігався з перепускним отвором у корпусі насоса. Слід звертати особливу увагу на маркування плунжерів для того, щоб не поставити плунжер правої моделі замість лівої моделі, і навпаки. Помилка подібного роду призводить до аварій, тяжких за своїми наслідками.

Регулювання та випробування паливних насосів на стенді. Регулювання та випробування паливних насосів з наступною обкаткою проводять на спеціальному стенді, на якому виконують наступне: установлення моменту початку подачі,

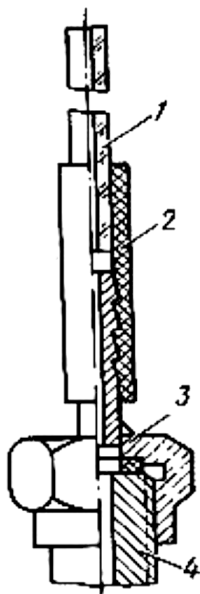


Рис. 8.7. Моментоскоп:

1, 2 – скляна
та гумова трубки;
3 – штуцер насоса

установлення нульової подачі, перевірку подачі насоса за один цикл, регулювання на рівномірність подачі насосів або секцій, обкатку з метою перевірки якості складання та приробітку окремих деталей.

Установка моменту початку подачі палива та регулювання плунжера щодо втулки по висоті. Момент початку подачі зручно та просто визначати за допомогою пристосування, що називається *моментоскопом* (рис. 8.7).

Перед установленням моментоскопа паливний насос слід прокачати паливом до видалення бульбашок повітря. Положення зубчастої рейки має відповідати максимальній подачі. Далі від'єднують нагнітальну трубку, вивертають штуцер і виймають нагнітальний клапан. На знову встановлений штуцер нагнітального клапана наворачтають моментоскоп. Поворотом приводного вала стенда ставлять плунжер у нижнє положення. Паливо через впускний отвір втулки плунжера заповнюватиме надплунжерну порожнину і трубку моментоскопа.

Повільно здійснюють нагнітальний хід плунжера. У разі досягнення торця плунжера верхньої кромки впускного отвору меніск у трубці здригнеться і почне підніматися.

Для нормального та своєчасного проходу палива через впускний отвір його переріз за нижнього положення плунжера має бути відкрито на величину, що дорівнює діаметру цього отвору.

Плунжер вважається встановленим правильно, якщо за знаходження його в нижньому положенні ці риси збігаються.

Нульова подача відповідає такому положенню плунжера, за якого нагнітальна порожнина насоса з'єднується із всмоктувальною.

Установлювати момент нульової подачі потрібно наступним чином: поставити рейку на максимальну подачу, прокачати насос паливом до повного видалення бульбашок повітря, на нагнітальний штуцер насоса навернути манометр і створити тиск у системі нагнітання.

Повільно переміщати рейку в бік зменшення подачі та стежити одночасно за стрілкою манометра. Падіння тиску буде відповідати положенню плунжера за нульової подачі.

Виконавши операцію 2...3 рази, фіксують положення рейки за нульової подачі за допомогою стрілки, що прикріплюється до корпусу паливного насоса, установивши її між першим і другим розподілом (за положення рейки на першому розподілі немає ніякої подачі). Цей запас робиться для того, щоб за потреби регулювання двигуна в процесі експлуатації гарантувати нульову подачу, для уникнення можливих аварій у разі зупинки двигуна під час швартування судна.

Обкатка та випробування паливних насосів (рис. 8.8). З метою припрацювання частин, що труться, перевірки якості матеріалу деталей, їх обробки та складання паливні насоси обкатують на певних режимах. Спочатку насос обкатують протягом 30 хв на суміші палива та масла (60 % дизельного палива та 40 % масла). Обкатку проводять за від'єднаних від нагнітальних трубопроводів форсунках. Положення рейки паливних насосів повинне відповідати середній подачі.

Після огляду насос обкатують на дизельному паливі протягом 30 хв за тієї ж частоти обертання і в тому ж положенні паливної рейки, що і в першому випадку, але з форсунками, приєднаними, відрегульованими на номінальний тиск упрскування. Потім насос випробовують протягом 30 хв за тих же умов, що і у другому випадку, але за положення рейки, що відповідає повній подачі.

Після проведеного випробування проводять часткове розбирання окремих деталей чи секцій. На поверхнях, що труться, не повинно бути натирів, подряпин та інших дефектів. Під час регулювання паливного насоса чотиритактного двигуна слід установити частоту обертання кулачкового вала у 2 рази менше номінальної частоти обертання КВ двигуна.

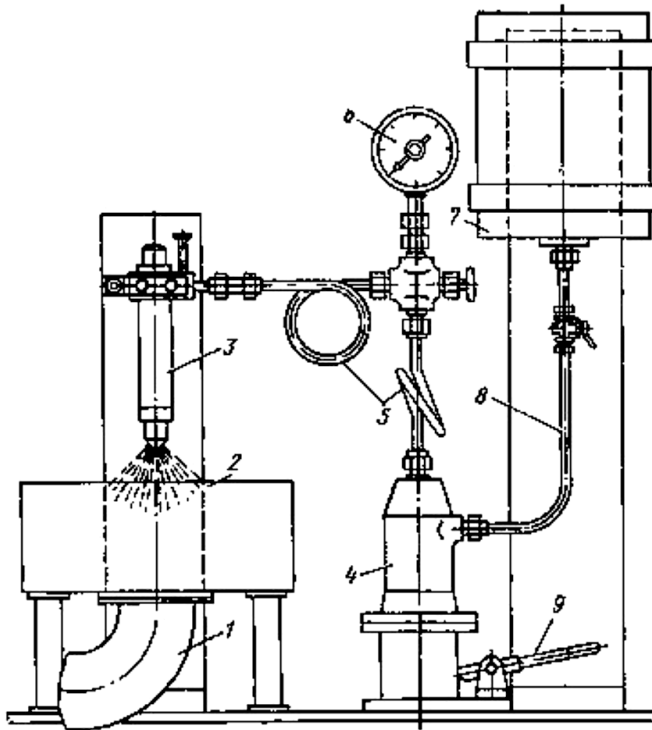


Рис. 8.8. Стенд для регулювання та випробування паливних насосів:
 1 – відсмоктуюча труба; 2 – бак; 3 – форсунка; 4 – паливний насос;
 5 – нагнітальний паливопровід; 6 – манометр; 7 – важіль насоса;
 8 – всмоктуючий паливопровід; 9 – витратний бак

Частота обертання кулачкового вала паливного насоса двотактного двигуна повинна дорівнювати номінальній

частоті обертання колінчастого вала двигуна. Положення рейки паливного насоса має відповідати максимальній подачі.

8.5. Форсунки

Деталі форсунки перевіряють за допомогою зовнішнього огляду, вимірювання та випробування на спеціальних пристроях. Для огляду деталей форсунки користуються лупою з 10-кратним збільшенням. Деталі, на яких виявляють волосні тріщини, бракують.

Розпилювачі, у яких розроблені соплові отвори, обгоріли, викришилися або притупилися кромки отворів, бракують. Непридатні для подальшої роботи розпилювачі, у яких на робочій циліндричній поверхні корпусу або голки є риски, задирки, подряпини, напрацювання. Голку й корпус розпилювача прироблюють на притиральних верстатах, вони не є взаємозамінними. У разі появи напрацювання на запірному конусі голки, досягненні ширини пояса притирального корпусу розпилювача 0,5 мм і збільшення підйому голки форсунки понад допустимой величини (рис. 8.9) корпус спільно з голкою бракують.

Для визначення дійсної величини підйому голки зручно користуватися пристроєм, зображеним на рис. 8.10. Він складається з корпусу, натискної гайки та наконечника. Верхня частина корпусу має осьовий виріз і разом із натискною гайкою становить собою цанговий затискач.

Зі вставленим лінійним індикатором пристрій ставлять на перевірочну плиту і поворотом шкали індикатора поєднують

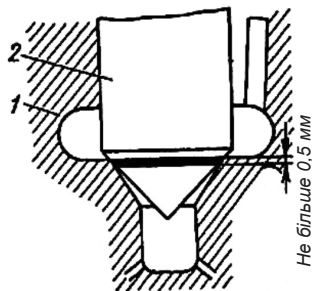


Рис. 8.9. Притиральний поясок корпусу розпилювача та голки форсунки:
1 – корпус; 2 – голка

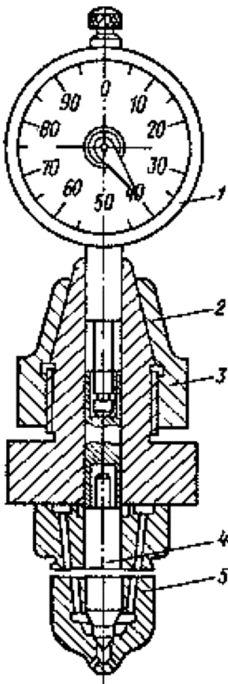


Рис. 8.10. Пристрій для перевірки величини підйому голки форсунки:

1 – індикатор; 2 – затиска гайка; 3 – втулка цангова; 4 – голка; 5 – корпус розпилювача

в розпилювачі, а потім перевірити їх намагніченим дротом. Після промивання внутрішні поверхні нічим не протирають. Зібрану форсунку перевіряють на стенді. Виявлені дефекти усувають.

Усунення зависання голки. За відсутності зависання голка, висунута з корпусу розпилювача на $1/3$ довжини, за нахилом на 45° повинна під дією власної маси плавно опускатися.

нуль зі стрілкою. Після цього пристрій установлюють на корпус розпилювача з попередньо опущеною до упору голкою. Переміщення наконечника вниз точно дорівнює висоті підйому голки, яку покаже стрілка індикатора.

Пружину форсунки перевіряють на надмірну деформацію; для цього її висота, виміряна у вільному стані, порівнюється з висотою, показаною у кресленні. За наявності надмірної деформації понад 5 % від номінальної висоти пружину замінюють. У формулярах зазвичай указують гранично-допустиму висоту у вільному стані. Неперпендикулярність опорних поверхонь пружини торців до осі не повинна перевищувати 0,3 мм.

Складання форсунки. Перед складання форсунки її деталі промивають профільтованим гасом або дизельним паливом. Усі отвори продувають стисненим повітрям.

Особливо ретельно слід продути та промити отвори та канали

У разі зависання прецизійна пара взаємно притирається на чистому маслі. У цих цілях використовують настільний свердильний верстат або спеціальний верстат доведення, у цанговий патрон якого вставляють голку в корпус розпилювача і рукою забезпечують зворотно-поступальний рух уздовж осі голки. Якщо притирання на маслі не дає результатів, то застосовують пасту притирки, наносячи її тонким шаром. Доведення ведуть протягом 10...15 с за 200...250 об/хв шпинделя верстата. Після притирання голку та корпус розпилювача промивають у чистому бензині, а потім – у профільтованому дизельному паливі.

Усунення підтікання у запірному конусі. Підтікання усувають взаємним притиранням конуса голки та розпилювача. Для цього голку форсунки закріплюють за хвостик у патроні бабки доводки. Тіло голки змащують профільтованим дизельним паливом, а на конус наносять тонким шаром пасту, що притирає. Обережно, щоб паста не потрапляла на циліндричну поверхню, розпилювач надягають на голку і вмикають верстат. Підтримуючи рукою розпилювач, забезпечують йому періодичні поворотно-поступальні рухи. Притирання триває 40...60 с за 200...250 об/хв шпинделя верстата. Після ретельного промивання в бензині або дизельному паливі щільність запірного конуса перевіряють у зборі з форсункою на стенді. У разі відхилення конуса розпилювача від осі внаслідок одностороннього зношування необхідно застосувати спеціальний притир, за допомогою якого добиваються щільної приробки запірного конуса і центрального отвору в розпилювачі. Зазор між циліндричною частиною притира й циліндричною поверхнею корпусу розпилювача становить приблизно 5 мкм, а конусність наконечника на $1,5...2,0^\circ$ менше конусності голки. Це дозволяє після притирання отримати ширину запірного конуса в корпусі розпилювача приблизно 0,1 мм.

Обробку розпилювача притиром проводять у такій послідовності. Циліндричну поверхню стрижня змащують

профільтрованим маслом, а на конус наконечника наносять тонкий шар притиральної пасти. Притир уставляють у корпус так, щоб паста не потрапила на внутрішні стінки отвору розпилювача. Тривалість притирання становить 2...3 хв за 200...300 об/хв шпинделя доводочної бабки. Після завершення роботи з доведення корпус розпилювача ретельно промивають бензином або профільтрованим дизельним паливом і за готовим конусом указаним вище способом притирають конус голки. До того ж слід мати на увазі, що на поверхні конуса голки не повинно бути напращування.

Регулювання тиску підйому голки. Регулювання тиску підйому голки зручно проводити на стенді. Приєднану до нагнітального трубопроводу форсунку з ослабленою пружиною прокачують до видалення повітря. Потім пружину форсунки затягують за допомогою регулювального гвинта та повільним натисканням на важіль насоса тиск піднімають до моменту упорскування. Якщо упорскування відбудеться за меншого тиску, ніж зазначено в паспорті, то затягування пружини збільшують, якщо за більшого – зменшують. Повторенням упорскування та регулюванням затягування пружини домагаються відповідності показань манометра, зазначеному в паспорті тиску. Після закінчення регулювання проводять три контрольні упорскування, до того ж показання манометра в момент початку упорскування не повинні відрізнятися більш ніж на 0,5 МПа.

Перевірка якості роботи форсунки. У разі правильного збирання форсунки голка повинна плавно переміщатися в корпусі розпилювача. У разі повільного нагнітання палива насосом у розпилювачі спостерігатиметься часте дробове упорскування малих порцій. Якщо збільшується швидкість нагнітання, то впорскування має супроводжуватися різким звуком. Розпилювання до туманоподібного стану повинне здійснюватися без підтікання палива на кінчику розпилювача.

Перевірка герметичності форсунки. Перевірку герметичності порожнин високого тиску та запірного конуса

проводять на стенді (рис. 8.8) за тиску на 1,5...2,5 МПа менше тиску підйому голки. Паливним насосом стенду створюється вказаний тиск і підтримується протягом 3...5 хв. Перші 20 с на кінчику розпилювача не повинні з'являтися краплі рідини. До того ж не повинно спостерігатися підтікання палива у з'єднанні нагнітального штуцера з корпусом форсунки, а також у площинах з'єднань корпусу форсунки з корпусом розпилювача між торцями розпилювача й соплового наконечника (якщо останній виконаний окремо від корпусу). За наявності пропусків міняють мідну прокладку нагнітального штуцера або приробляють торці форсунки й розпилювача на доводочній плиті із застосуванням притиральної пасти.

Випробування гідравлічної щільності голки та розпилювача проводять наступним чином: пружину форсунки затягують на тиск, що перевищує нормальний тиск підйому голки на 2...3 МПа. Повільно натискаючи на важіль насоса, створюють тиск у нагнітальній системі приблизно на 0,5...1,0 МПа менше тиску впорскування, на яке в цьому випадку відрегульована форсунка. Унаслідок наявності зазора між голкою і корпусом розпилювача паливо почне просочуватися вгору голкою в порожнину низького тиску і тиск у системі почне падати. Як тільки тиск за манометром зрівняється з тиском підйому голки, зазначеним у паспорті, вмикають секундомір і ведуть відлік часу доти, доки тиск не впаде ще на 5 МПа. Проміжок часу в секундах, протягом якого тиск нагнітального трубопроводу впав на 5 МПа, характеризує гідравлічну щільність розпилювача форсунки. Під час випробування комплекту форсунок одного двигуна умовна гідравлічна щільність їх повинна відрізнитися не більш ніж на 25 %.

Результати випробувань розпилювача порівнюють із даними двох еталонних розпилювачів: одного з найменшою, іншого з найбільшою гідравлічною щільністю.

Обкатка та випробування форсунки. Якість розпилювання палива форсункою визначається на випробувальному

стенді за повного циклового упорскування та числі впорскування 60...80 за хв. З метою приробки деталей форсунки її обкатують на спеціальному стенді. Форсунки обкатують за повної подачі палива. До того ж перевіряють щільність з'єднань, відсутність заїдання та зависання голки.

Обкатка на стенді триває протягом 15...20 хв, після чого форсунку частково розбирають, оглядають поверхню голки та розпилювача. Якщо на поверхнях прецизійної пари немає натирів та рисок, розпилювач збирають із форсункою. На розпилювач форсунки надягають запобіжний ковпачок, а отвори закривають пробками. Форсунку загортають у промаслений папір і зберігають у спеціальному ящику.

РОЗДІЛ 9

РЕМОНТ ВАЛОПРОВОДІВ І ГРЕБНИХ ГВИНТІВ

9.1. Дефектація і розбирання валопроводів

Дефектація валопроводу у зборі. До розбирання валопроводу його піддають зовнішньому огляду. Виявлені дефекти заміряють та заносять у спеціальний журнал. Вимірюють товщини фундаментних прокладок під опорними та упорними підшипниками, складають схему розташування прокладок на кожному фундаменті підшипника із зазначенням їх товщини й виконують або перевіряють маркування всіх основних деталей валопроводу.

Вимірюють осьові зазори між торцями гребних гвинтів та їх кронштейнів або дейдвудних втулок. За допомогою довгого щупа заміряють угорі, вниз, праворуч і ліворуч у кожного торця радіальні зазори між дейдвудними втулками та шийками валів. Результати замірів записують до журналу.

Перевіряють правильність посадки та кріплення гребних гвинтів, а також осьовий натяг. Величина останнього необхідна для подальшого ремонту та закріплення маточин гребних гвинтів на конусах гребних валів.

У процесі огляду підшипників перевіряють болтові з'єднання, а щупом – правильність прилягання головок та гайок болтів до поверхні підшипників і фундаментів.

Після очищення, видалення вибоїн та ослаблення дейдвудного сальника індикаторами перевіряють биття фланців

і шийок валів, обертаючи його валоповоротним пристроєм. Аналогічно дейдвудному пристрою перевіряють масляні зазори в підшипниках, гранична допустимість яких коливається від 035 до 08 мм залежно від діаметра. За затиснутого гальма щупом перевіряють прилягання гальмівної стрічки.

Розбирання та дефектація деталей валопроводу. Перед початком розбирання перевіряють наявність маркування всіх з'єднувальних частин валопроводу. Розбирання починають зі зняття огорожі, кожухів, трубопроводів та арматури. Нерідко перевіряють розцентрування валопроводів методами, наведеними нижче. Залежно від способу розбирання перевірку розцентрування валів проводять до або після видалення сполучних болтів. Спочатку розбирають проміжний валопровід (може бути виготовлено «на плаву»), а потім (у доці) знімають гребні гвинти, видаляють дейдвудні вали.

Гребні гвинти знімають такими способами: різними стяжками, що мають тяги з різьбою з одного боку і захвати, що зачіпають лопаті гвинта з іншого; пристосуванням із гідравлічними домкратами; за допомогою клинів, що забиваються між торцями маточини гребного гвинта та ахтерштевня; гірляндою домкратів, що розміщуються там же або між маточиною гребного гвинта та мортирою.

Найкращий спосіб зняття гребного гвинта – гідропресовий, особливо коли посадка проводилася цим же методом. Сутність даного способу полягає у створенні насосами між конічними поверхнями маточини гвинта і гребного вала масляного прошарку високого тиску (порядку 150 МПа) шляхом подачі масла через трубки до двох штуцерів, укручених у просвердлені та нарізані отвори маточини гвинта. Високий тиск масляної плівки роздає маточину гвинта та стискає вал у межах пружних деформацій. Завдяки цьому контакт між поверхнями настільки слабшає, що осьова сила, що з'являється, зсуває гребний гвинт з вала.

Гребний гвинт незалежно від застосованого способу повинні знімати в наступному порядку: видаляють обтічник, потім стопор гайки, яку відгвинчують на 1...2 обороти (щоб уникнути падіння гвинта після його зміщення), зміщують гвинт, відгвинчують гайку і знімають його. Далі роз'єднують з'єднання валів, видаляючи болти випресуванням або вибиванням, намагаючись їх не пошкодити. Якщо згаданими способами болти не видаляються, їх обережно випалюють.

Після зміщення валів уздовж осі, коли центруючі виступи вийдуть із западин, їх виймають. Якщо судно має два гвинти, гребні вали видаляються назовні, якщо один, то – усередину судна. Після видалення гребних валів та дефектації облицювання його знімають за допомогою гідравлічних пристроїв або розрізають.

Вали оглядають з метою виявлення пошкоджень у вигляді корозійних роз'їдань, тріщин та інших дефектів. Глибину та протяжність тріщин визначають сучасними фізичними методами контролю. Робочі шийки проміжних і упорних валів обмірюють мікрометричними скобами у двох перерізах, а дейдвудні та гребні вали – через 100...200 мм.

Вали перевіряють на биття, частіше на токарних верстатах за допомогою індикаторів. Допустиме биття валів в експлуатації до 0,2 мм, а після ремонту 0,03...0,05 мм. Якщо величина биття перевищує допустимі норми, то вирішують питання ремонту валів способами правки чи проточки. Перевіряють стан шпонкових пазів та щільність посадки муфт.

У кронштейнових і дейдвудних втулок оглядають набір чи шар бабіту, заміряють внутрішній діаметр втулок у двох взаємно перпендикулярних площинах на відстані 200...300 мм мікроштихмасом. Порівнюючи з даними вимірів гребних та дейдвудних валів, визначають зазори між дейдвудними або кронштейновими втулками та валами. Зазори значною мірою визначають характер ремонту дейдвудних втулок.

Підшипники валопроводу досліджують з метою виявлення тріщин або поломок, визначення якості прилягання вкладишів по постелях, стану бабіту, незалежно від стану підшипників їх перезаливають, якщо вали підлягають проточці. Дейдвудні труби оглядають на місці. Шляхом свердління контрольних отворів перевіряють товщину стінок і, якщо вона у кількох місцях зменшилася до 30 % від будівельної, дейдвудну трубу замінюють.

9.2. Дейдвудні труби

Сталеві дейдвудні труби ремонтують зварюванням та наплавленням з попереднім ретельним зачищенням поверхні наждачними машинками до чистого металу. Тріщини по кінцях засвердлюють з наступним обробленням кромки. Зварювання та наплавлення повинно проводитись з обов'язковим пошаровим проковуванням наплавленого металу.

Якщо згадані роботи виконують на судні, необхідно стежити, щоб дейдвудні труби надмірно не нагрівалися, для уникнення порушення водонепроникності між дейдвудними трубами та корпусом. Пошкоджені посадкові місця в дейдвудних трубах розточують на горизонтально-розточувальному верстаті або на місці, переносними борштангами. Роботи з розточування посадкових поясків дейдвудної труби на заводському верстаті пов'язані з дуже трудомісткими операціями випресування та запресування дейдвудної труби, до того ж негативно позначаються на цілісності й надійності всієї конструкції.

На низці заводів наплавлення і розточування (або тільки розточування) посадочних місць дейдвудних труб виконують на місці борштангами, що мають значну жорсткість та забезпечують необхідну точність і чистоту розточування.

9.3. Гребні, проміжні та упорні вали

Гребні вали. Практика показала, що вразливими місцями гребних валів є вихід носової ділянки шпонкового паза, тобто великої основи конуса, ділянка між маточиною і торцем кормового облицювання та за роздільних облицювань – зона покриття між облицюванням. Для зменшення концентрації напруги у виході лижоподібного паза (і кромках) змінюють його геометрію, щоб створити більш плавний перехід від дна паза до поверхні конуса. Для цього застосовують ложкоподібне оброблення виходу паза з боку великої основи конуса. Змінена конструкція виходу паза шпонки і розташування шпонки в процесі ремонту показана на рис. 9.1.

Нині такі зміни рекомендуються всіма класифікаційними товариствами, оскільки близько 25 % усіх пошкоджень припадає на цю ділянку.

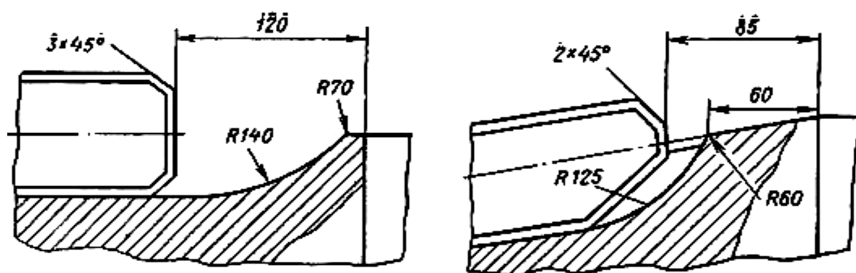


Рис. 9.1. Конструкція виходу шпонкового паза вала

Крім цього, тріщини, що виникають у шпонковому пазу, носять втомний характер і зазвичай виникають на виході з паза (більшої основи конуса), тобто, з боку підведення навантаження. Для зменшення концентрації напруги слід збільшити радіус заокруглення в кутку паза фрезою. Щоб не

зменшувати корисну висоту паза конуса вала, фрезу встановлюють з кутом 15° по відношенню до вертикальної площини паза. Після згаданих змін у процесі ремонту гребних валів виникнення тріщин у пазу шпонки припинилося або різко зменшилося (у 10...12 разів).

Перед проточкою необхідно зняти плоский калібр-шаблон з конуса гребного вала, як показано на рис. 9.2, де два ножа, з'єднаних скобами, приганяють своїми внутрішніми поверхнями по утворюючим конуса вала. На ножах роблять позначки початку та кінця конуса. Потім з маточини конуса гребного гвинта також знімають плоский калібр-шаблон і відповідні відмітки початку та кінця конуса. Шляхом вставки калібра, знятого з конуса гвинта, у калібр конуса вала по зміщенню відміток судять про величину можливої максимальної проточки; в іншому випадку необхідна заміна вала в разі задовільного стану гвинта. Інші роботи з ремонту вала не відрізняються від методів ремонту інших валів валопроводу.

Ремонт та заміна облицювання гребного вала. Матеріалом облицювання найчастіше є бронза марки БрОЦ10-2. За правилами багатьох класифікаційних товариств стоншення облицювання допускається не більше 50 % будівельного розміру. Зношування облицювань з наявністю згаданих пошкоджень усувають обточуванням з допустимою шорсткістю поверхні $Ra = 0,63$ мкм. Допускається еліптичність і конусність не більше 0,03...0,06 мм залежно від діаметра. Для підвищення зносостійкості облицювання наплавлений метал піддають пластичному деформуванню за допомогою дворольового (гідравлічного або механічного) пристрою зусиллям 3...5 кН (рис. 9.3).

Усунення швидкого зносу облицювання в ділянці сальникового ущільнення складається з операцій наплавлення зношеного місця з подальшою обробкою та установленням дублюючої обичайки з нержавіючої сталі.

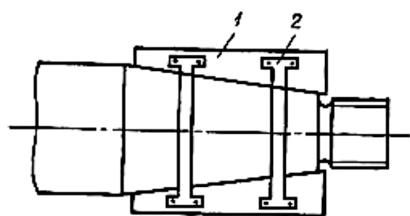


Рис. 9.2. Схема перевірки конуса гребного гвинта плоским калібр-шаблоном:
1 – ніж; 2 – скоба

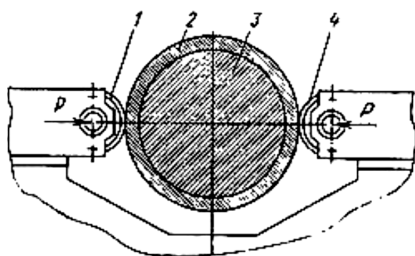


Рис. 9.3. Схема поверхневого ущільнення наплавленого металу:
1, 4 – змцнювальний та згладжуючий ролик;
2 – облицювання; 3 – вал

Процес заміни облицювання із бронзи марки БрОЦ10-2 складається з наступних основних операцій: спочатку видаляють старе облицювання, розрізаючи її по твірним або проточуючи на верстаті. Потім місце посадки зачищають і дефектують візуально, магнітною або ультразвуковою дефектоскопією, а також обмірами мікрометром не менше ніж у трьох перерізах двох взаємно перпендикулярних площинах. Після цього вирішують питання відновлення шийки під посадку. Еліптичність та конусність не повинні перевищувати 0,03...0,08 мм для діаметрів від 81 до 800 мм.

З метою підвищення втомної міцності та довговічності під час дії фрикційного ефекту від напресованого облицювання та гребного гвинта необхідно на тому ж токарному верстаті проводити змцнення шийок валів обкаткою. Перед обкаткою вал можна обробляти остаточно, але з урахуванням зменшення діаметра вала після обкатки до 0,08 мм або залишати припуск 0,5 мм на діаметр для остаточної обробки після обкатки. На рис. 9.4 показані схеми та місця обкатки.

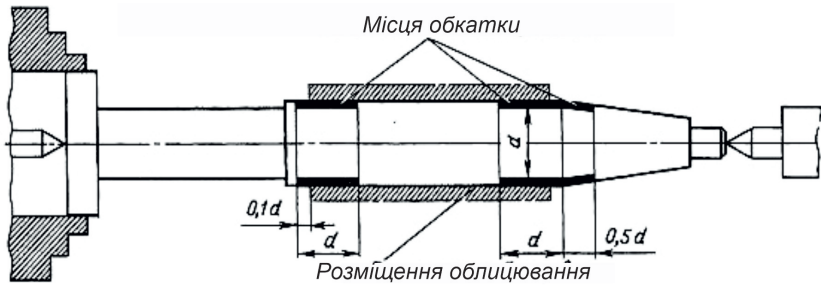


Рис. 9.4. Схема встановлення гребного вала під обкатку

Паралельно з цією роботою готують облицювання. Спочатку бронзові заготовки обробляють з припуском усередині та зовні, потім кінці піддають термообробці. Підготовка до зварювання облицювання, що складається з кількох частин (за значної довжини валів), полягає в односторонній прихватці підкладкових кілець у чотирьох-п'яти місцях. Зварювання роблять електродним дротом БрОЦ4-3 з флюсом марки ОСЦ-45 на токарному верстаті напівавтоматом. Після обробки наплавлених кромки їх проковують легким пневматичним молотком для зміцнення та зняття напруги. Потім зварюють стики тими самими матеріалами.

Послідовність наплавлення валиків показано на рис. 9.5.

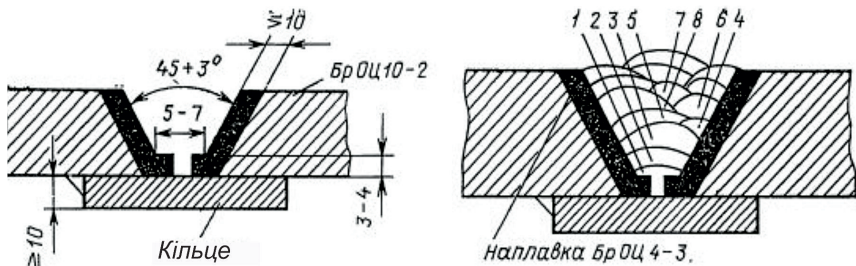


Рис. 9.5. Схема зварювання облицювань:

1...8 – порядок наплавлення валиків

Кожен валик після остигання слід проковувати. Остаточна обробка внутрішнього діаметра облицювання має дати шорсткість поверхні $Ra = 0,08$ мкм і натяг під посадку близько $0,001d$, а зовнішнього діаметра – припуск $1...3$ мм на обробку після гарячої насадки.

Після гідравлічного випробування облицювання тиском 20 МПа його нагрівають до температури $300...400$ °С. Насадку роблять за горизонтального або вертикального положення вала, після чого облицювання інтенсивно охолоджують струменем повітря. Якість посадки перевіряють, обстукуючи молотком усю поверхню. Якщо брязкітливий звук чути менш ніж на 30 % усієї поверхні, то щільність посадки добра, якщо ж більше, то придатність облицювання вирішують ВТК заводу та інспектор Реєстру. Після насадки остаточно обробляють зовнішню поверхню. Потім зміцнюють обкатування роликami поверхні облицювання й одночасно конуса гребного вала в напрямку до більшого діаметра з виходом на циліндричну поверхню.

Для захисту від корозії частина вала між облицюваннями покривається склопластиком на основі епоксидного зв'язуючого матеріалу. До нанесення покриття поверхні (частини вала між сорочками, виточки та козирки облицювань) очищають від бруду, слідів масла з подальшим знежиренням уайт-спіритом і сушінням до 30 хв. Потім вал у центрах токарного верстата нагрівають до 40 °С і, повільно обертаючи (до 10 об/хв), жорстким малярним пензлем наносять шар ґрунтовки – епоксидної шпаклівки ЕП-ОО-10 із затверджувачем N1 (50 %-ний розчин гексаметилендіамілу у спирті), який протягом 30 хв витримують до відлипання. Після цього на заґрунтовані поверхні вала та виточок облицювань наносять заздалегідь підготовлений шар сполучного матеріалу (суміш епоксидних смол: ЕД-5 з аліфатичною ДЕГ-Ж). Потім виточки облицювання з ділянками вала обмотують склотканини у $3...4$ шари, на ділянку вала між виточками намотують

кілька шарів склотканини, просоченої сполучним матеріалом, під кутом 15° . Наступний шар намотують у напрямку, протилежному до попереднього. Конструкція виточок та послідовність покриття валів склопластиком показана на рис. 9.6. Співвідношення зв'язуючого і склоармуючого матеріалу становить 1:1.

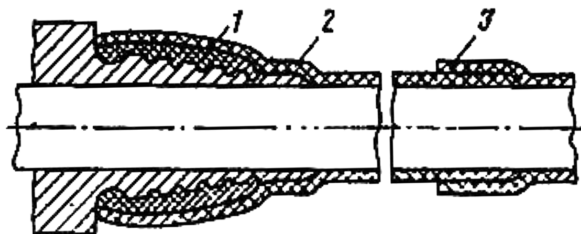


Рис. 9.6. Облицювання та покриття вала склопластиком:
1...3 – послідовність покриття

На сьогодні, крім традиційних бронзових облицювань, широкое застосування знаходять сталеві двошарові або біметалічні облицювання, основою яких є безшовні гарячекатані труби зі сталі 10 і 20 з наплавленим підшаром (сплав МНЖКТ5-1) і основним шаром (бронза БрОЦ10). Вартість виготовлення біметалічних сталевих облицювання в 5...7 разів дешевша за бронзові і в разі зносу їх легше відновлювати.

Застосовують сталеві облицювання з наплавленим шаром нержавіючої сталі марки 06Х19Н9Т, а також дейдвудні або гребні вали з шаром металізації нержавіючої сталі тієї ж марки.

Ремонт проміжних та упорних валів. Залежно від діаметра шийок (75...550 мм) гранично-допустимі зноси у вигляді еліптичності для робочих шийок проміжних і упорних валів становлять 0,15...0,35 мм і, відповідно, конусність 0,20...0,55 мм. Якщо зношування близькі до цих норм, робочі шийки шліфують або проточують на токарних верстатах з наступним

шліфуванням. Допустима еліптичність і конусність після обробки 0,03...0,06 мм залежно від діаметра (від 120 до 500 мм і більше). Допустиме радіальне биття робочих шийок валів після обробки не більше 0,03...0,08 мм залежно від відношення довжини вала до його діаметра від 20 до 80 і більше. Допустиме радіальне биття неробочих поверхонь вала 0,1 мм.

Радіальне й торцеве биття фланців та гребнів упорного вала 0,03...0,05 мм. Якщо значення биття більше зазначених, слід зняти «контрольну» тонку стружку для доведення їх до норми.

У разі значного зносу, поверхневих тріщинах, глибоких задирах вали відновлюють наплавленням. Допускається наплавлення валів з вуглецевої сталі, що містить вуглець до 0,45 %, якщо глибина тріщин або зношування не перевищує 5 % діаметра вала, але не більше 15 мм.

Технологічний процес відновлення валів наплавкою виконують у такій послідовності: спочатку роблять хімічний аналіз визначення вмісту вуглецю та інших елементів, потім уточнюють дефекти магнітною, люмінесцентною або ультразвуковою дефектоскопією. У разі виявлення дрібних поверхневих вад, вал у цих місцях проточують на глибину до повного їх зникнення. Якщо виявлено тріщини та дрібні вади, їх вирубують і заварюють. Після цього приступають до наплавлення вала в центрах пристосованого токарного верстата, на супорті якого встановлюють механізм напівавтомата, наприклад типу ПШ-5.

Для зменшення напруги перед початком наплавлення підігрівають вал до 120...150 °С тільки в ділянці початку наплавлення. Місце нагрівання покривають азбестовою масою шаром до 0,8 мм і обмотують дротом високого опору, через який пропускають струм. Для контролю температури використовують термопари, пірометри, термоолівці та ін.

Після наплавлення вал попередньо проточують з наступною поверхневою холодною прокаткою на тому ж верстаті з метою підвищення втомної міцності. Після цього остаточно

його обробляють. Галтель від гребня упорного вала до шийок повинна мати радіус $R = 0,05D_{\text{ш}}$, де $D_{\text{ш}}$ – діаметр шийки.

Правлять вали діаметром до 150 мм механічним способом, якщо прогин до 1 мм, а більшого діаметра – термічним або термомеханічним, якщо прогин до 2 мм. За невеликих значень прогину його усувають проточною.

Після ремонту рекомендується спарювати вали – попарно встановлювати їх на токарно-валовому верстаті або спеціальному стенді. Наприклад, спарюють гребний вал з прилягаючим проміжним валом і т. д. Якщо центруючі виточки вивірені за допусками, вали спарюють без їх перевірки. Якщо виточки оброблені з ширшим допуском, то спарені вали перевіряють на биття.

Два суміжні вали встановлюють на верстаті на люнетах так, щоб їх осі представляли одну пряму. Після перевірки індикатором биття шийок валів та їх фланців з точністю до 0,03...0,05 мм, залежно від діаметра, фланці з'єднують тимчасовими болтами, які встановлюють у кожен отвір або через один. Спочатку розгортають вільні отвори, потім зайняті, послідовно звільняючи їх від тимчасових болтів. Отвори розгортають двома (краще трьома) розгортками, різниця в діаметрі яких не повинна перевищувати 0,05 мм. У цьому випадку отвори виходять досить чистими, із дзеркальною поверхнею.

Кожен болт обробляють і приганяють по фарбі до отворів у фланцях, що з'єднуються. Після пригонки болтів, спарені вали піддають контрольній перевірці биття і, якщо необхідно, з обох фланців знімають контрольну, тобто, тонку стружку з метою отримання фланців одного діаметра.

Остання операція – маркування всіх деталей кріплення та отворів фланців, їх розбирання та консервація. Згадані операції зі спарювання валів повністю себе окупають у процесі ремонту, оскільки значно скорочується трудомісткість робіт з монтажу валопроводу та його центрування. Полегшуються роботи з догляду за валопроводом у процесі експлуатації, спрощується перевірка його розцентрування.

9.4. Дейдвудні втулки

Поламані фланці або бурти дейдвудних втулок відновлюють зварюванням. Антифрикційний набір втулок замінюють, коли зазори між ним та облицюванням дейдвудної втулки більш допустимих. Після видалення старого набору зачищають внутрішню поверхню дейдвудних втулок. Шорсткість їх поверхонь повинна бути не нижче $Ra = 0,63$ мкм.

Нові вкладиші зазвичай набирають за схемою «бочка» – за діаметра до 400 мм, а більше – за схемою «ластівчин хвіст» (рис. 9.7). Поздовжні переміщення антифрикційних планок незалежно від набору обмежуються буртом або упорними кільцями, що кріпляться до дейдвудної втулки гвинтами.

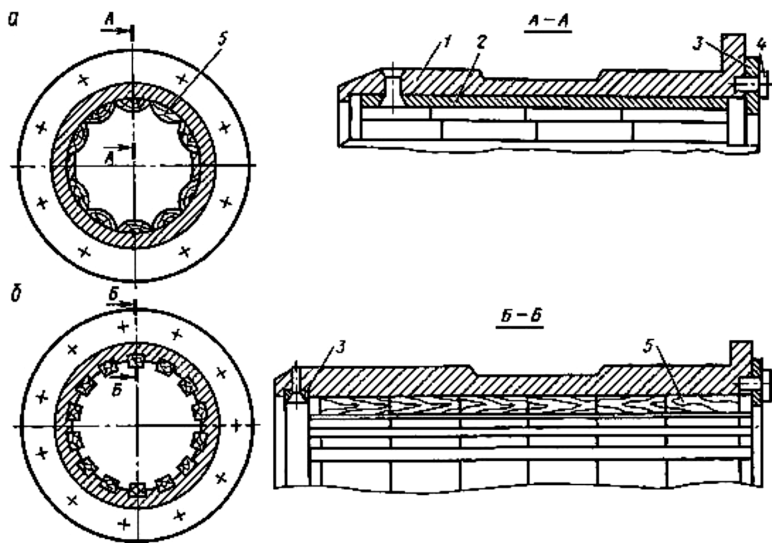


Рис. 9.7. Підшипники дейдвудного пристрою відкритого типу набрані за схемою:

a – «бочка»; *б* – «ластівчин хвіст»;

1 – дейдвудна втулка; *2* – планка завзята; *3* – кільце упорне;

4 – гвинт; *5* – планка втулки

У невеликих дейдвудних підшипниках гуму на внутрішню поверхню наносять шляхом вулканізації.

Довжина планок з бакауту 150...200 мм, ширина – 40...60 мм. Їхні заготовки обробляють за допомогою пристроїв на фрезерних верстатах. Перед обробкою заготовки попередньо вимочують у теплій воді близько 72 год. До встановлення планки зберігають у сирому місці, без доступу сонячних променів та протягу.

Набір слід виготовляти з планок, які мають бути однаковими за довжиною та шириною. У нижній частині дейдвудних втулок планки бакауту повинні мати поперечне розташування волокон, тому що в цьому випадку їхній опір значно більший, а у верхній частині – поздовжнє. Щільність прилягання планок перевіряють простукуванням набору легкими ударами молотка масою 75...100 г. Глухий звук – свідчення нещільності. У цьому випадку одну планку замінюють другою, що має збільшену товщину, щоб компенсувати нещільність усього набору. Недоліки бакауту: розтріскування під час висихання, дорожнеча та дефіцитність.

Бажано під час зберігання планки засипати тирсою, яку необхідно періодично змочувати водою.

Замінником бакауту є деревослоїстий пластик – лігнофоль марок ДСП-А і ДСП-Б (мають майже однакові фізико-механічні властивості, тому в судноремонті їх не розмежовують). Лігнофоль ДСП являє собою плити з пресованого березового шпону, просоченого фенол- або презол-формальдегідними смолами. Дейдвудні планки з лігнофоллю нарізають на фрезерному верстаті. Для зменшення поглинання вологи торці набору після заокруглення кромek просочують епоксидною смолою. Набір здійснюють за схемою «бочка».

Унаслідок розбухання планок по довжині, між ними залишають зазор, що становить до 2 % їхньої довжини, але не менше 10 мм. Щоб уникнути поглинання вологи, набір по всій довжині змащують солідолом, який до того ж полегшує

заведення дейдвудних валів. Пошкодження дейдвудних втулок, набраних з лігнофолію, зазвичай відбуваються через недотримання технологічного процесу під час набору, а також через порушення правил технічної експлуатації.

Крім лігнофолію, заміниками бакауту є текстоліт та гума. Застосовують текстоліти, що складаються з фенол-формальдегідної смоли, термографіту та спеціальної тканини.

Резино-металеві планки за діаметра дейдвудних втулок 400...650 мм набирають сегментами за схемою «лас-тівчин хвіст»; за діаметра 200...400 мм – за схемою «бочка». У цьому випадку сегменти кріплять болтами за допомогою металевих планок усередині гумових сегментів.

На рис. 9.8 зображено капролоновий підшипник дейдвудного пристрою великотоннажного судна. Щоб уникнути провертання й осьового зміщення капролонової втулки, її запресовують з певним натягом і стопорять шпонкою, що становить собою розпірну планку. Набрані вкладиші дейдвудних втулок розточують на токарних та розточувальних верстатах або безпосередньо на судні спеціальними переносними пристроями.

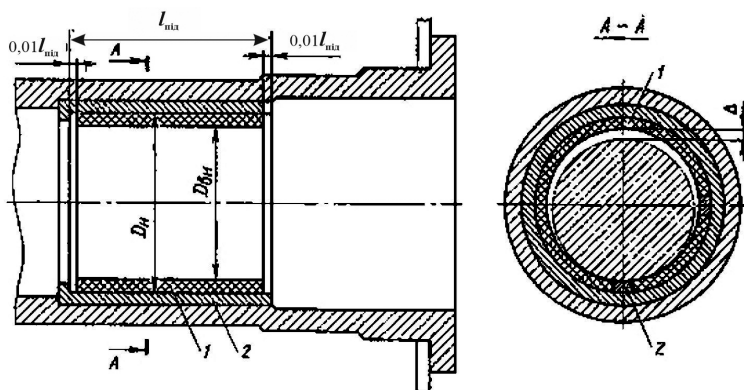


Рис. 9.8. Установлення капролонових підшипників у дейдвудному пристрої великотоннажних суден:

1 – втулка капролонова; 2 – шпонка

Розточування рекомендується проводити у два прийоми. Спочатку розточують зовнішній діаметр облицювання, а потім, наприклад, зміщуючи шпиндель верстата вгору на зазор, тим же радіусом виконують ексцентричне розточування. Таке розточування забезпечує не тільки співвісність гребного вала з валопроводом, а й добру прилеглисть вала до набору.

Щоб не випресовувати та запресовувати втулки для розточування часто використовують фальшвтулки, у які набирають планки. Після розточування на верстаті планки укладають у штатну дейдвудну втулку. Перевага такої технології – зменшення кількості операцій із дейдвудною втулкою, недолік – необхідність великої кількості фальшвтулок під час серійного ремонту.

Найбільш раціонально проводити заміну набору в дейдвудних втулках на місці з наступним розточуванням спеціальною борштангою. Добре виправдав себе жорсткий розточувальний пристрій (рис. 9.9), у якому вали борштанги, що центруються люнетом та опорним підшипником, приводяться в обертання від електродвигуна через клинову пасову передачу і редуктор або ручним приводом.

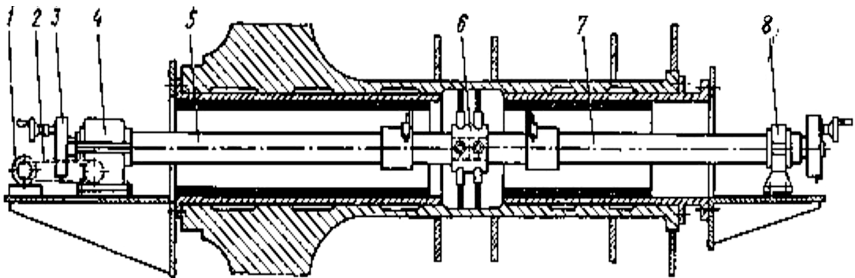


Рис. 9.9. Пристрій для розточування дейдвудних втулок великотоннажних суден:

- 1 – електродвигун; 2 – клинова пасова передача; 3 – привід ручний; 4 – редуктор; 5 – борштанга; 6 – люнет; 7 – борштанга; 8 – підшипник

Під час розточування дейдвудних набірних підшипників слід передбачати необхідні зазори. Монтажний діаметральний зазор у дейдвудних втулках і кронштейнах гребних валів, набраний із планок бакауту або лігнофолію ДСП, повинен становити $d_1 = 0,004d + 1$ мм, де d – зовнішній діаметр валу, мм. Гранично-допустимі зазори цих наборів 3...5 мм залежно від діаметра валів. Рекомендовані зазори в гумових підшипниках дейдвудних пристроїв знаходяться в межах 1,3...3,0 мм за діаметра валів, відповідно, 150...600 мм, а гранично-допустимі – 3,3...6,5 мм.

Дейдвудні втулки, залиті бабітом, виготовляють із сталі, латуні, часто їх відливають із високоякісного антифрикційного чавуну. В останньому випадку, якщо бабіт з різних причин випавиться, гребний вал до постановки судна в доковий ремонт працюватиме по чавуну, нерідко без пошкоджень. Перед заливкою бабітом, до лудіння, такі втулки слід обробити з метою звільнення її від графіту, який заважає змочуванню з розплавленим металом. Лудіння перед нанесенням бабіту краще проводити, опускаючи втулки в полуду після попереднього нанесення флюсу – розчину хлористого цинку. Після травлення та нанесення захисту на непокриті бабітом поверхні втулку нагрівають в електропечі до 200...250 °C та опускають (до 5 хв) у рідку полуду з температурою 270...280 °C.

Бабіт слід наносити відцентровим способом. Після цього втулку обробляють з урахуванням зазора між нею та гребним валом 0,65...1,10 мм залежно від діаметра з овальністю та конусністю не більше 50 % допуску на розмір. Якщо виконують остаточну обробку шабруванням, то відбитки повинні рівномірно розташовуватися в кількості не менше 10...5-ти плям на площі 25 × 25 мм. Ремонт антифрикційного металу не відрізняється від ремонту рамних підшипників двигунів.

Дейдвудні пристрої з масляним змащенням ущільнюють різними конструкціями манжетних ущільнень (типу

«Сімплекс», «Сімплекс-компакт», «Субліме» та ін.). Манжети ущільнення типу «Сімплекс-компакт» виконані з більш стійкого матеріалу (рис. 9.10).

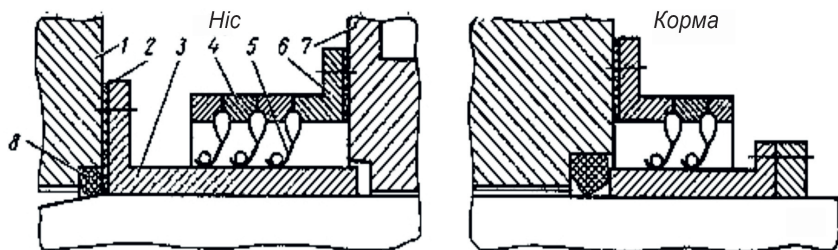


Рис. 9.10. Схема ущільнення дейдвудних підшипників типу «Сімплекс-компакт» з мастильним змащуванням:

1 – маточина гвинта; 2 – прокладка; 3 – втулка; 4 – кільце проміжне; 5 – манжета; 6 – сальник; 7 – дейдвудна труба; 8 – кільце ущільнювальне

Вони мають більшу довговічність, забезпечуючи надійну герметизацію дейдвудного пристрою. Крім того, конструкція дозволяє застосовувати однакові манжети для носового та кормового сальників, а виконання корпусів сальників і проміжних кілець з розніманням дає можливість під час ремонту швидко змінювати манжети (шляхом їх вулканізації) без зйомки гвинта. Передбачено встановлення резервних манжет у сальники (за потреби включення в роботу), для цього вал зміщують на певну величину стосовно корпусів сальників. Між нержавіючою втулкою ущільнення та маточиною гвинта встановлюють ущільнювальну прокладку та гумове кільце. Ущільнювальні прокладки також установлюють між дейдвудною трубою та корпусом сальника.

Ремонт ущільнення типу «Сімплекс» зводиться до заміни сальфонних і грязьових манжет, гумових кілець ущільнювачів, відновлення масляного зазора між направляючим кільцем

і втулкою в межах 0,4...0,8 мм (у кормовому сальнику). Якщо дейдвудне ущільнення типу «Сімплекс» можна збирати тільки в цеху з великими застереженнями від забруднень і доставляти в чохлах на місце установлення, то ущільнення типу «Сімплекс-компакт» через блокову конструкцію можна збирати на місці.

9.5. Гребні гвинти

Для гарячого правлення лопать сталевго гвинта підігрівають до 850...900 °С. Після цього гвинт конусним отвором установлюють на оправку й нижньою поверхнею погнуту лопать притискають до змінної плити, яка має ухил, що відповідає кроковій поверхні лопаті. У місці вигину до лопаті підводять шток гідродомкрата, який притискаючи лопать до плити, випрямляє її. За незначного згину лопать тим самим пристроєм випрямляють без нагріву. Після виправлення виконують відпал шляхом нагрівання та охолодження разом з піччю або в сухій ямі. Для повільного охолодження лопать, чи краще весь гвинт, покривають просушеним піском. Бронзові гвинти правлять після попереднього нагрівання вигнутих лопатей до 350 °С.

Кавітаційні руйнування біля кореня лопаті глибиною до 40 % її товщини заварюють, а за більших значень гвинт замінюють. Тріщини в тих же місцях (не більше двох) та дрібні тріщини біля кромek лопатей заварюють. Відламану частину лопаті або цілу сталеву лопать приварюють за складеним технологічним процесом.

Внутрішню конусну поверхню маточини гребного гвинта приганяють по конусу гребного вала на стенді. Для механізації цього процесу створено гідравлічний пристрій. Гребний вал, конусна поверхня якого покрита фарбою пригонки, опускають в отвір гвинта, установленного в горизонтальному

положенні. Пофарбовані місця маточини гвинта знімають шабером доти, поки конусна поверхня гвинта не покриться плямами з точністю не менше однієї плями на 1 см².

Для отримання однакової конусності гребного вала і гребного гвинта останній розточують за універсальним розсувним шаблоном і контршаблоном, знятим з конуса гребного вала переносним пристосуванням з механічним приводом. Після підгонки конусів приганяють шпонкові пази.

Якщо відсутній універсальний розсувний шаблон, з конуса гребного вала знімають плоский калібр-шаблон. З даного шаблону знімають контршаблон такої ж товщини (2...3 мм), яким розточують конус маточини гребного гвинта, якщо залишився необхідний запас на конус гребного вала. Потім приганяють шабруванням конус маточини по конусу гребного вала до появи рівномірно розподілених плям по поверхні конуса гвинта (3...4 плями на 1 см²).

Бічні поверхні шпонки приганяють по пазу вала – напружена посадка і пазу маточини гвинта – ковзна посадка. Після пригонки конусів гвинта й вала гребного слід їх законсервувати до складання.

Ремонт гвинтів зі знімними лопатями полягає в їхній заміні (рис. 9.11). Після видалення цементу та ковпачкових гайок знімають лопать. Для пригонки на фарбу фланця нової лопаті та центруючого паска по маточині видаляють шпильки кріплення лопаті. Після підгонки повертають шпильки на місце й насаджують нову лопать. Еліптичні отвори на фланці дозволяють лопать гвинта повернути так, щоб її крок у порівнянні з іншими лопатями був у межах норми. Після цього між шпилькою та стінкою отвору у фланці лопаті заганяють сухарі.

Потім наворачтають і закріплюють ковпачкові гайки, армують відпаленим м'яким дротом та заливають цементом простір між гайками і фланцями, надавши поверхні плавну обтічність.

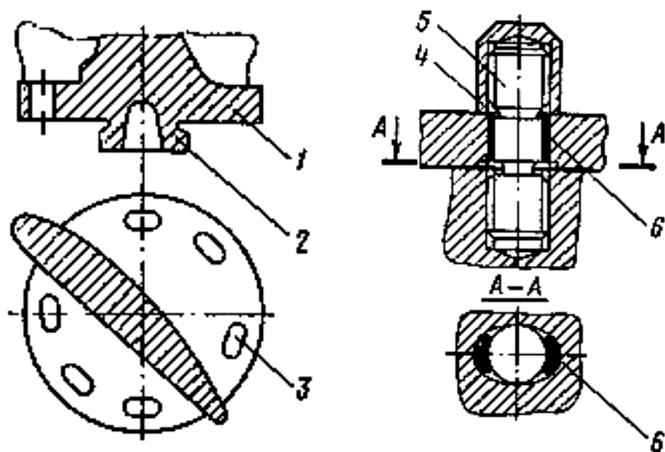


Рис. 9.11. Ремонт та заміна знімної лопаті гвинта:
 1 – фланець; 2 – поясок; 3 – еліптичні отвори; 4 – гайка;
 5 – шпилька; 6 – сухар

Ремонт гвинтів регульованого кроку (ВРШ). Під час ремонту проводять роботи з перевірки герметичності корпусу, заміни гумових прокладок, перебирання механічних передач, вимірювання зазорів та зношування в зачепленні зубчастих пар. Перевіряють правильність узгодження керуючих та виконавчих органів, легкість у перекладанні лопатей та час розвороту з переднього на задній хід, і навпаки.

Під час зносу циліндр сервомотора відновлюють шляхом заливання бабітом відцентровим методом з наступним розточуванням. Зношені кільця поршня замінюють, зношені золотникові втулки розгортають. До того ж золотники замінюють на нові або старі відновлюють пористим хромуванням і притирають їх по втулці. Нові кулісні камені пришабрують по повзуну.

Цапфи й дискові ексцентрики в разі зносу більш допустимого замінюють з наступною підгонкою до деталей, що сполучаються.

Остаточне доведення всієї системи після ремонту становить собою трудомістку операцію, тому доцільно випробувувати ВРШ на стенді. Остаточне випробування гвинта проводять після встановлення на місце.

Під час перевірки якості ремонту підвишений гвинт обстукують молотком – чистий звук свідчить про відсутність тріщин. Перевіряють геометрію гвинта: крок, діаметр, форму та ухил лопатей. Крок гвинта перевіряють крокоміром по 5...6 радіусах, різниця у кроці лопатей не повинна бути більше 0,5 %.

Різниця в масі між штатними та запасними лопатями не повинна перевищувати 1,5 %. Для збільшення поверхневої міцності лопаті пластичним деформуванням застосовують дробоструминну обробку гребних гвинтів. Це необхідно виконувати після будь-якої ремонтної операції, пов'язаної з термообробкою нагріванням та механічною обробкою поверхневого шару. Після зміцнення гвинт шліфують.

На судноремонтних заводах шліфування та полірування лопатей виконують електричними та пневматичними машинками різних марок з частотою обертання від 2000 до 9000 об/хв. Під час шліфування виникає вібрація та шум вищі за допустимі норми. Розроблено пристрій, що повністю механізує процеси шліфування та полірування лопатей гвинтів після ремонту або знову виготовлених. Сутність пристосування полягає в тому, що лопаті гвинта занурюються у ванну, наповнену шліфувальною масою. Ванна, обертаючись, шліфує (полірує) лопаті. Використання цього пристрою дозволяє досягти необхідної шорсткості поверхні.

У процесі виготовлення та ремонту гребні гвинти піддають балансуванню, використовуючи для цього спеціальні верстати.

9.6. Насадка гребних гвинтів фіксованого кроку

Після пригонки конічної поверхні маточини по конусу гребного вала застосовують гідропресовий спосіб насадки гвинтів гідродомкратом. Гідропресову насадку гвинта виробляють наступним чином: після змащення конуса вала маслом на нього вільно насаджують гвинт (рис. 9.12). На хвостовик вала нагвинчують кільцевий гідродомкрат до упору плунжера в торець маточини. До штуцера гідродомкрата та каналу підводять масло під високим тиском 20...40 МПа.

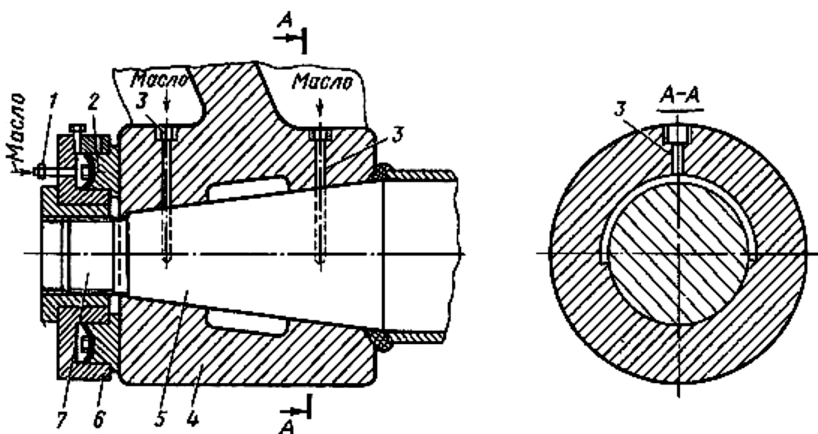


Рис. 9.12. Насадка гребного гвинта гідропресовим способом:
1 – штуцер; 2 – плунжер; 3 – канал; 4 – гвинт; 5 – конус вала;
6 – гідродомкрат; 7 – хвостовик

Під час одночасного подання масла насосами до поверхні сполучення гвинта та конуса вала через отвори в кільцевому домкраті гвинт сідає на конусну частину вала з натягом. Подача масла до конічних поверхонь зменшує зусилля, необхідне для просування гвинта. Контроль переміщення гребного гвинта здійснюється індикатором. Величину просування гвинта визначають розрахунком. Після зняття тиску та

демонтажу гідропресового пристрою на хвостовик гребного вала нагвинчують гайку до щільного прилягання до торця маточини, що перевіряють щупом, і її стопорять.

На сьогодні під час гідропресової посадки практикується закріплювати гвинт без шпонки. У цьому випадку не послаблюється конусна частина вала від шпонкового паза, зменшується об'єм механічних робіт. Наступні підгонки та посадки гвинта забезпечуються в тому випадку, якщо маточина гвинта має звис з конуса вала на 20...30 мм – для великих гвинтів і 10...15 мм – для малих.

Затягування гайки гребного гвинта регламентується відповідним галузевим стандартом. Чорноморським ЦПКБ розроблено технологічну інструкцію, за якою гайку гребного гвинта затягують певним статичним моментом. Після насадки гребного гвинта на вал гайки нагвинчують до упору в торець маточини. Потім на гайку встановлюють ключ із талями, залежно від довжини ключа створюється необхідний розрахунковий момент затягування.

Після затягування зазор між торцями гайки та маточини конуса гвинта, що перевіряється щупом, не повинен бути більше 0,05 мм на довжині не менше $\frac{2}{3}$ периметра гайки. Після цього гайку гвинта стопорять. Цей спосіб полегшує працю судноремонтників, прискорює роботи та дає помітний економічний ефект.

У процесі монтажу гвинта необхідно ущільнити незахищену поверхню кінцевої частини вала, тобто виключити попадання морської води між обтічником і маточиною гребного гвинта, а також між кормовим кінцем облицювання та маточиною.

До установлення, на місці, обтічник випробовують гідравлічним тиском 0,2 МПа. Потім його кріплять до кормового торця маточини гвинта болтами або шпильками з установленням парусинової прокладки на свинцевому сурику та гумового кільця з маслостійкої гуми. Усі порожнини обтічника та гвинта заповнюють мастильним матеріалом, а кріплення заливають цементом.

РОЗДІЛ 10

РЕМОНТ ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ І СИСТЕМ

10.1. Палубні допоміжні механізми

Відповідно до Правил класифікаційних товариств важливі деталі палубних механізмів (вантажні та проміжні вали електричних брашпилів, шпилів, лебідок і кранів, балери кранів, зуби та шестерні механізмів повороту тощо) слід піддавати періодичному контролю сучасними засобами.

Особливо уважно слід оглядати дорогі черв'ячні передачі, у яких найчастіше зношуються колеса. Передчасне зношування є наслідком неспіввісності черв'яка й колеса. Причинами зносів є неправильна геометрія складання, регулювання зазорів, посадка підшипників, пригонка і т. д. Для черв'ячних передач даються норми граничних зносів і дефектів, наприклад, для вала з частотою обертання менше 500 об/хв гранична стріла прогину на 1 м довжини складає 0,6 мм, а більше – 0,4 мм. Допустимий знос зубів не повинен перевищувати 10 % будівельної товщини.

Зношені місця валів відновлюють наплавленням, потім їх проточують на токарному верстаті. Вали правлять термомеханічним способом. У разі значного прогину вала та зносу шийок його замінюють. Нові вали виготовляють із сталі марок Ст5 або 30, 35 і 40.

Зношені сталеві кулачкові муфти після попереднього зачищення відновлюють наплавленням з наступним проточуванням на токарному верстаті. Зношені або поламані чавунні муфти замінюють на нові.

Зношування гнізд зірочок брашпилів і шпилів, що призводить до зісковзування якірних ланцюгів, усувають шляхом установлення ввертишів діаметром 10...16 мм з подальшим наплавленням та обробкою поверхні шліфувальною машинкою. Для полегшення та прискорення обробки наплавлення слід контролювати шаблонами, виготовленими за кресленням гнізд. Зношені робочі місця турачок каналних барабанів також відновлюють наплавленням. Зірочки замінюють на нові, якщо гнізда сильно зношені.

Зуби шестерні та зубчасті колеса, виготовлені з чавуну, за наявності тріщин замінюють новими. Зношені зуби великих сталевих коліс відновлюють наплавкою (обваркою), потім обробляють на фрезерних верстатах, а циліндричні поверхні перевіряють на токарних. Виготовити нові великі сталеві шестерні складно і не завжди можна. Пошкоджені або зношені циліндричні та конічні колеса й шестерні рульових машин замінюють на нові, виготовлені з низьколегованих сталей марок 40Х, 45ХН, 35ХМ та 30ХМ. Сильно зношені черв'ячні пари замінюють на нові. Іноді ремонтують черв'ячні пари наплавленням з подальшою обробкою. Не допускається відновлювати поламані зуби черв'ячних шестерень.

Станини брашпилів, лебідок та інших палубних механізмів, що мають тріщини або поломки, замінюють на нові, відлиті з чавуну марок СЧ21-40 і СЧ-24-44. В окремих випадках станину можна відремонтувати, установлюючи накладки з листової сталі. Невеликі тріщини обробляють епоксидними компаундами.

Ремонт гальм якірно-швартовних механізмів та лебідок зводиться до заміни дубових колодок, фібри та стрічки. Фрикційні накладки кріплять латунними або мідними шурупами, потім їх розклепують із зовнішнього боку; з фрикційного боку головки шурупів мають бути утоплені. Ремонт підшипників палубних механізмів не відрізняється від підшипників головних ДВЗ. Під час капітального ремонту палубних механізмів

заміняють підшипники, вали, барабани, станини, що лопнули, муфти, шестерні, зубчасті колеса, деталі гальмівного пристрою і двигунів, черв'ячні пари.

У процесі збирання палубних механізмів слід перевіряти паралельність осей валів за допомогою мікроштих-маса, струни або свинцевих вижимків. Перевірка паралельності валів свинцевими вижимками полягає в тому, що у западину між зубами шестерень укладають свинцевий дріт завдовжки більше за довжину зуба. Потім вал перевіряють уручну, товщину зім'ятого свинцевого дроту заміряють мікрометром по кінцях. Допускається різниця між зазорами 0,04...0,10 мм залежно від якості обробки шестерень та коліс. Виправлення непаралельності досягають обережним шабренням підшипників. Паралельність валів можна перевірити за допомогою туго натягнутого шнура, перпендикулярного до осей валів; рейсмуси, закріплені на валах, у початковому положенні повинні легко торкатися шнура. Якщо під час повороту валів на 180° один із рейсмусів відхилиться від шнура, то вали непаралельні. Рейсмус можна замінити косинцем із довгими полицями. Величина допустимої непаралельності осей валів залежить від частоти обертання і коливається в межах від 02 до 05 мм на 1 м довжини вала при $n < 20$ і $n > 1000$ об/хв.

Правильна геометрія складання деталей є найважливішою умовою нормальної та тривалої роботи механізмів. Після збирання та регулювання механізми випробовують на стендах у цеху або на судні.

10.2. Насоси, компресори та холодильні установки

Насоси. Під час ремонту циліндри насосів розточують, також зачищають або замінюють робочі втулки. Циліндри прямо діючих насосів слід розточувати з однієї установки,

чим забезпечується їхня співвісність. У разі незначного зносу циліндрів у них видаляють задирки та напрацювання. За діаметра від 50...80 до 310...500 мм гранично-допустима конусність (і бочкоподібність) циліндрів становить, відповідно, від 0,40 до 0,90 мм, еліптичність – 0,6...2,2 мм, монтажний діаметральний зазор між дзеркалами циліндра і поршня – від 0,40...0,66 до 1,10...1,60 мм. Гранично-допустимі зазори від 3 до 7 мм відповідно для тих же діаметрів.

Поршні та поршневі кільця замінюють, якщо циліндр розточують. Золотникові дзеркала, клапанні решітки та золотники залежно від зносу замінюють або пришабрують по плиті. Клапани змінюють або проточують, потім їх приганяють по гніздах, притираючи або пришабруючи. Ремонт шарнірних з'єднань полягає в розгортанні отворів на ремонтний розмір із заміною пальців або в зачистці, підварюванні, свердлінні та розгортанні отворів з установленням нових пальців попереднього діаметра.

У відцентрових насосах зношуються кільця ущільнювачів 1, 2 в корпусі та 3, 4 на робочому колесі, що веде до втрати напору (рис. 10.1,*а*). Під час ремонту видаляють їх проточкою, виготовляють нові, запресовують і остаточно обробляють, забезпечуючи зазор від 0,06 до 0,40 мм. Якщо відсутні кільця ущільнювачів 3 і 4 на крилатці, доводиться видаляти кільця 1 і 2, а місця на крилатці під кільцями необхідно обробити за наявності пошкоджень. Іноді застосовують спосіб відновлення ущільнювальних кілець шляхом їх часткової проточки з подальшим покриттям епоксидною смолою, яку потім проточують, забезпечуючи потрібний зазор.

Щільність посадки крилатки на валу відновлюють хромуванням, електрометалізацією посадкового місця вала або розточуванням маточини крилатки з наступним запресуванням і розточуванням під посадку втулки 5 (рис. 10.1,*б*). Рекомендується втулку додатково закріплювати шурупами 6.

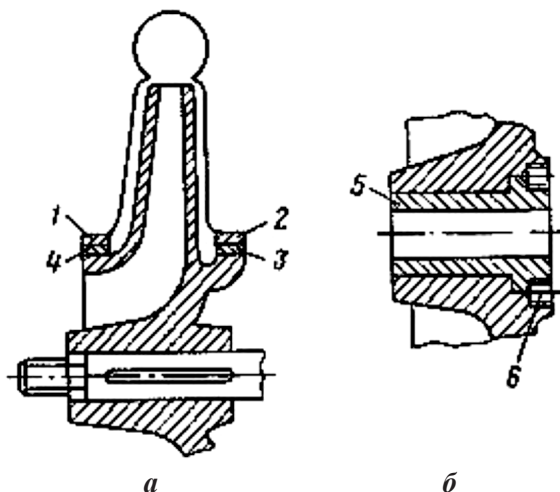


Рис. 10.1. Ремонт ущільнювальних кілець

Деформовані вали зі стрілою прогину до 0,5 мм правлять у холодному стані. У разі більшої деформації вал замінюють або правлять у підігрітому стані. Зношені сорочки вала або проточують на глибину не більше 20 % товщини будівельної, або видаляють. Нові сорочки встановлюють на гарячій посадці, потім остаточно їх проточують.

Зношені шийки вала або шийки із задирками відновлюють проточкою з наступним шліфуванням. У цьому випадку підшипники ковзання перезаливають, потім розточують і приганяють по шийках вала. Площини роз'єму всмоктувальних і нагнітальних патрубків, лап та інші відновлюють шабруванням і перевіряють на фарбу. Щуп 0,05 мм не повинен проходити між площинами гнізда. Після збирання ротора слід зробити статичне балансування одноступінчастих насосів і динамічне – багатоступінчастих.

У шестеренних насосів збільшений радіальний зазор між корпусом і зубцями шестерні можна зменшити розточуванням гнізд під цапфи валів з певним ексцентриситетом (рис. 10.2).

У результаті радіальний зазор між зубами і корпусом з боку нагнітального патрубка зменшується до нормального. Нормальне значення радіального зазора $0,03 \dots 0,30$ мм залежно від розміру шестерень і напору, а допустиме – $0,25 \dots 0,40$ мм.

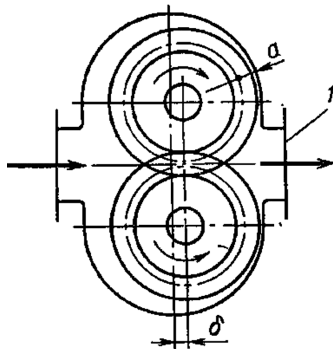


Рис. 10.2. Ремонт шестеренного насоса

Радіальний зазор зменшують, виготовляючи шестерні з більшою висотою зубів або наплавляючи корпус бабітом. Збільшений торцевий проміжок усувають шліфуванням торців корпусу, кришок і торців шестерень з установленням шліфувальних прокладок, знос в опорах – заміною втулок зі шліфуванням цапф валів. Нормальне значення торцевих зазорів $0,03 \dots 0,3$ мм, а гранично-допустиме – $0,1 \dots 0,6$ мм залежно від діаметра шестерень. Після збирання шестерні обкатують, а насос випробовують на стенді.

Ремонт *струминних насосів* зводиться до заміни конусів, які виготовляють з латуні або бронзи. Обробку конусів контролюють шаблонами. Під час установлення конусів перевіряють відстань між ними. Сопла та дифузори зазвичай не ремонтують, а замінюють новими. Значного зношування і роз'їдання піддаються корпуси інжекторів. Їх повністю замінюють. Клапани та гнізда притирають, а якщо є зношування, то проточують, а потім притирають.

Ремонт *гвинтових насосів* найбільш складний через точність обробок та пригонки. Основними ремонтними роботами є шліфування неглибоких рисок на профільних робочих поверхнях і шийках, відновлення хромуванням зношених профільних частин (глибиною не більше 0,15...0,20 мм), механічне виправлення гвинтів з наступним шліфуванням шийок зі стрілкою прогину не більше 0,1 мм. Зовнішній контакт у зачепленні відновлюють обкаткою на спеціальних верстатах із застосуванням притиральної пасти або, зрештою, обережним шабренням або підпилюванням бархатним напилком. Задовільний контакт характеризується відбитком не менше 90 % за довжиною та 50 % за висотою гвинта.

Компресори. Характер ремонту деталей руху та клапанів компресорів не відрізняється від ремонту аналогічних деталей ДВЗ. Незначні пошкодження пластинчастих клапанів усувають, притираючи їх на плитах, а потім по сідлу. Пошкоджені сідла проточують і притирають. Під час заміни поршневих кілець слід перевіряти зазор між кільцем і циліндром, який для *I* та *II* ступенів не повинен перевищувати 0,05 мм, а для *III* ступені – 0,03 мм на дузі 30°. Сумарна довжина дуг має бути не більше 45°.

Зношення кульової головки шатуна усувають обпилюванням бархатним напилком з подальшою обробкою дрібним наждачним папером з маслом. Площинність поверхонь станини та машинної рами відновлюють обробкою на поздовжньо-стругальних та поздовжньо-фрезерних верстатах або шабренням. Непаралельність верхньої та нижньої опорних поверхонь станини має бути не більше 0,15 мм. Допустима непаралельність базової площини фундаментної рами осі гнізд під вкладки рамних підшипників має бути не більше 0,05 мм. У разі розточування гнізд під рамні вкладиші їхня неспіввісність не повинна перевищувати 0,03 мм.

Компресори збирають майже за тією самою схемою, що і двигуни з кривошипно-шатунним механізмом. Масляні

зазори в рамних та мотильових підшипниках 0,03...0,09 мм (залежно від діаметра шийок), а в головних – 0,04...0,08 мм. Висота камери стиску становить 0,5...0,8 мм. Регулюють її шляхом зміни товщини приставної планки між п'ятою стрижня шатуна та нижньою головкою, перевіряють за допомогою свинцевих вижимків. Слід пам'ятати, що навіть незначне збільшення зазора веде до значної втрати продуктивності компресорів. Після збирання проводять здавальні стендові випробування, які поєднуються з обкаткою в заводі або на судні.

Холодильні установки. Головним механізмом суднової холодильної установки є компресор. Після очищення та промивання його деталей роблять дефектацію шляхом огляду, обміру та сучасними методами дефектоскопії. Основні пошкодження картера: знос гнізда (постелі) підшипника кочення колінчастого вала через обертання зовнішнього кільця в результаті похибок у складанні або надмірного зазора між кільцем і гніздом, тріщини, втрати площинності лап тощо.

Якщо необхідний ремонт гнізд, то їх розточують на верстаті або борштангою до 10...12 мм на діаметр, потім запресовують кільця, які стопорять однією або двома круглими шпонками (гвинтами). Тріщини закладають, а площинність лап відновлюють шабруванням – 1...2 плями на 1 см², а щуп 0,05...0,10 мм не повинен проходити між лапою та плитою.

Блоки втулок циліндрів відливають із чавуну марок СЧ21-40 та СЧ24-44, а гільзи – з легованого. Зноси та пошкодження у втулок, а також їх причини майже ті ж, що й у втулок ДВЗ. Найбільша еліптичність, що допускається, залежить від діаметра і частоти обертання вала компресора. Наприклад, за частоти обертання до 500 об/хв допускається еліптичність для циліндрів діаметрів 100...200 мм у межах 0,25...0,35 мм, а для циліндрів більшого діаметра – від 1,0 до 1,5 мм. Конусність не повинна перевищувати 0,07 мм на 100 мм діаметра циліндра.

Циліндри компресорів ремонтують тими самими способами, що й циліндри ДВЗ. Кришка після ремонту підлягає гідравлічному випробуванню.

Поршні аміачних компресорів відливають із чавуну СЧ21-40, СЧ24-44, а фреонові – із чавуну чи сплавів алюмінію. Матеріал, основні пошкодження та ремонт деталей шатунно-поршневого вузла аналогічні тим же деталям двигуна внутрішнього згоряння.

Зношування підшипників кочення колінчастих валів характеризується переривчастим або шарудливим шумом, появою рисок, слідів викришування та відблисків на поверхнях кульок (роликів) і бігових доріжках, помітним люфтом. Видаляти підшипник кочення слід знімачем. Внутрішнє кільце підшипника має бути насаджене на вал нерухомо (з невеликим гарантованим натягом залежно від характеру навантаження), а зовнішнє монтують у корпусі на посадці, що забезпечує не тільки вільне обертання роликів, але і його провертання під навантаженням у корпусі підшипників для рівномірного зношування.

Монтаж підшипників кочення слід проводити спеціальними пристроями. Зазвичай колінчасті вали компресорів мають ті ж зноси, що й вали ДВЗ, пошкодження та ремонт їх не відрізняється. Сідла клапана шліфують з наступним притиранням. Кільцеві клапани притирають на плиті, а потім по своїм слідам.

Характер ремонту сальників колінчастого вала залежить від їхньої конструкції. Ремонт сальфонного сальника зводиться до заміни пошкодженого сальфона; пружин, що втратили пружність; гумового кільця, а також до притирання дисків. Під час ремонту безсальфонних сальників виконують аналогічні роботи по дискам, заміні пружин, мембран, гумових кілець та ін. Сальники збирають чітко за кресленнями. Ремонт масляних зубчастих насосів і системи змащення аналогічний ремонту у ДВЗ.

Компресор збирають у послідовності, зворотній розбиранню. Остаточна робота – установлення величини шкідливого простору за допомогою індикаторного глибиноміру, штангенглибиноміру та свинцевих вижимок. Після збирання проводять обкатку. Компресор установлюють на фундамент на прокладках, дотримуючись співвідношення з двигуном за допомогою стрілок (аналогічно установленню ДВЗ).

Ремонт теплообмінних апаратів холодильних установок не відрізняється від ремонту теплообмінних апаратів інших установок.

10.3. Ремонт теплообмінних апаратів

Ремонт корпусів включає в себе роботи з ліквідації тріщин дуговим зварюванням, відновлення площинності фланців шабруванням і місць зовнішнього корозійного роз'їдання, очищення, фарбування свинцевим суриком і покриття епоксидним складом.

Перед установленням труб, у трубних решіток перевіряють отвори: овальність не повинна перевищувати 0,05...0,10 мм, а зазор між отворами і трубою повинен бути не більше 0,4 мм. Ці умови дають змогу виправляти отвори, не замінюючи труби. Труби в решітках закріплюють вальцюванням, вальцюванням з наступним зварюванням, протяжкою пневмогідравлічним пристроєм, зварюванням, сальниковими втулками, а останнім часом методом вибуху.

Якщо труби підігрівачів, охолоджувачів, конденсаторів та інші закріплені сальниковими втулками, то під час заміни дефектних труб ремонт виконують у такій послідовності: викручують сальникові втулки та видаляють стару набивку (кільця), виймають труби з гнізд трубних решіток, виготовляють нові труби, вирівнюють, ставлять нову набивку, закручують і обжимають сальникові втулки. Після збирання проводять

гідравлічне випробування труб, згідно із заводською інструкцією, а конденсатора – надмірним тиском не більше 0,1 МПа.

10.4. Ремонт обладнання суднових систем

Матеріали, що застосовуються під час ремонту систем. Застосовують сталеві, мідні, мідно-нікелеві, латунні, алюмінієві, біметалічні та неметалічні (поліетиленові, рідше з фторопласту, поліпропіленові та ін.) труби.

Трубопроводи частіше виконують із труб безшовних, холоднотягнутих, холодно- або гарячекатаних сталевих (сталь марки 10 і 20). Для температур нижче -40°C застосовують труби з легированих сталей. Для ущільнення зазора між поверхнями фланців використовують пароніт, фібру та інші матеріали. У трубопроводах з високими тиском і температурою застосовують прокладки з алюмінієвих сплавів, міді та м'якої сталі, а у штуцерно-торцевих з'єднаннях для трубок з червоної міді ущільненням слугують відпалені бурти стінки трубок або червоно-мідні кільця.

Муфтові з'єднання труб ущільнюють намотуванням на різьбу лляного пасма, просоченого свинцевим суриком або густими білилами. Для ущільнення сальникових пристроїв обладнання та арматури застосовують, головним чином, плетені матеріали: бавовняні, прядив'яні, азбестові, сухі та просочені. На сьогодні ущільнення виконують з прокладних матеріалів-герметиків У-30М і У-30МЕС-5, що становлять собою пасту, яка після додавання отверджувачів стає еластичною і стійкою, а також з фторопластового ущільнювального матеріалу (ФУМ). Останній поставляється у вигляді стрижнів круглого та квадратного перерізу та стрічок. Фторопластовий ущільнювальний матеріал застосовують для ущільнення фланців, сальникових пристроїв, арматури та інших з'єднань, він не втрачає своїх ущільнювальних властивостей у разі зміни температур від 50 до 150°C .

Розбирання, очищення та дефектація трубопроводів. Труби після демонтажу очищають механічним способом за допомогою металевих щіток, дробоструминним або хімічним методами (за діаметра труб менше 40 мм застосовують тільки хімічний спосіб). Очищення трубопроводів не відрізняється від очищення суднових деталей. Найчастіше на СРЗ дефектацію, уточнюючу ремонтну відомість, починають із візуального огляду, коли з'ясовують видимі дефекти. Для виявлення значного стоншення стінки труби в підозрілих місцях їх простукують молотком, а без виявлення видимих дефектів нещільностей піддають гідравлічному випробуванню. У разі складної форми труб у недоступних місцях візуальний огляд ускладнює контроль за глибиною руйнувань. У цехових умовах застосовують дефектоскопи, засновані на магнітографічному методі МДУ-2У та МДС-1, які дозволяють вимірювати глибину місцевого виразкового зносу на внутрішньому та зовнішньому боці стінок труб за доступу до них лише із зовнішнього боку. Цими дефектоскопами можна контролювати труби діаметром від 10 до 160 мм за товщини стінок від 1,6 до 5 мм. Важливо, що фарбування, оцинкування, продукти корозії, забруднення, накип та інші відкладення на внутрішній поверхні не впливають на точність вимірів.

Основні пошкодження труб: пропуски в місцях з'єднань, тріщини і свищі, розриви, вм'ятини, обриви в місцях фланцевих з'єднань, особливо за поганого кріплення або його ослаблення, корозія фланцевих і штуцерних з'єднань, пошкодження різьби, втрата площинності фланців, пошкодження та забруднення на поверхнях фланців тощо. Після уточнення дефектації труб виділяють дві групи: одна група потребує ремонту, інша – заміни через нераціональність їхнього ремонту.

10.5. Ремонт трубопроводів

Мідні труби. Тріщини та свищі ліквідують найчастіше пайкою, а вм'ятини виправляють. Вм'ятини, розташовані ближче до кінця труби, виправляють пристроєм з калібрувальною пробкою, а далі від кінця (більше 200...300 мм) за допомогою гідравлічного тиску або кулі. За будь-якого способу пошкоджене місце спочатку відпалюють, нагріваючи й охолоджуючи його у воді. Під час виправлення гідравлічним способом один кінець труби глушать, а інший приєднують до гідропресу. Тиск збільшують до пробного, тримають 5 хв, знижують до робочого й обстукують дефектне місце дерев'яним молотком до виправлення вм'ятини. Цей спосіб дає добрі результати. Вм'ятини товстостінних мідних труб виправляють за допомогою чавунних або сталевих куль. Для цього у верхню частину підвищеної труби заводять кулю, діаметр якої на 2...3 мм менше внутрішнього діаметра труби. Кулю зупиняють на початку вм'ятини і легким постукуванням визначають її місцезнаходження. Потім гладильним молотком наносять удари по точці зіткнення кулі з трубою – вм'ятина випрямляється і куля просувається до кінця труби. Ці роботи можна виконувати в судових умовах. Якщо кілька вм'ятин і тріщин на одній ділянці, останні вирізають, а ділянку з'єднують, як показано на рис. 10.3,*а*, з наступним паянням твердим припоєм.

Сталеві труби. Тріщини та свищі заварюють дуговим або газовим зварюванням. У першому випадку для виконання робіт із високою якістю використовують електроди типу Е42А. Ділянки з багатьма пошкодженнями вирізують із наступним уварюванням у стик нових відрізків труб, як показано на рис. 10.3,*б*. Корозійні або зламані фланці замінюють новими. Замість плоских фланців 1 приварюють стик фланця 2 з метою збереження колишніх розмірів (рис. 10.3,*в*).

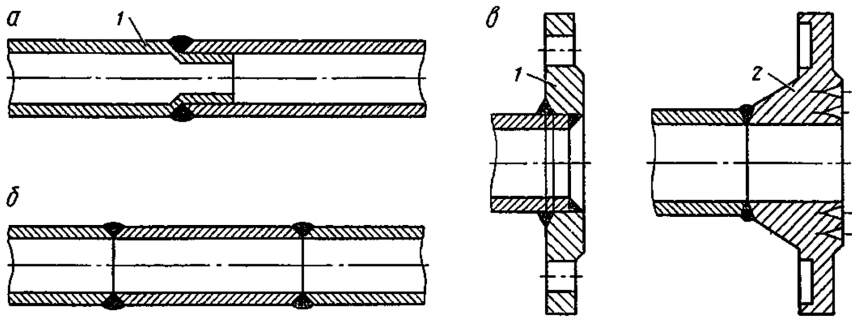


Рис. 10.3. Способи ремонту труб

Роботу з видалення вибоїн, чищення ущільнювальних канавок та відновлення площинності фланців можна проводити на верстатах та вручну в судових умовах. В останньому випадку площинність відновлюють обпилюванням, яке контролюють невеликою контрольною плитою, або виготовляють фланці на судовому токарному верстаті. Якщо стан фланців добрий, то в судових умовах пропуски усувають шляхом їхньої підтяжки та заміни прокладок; пошкодження окремих ниток різьби у штуцерних з'єднаннях плашками та мітчиками.

Ремонт сталевих труб у судових умовах зводиться зазвичай до зварювання та гідравлічного випробування на міцність та щільність. Для якісного ремонту трубу необхідно знімати зі штатного місця, ретельно зачищати місце зварювання і намагатися не допускати напливів на внутрішніх поверхнях, щоб уникнути збільшення опору під час руху середовища. Після зварювання труби ретельно зачищають, продувають і випробовують гідравлічним тиском.

10.6. Збірка труб і захист їх від корозії

До труб приєднують відростки, фланці, штуцерні з'єднання, патрубки та інші деталі. Розмір вирізаного отвору для відростків повинен дорівнювати його внутрішньому діаметру з відхиленням не більше +1 мм, кромки зачищені, а внутрішня кромка округлена. Останні операції необхідні для уникнення різкого збільшення місцевого опору. Після заготівлі деталей приступають до збирання. Існує кілька способів збирання труб:

- 1) з припасуванням деталей за місцем на судні;
- 2) у спеціальних пристроях-позиціонерах по демонтованих або еталонних трубах;
- 3) на пристосуваннях шаблон-макетів.

Перший спосіб найпоширеніший на заводах. Він полягає в тому, що трубу з незакріпленими фланцями й відростками доставляють на судно, де за місцем установлюють усі деталі на трубі з подальшою прихваткою. Фланці прихоплюють після правильного їх орієнтування по відношенню до фланців труб, що приєднуються, наприклад, збіги болтових отворів і правильного положення різних відростків. Потім трубу доставляють до цеху, де до неї приварюють усі прихоплені на судні деталі. Прихватку та зварювання повинні проводити однакоvими електродами. Складання труб у позиціонерах по еталонних трубах застосовують для серійних суден. Цей спосіб виключає зайве транспортування труб на судно та назад у цех.

Третій вид складання труб виконують, головним чином, під час будівництва серії однотипних суден.

З багатьох методів захисту труби від корозійних руйнувань найбільш ефективними в суднових умовах є цинкові та неметалеві покриття. Цинкові покриття виконують термодифузійним, гарячим чи гальванічним способами.

Найчастіше цинкування виконують гарячим способом, поміщають у розплавлений цинк або цинк, легований

алюмінієм, магнієм і титаном, а потім проводять термодифузійний відпал.

Перед будь-яким цинкуванням труби готують: їх знежирують, травлять, застосовують дробоструминне очищення зовні і всередині. Під час гарячого цинкування труби флюсують у розчині з 20...22 % хлористого амонію, 12...14 % хлористого цинку, 1...2 % гліцерину та води з наступною витримкою протягом 30 хв за температури 100...110 °С у сушильній шафі; різьбу захищають обмазкою. Товщина покриття (90...300 мкм) залежить від температури (440...460 °С) та часу витримки труб у ванні (від 3 до 18 хв). Однорідну структуру цинкового покриття досягають наступним термодифузійним відпалом за температури 550 °С протягом 20 хв, що підвищує у 2...3 рази корозійну стійкість. Якщо в розплавлений цинк ввести титан, магній чи алюміній, то корозійну стійкість можна підвищити.

З неметалевих частіше застосовують покриття фарбами ФЛ (ФЛ-723, ФЛ-724-1 або ФЛ-724-2), так як їх стійкість у 2...3 рази більше, ніж у покриттів на основі перхлорвінілової смоли. Підготовка труб під фарбування не відрізняється від підготовки до цинкування. Так як термін придатності фарби невеликий, її готують перед нанесенням. Зазвичай наносять три шари фарби методами занурення труби у ванну з фарбою, нагнітанням або наливом фарби в порожнину труби фарбування зовнішньої поверхні пензлем. Після нанесення кожного шару трубу просушують у природних умовах, тобто на відкритих майданчиках, потім піддають термообробці, продуваючи повітрям, занурюючи в прісну воду або у ванну з турбінним маслом. У всіх випадках температура середовища має бути 60...80 °С.

Після виготовлення та ремонту проводять гідравлічне випробування труб для перевірки їх на міцність та щільність. Трубу (або кілька з'єднаних труб) із заглушками заповнюють водою та ручним насосом підвищують тиск до пробного.

Труби, що випробовуються, витримують під пробним тиском, обстукують легкими ударами ручника місця поблизу швів. Відсутність течі та крапель свідчить про те, що труба витримала гідравлічне випробування.

Допускається одноразове вирублення та підварювання дефектних місць з повторним гідравлічним випробуванням. Для гідравлічного випробування труб застосовують різні стенди, пристрій яких дозволяє створювати тиск від 4 до 25 МПа.

10.7. Теплова ізоляція трубопроводів

Трубопроводи, що працюють за температури вище 50 °С або нижче 10 °С, ізолюють для запобігання опіків обслуговуючого персоналу, зменшення втрат тепла, запобігання відпотіванню труб. Для ізоляції труб, що працюють за високих температур, застосовують мінеральні ізоляційні матеріали: азбест, азботканина, азбопухшнур, ньовель, совеліт та ін.; для труб, що працюють за низьких температур, – органічні ізоляційні матеріали: листову та кришену пробку, повсть та синтетичні матеріали.

Технологічний процес ізоляції залежить від призначення труби, виду ізоляції та умов місцезнаходження. Під час ізоляції труб, крім основної ізоляції, застосовують такі елементи: каркас у вигляді сталевий сітки або бандажного дроту для механічної міцності ізоляції; пергамін (папір, просочений бітумними смолами) для захисту ізоляції від вологи та гниття; парусину та міткаль для обшивки ізоляції; фарби та ін.

На рис. 10.4,*a* показана теплоізоляційна конструкція з листової пробки або експанзиту. Трубопровід *1* очищають від бруду та іржі та промивають уайт-спіритом. Потім його покривають антикорозійним лаком. Після висихання цього покриття наносять шар ідитолового або ізолітового

клею (мастики, що складається з етилового спирту, каніфолі, ідитолу, або клей ЛК-1), розпушеного азбесту, портландцементу або рідкого сурику. На шар клею кладуть сегменти двох пробкових плит – основний шар. Пробку скріплюють кільцями 3 з латунного дроту діаметром 0,6...0,8 мм (каркас). Після висихання клею шар пробки ретельно шпаклюють. Шпаклівка 4 (вирівнювальний шар) являє собою мастику, що складається з лаку № 74, сухої крейди, сухої охри та залізного сурику. Вирівнювальний шар шпаклівки обклеюють міткalem 5, який потім забарвлюють фарбою. На рис. 10.4,а показана теплоізоляційна конструкція з повсті.

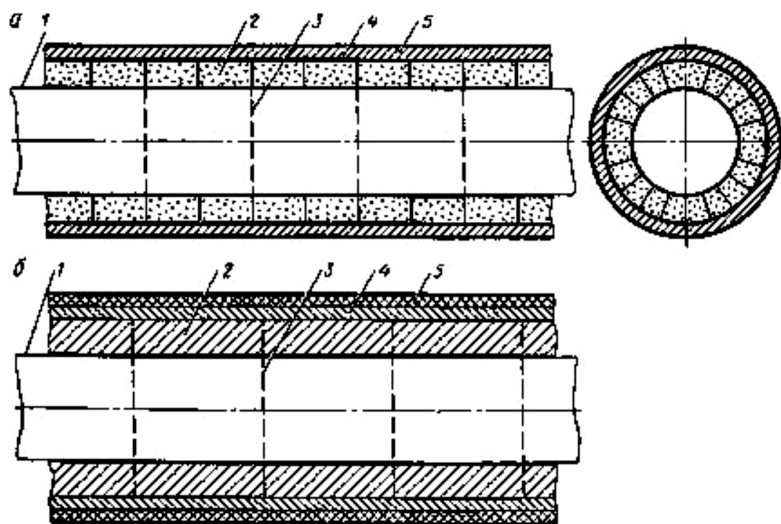


Рис. 10.4. Теплова ізоляція труб

Поверхню холодного трубопроводу 1 очищають від бруду, іржі та промивають уайт-спіритом. Після висихання ґрунтують антикорозійним лаком, зазвичай 411.

Потім накладають основний шар – повсть 2, ширина якого дорівнює довжині кола ізольованого трубопроводу, стики

прошивають лляними нитками, і через кожні 400...500 мм повсть скріплюють кільцями латунного дроту діаметром 0,6...0,8 мм. Повсть покривають гідроізоляційним шаром – пергаміном 4, що є міцним щільним папером, просоченим бітумними смолами. На прямих ділянках трубопроводу пергамін укладають смугами, а на кривих – навивають спіраллю з перекриттям кромek на 15...20 мм. Пергамін обшивають парусиною 5, яку потім фарбують.

10.8. Монтаж та випробування трубопроводів на судні

Технологія монтажу трубопроводів залежить від обсягу ремонту. Якщо обсяги ремонту малі, то труби монтують за місцем, а також за демонтажними схемами відповідно до маркування, нанесених під час демонтажу. Якщо ремонт, особливо з елементами модернізації, то трубопроводи монтують за кресленнями або робочими схемами, де вказується розташування арматури, підвісок, фланцевих та інших з'єднань, відростків та деталей. Відхилення під час монтажу від креслень або робочих схем призводить до додаткових труднощів під час експлуатації. Перед монтажем трубопроводів відділ технічного контролю заводу повинен перевірити документацію на труби та арматуру, наявність маркувань та клейм, що підтверджують їх приймання після виготовлення чи ремонту. Монтаж труб виконують у два основні етапи:

1) попереднє встановлення труб для перевірки їх узгодженості та правильного положення арматури та роз'ємних з'єднань, які не можна розташовувати над приладами. До них має бути забезпечений доступ для складання та обслуговування. У разі потреби визначають довжину «забійної труби»;

2) складання з'єднань, кріплень на підвісках та випробування.

Прокладки між фланцями обтискують поступово навхрест. Після першого обтискання аналогічно виконують

остаточне. У результаті подвійної операції досягається рівномірне обтискання прокладок та потрібна щільність. Після закінчення монтажу встановлюють відмітні планки на арматурі всіх суднових систем.

Змонтовану систему надають контрольному майстру ВТК, який перевіряє надійність кріплення труб у підвісках, відсутність провисань, вібрацій, наявність арматури і плавність роботи її частин, що комплектуються, комплектність системи та її відповідність кресленню або схемі та Правилам Регістру.

Після цього розпочинають гідравлічне випробування системи на щільність на пробний тиск за Правилами класифікаційного суспільства. Наприклад, усі водопроводи пожежні, баластові, осушувальні та інші системи випробовують тиском, що дорівнює $1,25P$, де P – робочий тиск насоса; паропроводи з робочим тиском від 0,5 до 2 МПа – пробним тиском, що дорівнює $P+0,5$ МПа.

Трубопровід витримують за пробного тиску 10 хв, після чого знижують тиск до робочого й перевіряють щільність усіх з'єднань. Якщо для виправлення дефектів потрібна не підтяжка з'єднань та обтискання сальників, а розбирання, після неї проводять повторне гідравлічне випробування.

10.9. Охорона праці під час ремонту систем

Під час транспортування труби слід зміцнювати розпірки, щоб вони не перекочувалися. Розбирати труби та арматуру можна тільки після їхнього остаточного виведення з дії. Трубопроводи фанових систем перед розбиранням слід промити й обробити дезінфікуючими розчинами. Не можна проводити демонтаж та монтаж труб, розташованих на висоті понад 1,5 м, без надійних лісів та підвішувати труби на мотузках. Для цього необхідно використовувати лише сталеві стропи відповідної вантажопідйомності.

Щоб уникнути травм, не можна залишати труби та арматуру на лісах, перехідних майданчиках або захащувати ними входи та виходи. Категорично забороняється чеканити шви, підтягувати гайки на трубопроводах і на арматурі, що знаходяться під тиском, а також підварювати місця течі та проводити будь-які зварювальні роботи. Під час випробування систем не можна різко відкривати арматуру та знаходитися навпроти фланцевих чи інших з'єднань. Усі клапани і крани слід відкривати плавно й повільно, щоб уникнути гідравлічних ударів та розривів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вдови́ков Г. В., Губа́нов В. А., Лучко́ И. Е. Справочник по приемо-сдаточным испытаниям судов. Ленинград : Судостроение, 1983. 208 с.
2. Возни́цкий И. В., Михе́ев Е. Г. Судовые дизели и их эксплуатация. Москва : Транспорт, 1990. 360 с.
3. Бара́нов В. В. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт судовых энергетических установок. СПб. : Судостроение, 2011. 352 с.
4. Беньковский Д. Д., Сторо́жев В. П., Кондра́тенко В. С. Технология судоремонта. Москва : Транспорт, 1985. 285 с.
5. Держи́лов Ф. С., Харито́нов В. Д., Ботш́тейн Б. Х. Технология судоремонта. Москва : Транспорт, 1981. 350 с.
6. Кача́нов И. В., Шата́лов И. М., Яки́мович А. М. Оборудование судоремонтного производства : учебно-методическое пособие для студентов специальности «Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта». Минск : БНТУ, 2017. 115 с.
7. Кра́вченко В. С. Монтаж судовых энергетических установок. Ленинград : Судостроение, 1975. 252 с.
8. Кры́лов Е. И. Ремонт дизелей морских судов : справочник. Москва : Транспорт. 1987. 302 с.
9. Мануи́лов В. П. Эксплуатация судовых энергетических установок. Москва : Транспорт, 1979. 168 с.
10. Маренко́в Н. А. Обнаружение и устранение дефектов судовых дизелей. Москва : Транспорт. 1975. 224 с.
11. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. Общие требования к технической эксплуатации судовых конструкций и технических средств. Нормативные документы морского транспорта Украины. КНД 31.2.002.01-96.
12. Сумерки́н Ю. В. Технология судоремонта : учебник. СПб. : СПГУВК, 2001. 271 с.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Навчальне видання

БОНДАРЕНКО Микола Степанович
ДІАСАМІДЗЕ Бадрі Тенгізович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
«ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ТА РЕМОНТ СУДНОВИХ
ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ»

Навчальний посібник

Комп'ютерна правка й коректура *О. Г. Костенко*
Комп'ютерне верстання *Ю. С. Семенченко*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 15,35. Тираж 100 прим. Вид. № 20. Зам. № 1509-45.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007

E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.