

РЕМОНТ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ
КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

НАВЧАЛЬНИЙ
ПОСІБНИК

А. П. КУДРІН
О. І. ДУХОТА
Р. О. ФЛЮНТ
М. О. ОСІПОВ
А. М. ХІМКО

РЕМОНТ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ
КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний авіаційний університет

РЕМОНТ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту України як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за спеціальністю
«Газотурбінні установки і компресорні станції»*

Київ 2015

УДК 658.58:621.452.3 (075.8)
ББК 3762я7
Р 386

Автори: А. П. Кудрін, О. І. Духота, Р. О. Флюнт, М. О. Осіпов,
А. М. Хімко

Рецензенти:

В. Д. Кузнєцов — д-р техн. наук, проф.
(Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»);

Р. Г. Мнацаканов — д-р техн. наук, проф.
(Національний транспортний університет);

Л. Й. Івченко — д-р техн. наук, проф.
(Запорізький національний технічний університет)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту
України (лист № 1/11-6160 від 03.05.2012).

Р 386 **Ремонт технологічного обладнання компресорних станцій** : навч. посібник / А. П. Кудрін, О. І. Духота, Р. О. Флюнт [та ін.] — К. : НАУ, 2015. — 188 с.
ISBN 978-966-598-933-2

Розглянуто загальні питання організації і технології ремонту машин і технологічного обладнання компресорних станцій. Подано основні поняття і визначення видів ремонту машин, необхідності та економічної доцільності ремонту, діючих систем ремонту, виробничого і технологічного процесів ремонту, а також специфіку організації та планування ремонту технологічного обладнання компресорних станцій газотранспортної системи.

Детально розкрито питання підготовки, розбирання, дефектації і ремонту основних вузлів і деталей газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом стаціонарного типу, включаючи газотурбінну установку та допоміжне обладнання, редуктор, нагнітач. Значну увагу приділено ремонту поршневих газоперекачувальних агрегатів і поршневих компресорів.

Для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Газотурбінні установки і компресорні станції».

УДК 658.58:621.452.3 (075.8)
ББК 3762я7

© Кудрін А. П., Духота О. І., Флюнт Р. О.,
Осіпов М. О., Хімко А. М., 2015
© НАУ, 2015

ISBN 978-966-598-933-2

ЗМІСТ

Умовні скорочення	5
ПЕРЕДМОВА	6
1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ	7
1.1. Загальні принципи і методи організації ремонтів машин	7
1.2. Системи ремонту машин	11
1.3. Виробничий і технологічний процеси ремонту машин. Технологічна ремонтна документація	14
1.4. Організація і планування ремонту технологічного обладнання компресорних станцій	20
1.5. Ремонтна технологічність газоперекачувальних агрегатів	26
2. РЕМОНТ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ З ГАЗОТУРБІННИМ ПРИВОДОМ СТАЦІОНАРНОГО ТИПУ	30
2.1. Підготовка агрегатів до капітального ремонту	30
2.2. Розбирання і дефектація вузлів турбіни	31
2.3. Розбирання і дефектація редуктора	54
2.4. Розбирання і дефектація нагнітача	58
2.5. Розбирання і дефектація допоміжного обладнання	60
2.5.1. Розбирання і дефектація валоповоротного пристрою	60
2.5.2. Розбирання і дефектація турбодетандера та розчіпного пристрою	61
2.5.3. Розбирання і дефектація камери згоряння	62
2.5.4. Розбирання і дефектація регенераторів та маслоохолоджувачів	63
2.5.5. Розбирання і дефектація мастильної системи	64
2.6. Очищення і промивання деталей газотурбінної установки	67
2.7. Ремонт основних деталей та вузлів газотурбінних установок	69
2.7.1. Ремонт корпусів	69
2.7.2. Ремонт роторів	72
2.7.3. Динамічне балансування роторів	75
2.7.4. Ремонт зубчастих муфт	81
2.7.5. Ремонт лопаткового апарата	82
2.7.6. Ремонт підшипників	85

2.8. Ремонт допоміжного обладнання і систем.....	91
2.8.1. Ремонт валоповоротного пристрою.....	91
2.8.2. Ремонт турбодетандера і розчинного пристрою	91
2.8.3. Ремонт регенераторів.....	93
2.8.4. Ремонт камери згоряння	93
2.8.5. Ремонт мастильної системи.....	95
2.9. Ремонт редуктора	97
2.10. Ремонт нагнітача	101
2.11. Складання і пробні випробування агрегата після ремонту	103
3. РЕМОНТ ПОРШНЕВИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ І ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРІВ	110
3.1. Ремонтно-технологічна характеристика поршневих газоперекачувальних агрегатів і поршневих компресорів	110
3.2. Ремонт основних деталей і вузлів поршневих газоперекачувальних агрегатів та поршневих компресорів.....	113
3.2.1. Ремонт фундаментних рам	113
3.2.2. Ремонт циліндрів	118
3.2.3. Ремонт колінчастих валів	123
3.2.4. Ремонт корінних підшипників	134
3.2.5. Ремонт деталей шатунно-поршневої групи	134
3.2.6. Ремонт деталей газорозподільного механізму.....	145
3.2.7. Ремонт кришок силових циліндрів	150
3.3. Ремонт системи турбонаддуву	152
4. СКЛАДАННЯ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ І ВИПРОБУВАННЯ ПОРШНЕВИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ	163
4.1. Укладання вкладишів підшипників і колінчастого вала	163
4.2. Складання поршня із шатуном і монтаж шатунно-поршневих вузлів	168
4.3. Монтаж крейцкопфів і вузла поршень-шток крейцкопфних компресорних машин	174
4.4. Випробування поршневих газоперекачувальних агрегатів після ремонту.....	176
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	179
ДОДАТКИ.....	181

УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ

ВМТ	— верхня мертва точка
ГТПА	— газотурбінний газоперекачувальний агрегат
ГПА	— газоперекачувальний агрегат
ГТД	— газотурбінний двигун
ГТУ	— газотурбінна установка
ДВЗ	— двигун внутрішнього згоряння
КС	— компресорна станція
НМТ	— нижня мертва точка
ПГПА	— поршневий газоперекачувальний агрегат
ПК	— поршневий компресор
ППР	— планово-попереджувальний ремонт
ТВТ	— турбіна високого тиску
ТНТ	— турбіна низького тиску
ТО	— технічне обслуговування
ТП	— технологічний процес

ПЕРЕДМОВА

Газотранспортна система України є однією з найбільш потужних систем, яка забезпечує транспортування і постачання природного газу як для власних потреб, так і для потреб багатьох країн Європи. Незважаючи на світову тенденцію до впровадження енергозберігаючих технологій і обладнання як у промисловості, так і в побуті, природний газ залишається одним з основних енергоносіїв. У зв'язку з цим газотранспортна система постійно розвивається, збільшується мережа магістральних газопроводів, модернізуються і вводяться в експлуатацію нові компресорні станції, збільшується парк технологічного обладнання компресорних станцій (КС), вводяться в експлуатацію устаткування нового покоління.

Основною вимогою ефективної роботи газотранспортної системи є безперебійне постачання заданих об'ємів газу, що потребує надійного, безаварійного функціонування всього технологічного комплексу газотранспортної системи, насамперед такого складного технологічного обладнання, як газоперекачувальні агрегати (ГПА). Підтримання і відновлення працездатного стану ГПА і систем, що забезпечують їх роботу, досягаються виконанням періодичних робіт з технічного обслуговування (ТО) і планових ремонтів.

У навчальному посібнику висвітлено питання організації і технології ремонту технологічного обладнання КС, включаючи ремонт основних складових частин ГПА стаціонарного типу, поршневих газоперекачувальних агрегатів і поршневих компресорів.

Посібник буде сприяти більш якійс підготовці студентів спеціальності «Газотурбінні установки і компресорні станції» з питань ремонту технологічного обладнання КС, у тому числі під час самостійного опрацювання програмного матеріалу дисципліни, а також виконанню курсових робіт і дипломних проектів.

1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

1.1. Загальні принципи і методи організації ремонтів машин

Під час проектування та виробництва будь-якої машини чи одиниці технологічного обладнання задаються певні експлуатаційні показники, які забезпечують виконання машиною заданих функцій. Залежно від призначення машини ці показники визначаються відповідними параметрами. Так, наприклад, для ГПА такими параметрами можуть бути потужність, продуктивність установки, коефіцієнт корисної дії, витрати палива та мастильних матеріалів тощо. У міру напруження у процесі експлуатації під дією різного роду навантажень, а також під впливом навколишнього середовища, температури, процесів зовнішнього тертя і внутрішніх процесів старіння матеріалів змінюються форма та розміри робочих поверхонь деталей порушується їх взаємне розміщення і початково встановлені зазори та натяги у з'єднаннях, утрачається пружність, міцність та інші властивості деталей. У результаті розвитку таких процесів змінюється технічний стан деталей, вузлів, агрегатів і в цілому машини. Одночасно знижуються техніко-економічні показники та надійність машини. У певний момент часу настає такий стан, коли подальше застосування машини за призначенням стає неможливим або недоцільним, тобто машина втрачає свою працездатність, стає несправною. Такий стан називають *граничним*.

Під *працездатним станом* розуміють такий стан об'єкта (машини, агрегата, вузла та ін.), за якого значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

У випадку, коли значення хоча б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації, стан об'єкта називають *непрацездатним*.

Несправний стан (несправність) — це такий стан об'єкта, за якого він не відповідає хоча б одній з вимог нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкта зі збереженням працездатного стану, називається *пошкодженням*. Подія, за якої частково або повністю порушується працездатний стан об'єкта, називається *відмовою*.

Для оцінювання стану деталей використовують термін *дефект*, під яким розуміють кожну окремо взятую невідповідність стану виробу вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Поняття *справність* і *працездатність* не можна ототожнювати. Наприклад, агрегат може бути несправним, тобто мати пошкодження якої-небудь деталі, але при цьому залишатися працездатним.

Для попередження виникнення несправностей і відмов, підтримання та відновлення працездатного стану протягом усього періоду експлуатації машини мають проходити періодичне ТО, поточний та капітальний ремонт. Сукупність цих заходів становить систему ТО і ремонту машин.

Технічне обслуговування — це комплекс обов'язкових, плано-мірно-виконуваних робіт з підтримання працездатного або справного стану машин під час їх використання за призначенням, зберігання і транспортування. Технічне обслуговування має профілактичний характер. Відновлення працездатності машини з метою попередження виникнення несправностей досягається під час ТО за допомогою регулювання механізмів.

Під ремонтом розуміють комплекс організаційно-технічних і технологічних робіт, призначених для відновлення справного або працездатного стану і ресурсу виробів або їх складових частин. Розрізняють поточний і капітальний види ремонту.

Поточний ремонт — це вид ремонту, який виконується для забезпечення або відновлення працездатності машини із заміною або відновленням окремих її складових частин. Складові частини машини, які досягли граничного стану, замінюються новими або відремонтованими за умови, що інші складові частини, які не досягли граничного стану і не потребують ремонту, мають запас ресурсу не менший, ніж до наступного ремонту.

Капітальний ремонт виконують для відновлення справності і повного (або близького до повного) відновлення ресурсу машини. Комплекс робіт з капітального ремонту характеризується повним розбиранням і складанням машини, заміною всіх зношених деталей і складових частин новими або відремонтованими з наступною обкаткою і випробуванням окремих складових частин і машини в цілому.

Ресурс — це напрацювання об'єкта від початку його експлуатації або відновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан. *Напрацювання* визначається тривалістю або обсягом роботи об'єкта.

Розрізняють середній ресурс, ресурс до першого ремонту, міжремонтний ресурс і призначений ресурс — сумарне напрацювання об'єкта, за якого експлуатація об'єкта повинна бути припинена незалежно від його стану.

Якщо момент переходу машини у граничний стан визначається календарною тривалістю її експлуатації, застосовують термін *строк експлуатації*.

Ресурс визначається рівнем надійності і залежить від запасу міцності, зносостійкості та інших характеристик конструктивних елементів, деталей, вузлів і агрегатів машини. Чим вищі показники надійності, тим вищий ресурс.

Під *надійністю* розуміють властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність об'єкта виконувати потрібні функції у заданих режимах і умовах виконання ТО, ремонтів, зберігання і транспортування.

Надійність є комплексною властивістю об'єкта і містить у собі такі показники, як безвідмовність, довговічність, збереженість та ремонтпридатність.

Безвідмовність є основною вимогою надійності. Під безвідмовністю розуміють властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або періоду напрацювання. Одним з основних показників безвідмовності є ймовірність безвідмовної роботи, фізичний зміст якого полягає в тому, що у межах встановленого часу або періоду напрацювання відмова об'єкта із заданою ймовірністю не виникне.

Довговічність — це властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану за встановленої системи ТО і ремонту. Кількісно довговічність оцінюється ресурсом і строком експлуатації.

Збереженість — це властивість об'єкта зберігати обумовлені нормативно-технічною документацією експлуатаційні показники протягом та після його зберігання і (або) транспортування.

Властивість, яка полягає у пристосуванні машин, вузлів, агрегатів або деталей до попередження, виявлення і усунення несправностей та відмов шляхом проведення ТО і ремонту, називають *ремонтпридатністю*.

На ремонтпридатність впливає конструктивна завершеність і легка відокремлюваність вузлів та агрегатів, доступність їх для контролю, уніфікація, ступінь забезпечення запасними частинами і т. ін. Кількісно ремонтпридатність може бути оцінена трудовими або грошовими затратами на відновлення працездатності об'єкта ремонту.

Існують такі методи проведення ремонту машин: незнеособлений, знеособлений і агрегатно-вузловий.

Незнеособлений метод проведення ремонту полягає у тому, що деталі та вузли після зняття з машини ремонтують і знову встановлюють на ту саму машину, за винятком деяких деталей та вузлів, замість яких установлюють нові. Такий метод ремонту застосовують, наприклад, під час ремонту авіаційної техніки, коли існують підвищені вимоги до надійності і безпеки експлуатації, а також у випадку, коли обмежується кількість однотипного обладнання, що підлягає ремонту.

Знеособлений метод ремонту характеризується тим, що під час проведення ремонту не зберігається належність відновлених складових частин до певних машин. Під час такого ремонту на машину можуть установлюватись однотипні деталі та вузли з інших машин.

Агрегатно-вузловий метод ремонту — це різновид знеособленого методу ремонту, під час якого несправні агрегати та вузли замінюють новими або раніше відремонтованими. Цим методом ремонтують машини, конструктивні особливості яких дозволяють роз'єднувати їх на окремі складові частини. При цьому кожна складова частина повинна бути конструктивно закінченою, автономною і легко відокремлюватись від інших частин машини без складних розбирально-складальних і регулювальних робіт. Зняті і замінені агрегати завдяки їх автономності можуть ремонтуватись на спеціалізованих ремонтних підприємствах. Агрегатно-вузловий метод порівняно з іншими має такі переваги: скорочуються простой

машин у ремонті, забезпечується висока механізація ремонтних робіт, зменшується вартість і підвищується якість ремонту.

Коли досягається машиною граничний стан і коли потрібний її ремонт, залишається значна частина деталей, яка не вичерпала свій ресурс. Повторне використання таких деталей для ремонту здешевлює відремонтовану машину порівняно з новою. Тому ремонт не лише забезпечує відновлення справного або працездатного стану машини та її ресурсу, а і дає значний економічний ефект.

1.2. Системи ремонту машин

Важливим фактором в організації ремонтного виробництва є встановлена система ремонту.

Системою ремонту називається комплекс організаційно-технологічних положень та норм, які визначають організацію і порядок проведення робіт з ремонту машин і забезпечення передбачених нормативно-технічною документацією показників якості та ефективності ремонту. Виходячи з поданого визначення, можна охарактеризувати діючі системи ремонту.

Система ремонту в разі потреби. Ця система отримала таку назву тому, що ремонт виконують лише в разі його потреби, тобто після появи відмови або несправності об'єкта. У зв'язку з цим таку систему ремонту називають також *системою ремонту після відмови*.

Система ремонту, що виконується за принципом «у разі потреби» або «після відмови», має обмежене використання і може застосовуватись лише до таких об'єктів, які мають резервування і їх відмова не впливає на безпеку експлуатації або нормальний хід технологічного процесу.

Система планово-попереджувального ремонту (ППР). За цієї системи всі заходи з ремонту, тобто періодичність, послідовність та обсяг ремонтних робіт, виконують за заздалегідь розробленим планом, нормативами, керівною і технічною документацією. Машині, одиниці технологічного обладнання або окремому агрегату призначаються ресурси до першого ремонту і наступні міжремонтні ресурси, які встановлюють за найбільш «слабким» місцем, тобто за тими частинами, на яких найшвидше виникає несправність. Наприклад, для авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД) такими «слабкими» місцями найчастіше є робочі лопатки компресора і турбіни (ерозія, розвиток фреттинг-корозії у замкових з'єднаннях і по

контактних поверхнях антивібраційних полиць), деякі деталі гарячої частини (термовтомні тріщини), підшипники (знос). У цьому випадку ремонт має профілактичний характер з метою попередження виникнення відмов і несправностей.

Перевагою системи ППР є те, що ця система забезпечує підтримання необхідного рівня надійності техніки. У процесі ремонту машина підлягає повному розбиранню і всі її частини підлягають технічному діагностуванню. Істотний недолік системи ППР — великий обсяг ремонтних робіт, насамперед демонтажно-монтажних, а звідси висока вартість і простої машин у ремонті.

Система регламентних ремонтів. Сутність цієї системи ремонту полягає в тому, що весь обсяг капітального ремонту розбивається на декілька етапів (зазвичай не більше чотирьох). Етапи ремонтів розподіляють за напрацюванням через деякі наперед визначені відрізки. На кожному етапі виконують певний перелік постійних ремонтних робіт, який не залежить від технічного стану об'єкта ремонту, і групу змінних робіт, які виконують залежно від виявлених дефектів та несправностей.

Обсяг робіт на кожному наступному етапі більший, ніж на попередньому. Ремонтні роботи, виконані на всіх етапах, складають повний обсяг капітального ремонту.

Система регламентних ремонтів дає змогу збільшити ресурси, скоротити час простою машин у ремонті, а також сумістити деякі форми ТО з ремонтом. Але для впровадження цієї системи необхідно мати інформацію про закономірність виникнення дефектів та несправностей.

Система ремонту за фактичним технічним станом. Відмінністю цієї системи ремонту є те, що технічний стан кожного конкретного об'єкта оцінюється в процесі експлуатації і ремонт проводиться у разі досягнення ним деяких встановлених параметрів граничного стану. У цьому випадку ресурси до першого ремонту і міжремонтні ресурси не призначаються, оскільки відхід виробу в ремонт визначається не за напрацюванням, а за його технічним станом.

Натепер система ремонту «за фактичним технічним станом» є найбільш прогресивною. Вона дозволяє повною мірою використати резерви надійності кожного конкретного об'єкта, скоротити обсяг ремонтних робіт і потрібну кількість виробів оборотного фонду.

Скорочення обсягу ремонтних робіт досягається головним чином за рахунок:

- переведення більшості вузлів та агрегатів на експлуатацію за рівнем надійності;

- широкого впровадження систем вибіркового оглядів без розбирання з використанням неруйнівних методів контролю;

- скорочення обсягу демонтажно-монтажних робіт у зв'язку зі зменшенням кількості замін агрегатів;

- створення надійної системи обліку та аналізу інформації про стан машин.

Найефективнішою система ремонту «за фактичним технічним станом» буде тоді, коли на стадії проектування машини передбачаються і забезпечуються такі показники експлуатаційно-ремонтної технологічності, як висока живучість усіх частин, висока контролепридатність, легкознімність і взаємозамінність частин.

Під високою живучістю розуміють, що дефекти і спричинені ними несправності повинні повільно розвиватися, щоб був достатній час для їх виявлення, перш ніж настане відмова.

Висока контролепридатність означає, що всі частини без загального демонтажу машини можуть бути діагностовано для виявлення їх технічного стану. Для цього мають бути забезпечені можливості зручних підходів до об'єктів контролю, зменшення кількості об'єктів контролю та встановлення достатньої кількості датчиків для вимірювання контрольованих параметрів. Значну роль при цьому може відіграти введення у конструкцію вмонтованих систем автоматизованого контролю, які передбачають перевірку основних робочих параметрів машини: тиску, температури, витрати паливно-мастильних матеріалів, рівня вібрації, наявності у системах продуктів зношування і т. ін.

Легкознімність частин дозволяє їх замінювати без загального демонтажу машини, а взаємозамінність — без підбирання і припасування. Особливу увагу при системі ремонтів за фактичним технічним станом приділяють пошуку прогнозних параметрів, які визначають зміну технічного стану машини або її окремих складових частин. Такими параметрами, наприклад для підшипників кочення в опорі (ГТД), можуть бути спектр вібрації опори, спектр шумів підшипника. На основі вимірювання прогнозного параметра з урахуванням відомої закономірності його зміни за напрацюванням можна зробити висновок про зміну технічного стану машини.

Натепер перейти цілком на систему ремонту за фактичним технічним станом не завжди можливо, оскільки немає повної відповідності конструкції машини вимогам цієї системи.

У зв'язку з цим практичного поширення набула комбінована система — *система ремонту за оптимальними техніко-економічними показниками*. Згідно з цією системою об'єкт ремонту поділяють на складові частини. Одна група складових частин, які не мають резервування і безпосередньо впливають на безпеку експлуатації машини, ремонтується за планово-попереджувальною системою, друга — за системою фактичного технічного стану, третя — за системою до «відмови».

1.3. Виробничий і технологічний процеси ремонту машин. Технологічна ремонтна документація

Під виробничим процесом ремонту розуміють сукупність взаємопов'язаних дій працівників та знарядь виробництва, за допомогою яких на підприємстві виконується ремонт конкретного виробу. У результаті виконання виробничого процесу виробу, що ремонтується, повертається втрачена з будь-яких причин працездатність.

Виробничий процес складається з основного (технологічного), допоміжних і обслуговуючих процесів, які забезпечують виконання основного технологічного процесу ремонту. До допоміжних процесів належать, наприклад, виробництво необхідного для ремонту спеціального інструменту і оснащення, роботи, пов'язані з ремонтом обладнання тощо, до обслуговуючих — роботи з організації та обслуговування робочих місць, одержання та збереження на складах матеріалів і запасних частин, перевірка та контроль матеріалів у лабораторіях і т. ін.

Технологічний процес (ТП) ремонту — це частина виробничого процесу, яка безпосередньо пов'язана з ремонтом деталей, вузлів, агрегатів та машини у цілому і містить дії з послідовної зміни стану об'єкта ремонту від несправного чи непрацездатного до справного, працездатного.

Необхідно зазначити, що термін *ремонт* є узагальненим і стосується всього комплексу робіт, пов'язаних з поверненням працездатності машині або її окремим складовим частинам. Для процесів, пов'язаних з усуненням дефектів і несправностей деталей, використовують термін *відновлення*. За будь-якого виду ремонту ТП ремонту виконується у строгій технологічній послідовності.

У загальному вигляді ТП капітального ремонту можна подати структурною схемою, показаною на рис. 1.1.

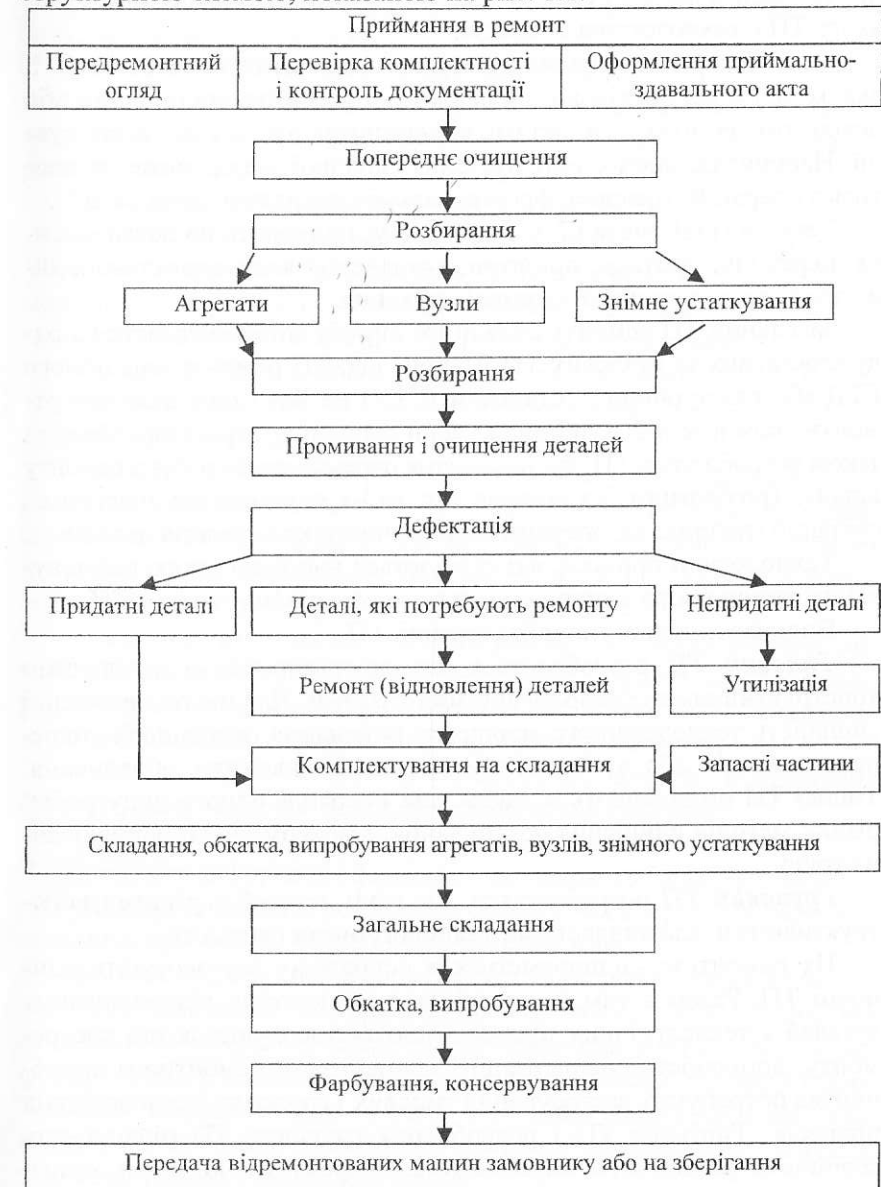


Рис. 1.1. Структурна схема ТП капітального ремонту

Структурна схема, показана на рис. 1.1, відображає основні етапи ТП капітального ремонту машин. Основним елементом будь-якого ТП є технологічна операція.

Технологічною операцією називається закінчена частина ТП, яка охоплює всі послідовні дії на одному робочому місці одним або декількома робітниками під час виробництва однієї і тієї ж продукції. Наприклад, процес виготовлення складної деталі може складатись з операцій: токарної, фрезерувальної, свердлувальної та ін.

Технологічні операції, у свою чергу, поділяють на встановлення, переходи, проходи, прийоми, визначення яких є загальноприйнятими для всіх галузей машинобудування.

Загальний ТП ремонту складного виробу може складатись з ряду агрегатних та вузлових ТП. Наприклад, ТП ремонту авіаційного ГТД або газотурбінної установки (ГТУ) на його базі включає ремонти: компресора, турбіни, камери згоряння, агрегатів. Можуть також розробляти ТП для виконання окремих видів робіт з ремонту виробу (розбирання, складання і т. ін.) і окремих технологічних операцій (наприклад, операції гальванічного хромування деталі).

Технологічні процеси, які стосуються виробів одного найменування, типорозміру і виконання, називаються **одиначними ТП**.

Виділяють також типові та групові ТП.

Типовий ТП розробляється для груп виробів із загальними конструктивними і технологічними ознаками. Для нього характерні спільність технологічного маршруту виконання операцій без переналагодження або з незначним переналагодженням обладнання. Типові ТП розробляються також для операцій одного виду робіт: різних методів очищення, фарбування, газотермічного напилювання тощо.

Груповий ТП розробляється для груп деталей з різними конструктивними, але однаковими технологічними ознаками.

На ремонтних підприємствах в основному застосовують одиначні ТП. Разом з тим розширення номенклатури відновлюваних деталей і технологічних процесів, що застосовуються під час ремонту, доцільність спеціалізації і концентрації ремонтного виробництва потребують застосування типових і групових технологічних процесів. Типізація ТП і розроблення групових ТП підвищують серійність ремонтного виробництва, скорочують кількість оригінальних ТП, знижують обсяг технологічних розробок, створюють

сприятливі умови для механізації і автоматизації виробничих процесів, що підвищує ефективність ремонту.

Вихідна інформація для розроблення ТП розподіляється на базу, керувальну і довідкову.

Базова інформація містить дані конструкторської документації підприємства-виробника виробу (робочі креслення, технічні умови, інструкції тощо), а також програму ремонтного підприємства з ремонту цього виробу.

Керувальна інформація включає дані, які містяться:

- у технічному завданні на розроблення ТП;
- у стандартах усіх категорій та нормативно-технічній документації на дефектацію деталей і спряжень, на технологічні процеси і методи керування ними, на обладнання і оснащення;
- у документації з техніки безпеки і промислової санітарії.

Номенклатура основної нормативно-технічної документації на ремонт передбачає такий склад документів:

- стандарти та технічні умови на здавання у капітальний ремонт і видання з ремонту машин та їх складових частин, правила приймання, методи перевірки якості відремонтованих виробів, вимоги до маркування, консервації, пакування, транспортування і зберігання, а також гарантії ремонтного підприємства;
- технічні умови на капітальний ремонт, які встановлюють вимоги до технології розбирання, очищення, дефектації, складання, регулювання, обкатки, випробування, а також вимоги, показники та норми, які повинні задовольняти вироби після ремонту;
- номенклатура деталей та складальних одиниць, відновлення (ремонт) яких технічно можливе і економічно доцільне;
- норми витрати матеріалів та запасних частин.

Довідкова інформація береться з довідкової літератури, передових науково-дослідних розробок, технологічних процесів ремонту, каталогів прогресивних засобів оснащення тощо.

На різні види технологічних процесів розроблюються і оформлюються відповідні комплекти технологічної документації, які складаються з окремих текстових та графічних документів. Склад, форма та зміст технологічних документів залежать від виду і призначення технологічного процесу і повинні відповідати вимогам стандартів та іншої нормативно-технічної документації. Існують такі види технологічних документів:

- маршрутна карта;
- карта технологічного процесу;
- карта типового технологічного процесу;
- карта ескізів;
- операційна карта;
- технологічна інструкція;
- відомість операцій;
- відомість розцеховки, відомість оснащення, відомість матеріалів, відомість технологічних документів, відомість обладнання тощо.

Так, у комплекті технологічних документів на виріб основними є: маршрутна і операційна карти, карта технологічного процесу, карта ескізів і схем оброблення.

Маршрутна карта містить опис технологічного процесу виготовлення (ремонт) і контролю виробу за всіма операціями різних видів робіт у їх технологічній послідовності виконання із зазначенням даних про устаткування, оснащення, матеріальні та трудові витрати.

Операційна карта містить опис кожної операції одиночного технологічного процесу з розчленуванням за переходами із зазначенням відповідних даних про устаткування, оснащення, режими оброблення та норми часу. Наприклад, операційна карта механічного оброблення зазвичай складається з двох основних частин: на першій (верхній) частині лицьового боку карти наводять усі відомості про деталь, заготовку для неї, а також ескіз деталі, на другій (нижній) частині лицьового боку карти вписують проєктований план оброблення і всі розрахунки відповідно до нього. Карта має графі для опису технологічного процесу з поділом на операції, установи, переходи, позиції із зазначенням потрібних верстатів, різального та вимірювального інструменту, режимів різання, розрахункових розмірів оброблюваних поверхонь, норм часу, розрядів роботи.

Карта технологічного процесу містить опис технологічного процесу виготовлення (ремонт) і контролю виробу за всіма операціями окремого виду робіт, які виконуються в одному цеху в технологічній послідовності із зазначенням даних про устаткування, оснащення, матеріальні і трудові нормативи.

Карта ескізів і схем оброблення є графічною ілюстрацією технологічного процесу виготовлення (ремонт) деталі. На картах ескізів містяться ескізи оброблення, схеми і таблиці, що пояснюють зміст операцій.

Приклад оформлення документів на технологічний процес ремонту деталі наведено відповідно в дод. 1 і 2.

На ремонт (відновлення) деталей розробляють ремонтні креслення, а на технологічні процеси розбирання та складання — відповідно схеми розбирання і схеми складання складальних одиниць.

Ремонтні креслення є робочим конструкторським документом для організації ремонтного виробництва. На ремонтному кресленні вказуються місця дефектів на деталі, наводиться таблиця дефектів, у якій подається інформація про характер дефекту (знос, тріщина, пошкодження тощо) та вказують допустиме значення параметра, який контролюють у процесі дефектації (допустимий розмір, довжину тріщини тощо), коефіцієнт повторності дефектів, основний і допустимі способи усунення дефектів. Наводяться також технічні вимоги на деталь, таблиця категорійних розмірів, види і перерізи деталей, схеми базування деталей під час виконання операцій (наприклад під час наплавлення, механічного оброблення).

Якщо ремонт передбачає установлення додаткової деталі, то ремонтне креслення виконують як складальне. У цьому випадку ремонтне креслення повинно містити специфікацію, у якій мають бути вказані відновлювана і додаткова деталі, а також деталі, які замінюватимуть. На ремонтних кресленнях зображають лише ті види, розрізи та перерізи і вказують ті розміри, граничні відхилення, допустимі похибки взаємного розташування поверхонь, параметри шорсткості, твердості тощо, які мають бути виконані і перевірені в процесі відновлення деталі. Під таблицею дефектів вказують умови і дефекти, за яких деталь не може бути прийнята для відновлення, а також технологічний маршрут відновлення для основного способу усунення дефектів.

Схеми розбирання (складання) являють собою умовне графічне зображення послідовності розбирання (складання) окремих вузлів і виробу в цілому.

Процес розбирання (складання) зображують на схемі прямою горизонтальною або вертикальною лінією, до якої у певній послідовності примикають прямокутники, які відповідають позначенню складових частин виробу — складальної одиниці чи деталі. Початком схеми розбирання є виріб (складальна одиниця), що розбирається, кінцем — базова деталь, а початком схеми складання є базова деталь, кінцем — виріб (складальна одиниця). Як базову беруть

деталь, відносно якої в процесі складання орієнтуються інші деталі та вузли. Схеми розбирання (складання) супроводжуються ескізом складальної одиниці та її специфікацією. Складові частини складальної одиниці нумерують на ескізі відповідно до номерів їх позицій у специфікації.

Приклад схеми складання наведено у дод. 3.

1.4. Організація і планування ремонту технологічного обладнання компресорних станцій

Надійність та довговічність роботи технологічного обладнання КС є одним з основних факторів ефективності функціонування газотранспортної системи з безперебійного постачання у запланованих обсягах такого стратегічно важливого енергоносія, як природний газ.

Передчасний знос і старіння багатьох деталей, вузлів та механізмів технологічного обладнання КС можна попередити, якщо вчасно замінити зношені деталі, виконувати регулювання для зменшення надмірно збільшених зазорів, відновлювати взаємне розташування і нормальну посадку деталей, очищувати деталі від нагару та інших забруднень, тобто якщо своєчасно і якісно виконувати вимоги з ТО та ремонту.

Під час ТО виконується комплекс робіт профілактичного спрямування: періодичний огляд, заміна мастильних матеріалів, регулювання, перевірка кріплення деталей і т. ін. Разом з тим необхідно розуміти, що якісно виконане ТО лише вповільнює розвиток законормірного зносу, старіння деталей та інших процесів, що спричиняють виникнення дефектів та несправностей, але не виключає їх. У зв'язку з цим у різні терміни потрібно відновлювати працездатний стан різних одиниць технологічного обладнання КС.

Безаварійна та безперебійна робота компресорного обладнання проводиться на основі організації і застосування раціональної планово-попереджувальної системи його ТО та ремонту. Сутність системи ППР полягає у проведенні після певного терміну експлуатації або певного періоду напрацювання профілактичних оглядів і різного роду планових ремонтів, послідовність та періодичність яких визначаються конструктивними особливостями і умовами експлуатації обладнання. Системою ППР передбачається виконання таких видів робіт з ТО та ремонту компресорного обладнання, як техніч-

ний огляд, міжремонтне ТО, середній та поточний ремонт, капітальний ремонт, позаплановий або аварійно-відновлювальний ремонт.

Технічні огляди проводяться для перевірки стану агрегатів і виявлення дефектів та несправностей, які записуються у дефектну відомість з наступним усуненням дрібних несправностей під час ближчого планового зупинення, а також для визначення обсягу робіт, які підлягають виконанню у процесі чергового планового ремонту.

Міжремонтне ТО повинне забезпечити безперебійну експлуатацію обладнання за період між плановими ремонтами. Під час міжремонтного ТО виконують усі види робіт з ТО, передбачені для агрегата.

Поточний ремонт — це найменший за обсягом ремонт, під час якого усуваються несправності заміною або відновленням окремих складових частин для забезпечення нормальної експлуатації агрегату до чергового планового ремонту.

Середній ремонт передбачає часткове розбирання з контролем технічного стану та усуненням виявлених несправностей, заміною або відновленням складових частин для забезпечення нормальної експлуатації агрегата до чергового капітального ремонту. Середній ремонт включає в себе весь комплекс ремонтних робіт, що входять у поточний ремонт, а також додаткові ремонтні роботи, пов'язані із заміною або відновленням деталей, що мають більший ресурс, ніж деталі, які замінюються під час поточного ремонту.

Капітальний ремонт — це найбільший за обсягом вид ремонту, який проводиться у разі досягнення граничних значень зносу або інших показників граничного стану основних деталей та вузлів. Під час капітального ремонту проводиться повне розбирання виробу з оцінкою технічного стану всіх складових частин, заміною або відновленням усіх зношених деталей та вузлів.

Аварійно-відновлювальний ремонт — це ремонт, зумовлений аварійною зупинкою, або непередбачений планом ремонт з усунення завданих у результаті аварій або з інших непередбачених причин пошкоджень вузлів і деталей. За обсягом виконання ремонтних робіт аварійно-відновлювальний ремонт може бути віднесений до певного виду ремонту (середнього або капітального).

Види і періодичність міжремонтного ТО і планових ремонтів різного типу ГПА наведено в табл. 1.1.

Види, періодичність проведення ТО і ремонтів ГПА та напрацювання, год

Тип ГПА	МТО1	МТО2	МТО3	МТО4	МТО5	МТО6	МТО8	МТО12	ПР*	СР**	КР***
ГТК-10 (випущено до 01.01.77)	24±1	700±100	2000±200	4000±200	-	-	-	-	-	8000... 12000	16000... 25000
ГТК-10 (випущено після 01.01.77)	24±1	700±100	2000±200	6000±300	-	-	-	-	-	12000 ±500	25000 ±1000
ГТ-750-6	24±1	700±200	2000±200	4000±200	-	-	-	-	-	8000... 12000	16000... 25000
ГТН-6	24±1	700	2000	6000	-	-	-	-	-	12000	25000
ГТН-6-750	24±1	700±200	2000±200	6000±300	-	-	-	-	-	12000 ±500	25000 ±500
ГТН-16	24±1	700±100	2000±100	6000±300	-	-	-	-	-	12000	25000
ГТК-101	660±100	2000 ±200	4000 ±200	8000 ±500	-	-	-	-	-	16000 ±500	30000 ±1000
ГТК-251	24±1	120	700	2000	4000	8000	-	-	-	16000	30000
ГПА-25 С	24±1	120	700	2000	4000	8000	-	-	-	16000	30000
ГПУ-10-01:											
нагнітач	1500	3000	6000	-	-	-	-	-	-	12000	25000
двигун	1500	3000	6000	-	-	-	-	-	-	-	25000

Закінчення табл. 1.1

Тип ГПА	МТО1	МТО2	МТО3	МТО4	МТО5	МТО6	МТО8	МТО12	ПР*	СР**	КР***
ГПА-Ц-16 С:											
нагнітач	-	-	3000	-	-	6000	-	12000	-	-	25000
двигун	-	-	3000	-	-	6000	-	-	-	-	25000
ГПА-Ц-6,3 С:											
нагнітач	-	2000	-	-	-	6000	-	12000	-	-	30000
двигун	-	2000	-	4000	-	-	8000	-	-	-	20000
ГПА-Ц-6,3 В:											
нагнітач	24±1	-	2000	6000	-	-	-	12000	-	12000	24000
НЦВ-6,3-41(56) двигун	50	300	1000	-	-	-	-	-	-	-	11000
НК-12 СТ	24±1	500	1500	3000	-	-	-	-	4000	8000	100000
МК-8М	24±1	500	2000	-	-	-	-	-	4000	8000	50000
ЮГКНА	24±1	120±24	700	-	-	6000	-	-	-	12000	25000
СТД-4000	24±1	700 ±200	2000 ±200	4000 ±200	-	-	-	-	-	8000- 12000	16000- 25000
СТД-12500	24±1	720	2000	4000	-	-	-	-	-	8000	25000
ЕГПА-25:											
нагнітач	24±1	720	2000	4000	-	-	-	-	-	8000	25000
двигун	24±1	720	3000	-	-	-	-	-	-	10000	25000

*плановий ремонт, **середній ремонт, ***капітальний ремонт

Система ППР, що застосовується для ремонту компресорного обладнання визначає такі показники:

- структуру ремонтних циклів;
- тривалість ремонтного циклу;
- тривалість міжремонтних періодів;
- обсяг профілактичних та ремонтних робіт кожного виду ремонту;
- тривалість простою в ремонті;
- потребу в матеріалах та запасних частинах для ремонту.

Структурою ремонтного циклу називається перелік усіх видів ремонту і послідовність їх виконання в період між капітальним ремонтом або між початком експлуатації агрегату і першим капітальним ремонтом.

Тривалість ремонтного циклу — це час безперервної роботи агрегата між двома капітальними ремонтами або між початком експлуатації і першим капітальним ремонтом. У цей період виконуються всі види міжремонтного ТО, а також середній та поточний ремонти.

Тривалість міжремонтного періоду — це час безперервної роботи агрегата між черговими плановими ремонтами.

Визначаючи структуру ремонтного циклу, обладнання поділяють на групи складальних одиниць та деталей, які мають приблизно однакову довговічність (ресурс). Кількість видів ремонту встановлюють рівною кількості таких груп. Кількість міжремонтних періодів у ремонтному циклі дорівнює відносній довговічності груп деталей, що мають найбільший ресурс. Відносна довговічність визначається як відношення ресурсів деталей групи до ресурсу групи деталей, яка має найбільший ресурс. Наприклад, агрегат поділено на три групи деталей, що мають середній ресурс відповідно 5000, 10000 і 20000 год. У цьому випадку відносна довговічність буде становити 1, 2 і 4, а кількість міжремонтних періодів — 4. Міжремонтний період визначається за групою деталей з найменшим ресурсом.

Для підприємств, що експлуатують компресорне обладнання, характерні такі способи проведення ремонту:

- знеособлений ремонт спеціалізованим підприємством;
- ремонт спеціалізованою організацією;
- ремонт заводом-виробником.

Знеособлений ремонт виконується за великої кількості однотипного обладнання, що ремонтується в умовах спеціалізованих ремонтних підприємств.

У разі ремонту спеціалізованою організацією весь ремонт обладнання виконує виїзна бригада спеціалізованого ремонтного підприємства безпосередньо за місцем експлуатації. Цей спосіб ремонтних робіт передбачає переважно заміну пошкоджених деталей на нові, виготовлені централізовано, і лише в окремих випадках деталі відновлюються, наприклад, перезаливання вкладишів підшипників, шліфування до ремонтного розміру шийок валів ротора ГТУ та ін.

Ремонт заводом-виробником проводиться для найбільш складного обладнання, такого як, наприклад, конверсовані в ГТУ авіаційні ГТД.

Планування та організація робіт з ремонту технологічного обладнання КС проводяться таким чином. Виробничі об'єднання з транспортування газу разом з КС з урахуванням технічного стану агрегатів складають річні план-графіки ремонту на наступний рік, узгоджують їх з ремонтною організацією і направляють для узгодження з вищим виробничим об'єднанням.

Під час виконання ППР компресорного обладнання на КС здійснюються такі заходи:

- на основі положення системи ППР складається план-графік ремонту технологічного обладнання і типовий мережевий графік ремонту на кожен вид обладнання;
- організовується міжремонтне ТО і проводяться капітальний, середній або поточний ремонти;
- здійснюється облік роботи обладнання і систематичний огляд за технічним станом і безпечною експлуатацією обладнання;
- складаються заявки на обладнання і запасні частини для ППР;
- розробляються плани організаційно-технічних заходів щодо забезпечення якості ремонту, зниження трудомісткості та вартості ремонтних робіт, скорочення простоїв агрегатів у ремонті;
- на основі вивчення досвіду експлуатації різних деталей та вузлів розробляються рекомендації щодо підвищення термінів їх експлуатації;
- розглядаються і проваджуються прогресивні методи ремонту та відновлення деталей;

- складається перелік раціоналізаторських заходів, що намічаються до впровадження під час ремонту;
- розробляється технічна документація на реконструкцію обладнання.

Перед здачею обладнання в ремонт персонал КС за участі представників ремонтного підприємства проводить передремонтні випробування, на основі яких складається дефектна відомість для прийняття рішення про необхідність проведення ремонту й уточнення обсягу ремонтних робіт.

1.5. Ремонтна технологічність газоперекачувальних агрегатів

Газоперекачувальні агрегати є основним і найбільш складним технологічним обладнанням КС. На КС магістральних газопроводів найбільше поширені газотурбінні газоперекачувальні агрегати (ГПА) з приводом нагнітача від ГТУ стаціонарного типу, ГТУ, конверсованих з транспортних авіаційних та суднових ГТД і комбінованих ГТУ, які складаються з газогенератора авіаційного ГТД і стаціонарної силової турбіни. На газопроводах невеликої пропускної здатності і в компресорних цехах при підземних сховищах газу застосовуються поршневі ГПА з приводом від двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) або від електродвигунів.

У зв'язку з великим парком працюючих на газопроводах ГПА, великою різноманітністю їх типів і складністю конструкції та жорсткими вимогами до часу простою під час міжремонтного ТО і ремонту дедалі більша увага приділяється питанням ремонтпридатності ГПА.

Ремонтпридатність ГПА, як і інших виробів машинобудування, характеризується потребою в часі, праці і засобах для виконання їх ТО і ремонту. Ремонтпридатність ГПА визначається кількістю та обсягом операцій, що виконуються під час кожного ТО і ремонту, періодичністю проведення ТО і ремонтів, технологічністю під час ТО і ремонтною технологічністю. Ремонтна технологічність і технологічність під час ТО визначаються властивостями технологічності конструкції агрегата для проведення ремонтів і ТО.

Технологічність під час ТО передбачає придатність конструкції агрегата для виконання в умовах заданої системи ТО і ремонту всіх передбачених регламентом форм ТО з досягненням оптимальних

значень усіх видів витрат на ТО. Під ремонтною технологічністю розуміють придатність ГПА та його складових частин для проведення ремонтних робіт для відновлення його працездатності і подовження ресурсу за мінімальних матеріальних витрат і витрат часу на ремонт.

Технологічність під час ТО і ремонтна технологічність визначаються сукупністю таких властивостей конструкції, як контролепридатність, доступність, легкознімність, придатність до відновлення, взаємозамінність і придатність до регулювання. Кожен із зазначених конструктивних факторів визначає певні вимоги до конструкції виробу та впливає на можливість і техніко-економічні показники виконання робіт із ТО і ремонту.

Загальні вимоги до технологічності конструкції машин як об'єктів ремонту з контролепридатності, легкознімності та взаємозамінності описано в підрозд. 1.2.

Із погляду ремонтної технологічності вимога до доступності передбачає:

- раціональне компоновання окремих одиниць технологічного обладнання, яке забезпечує можливість облаштування робочих зон та місць виконання ремонту одного з виробів без демонтажу інших;
- забезпечення можливості виконання ремонту окремих складових частин виробу без демонтажу інших його складових частин;
- забезпечення доступу до окремих складових частин виробу і можливість одночасного виконання максимальної кількості операцій, у тому числі монтажно-демонтажних.

Вимога до придатності до відновлення пов'язана з придатністю складових частин виробу до відновлення, насамперед придатністю до відновлення зношених деталей та спряжень. Ця вимога забезпечується:

- використанням матеріалів і конструкцією деталей, що дозволяють відновлювати їх до номінальних або ремонтних розмірів;
- використанням на деталях, що швидко зношуються, спеціальних методів поверхневого оброблення, захисних зносостійких покриттів та змінних легкознімних частин;
- можливістю переустановлення деталей, що мають одностороннє зношування, для роботи симетричною стороною;
- застосуванням прогресивних технологічних процесів відновлення деталей, що забезпечують можливість їх багаторазового відновлення.

Придатність до регулювання передбачає наявність достатнього запасу зазорів і простоту регулювання параметрів складальних одиниць і агрегатів під час ТО і ремонту.

Залежно від вимоги до ремонтної технологічності технологічний процес ремонту ГПА можна поділити на три етапи:

1. Операції з розбирання та очищення агрегату. Для цього етапу найбільш важливими показниками ремонтної технологічності є: складність конструкції; доступність до місць розбирання; кількість з'єднань, що підлягає розбиранню; зручність виконання робіт з розбирання; легкознімність; можливість застосування засобів механізації робіт з розбирання; можливість застосування засобів та методів високопродуктивного очищення і промивання.

2. Операції з визначення технічного стану деталей, вузлів та комплектуючих виробів. Найбільш важливими показниками ремонтної технологічності для цього етапу є: доступність усіх місць для візуального огляду після промивання і очищення; доступність для проведення контролю параметрів складальних одиниць (зазорів у спряженнях, люфтів, прилягання деталей тощо); можливість виявлення дефектів на деталях неруйнівними методами контролю; можливість контролю працездатності вузлів та агрегатів без застосування складних спеціальних стендів.

3. Операції з відновлення працездатності, вузлового, загального складання, налагодження та випробування. На цьому етапі найбільш важливими показниками ремонтної технологічності можна вважати: блоковість (модульність) та агрегування конструкції; взаємозамінність деталей та вузлів, що підлягають ремонту; придатність до відновлення деталей, вузлів та складальних одиниць з параметрами, що забезпечують їх ресурс не менший, ніж до наступного ремонту агрегату; потреба у технологічному оснащенні для виконання відповідних операцій з ремонту; доступність та зручність для виконання робіт зі складання; придатність до регулювання складальних одиниць, вузлів та агрегатів; складальна контролепридатність для післяремонтних випробувань.

Конструктивним рішенням, які підвищують ремонтну технологічність ГПА, є агрегування, яке передбачає розділення ГТУ і нагнітача на окремі вузли (блоки) із забезпеченням їх повної взаємозамінності. Блоковість конструкції відображає раціональне розчленування агрегату на окремі вузли, які можна обумовлено виго-

товляти, обслуговувати і ремонтувати. Раціональний рівень блоковості дозволяє скоротити витрати праці та часу на виконання демонтажно-монтажних робіт, спростити обсяг робіт контролю технічного стану і виявлення несправностей, підвищити ефективність застосування агрегатно-вузлового методу ремонту. Однією з головних умов досягнення раціонального рівня блоковості конструкції є фактор рівномірності (рівноресурсності). Складові елементи блока необхідно підбирати так, щоб їх ресурс був не меншим, ніж міжремонтний ресурс усього блока або кратний цьому ресурсу. Блоковість конструкції забезпечує можливість організації ремонту окремих складових частин та вузлів агрегата на спеціалізованих ремонтних підприємствах з наступним формуванням обмінного фонду.



Запитання та завдання для самоконтролю

1. Дайте визначення працездатного стану, несправного стану, пошкодження і відмови. Що розуміють під граничним станом машини?
2. Що розуміють під технічним обслуговуванням і ремонтом? Які існують види ремонту?
3. Дайте визначення термінів «ресурс», «строк експлуатації». Які бувають ресурси і від яких факторів залежить ресурс машин?
4. Дайте визначення поняття «надійність». Якими показниками визначається надійність? Охарактеризуйте показники надійності.
5. Охарактеризуйте існуючі методи ремонту машин (знеособлений, незнеособлений, агрегатно-вузловий).
6. Що називають системою ремонту? Які існують системи ремонту машин? Наведіть коротку характеристику існуючих систем ремонту машин.
- ✓ 7. Дайте визначення виробничого і технологічного процесів ремонту. Наведіть структурну схему технологічного процесу капітального ремонту машин.
- ✓ 8. Які існують види технологічних процесів? Наведіть коротку характеристику видів технологічних процесів. Яка вихідна інформація потрібна для розроблення технологічного процесу ремонту?
- ✓ 9. Які документи розробляються на різні види технологічних процесів?
10. Які види робіт з ТО і ремонту технологічного обладнання КС передбачені системою ППР?
11. Які показники визначає система ППР стосовно ремонту компресорного обладнання? Охарактеризуйте ці показники.
12. Які заходи здійснюються на КС у процесі виконання ППР компресорного обладнання?
13. Розкрийте поняття «технологічність» під час ТО і «ремонтна технологічність ГПА». Якими показниками вони визначаються?
14. Наведіть приклади конструктивних рішень, які підвищують ремонтну технологічність ГПА.

2. РЕМОНТ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ З ГАЗОТУРБІННИМ ПРИВОДОМ СТАЦІОНАРНОГО ТИПУ

2.1. Підготовка агрегатів до капітального ремонту

У плановий ремонт агрегат виводиться згідно із затвердженим планом-графіком поточних, середніх та капітальних ремонтів.

До зупинки агрегата ремонтний персонал повинен ознайомитись з документацією з експлуатації агрегату із зауваженнями щодо його роботи за період міжремонтного пробігу, детально вивчити дефектну відомість і перелік запланованих до впровадження технологічних заходів згідно з інформаційними листами заводів-виробників. Підготовку агрегата до капітального ремонту проводять у такій послідовності:

- проводять огляд і перевіряють роботу центробіжного нагнітача, турбіни і допоміжного обладнання на різних режимах під навантаженням, під час пуску і зупинки;
- вимірюють поперечну і вертикальну вібрації підшипників і осьову вібрацію на передньому підшипнику компресора;
- перевіряють роботу систем регулювання та захисту, тиск, що розвивається насосами, вимірюють ефективну потужність;
- фіксують робочі параметри установки у разі повного навантаження з указанням температури підшипників, масла до та після маслоохолоджувачів, температуру охолоджувальної рідини на вході та виході проміжного теплоносія;
- перевіряють теплове розширення корпусів і стан пружних опор;
- вимірюють температуру корпусу турбіни у точках, зазначених у формулярі паспорта установки, і визначають коефіцієнт:

$$k = (t_m - t_0) / (t_1 - t_0), \quad (2.1)$$

де t_m — температура корпусу турбіни в i -й точці вимірювання; t_0 — температура оточуючого повітря в цеху; t_1 — температура газу за камерою згоряння.

Отримані значення коефіцієнта k порівнюються з формулярними значеннями за паспортом установки:

- виявляють місця перегріву зовнішнього корпусу перехідного патрубка від камери згоряння до турбіни (для установок, які мають перехідний патрубок);

- прослуховують агрегат на наявність зачеплень у проточній частині в процесі роботи і зупинки, перевіряють роботу зубчастой передачі редуктора на плавність, шум, стукіт, скрегіт у зачепленні;

- визначають час вибігу роторів;
- перевіряють щупом прилягання опорних лап турбогрупи;
- перевіряють вільність переміщення всіх дистанційних шайб турбогрупи, щільність задвижок, фланцевих з'єднань трубопроводів на відсутність витікання масла, повітря, продуктів згоряння.

На основі виконання зазначених робіт складається попередня відомість обсягу робіт з ремонту агрегату, яка повинна містити перелік усіх намічених робіт з ремонту як основного, так і допоміжного обладнання, а також технологічний графік капітального ремонту. Обсяг робіт з ремонту агрегата уточнюють у процесі дефектації вузлів та деталей після відкриття і розбирання установки.

2.2. Розбирання і дефектація вузлів турбіни

До зняття обшивки і розбирання турбіни приступають після її охолодження до температури навколишнього середовища. До охолодження турбіни можна проводити розбирання з'єднувальних муфт, виймання проміжного вала, розбирання редуктора, нагнітача і допоміжного обладнання.

У процесі розбирання одночасно виконують дефектацію окремих вузлів та деталей, яка в основному полягає у вимірюванні зазорів у спряженнях, люфтів, биття обертових деталей тощо.

Турбіну розбирають у такій послідовності:

- знімають верхню половину кожуха проміжного вала і закривають дренажну трубу маслопроводу;
- вимірюють зазор у мастильному ущільненні проміжного вала біля муфти з боку турбіни. Результати вимірювання записують у формуляр;
- знімають кришку муфти з боку турбіни, закривають зливну трубу маслопроводу;
- знімають верхню половину перехідної втулки (опори кожуха) з боку нагнітача. Вимірюють зазори у верхній половині мастильного ущільнення. Результати вимірювання записують у формуляр;
- знімають кришку муфти з боку нагнітача і закривають зливний отвір у картері;
- розбирають герметичне ущільнення у роздільній діафрагмі між турбінним цехом і приміщенням нагнітачів;

– знімають нижню половину перехідної втулки. Вимірюють зазори у нижній половині мастильних ущільнень. Результати вимірювань записують у формуляр;

– розбирають муфти, знімають проміжний вал. Для розбирання муфти необхідно випресувати два протилежні болти і на їх місце встановити технологічні болти і затягнути їх гайками. Після цього випресовують решту з'єднувальних болтів, для чого вал ротора обертають за допомогою спеціального пристрою. Пристрої для випресування з'єднувальних болтів муфти і обертання ротора показано на рис. 2.1 та 2.2 відповідно;

– від'єднують і закривають трубу зливу масла з нижньої половини кожуха проміжного вала. Знімають нижню половину кожуха проміжного вала;

– перевіряють маркування спарювання зубчастих обойм (коронки) із зубчастими втулками (зірочками) муфт. За відсутності маркування його відновлюють;

– знімають коронки із зірочок, зачищають забоїни, задирки та наклеп на зубцях і з'єднувальних площинах коронок, після чого коронки надягають на зірочки. Вимірюють радіальний зазор (рис. 2.3) і зазори між зубцями. Результат вимірювання записують у формуляр. Знімають коронки;

– на турбоагрегатах з редуктором замість розбирання вузла проміжного вала розбирають редуктор.

Після охолодження турбіни перевіряється стан центрування роторів. Газотурбінні агрегати центруються для правильного взаємного розміщення роторів, а також правильного положення роторів у циліндрах.

Правильним розміщенням роторів вважається таке, за якого осі вала ротора турбоагрегата і вала ротора нагнітача у робочому стані містяться на одній прямій лінії, а вісь кожного ротора турбоагрегата збігається з віссю розточки свого циліндра.

В агрегатах з редуктором вал ротора турбоагрегату і вал ротора нагнітача центруються відносно валів колеса і шестірні редуктора. Порушення правильності розміщення роторів викликає додаткові зусилля на валах, у з'єднувальних муфтах, підшипниках, зумовлює підвищену вібрацію агрегата і може спричинити його аварію.

Тому центруванню роторів газотурбінних агрегатів та їх співвісності з корпусом приділяється особлива увага.

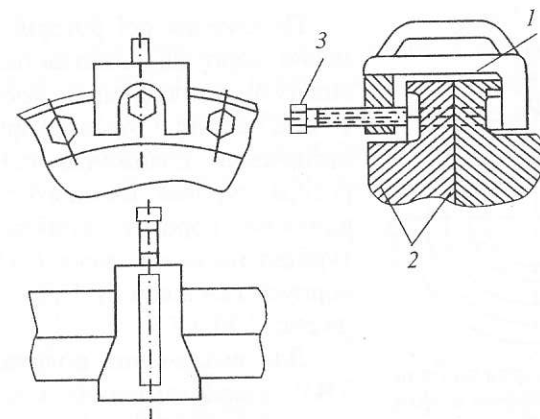


Рис. 2.1. Пристрій для випресування з'єднувальних болтів муфти: 1 — корпус пристрою; 2 — муфта; 3 — відтисний болт

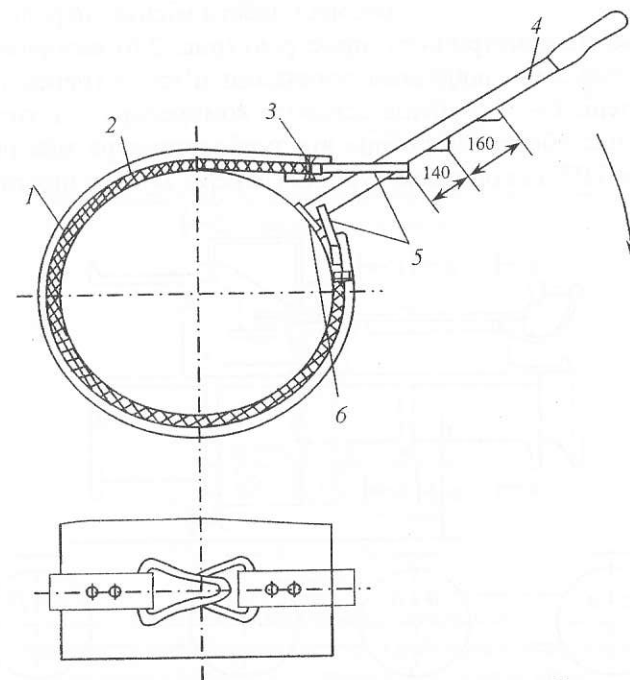


Рис. 2.2. Пристрій для провертання роторів: 1 — сталевая смуга; 2 — гальмівна стрічка; 3 — заклепки; 4 — важіль; 5 — хомути; 6 — обміднена п'ята

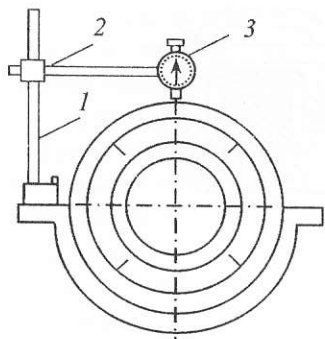


Рис. 2.3. Перевірка радіального зазору обойми муфти на зубчастій втулці:
1 — стояки; 2 — кронштейн;
3 — індикатор годинникового типу

допомогою мікрометричного пристрою (рис. 2.6) вимірюють зазори між корпусом і робочими лопатками п'ятого (переріз $B-B$) і 15-го (переріз $C-C$) ступенів осевого компресора у чотирьох місцях і під час обертання ротора від турбодетандера між робочими лопатками ТВТ та корпусом турбіни (переріз $D-D$) у шести місцях.

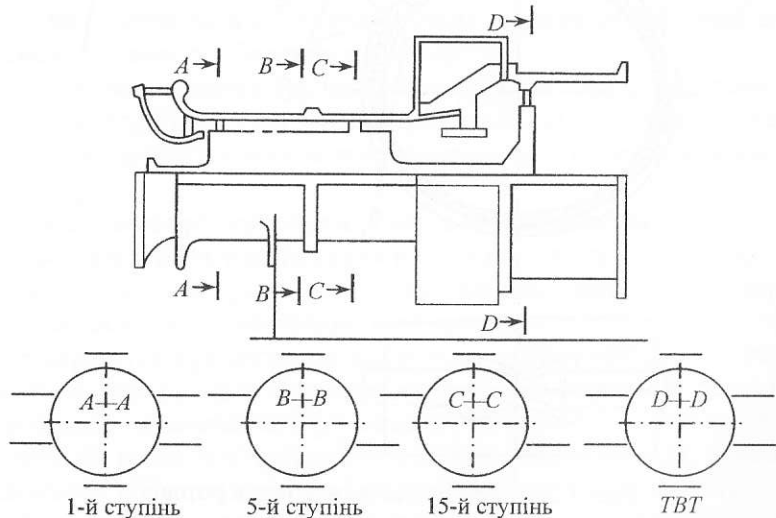


Рис. 2.4. Схема заміру зазорів для визначення положення ротора ТВТ

Положення осі роторів турбіни відносно корпусів визначається заміром і аналізом розподілення зазорів по проточній частині. Схеми заміру зазорів для визначення положення осі відповідно ротора турбіни високого тиску (ТВТ) відносно корпусу турбокомпресора і турбіни низького тиску (ТНТ) відносно корпусу газовихлопу ГТК-10И показано на рис. 2.4 і 2.5.

Для визначення положення ротора ТВТ зазори заміряють у чотирьох перерізах (рис. 2.4): щупом вимірюють зазор між корпусом і робочою лопаткою першого ступеня осевого компресора у шести місцях (переріз $A-A$); за

Для визначення положення ротора ТНТ за допомогою щупа вимірюють зазор між бандажем газовихлопу і верхньою половиною робочих лопаток ТНТ у шести точках, розміщених згідно зі схемою (рис. 2.5). Усі виміряні зазори мають відповідати формулярним. Відмінність отриманих зазорів по проточній частині від формулярних свідчить про зміщення ротора відносно статора.

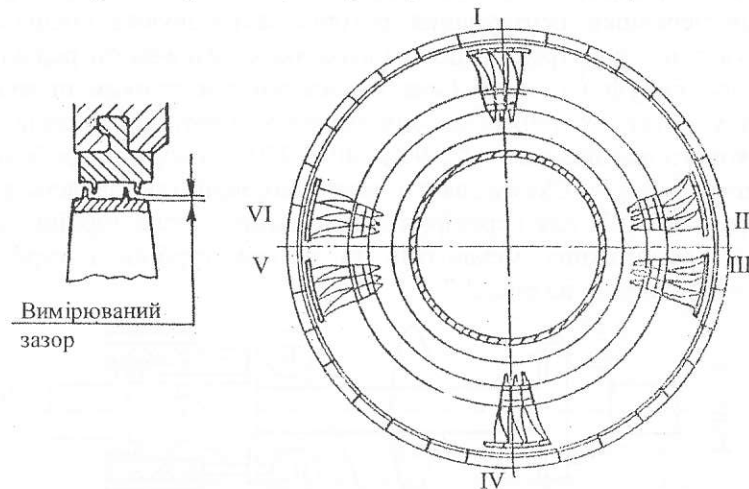


Рис. 2.5. Схема заміру зазорів для визначення положення ротора ТНТ:
I-VI — місця заміру зазору

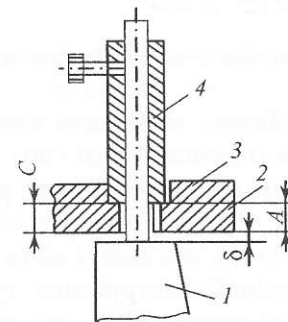


Рис. 2.6. Схема заміру зазору між корпусом основного компресора і робочими лопатками:
1 — робоча лопатка; 2 — корпус; 3 — повірне вікно;
4 — мікрометричний пристрій; $\delta = A - C$,
де δ — зазор; A — виміряне значення; C — товщина корпусу

Центрування роторів перевіряється за положенням півмуфт, насаджених на їх кінці. Правильному положенню роторів відповідає концентричне положення півмуфт і паралельність їх торцевих поверхонь у робочому стані агрегату. Неконцентричність півмуфт свідчить про зміщення одного ротора відносно іншого, а непаралельність торцевих поверхонь — про наявність зламу лінії роторів.

Для перевірки центрування роторів застосовують спеціальні центрувальні пристрої, за допомогою яких визначають радіальні (по колу півмуфт) і осьові (між торцевими поверхнями півмуфт) зазори у чотирьох точках за одночасного обертання роторів від початкового положення — 0° , 90° , 180° і 270° у напрямку робочого обертання роторів. Схему такого пристрою, який поставляється до агрегату ГТК-10И для перевірки центрування ротора турбіни-вала приводу допоміжних механізмів та ротора турбіни і турбіна-нагнітача показано на рис. 2.7.

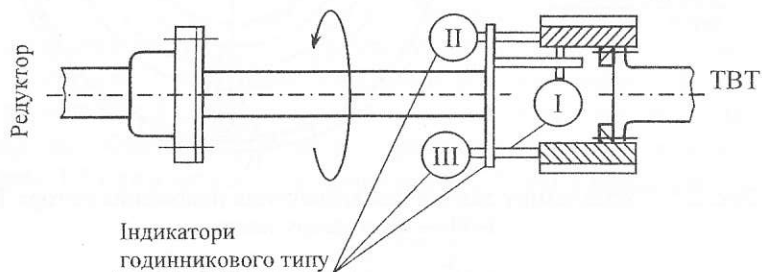


Рис. 2.7. Пристрій для перевірки центрування роторів

На пристрої передбачено місця для установлення трьох вимірювальних індикаторів годинникового типу. Індикатор I призначений для контролю зміщення осьової лінії роторів (радіальне зміщення), а індикатори II і III — для контролю кута розвороту фланців півмуфт (торцеве биття), яке вказує на величину розвороту осей роторів. Під час перевірки центрування турбіни-редуктора пристрій надягається на вал ротора ТВД і вал редуктора, а під час перевірки центрування турбіни-нагнітача — на вал ротора ТНД і вал ротор-нагнітача. Використання для вимірювання торцевого биття двох індикаторів дозволяє виконувати контрольні вимірювання центрування з урахуванням усунення впливу на розрахунки осьового переміщення при провертанні валів за умови виконання неза-

лежного розрахунку у двох взаємно-перпендикулярних площинах (вертикальній — вверх-униз, горизонтальній — справа-зліва).

Схему фіксації показань під час контролю центрування за допомогою триіндикаторного вимірювального пристрою показано на рис. 2.8.

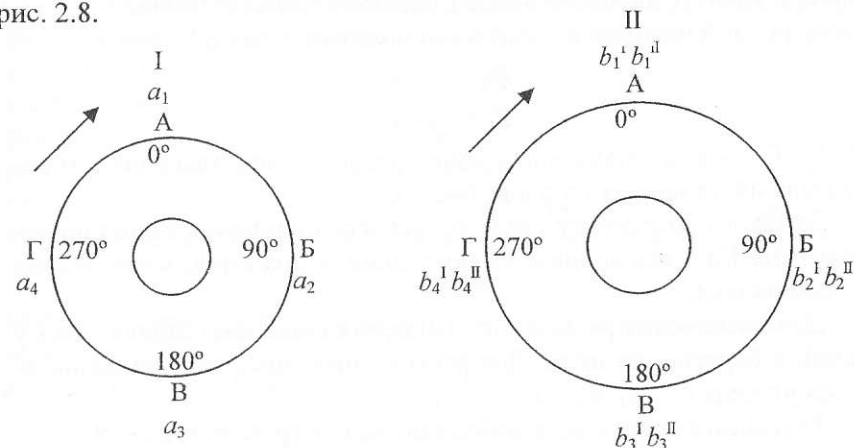


Рис. 2.8. Схема фіксації показань під час контролю центрування роторів за допомогою триіндикаторного вимірювального пристрою:

a — показання індикатора I (радіальне зміщення);
 b^I і b^{II} — відповідно показання індикаторів II і III (торцеве биття)

Аналіз результатів контролю центрування виконується таким чином. Визначається розрахункове значення показань індикаторів II і III як середнє арифметичне величин b^I і b^{II} для кожної точки вимірювання:

$$e_1 = (b_1^I + b_1^{II})/2;$$

$$e_2 = (b_2^I + b_2^{II})/2;$$

$$e_3 = (b_3^I + b_3^{II})/2;$$

$$e_4 = (b_4^I + b_4^{II})/2,$$

де e_1, e_2, e_3, e_4 — розрахункові показання індикаторів II і III; $b_1^I, b_1^{II}, b_2^I, b_2^{II}, b_3^I, b_3^{II}, b_4^I, b_4^{II}$ — показання індикатора II і III — відповідно в точках вимірювання А, Б, В, Г (рис. 2.8, II).

Центрування роторів перевіряється за положенням півмуфт, насаджених на їх кінці. Правильному положенню роторів відповідає концентричне положення півмуфт і паралельність їх торцевих поверхонь у робочому стані агрегату. Неконцентричність півмуфт свідчить про зміщення одного ротора відносно іншого, а непаралельність торцевих поверхонь — про наявність зламу лінії роторів.

Для перевірки центрування роторів застосовують спеціальні центрувальні пристрої, за допомогою яких визначають радіальні (по колу півмуфт) і осьові (між торцевими поверхнями півмуфт) зазори у чотирьох точках за одночасного обертання роторів від початкового положення — 0°, 90°, 180° і 270° у напрямку робочого обертання роторів. Схему такого пристрою, який поставляється до агрегату ГТК-10И для перевірки центрування ротора турбіни-вала приводу допоміжних механізмів та ротора турбіни і турбіни-нагнітача показано на рис. 2.7.

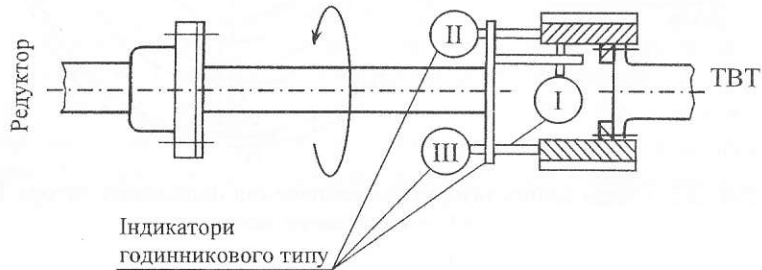


Рис. 2.7. Пристрій для перевірки центрування роторів

На пристрої передбачено місця для установлення трьох вимірювальних індикаторів годинникового типу. Індикатор I призначений для контролю зміщення осьової лінії роторів (радіальне зміщення), а індикатори II і III — для контролю кута розвороту фланців півмуфт (торцеве биття), яке вказує на величину розвороту осей роторів. Під час перевірки центрування турбіни-редуктора пристрій надягається на вал ротора ТВД і вал редуктора, а під час перевірки центрування турбіни-нагнітача — на вал ротора ТНД і вал ротор-нагнітача. Використання для вимірювання торцевого биття двох індикаторів дозволяє виконувати контрольні вимірювання центрування з урахуванням усунення впливу на розрахунки осьового переміщення при провертанні валів за умови виконання неза-

лежного розрахунку у двох взаємно-перпендикулярних площинах (вертикальній — ввєрх-унєз, горизонтальній — справа-зліва).

Схему фіксації показань під час контролю центрування за допомогою триіндикаторного вимірювального пристрою показано на рис. 2.8.

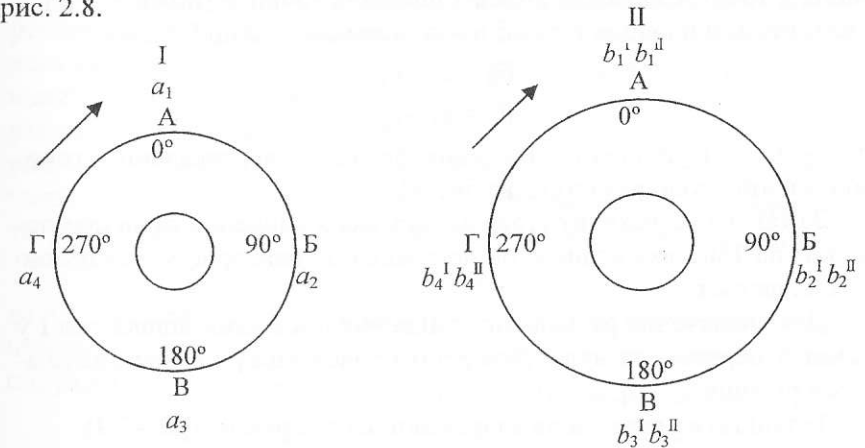


Рис. 2.8. Схема фіксації показань під час контролю центрування роторів за допомогою триіндикаторного вимірювального пристрою:

a — показання індикатора I (радіальне зміщення);
 b^I і b^{II} — відповідно показання індикаторів II і III (торцеве биття)

Аналіз результатів контролю центрування виконується таким чином. Визначається розрахункове значення показань індикаторів II і III як середнє арифметичне величин b^I і b^{II} для кожної точки вимірювання:

$$e_1 = (b_1^I + b_1^{II})/2;$$

$$e_2 = (b_2^I + b_2^{II})/2;$$

$$e_3 = (b_3^I + b_3^{II})/2;$$

$$e_4 = (b_4^I + b_4^{II})/2,$$

де e_1, e_2, e_3, e_4 — розрахункові показання індикаторів II і III; $b_1^I, b_1^{II}, b_2^I, b_2^{II}, b_3^I, b_3^{II}, b_4^I, b_4^{II}$ — показання індикатора II і III — відповідно в точках вимірювання А, Б, В, Г (рис. 2.8, II).

Для запобігання впливу на показання індикаторів осевого переміщення валів і порівняння з допустимими відхиленнями показання в точці А (верхнє) і в точці Б (праве) необхідно брати за нуль. Для визначення відхилення фланців у вертикальній площині показання в точці А вираховуються з показань точки В (нижнє), а в горизонтальній площині в точці Б — з показань у точці Г (ліве):

$$E_B = e_3 - e_1;$$

$$E_G = e_4 - e_2,$$

де E_B, E_G — відповідно відхилення фланців у вертикальній і горизонтальній площинах (торцеве биття).

За такого розрахунку стала від осевого зміщення валів при повороті на 180° , яка впливає на показання індикаторів, математично виключається.

Для визначення радіального зміщення показання індикатора І у точці А береться за нуль. Для решти точок вимірювання визначається різниця $a_2 - a_1, a_3 - a_1, a_4 - a_1$.

Результати розрахунків зображаються діаграмою (рис. 2.9).

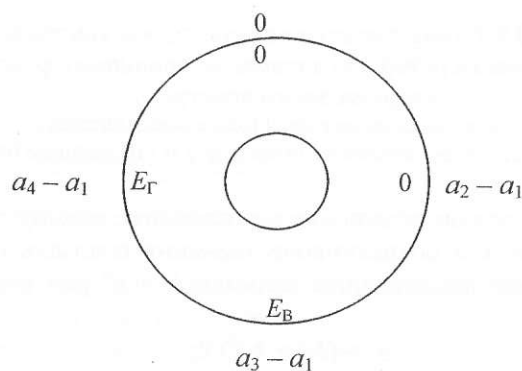


Рис. 2.9. Діаграма результатів замірів центрування роторів

Результати заміру центрування вважаються правильними, якщо показання індикаторів по колу при повороті на 360° залишаються незмінними (такими самими, як і в початковому положенні 0°), спостерігається стабільність результатів у разі повтору замірів, дотримується рівність сум показань по колу $a_1 + a_3 = a_2 + a_4$ з точністю до $0,01$ мм.

Усі вимірювання, що характеризують стан центрування роторів та їх співвісність із корпусом, заносяться у ремонтний формуляр і порівнюються з допустимими. У разі виявлення відхилення правильність положення роторів у процесі ремонту виправляється.

Положення роторів турбоагрегата виправляється за рахунок переміщення вкладишів підшипників, а якщо вкладиші, які мають установні подушки, — зміненням товщини прокладок під подушками. Схему розміщення опорних подушок і зміщення ротора за рахунок зміни товщини прокладок під подушками показано на рис. 2.10. У разі зміщення ротора по висоті на величину $\pm h$ (вверх-униз) товщину прокладок під нижні подушки необхідно змінити на таку саму величину, а під боковими подушками на величину c :

$$c = \pm h \sin \alpha,$$

де h — зміщення ротора по висоті; α — кут між площиною розніми нижньої половини вкладиша і середньою площиною бокової подушки.

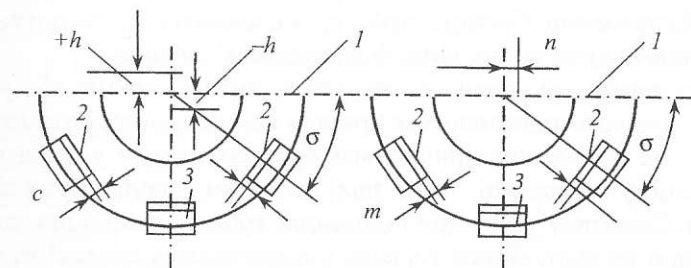


Рис. 2.10. Схема розміщення опорних подушок вкладиша підшипника і зміщення ротора установленням прокладок: 1 — вкладиш; 2 — бокові подушки; 3 — нижні подушки

У разі переміщення ротора у горизонтальній площині поперек осі (вліво-вправо) на величину $\pm n$ товщину прокладок під боковими подушками необхідно змінити на величину m , яка визначається за формулою

$$m = \pm n \cos \alpha.$$

де n — зміщення ротора у горизонтальній площині.

Якщо положення роторів у вертикальній і горизонтальних площинах змінюється одночасно, сумарну зміну товщини прокладок визначають як алгебричну суму отриманих розрахункових даних.

Після перевірки центрування роторів відкривають кришку переднього блока підшипників і розбирають турбодетандер, а після повного охолодження проточної частини відкривають циліндри.

Перед відкриттям циліндрів необхідно від'єднати короб відсмоктування повітря від кожуха турбоблока, зняти короб, а кожух турбоблока демонтувати. Далі розбирають турбіну в такій послідовності:

- знімають і заглушують по фланцях усі трубопроводи підведення повітря для охолодження і ущільнення елементів турбіни;

- перевіряють щільність прилягання опорних лап циліндрів до опорних поверхонь стояків фундаментних рам;

- відкривають циліндри турбоблока. У першу чергу відкривають циліндри турбіни, а потім компресора. Перед зняттям кришок циліндрів турбіни і компресора демонтують контрольні шпильки (штифти), відгвинчують і знімають болти фланцевого з'єднання циліндрів. У спеціальні гнізда вставляють відтискні болти і напрямні стояки.

Кришку циліндрів піднімають у такій послідовності:

- відтискними болтами кришку піднімають на декілька міліметрів рівномірно по площині фланцевого з'єднання;

- за допомогою спеціальних регульованих стропів або універсальної траверси піднімаються кришки по напрямних стояках.

Під час піднімання кришка має бути розміщена у строго горизонтальному положенні, тобто щоб площини фланців були паралельними. Особливу увагу при підніманні кришок необхідно звертати на те, щоб не відбувалося торкань у лопатковому апараті та ущільненнях. Приклад стропування під час піднімання кришки компресора ГТК-10 показано на рис. 2.11. Після зняття кришку встановлюють на монтажній площадці рознімом угору.

Оскільки в процесі експлуатації у результаті короблення фундаментних рам або самих корпусів турбоагрегата, а також осадження фундаменту можуть порушуватися горизонтальності циліндрів, під час кожного капітального ремонту перевіряють горизонтальності площини розніму нижніх половин циліндрів.

Таку перевірку виконують за допомогою рівня, кладучи його на площину розніму в поперечному та осьовому напрямках. Значення уклонів записують у формуляр для порівняння з результатами попередніх перевірок.

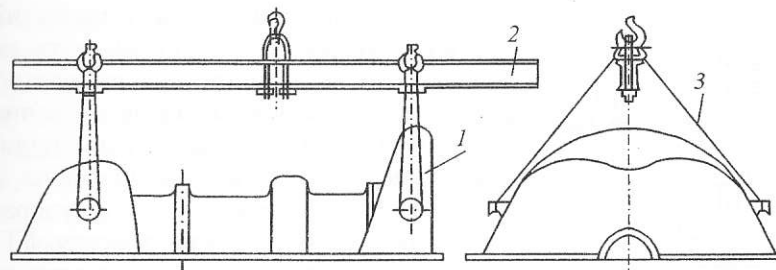


Рис. 2.11. Стропування кришки компресора ГТК-10:
1 — кришка; 2 — траверса; 3 — стропи

Наявність короблення горизонтальних фланців визначають за допомогою відтисків на свинцевому дроті або пластиліні. Зазор по стику фланців не повинен перевищувати 0,3...0,5 мм. Значення розкриття фланців заносять у дефектну відомість.

Під час роботи турбоагрегата через короблення циліндрів, обойм напрямних лопаток та ущільнень, зношування вкладишів підшипників і підвищеної вібрації роторів можуть відбуватися зачеплення робочих лопаток у проточній частині компресора і турбіни. Тому в процесі розбирання необхідно перевіряти радіальні та осьові зазори в лопатковому апараті. Контроль зазорів у лопатковому апараті виконують так:

- ротори турбіни високого та низького тисків зсувають до упору в робочі колодки упорних підшипників. Ротор компресора зсувається в бік турбіни;

- на торці робочих лопаток укладають свинцевий дріт (рис. 2.12). Діаметр дроту повинен бути на 1...2 мм більшим від зазору, вказаному в паспорті;

- обтискують фланці розніму. За товщиною відтиску на свинцевому дроті (рис. 2.13) визначають верхні радіальні зазори у проточній частині.

Так само визначають верхні радіальні зазори в ущільненнях турбіни високого та низького тисків, а також у кінцевих лабіринтових ущільненнях компресора (рис. 2.14).

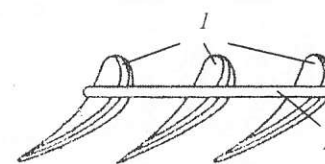


Рис. 2.12. Укладка свинцевого дроту на торці пер лопаток з контролем зазорів у проточній частині:
1 — торці пера лопаток;
2 — свинцевий дріт

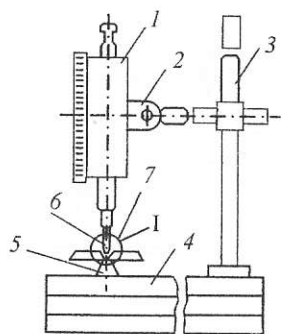


Рис. 2.13. Вимірювання товщини свинцевих відтисків за допомогою індикатора годинникового типу:

1 — індикатор годинникового типу; 2 — кронштейн; 3 — стоець; 4 — плита; 5 — опора; 6 — вимірвальна головка; 7 — відбиток свинцевого дроту

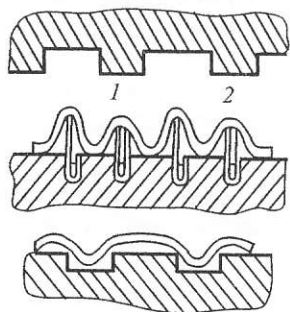


Рис. 2.14. Укладення свинцевого дроту під час вимірювання зазорів у лабиринтових ущільненнях:

1 — кільце ущільнення; 2 — свинцевий дріт

Бокові радіальні зазори у проточній частині компресора і в ущільненнях визначають за допомогою пластинчастого щупа. Осьові та бокові зазори проточної частини турбіни вимірюють клиноподібним щупом. Результати вимірювання за всіма зазорами записують до формуляра.

Значну увагу під час ремонту ГТУ приділяють визначенню працездатності системи охолодження газової турбіни. Систему повітряного охолодження перевіряють згідно з інструкцією заводу-виробника. Визначають співвідношення:

$$A = P_{\text{вх}} / P_{\text{вих}}$$

де $P_{\text{вх}}$ — тиск повітря на вході елемента, що охолоджується; $P_{\text{вих}}$ — тиск повітря на виході елемента.

Перевищення значень коефіцієнта A , граничних для ГТУ, свідчить про несправність системи охолодження, витікання повітря через тріщини або забруднення каналів. Нерівномірність значень $P_{\text{вих}}$ між соплами однієї групи не повинна перевищувати 15 % від нормальних середніх значень.

У процесі експлуатації в результаті короблення елементів турбіни можливе руйнування внутрішньої ізоляції корпусу. Стан ізоляції визначають до ремонту на працюючому агрегаті. За допомогою встановлених на корпусі термопар вимірюється температура корпусу і визначається коефіцієнт k згідно з формулою (2.1). Відхилення температурного коефіцієнта k від допустимих значень за формуляром паспорту установки свідчить про наявність руйнування ізоляції і місцевих перегрівів циліндрів.

За значеннями коефіцієнта k визначається обсяг робіт з донабиття каолінової вати під час ремонту теплоізоляції.

Наступним етапом у процесі розбирання і дефектації турбіни є огляд та визначення технічного стану роторів. Визначаються ступінь і характер забруднення проточних частин компресора і турбіни, положення роторів у розточках циліндрів, фіксуються явно виражені дефекти: пошкодження лопаток та ущільнень, сліди торкань, ерозія, вм'ятини тощо. Важливою операцією для визначення обсягу ремонтних робіт є контроль биття дисків.

Перевірку торцевого биття дисків турбіни високого та низького тисків ілюструє схема, показана на рис. 2.15. Диски розмічають по колу на 8 рівних частин. На відстані 5...10 мм від краю диска встановлюють два індикатори годинникового типу. У положенні ротора I стрілки індикаторів установлюють на нуль. Обертаючи ротор на 360° за всіма точками, визначають і записують показання індикаторів (табл. 2.1).

Половина різниці у показаннях індикаторів є абсолютним значенням биття диска. Торцеве биття дисків по ободу допускається не більше ніж 0,2 мм, а робочих поверхонь упорних дисків — не більше ніж 0,15 мм. У випадку торцевого биття понад допустиме рішення про можливість подальшої експлуатації ротора приймають залежно від рівня вібрації підшипників.

У разі виявлення підвищеного биття дисків та підвищеної вібрації підшипників під час роботи турбоагрегата перевіряють радіальне биття роторів за допомогою індикаторів годинникового типу. Биття вимірюють у трьох перерізах: по кінцях вала біля мастильних ущільнень і посередині вала. Повторно перевіряють центрування роторів ТНТ і нагнітача по півмуфтах. Отримані показники порівнюють з даними центрування до відкриття і після попереднього центрування з відкритим циліндром.

Отриману різницю враховують для досягнення нормального центрування після закриття циліндра.

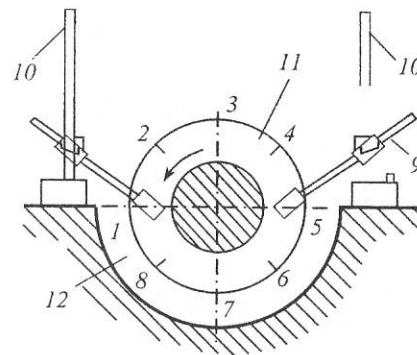


Рис. 2.15. Схема вимірювання биття упорного диска двома індикаторами:

1-8 — точки вимірювання; 9 — кронштейн з індикатором годинникового типу; 10 — стоець; 11 — диск; 12 — корпус

Таблиця 2.1

Запис показань індикаторів I і II
та розрахунки значень торцевого биття диска

Точки відліків за індикаторами		Показання індикаторів		Алгебрична різниця показань	Биття торця диска
I	II	I	II		
1	5	0	0	0	0
2	6	+0,01	-0,01	+0,02	0,01
3	7	+0,02	-0,02	+0,04	0,02
4	8	+0,03	-0,03	+0,06	0,03
5	1	+0,04	-0,04	+0,08	0,04
6	2	+0,08	+0,02	+0,06	0,03
7	3	+0,10	+0,06	+0,04	0,02
8	4	+0,12	+0,10	+0,02	0,01
1	5	+0,13	+0,13	0	0

Після відкриття головного масляного насоса перевіряють на вільний без перекосів рух плаваючих ущільнювальних кілець у пазах корпусу. Виймають рознімне плаваюче кільце, вимірюють і записують до формуляра його внутрішній діаметр. Шестірню розчипного пристрою вводять у зачеплення із шестірнею ротора і за допомогою щупа або індикатора годинникового типу вимірюють зазор між зубцями шестерень (рис. 2.16). Результати вимірювання записують до формуляра.

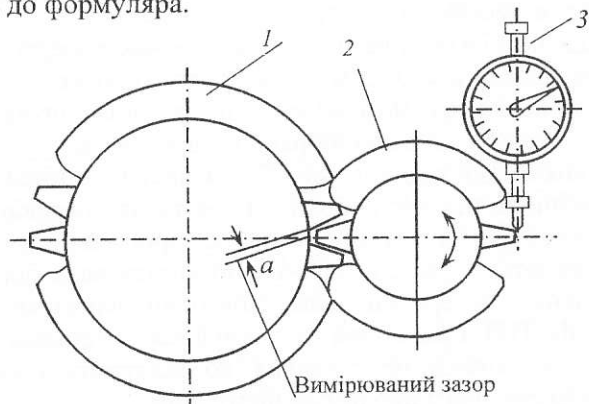


Рис. 2.16. Схема вимірювання зазорів у зачепленні:
1 — шестірня ротора; 2 — шестірня розчипного пристрою;
3 — індикатор годинникового типу

Для визначення осевих розбігів роторів в упорних підшипниках ніжки індикаторів годинникового типу встановлюють на торці роторів і опорно-упорних вкладишів підшипників. За допомогою важеля ротор переміщують в осевому напрямку. Різниця переміщення роторів і вкладишів є розбігом роторів. Нормальний розбіг ротора становить 0,35...0,5 мм, при цьому переміщення вкладишів не повинно перевищувати 0,06 мм. Збільшення розбігу більше ніж 0,5...0,6 мм не допускається.

Наступним етапом є розбирання і дефектація вузлів підшипників. Розбирання вузла підшипника починається з демонтажу термопари, після чого відкривають кришки підшипників, очищають і оглядають розніми. Наявність на внутрішній поверхні кришки і на поверхні верхньої половини вкладиша слідів нагартування свідчить про відсутність натягу між кришкою підшипника і вкладишем. Щупом перевіряється щільність посадки нижньої половини вкладиша у розточці корпусу підшипника.

За свинцевими відтисками визначають розміри натягів кришок підшипників турбіни та компресора і верхні зазори у масляних ущільненнях. Для визначення натягу кришок на рознім підшипника кладуть чотири калібровані пластини 2 однакової товщини або свинцеві дроти (рис. 2.17). На верхню половину вкладиша по краях кладуть два свинцеві дроти 3. Болтами 1 рівномірно обтягують кришку підшипника. Демонтують кришку і вимірюють товщину свинцевих відтисків. Під час встановлення каліброваних пластин натяг дорівнює:

$$H = P - C,$$

де P — товщина каліброваних пластин; C — товщина свинцевого відтиску на вкладиші.

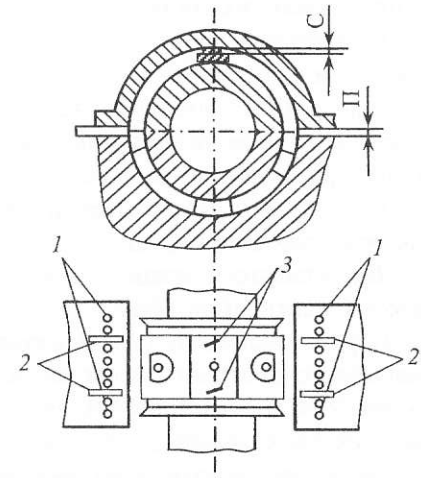


Рис. 2.17. Визначення натягу кришки на вкладиш:
1 — болти кріплення; 2 — калібровані пластини; 3 — свинцеві дроти

Під час установлення свинцевих дротів натяг визначається за формулою

$$H = 0,5 (P_{\text{пр}} + P_{\text{лів}}) - C,$$

де $P_{\text{пр}}$ — товщина правого свинцевого відтиску; $P_{\text{лів}}$ — товщина лівого свинцевого відтиску; C — товщина свинцевого відтиску на вкладиші.

Нормальний натяг для підшипників турбіни та компресора становить 0,07...1,1 мм. Відсутність або зменшений натяг зумовлює підвищення вібрації підшипників.

Аналогічним способом за відтисками на свинцевому дроті визначають радіальні зазори у мастильних ущільненнях підшипників. Для запобігання витіканню мастила вони не повинні перевищувати 0,25 мм. В упорних підшипниках ГТУ радіальні зазори в мастильних ущільненнях рекомендується встановлювати рівними 0,12 мм і ретельно перевіряти прилягання рознімів і посадку в корпусі ущільнювальних обойм.

Прилягання кришок підшипників до корпусу по рознімах з обтисненим кріпленням і щільність прилягання рознімів вкладишів перевіряють за допомогою пластинчастого щупа. Зазор між кришкою і корпусом підшипника не повинен перевищувати 0,03 мм. Якщо прилягання нещільне (зазор більший за 0,03 мм), то дефект записують до відомості обсягу робіт. Зазор у рознімі вкладишів також не повинен перевищувати 0,03 мм.

Завершальним етапом дефектації підшипників є визначення верхніх мастильних і бокових радіальних зазорів у вкладишах.

Верхні мастильні зазори визначаються за допомогою відтисків свинцевого дроту способом, який ілюструється схемою, показаною на рис. 2.18. На кінці шийки вала поперек осі (позиції $b - b_1$) накладаються два свинцеві дроти діаметром 1 мм і довжиною 25...30 мм. Також дроти укладають на рознімі нижньої половини вкладишів з обох боків шийки вала (позиції $a - a_1, c - c_1$). Установлюють верхню половину вкладиша і шпильками рівномірно притискають її до нижньої половини вкладиша. Знімають верхню половину вкладиша і вимірюють товщину свинцевих відтисків. Визначають величину верхнього мастильного зазору у вкладиші за формулою

$$A = b - (a + a_1)/2; C = b_1 - (c + c_1)/2,$$

де A, C — верхні мастильні зазори; a, a_1, b, b_1, c, c_1 — товщини відтисків свинцевого дроту, мм.

Величина верхнього мастильного зазору повинна бути однаковою по всій довжині вкладиша. Допускається різниця розмірів A і C не більша за 0,03...0,05 мм.

Бокові радіальні зазори у вкладишах вимірюються за допомогою пластинчастого щупа зі знятою верхньою половиною вкладиша.

Для вкладишів із циліндричною розточкою величина верхнього мастильного зазору дорівнює 0,002...0,003 від діаметра вала; для вкладишів з «лимонною» розточкою — 0,001...0,0015 від діаметра вала.

Боковий радіальний зазор для циліндричної розточки установлюють рівним 0,5...0,7 від значення верхнього мастильного зазору, для «лимонної» — 1,2...2 від значення верхнього мастильного зазору.

Після відкриття імелера виймають ущільнювальні плаваючі кільця, вимірюють внутрішній діаметр кілець, дані вимірювань записують до журналу. Витягуються упорні колодки, по чергово застроплюються і піднімаються ротори.

Під час піднімання ротора необхідно слідкувати за одночасним відриванням обох шийок ротора від вкладишів. Не допускається осьове зміщення ротора для запобігання торканням лопаток і ущільнювальних кілець. Вийнятий ротор переноситься краном на монтажну площадку і укладається на спеціальні козли з дерев'яними опорними подушками або роликівими опорами. При цьому необхідно взяти всіх заходів для запобігання пошкодженню шийок ротора, наприклад, установленням у вирізи подушок під шийку ротора прокладок з промасленого картону чи параніту.

Після попереднього очищення і промивання приступають до огляду і дефектації ротора. Детальному огляду і контролю підлягають шийки та упорні диски роторів, вкладиші і колодки опорних та опорно-упорних підшипників, елементи лабиринтових ущільнень, рознімних латунних ущільнень кожного типу підшипників, перевіряються нижні радіальні зазори у лопатковому апараті та лабиринтні ущільнення компресора і турбіни тощо.

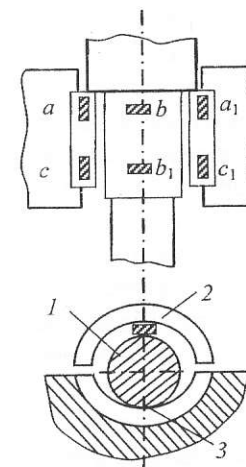


Рис. 2.18. Перевірка зазорів у вкладишах:
1 — шийка вала;
 a, a_1, b, b_1, c, c_1 — свинцевий дрот; 2 — верхня половина вкладиша підшипника; 3 — нижня половина вкладиша підшипника

За натирами на робочій поверхні перевіряють прилягання шийок вала ротора до робочих поверхонь вкладишів підшипників і упорних дисків до колодок упорних підшипників. Нормальним вважається, якщо шийки вала за натирами розміщені по всій робочій довжині вала за дугою кола не більшою ніж 60° . За нормально-го прилягання колодок упорних підшипників до упорних дисків натири (риски) мають бути рівномірно розміщеними по всій робочій поверхні колодки. Допускається, щоб контакт нижньої колодки з упорним диском був не менший за 70 % від номінальної площі контакту. Відхилення від зазначених ознак нормального прилягання свідчить про наявність несправності, яка підлягає усуненню у процесі ремонту. Якщо під час контролю упорних колодок відхилення від нормального прилягання не виявлено, вимірюють їх товщину для визначення можливості їх подальшого переустановлення. Різниця за товщиною колодок не повинна перевищувати 0,02 мм. Зі зменшенням товщини колодок більше від товщини допустимої колодки підлягають заміні. Виявлені дефекти вкладишів і колодок записують до відомості обсягу робіт.

За відтисками на свинцевому дроті визначаються нижні радіальні зазори у лопатковому апараті і лабіринтних ущільненнях компресора, турбіни високого та низького тисків. Для вимірювання зазорів на торці робочих лопаток і кілець лабіринтових ущільнень аналогічно схемам, показаним на рис. 2.12 і 2.14, укладають свинцевий дріт, після чого укладається в циліндри і повторно виймається ротор. Значення товщини відбитків вимірюють і записують до формуляра.

Після вимірювання зазорів проводять огляд і дефектація лабіринтних ущільнень. Пошкодження елементів лабіринтових ущільнень спричиняє витікання робочого середовища і як наслідок знижується ККД турбоустановки, а зі збільшенням зазорів у лабіринтових ущільненнях також підвищується осьовий тиск на роторі.

Дефектами лабіринтових ущільнень є вириви ущільнювальних кілець із пазів ротора, деформація ущільнювальних обойм, тріщини, угнутості, надриви, вироблення ущільнювальних кілець унаслідок торкання і тертя їх по ущільнювальній обоймі під час обертання ротора в процесі роботи установки. Ущільнення допускається до подальшої експлуатації, якщо одне з ущільнювальних кілець має вирив довжиною, не більшою ніж 0,2 від довжини його обводу.

Величина виробки ущільнювальних кілець визначається переважною радіальних зазорів в ущільненнях. Спочатку за допомогою штихмаса визначається концентричність ущільнювальних обойм. Потім за описаними вище методами вимірюють верхні, нижні та бокові зазори за всіма ущільнювальними кільцями. Знос ущільнювальних кілець визначають як різницю отриманих і паспортних зазорів.

Аналогічно проводиться дефектація рознімних латунних ущільнень ножового типу підшипників. Пошкоджене ущільнювальне кільце замінюють новим. Величина радіальних зазорів за ущільненнями підшипників не повинна перевищувати 0,25 мм. Збільшення зазорів вище від зазначеного рівня призводить до появи протікання мастила з підшипників. Під час дефектації ущільнень ножового типу ретельно перевіряються прилягання рознімів і посадка в корпусі ущільнювальних обойм. Усі виявлені в процесі дефектації дефекти заносяться до відомості обсягу робіт.

Далі з ротора турбокомпресора знімають нерознімне ущільнювальне кільце головного масляного насоса і вимірюють його діаметр. Вимірюють також діаметри шийок роторів, місць під ущільнювальні кільця головного масляного насоса та імпелера. Результати вимірювань заносять у формуляр.

Правильність площин упорних дисків перевіряють за допомогою контрольної лінійки і щупа, як показано на рис. 2.19. Нормальним положенням площин дисків вважається таке, коли щуп товщиною 0,03 мм не буде проходити між лінійкою і поверхнею диска. Після цього знімають вставку і обойму напрямних лопаток, виймають нижні половини вкладишів підшипників.

Основні дефекти вкладишів — механічні пошкодження бабітової заливки у вигляді тріщин, рисок, подряпин, задирків, відшарування тіла вкладиша, знос бабіту. Причиною виникнення цих дефектів може бути вібрація, робота на

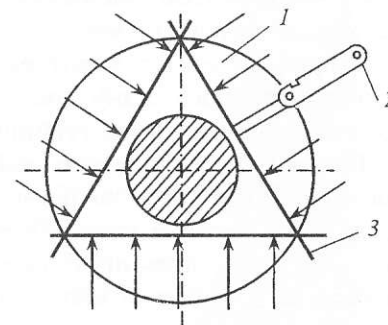


Рис. 2.19. Перевірка площини упорного диска:
1 — упорний диск; 2 — щуп (стрілками показано місця вимірювань); 3 — лінійка

забрудненому маслі, порушення геометрії шийок вала, неправильне розточування підшипників, недостатній тиск масла у підшипниках при працюючому агрегаті тощо.

Механічні пошкодження бабітової заливки визначаються візуально. Відшарування бабіту від тіла вкладиша визначається щупом, простукуванням молотком, перевіркою за допомогою ультразвукової дефектоскопії. Під час контролю на відшарування пластина щупа товщиною 0,3 мм не повинна проходити у зазор між бабітовою заливкою і тілом вкладиша.

Під час дефектації вкладишів особливу увагу приділяють натирам на бабітовій заливці. На нижній половині вкладиша натирі мають бути розміщені рівномірно по всій довжині заливки. Наявність натирів на верхніх половинах і рознімі вкладишів свідчить про порушення нормальної роботи підшипника. Кожна половина вкладишів має щільно прилягати до розточки корпусу. Пластинчастий щуп товщиною 0,03 мм не повинен проходити між вкладишем або опорними подушками і корпусом підшипника. Для запобігання витіканням масла такій же вимозі повинні відповідати площини горизонтальних рознімів вкладишів підшипників. У фіксованих у поздовжньому напрямку вкладишах осьове переміщення має не перевищувати 0,05 мм.

У процесі дефектації ротора особлива увага приділяється визначенню технічного стану поверхні шийок валів і упорних дисків, робочих лопаток, дисків турбіни та їх замків, зубців шестірни.

Під час огляду поверхні шийок валів і поверхонь робочих дисків звертається увага на наявність механічних пошкоджень у вигляді рисок, натирів тощо. Шорсткість робочих поверхонь шийок і упорних дисків повинна бути не нижчою за $Ra = 0,2...0,3$ мм. На шийках за допомогою мікрометра перевіряють також овальність і конусність, які не повинні перевищувати 0,01 мм.

Під час огляду дисків турбіни перевіряють:

- стан ободів дисків;
- стан плавких вставок;
- посадка дисків на вали;
- діаметр дисків.

Обід диска оглядають за допомогою лупи 2,5–5-кратного збільшення на наявність тріщин. Перед оглядом місця огляду заповнюють тонкою шліфувальною стрічкою до металічного блиску.

Так само проводиться огляд на наявність тріщин робочих лопаток. Оглядають перо лопатки, торці, хвостовики, полицки для двовінцевих дисків, заплечники вставок.

Посадку дисків на вал і діаметр дисків перевіряють відповідно за допомогою слюсарного пластинчастого щупа і мікрометричної скоби. Граничнодопустимі параметри для дисків:

- «ріст» (збільшення діаметра) дисків — не більше 1 мм;
 - зміна відстані між вінцями для двовінцевих дисків — не більше 0,5 мм;
 - зміна посадки диска на вал — не більше 0,25 мм.
- У разі виявлення тріщин або досягнення одним із контрольованих параметрів зазначених граничнодопустимих значень подальша експлуатація диска не допускається.

Огляд плавких вставок дисків полягає у визначенні їх цілісності. Під час виплавлення вставок необхідно виявити й усунути причину перегріву диска. Такими причинами можуть бути: неефективна робота системи повітряного охолодження, місцеві зачеплення ротора, перевищення робочої температури продуктів згоряння тощо.

У процесі дефектації ротора перевіряють посадку робочих лопаток турбіни у пазах дисків. Нормальною вважається посадка, коли лопатка вільно похитується у тангенціальному напрямку. Переміщення вершини лопатки повинно бути не меншим ніж 2 мм.

Після дефектації дисків починають розлачувати ротор і проводити дефектацію робочих лопаток. Для зняття лопаток з диска спочатку відгвинчують стопорний гвинт замкової лопатки, запобігаючи при цьому пошкодженню паза лопатки під стопор при видаленні керніня. На лопатках не допускається наявність тріщин, розривів вхідних кромки, погнутості. Особливу увагу під час дефектації лопаток турбіни приділяють западині між полицею і першим зубом хвостовика лопатки (рис. 2.20), де найчастіше виявляються тріщини.

Оглядаючи лопатковий апарат осьового компресора, перевіряють надійність установаження замків робочих лопаток за всіма сту-

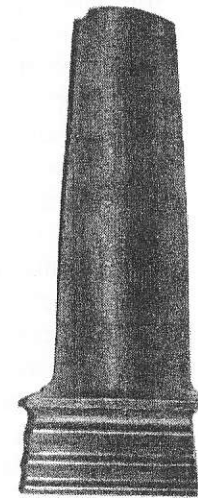


Рис. 2.20. Місця найбільш ретельного огляду робочих лопаток під час дефектації

пеннями. Визначають ступінь ерозійного зношування лопаток осевого компресора. Радіус вихідної кромки лопатки не повинен бути меншим за 0,35 мм. Підрізання хорди лопатки допускається не більшим ніж 2 мм за розміру хорди 70 мм.

За інструкцією заводу-виробника вимірюють власну частоту коливань робочих лопаток осевого компресора. Дані вимірювань порівнюються з нормами, зазначеними у формулярі установки. Лопатки, резонансні частоти яких не відповідають нормам, підлягають заміні.

Для виявлення неглибоких тріщин у лопатковому апараті, шпонкових пазах і на шийках роторів в умовах компресорного цеху використовують магнітопорошковий метод, метод фарб, гас-крейдовий метод, метод індукційної дефектоскопії.

Місця на лопатках турбіни, а також уставках, які виготовлені зі сплавів на основі Ni і підлягають огляду за допомогою лупи, зашліфують, знежирюють і протравлюють. Знежирення проводять у розчині фосфорнокислого натрію: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (30...50 г) на 1 л води; температура розчину 15...20 °C, час знежирення 3...5 хв. Після знежирення деталі промивають у проточній воді. Для травлення використовують реактив такого складу:

- концентрована соляна кислота — 900 мл;
- концентрована сірчана кислота — 60 мл;
- кристалічний мідний купорос — 180 мл.

Травлення проводять до отримання злегка матової поверхні. Після травлення поверхню промивають водою і нейтралізують реактив розчином кальцинованої соди (30...50 г кальцинованої соди на 1 л води). Протравлену поверхню оглядають не раніше ніж після 30 хв після травлення. Основним завданням такого контролю є виявлення дрібних тріщин і структурних змін металу в результаті перегріву деталей.

За результатами дефектації лопаткового апарата осевого компресора і газової турбіни під час ремонту визначають потребу у перелопачуванні цілих ступенів або заміні окремих лопаток. Лопатки, які мають тріщини, розриви вихідних кромок, великий ерозійний знос, зменшені більше від зазначеного допуску хорди і кромки, підлягають заміні.

У процесі подальшої дефектації ротора перевіряють рухливість бойків автоматів безпеки і надійність закріплення стопорних гвин-

тів регулювальних гайок. Виявлені при цьому дефекти записують до відомості обсягу робіт.

Проводять огляд зубчастих муфт. Перевіряють розбіг коронок або проміжних валів, кріплення зубчастих муфт на валах і відповідність їх посадки паспортним вимогам, стан зубців, стан стопорів, наявність нормального підведення мастильного матеріалу. Основними дефектами зубчастих муфт є: знос і поломка зубців, ослаблення посадки, биття муфти. Нормальною для зубчастих муфт вважається посадка з натягом 0,0003...0,0006 від діаметра посадкового місця вала.

Під час дефектації зубчастих муфт необхідно усвідомлювати, що в разі неправильної посадки муфт на вали і недостатнього центрування роторів може виникнути биття муфт, а малий натяг і вібрація ротора ослаблюють посадку муфт, що може стати причиною підвищеного зносу і руйнування зубців. На робочих поверхнях зубців муфт не допускається наявність тріщин, задирків і пітингів у місцях входу і виходу зубців у зачеплення та будь-яких інших дефектів. Мастильні зазори між зубцями повинні відповідати паспортним (при вимірюванні пластинчастим щупом величина мастильного зазору зазвичай становить 0,35...0,46 мм). Збільшення зазорів у зачепленні в результаті зносу призводить до підсилення ударів об зубці і підвищення вібрації ротора. У зв'язку з цим зубчасті муфти, які мають зазор у зачепленні, що більш ніж у два рази перевищує паспортний, під час ремонту підлягають заміні.

Підвищений знос зубців зубчастих муфт може спричинитися також недостатнім підведенням мастильного матеріалу в результаті зашлакування мастильних систем. У цьому випадку необхідно перевірити і прочистити підвідні та зливні канавки у півмуфті і на вінці муфти.

Під час дефектації роторів бажано також перевірити і пересвідчитись у відсутності тріщин шийок, робочих поверхонь гребенів, посадкових місць під півмуфти у місцях виходу з півмуфти шпонкових пазів.

Після дефектації роторів оглядають напрямні лопатки у верхніх та нижніх половинках циліндрів. У процесі огляду необхідно звертати увагу на ступінь ерозійного зносу лопаток, наявність тріщин, забоїв та інших дефектів, і особливо на наявність ознак сульфідно-оксидної корозії соплових лопаток турбіни високого тиску, які ви-

готовляють із жароміцних сплавів на нікелевій основі. Результатом розвитку сульфідно-оксидної корозії за високих температур є окрихчування матеріалу лопатки, що призводить до утворення тріщин і руйнування лопаток. Окрім цього, сульфідно-оксидна корозія на лопатках зумовлює зниження ККД турбіни та перерозподіл теплотоперепадку між ТВТ і ТНТ унаслідок зменшення прохідного перерізу соплового апарату ТВТ і як результат — підвищення питомої витрати палива. Отже, для підтримання необхідної потужності установки треба підвищувати температуру перед турбіною.

Причиною розвитку сульфідно-оксидної корозії є потрапляння у камеру згоряння з повітрям і паливним газом лужних металів та сірки. Ознакою катастрофічного розвитку сульфідно-оксидної корозії є її проникнення на всю товщину пера на угнутій поверхні лопатки і на вхідній кромці з утворенням на ній наскрізної тріщини шириною до 5...7 мм.

Стійкість лопаток до високотемпературної корозії можна значно підвищити, якщо як матеріал лопаток використовувати жароміцні та жаростійкі сплави на кобальтовій основі з підвищеним вмістом хрому, а також нанесенням на поверхню лопаток спеціальних захисних жаростійких покриттів.

Під час дефектації корпусів компресора і турбіни проводять огляд на наявність тріщин у таких місцях, як пази ущільнювальних обойм, місця кріплення стяжок, пази обойми упорного й опорного дисків. Особливу увагу звертають на кріплення стяжок корпусу турбіни, де найбільш імовірно виникнення тріщини. Глибина та напрямок тріщин можуть бути визначені за допомогою ультразвукового контролю. У процесі дефектації перевіряють також наявність короблення внутрішніх елементів компресора і турбіни, зокрема обойми ущільнень та обойми напрямних лопаток і т. ін. Виявлені дефекти записують до відомості обсягу робіт.

2.3. Розбирання і дефектація редуктора

Під час розбирання і дефектації редуктора необхідно керуватися керівництвом заводу-виробника. Перед дефектацією деталей редуктор потрібно розібрати, очистити від забруднень, шламу і промити.

У процесі дефектації виконують такі контрольні операції:

- перевірку паралельності та схрещування осей валів зубчастої передачі;

- перевірку контактних поверхонь зубців зачеплення колеса та шестірні;
- контроль осевого розбігу шестерень;
- виявлення дефектів на зубцях;
- контроль стану вкладишів підшипників, шийок валів зубчастої пари.

Перевірка паралельності осей валів зубчастої передачі виконують таким чином: за допомогою мірних плиток або калібрів вимірюють відстань між контрольними буртами зубчастих вінців колеса і шестірні з боку турбіни та нагнітача (рис. 2.21). Точність вимірювання — до 0,01 мм. Отримані дані порівнюють з паспортними. Допустиме відхилення щодо паралельності паспортних та отриманих даних не повинно перевищувати 0,03/1000 мм.

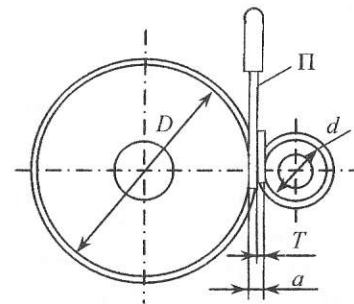


Рис. 2.21. Вимірювання відстані між буртами зубчастих вінців колеса і шестірні за допомогою калібрів: D і d — діаметри контрольних буртів; П — плоский калібр; Т — щуп

Під час перевірки на схрещування осей валів зубчастої передачі за допомогою рівня довжиною 100 мм і ціною поділки 0,02...0,05 мм на 1000 мм вимірюють ухили на шийках колеса та шестірні з боку нагнітача (рис. 2.22).

Попередньо подряпини, забоїни на шийках валів заполіровують і протирають насухо. Показання рівня на одних і тих самих місцях при повороті його на 180° мають збігатися.

Різниця значень ухилів на шийках колеса та шестірні визначає схрещування осей зубчастої передачі. Допустимим вважається, якщо величина схрещування не перевищує 0,03/1000 мм.

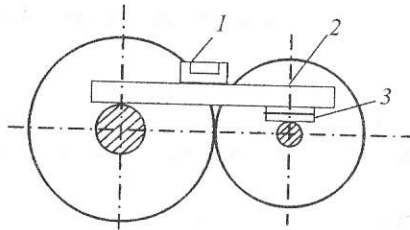


Рис. 2.22. Перевірка схрещування осей валів зубчастої передачі за допомогою рівня з лінійкою:
1 — рівень; 2 — лінійка; 3 — набір плиток, що дорівнює піврізниці діаметрів шийок

Контакт у зачепленні поверхонь зубців колеса та шестірні перевіряють методом відбитка по фарбі. Перед перевіркою забоїни і подряпини на поверхні зубців зачеплення колеса та шестірні зашліфують, на поверхню зубців шестірні наносять тонкий шар фарби. Після цього зубчасту пару провертають і за відбитками фарби на поверхні зубців колеса визначають місцезнаходження та розміри контактної поверхні зубчастого зачеплення.

Для нормальної роботи зубчастої пари редуктора важливе значення має дотримання встановлених параметрів осьового розбігу валів коліс в упорних підшипниках і розбігу шестірні по колесу.

У шевронних передачах за розбігом шестірні можна визначити боковий зазор між зубцями зубчастої пари, який впливає на роботу зачеплення. Зменшені бокові зазори призводять до порушення доступу мастильного матеріалу і як наслідок до утворення на зубцях задирків та їх підвищеного зносу. Збільшений боковий зазор спричиняє підвищення шуму в редукторі.

Боковий зазор контролюють індикатором годинникового типу шляхом вимірювання осьового розбігу шестерень. Схему вимірювання осьового розбігу шестерень показана на рис. 2.23. Індикатор установлюють на рознімі корпусу редуктора так, щоб він вимірювальним стрижнем упирався в торець шестірні. Шестірню переміщують в осьовому напрямку з одного крайнього положення в інше і за нерухомого колеса знімають показання індикатора. Боковий зазор у нормальному перерізі визначають за формулою

$$C'_n = C_0 \sin \beta,$$

де C_0 — вимірний за індикатором осьовий розбіг шестірні; β — кут нахилу зубців шестірні.

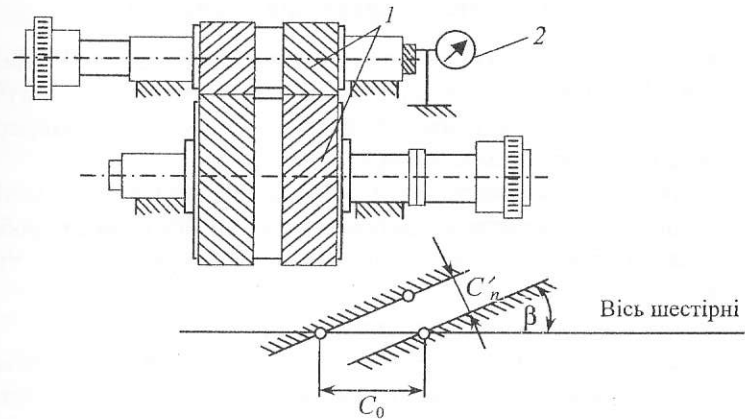


Рис. 2.23. Схема контролю осьового розбігу шестерень:
1 — зубчата пара; 2 — індикатор годинникового типу

Боковий зазор у нормальному перерізі залежить від модуля зачеплення і має розміщуватися у встановлених для цього модуля допустимих межах.

У процесі дефектації зубців колеса і шестірні зубчастої пари редуктора контролюється руйнування зубців, наявність на поверхні зубців пітингу, викришування тощо. Пітинг вважається найбільш небезпечним видом зношування, за якого зубчасті пари для подальшої експлуатації непридатні.

Причиною виникнення пітингу може бути непаралельність і схрещування осей зубчастої передачі, забрудненість мастильного матеріалу твердими частинками, велика різниця зазорів у вкладишах і як результат поява значної незбіжності осей зубчастої пари під час роботи під навантаженням, зниження в'язкості мастильного матеріалу тощо.

Дефектація вкладишів підшипників і шийок валів зубчастої пари редуктора проводиться способами, описаними в підрозд. 2.2. Шийки валів зубчастої пари не повинні мати подряпин, надирів, забоїв.

Еліпсність та конусність шийок мають не перевищувати 0,015 мм, а биття шийок допускається не більшим за 0,01 мм. Усі виявлені дефекти заносять до відомості обсягу робіт.

2.4. Розбирання і дефектація нагнітача

Розбирати нагнітач необхідно відповідно до інструкції заводу-виробника. Порядок виконання робіт з відкриття і ремонту нагнітачів регламентується Правилами технічної експлуатації компресорних цехів із газотурбінним приводом.

Перед розбиранням нагнітач необхідно відключити від мережі газопроводів і забезпечити всі необхідні умови безпечності робіт з розбирання. Розбирання і дефектація нагнітача виконують у такій послідовності:

- знімають кришку блока підшипників;
- очищають площини горизонтального розніму від шламу і пластинчастим щупом 0,03 мм перевіряють щільність його прилягання;
- знімають кріпіння, відтискають кришку нагнітача відтискними болтами і за допомогою кран-балки знімають кришку нагнітача та встановлюють її на спеціальні підставки;
- перевіряють стан ущільнювальних кілець всмоктувальної камери. Пошкоджені кільця підлягають заміні;
- за допомогою свинцевих відтисків перевіряють зазор між ущільнювальним кільцем і вусиками ущільнення на покривному диску. Наявність нерівномірного зазору в цьому ущільненні, який призначений для розділення всмоктувальної та нагнітальної камер, призводить до виникнення додаткових динамічних навантажень в елементах робочих коліс;
- перевіряють стан вусиків ущільнення по покривному диску робочого колеса. Пошкоджені вусики під час ремонту виправляють або підлягають заміні.

Після цього, заздалегідь відгвинтивши кріпіння, діючи строго за інструкцією заводу-виробника, за допомогою кран-балки виводиться з корпусу гільзи.

Гільзу встановлюють на спеціальні підставки. На отвір під гільзу в корпусі нагнітача встановлюють заглушку з паранітовою прокладкою. Отвори підведення та зливу мастильного матеріалу в блоці підшипників заглушують дерев'яними пробками. Торцеву кришку встановлюють на місце.

Далі проводять демонтаж робочого колеса з вала. Для більшості типів нагнітачів демонтаж не потребує підігріву ступиці колеса за допомогою спеціального гідравлічного знімача. Під час дефектації

робочого колеса необхідно ретельно оглянути поверхні основного та покривного дисків і головки заклепок. На дисках не допускається наявність будь-яких тріщин, заклепки з ознаками значної витяжки або сколів головок підлягають заміні.

Контролюється зазор між лопатками і покривним диском. Допускається величина зазору, яка не перевищує 0,04 мм на відстані, що дорівнює діаметру заклепки від центра заклепок, і не більше 0,1 мм в інших місцях. У разі перевищення зазначених зазорів під час ремонту проводять переклепання в необхідних місцях. Контролюють також стан вхідних кромek лопаток. Допустимий знос (підріз) вхідних кромek з боку робочого диска повинен бути не більшим ніж 10 мм для довгих лопаток і не більшим ніж 8 мм для коротких лопаток.

Після зняття кожуха стакана гільзи за допомогою двох індикаторів годинникового типу перевіряють розбіг ротора в упорному підшипнику. Дані вимірювання записують у формуляр. Гільзу повністю розбирають, після чого оглядають гумові кільця, установлені в канавках фланців гільзи. Пошкоджені кільця підлягають заміні. Перевіряють також стан гумових кілець або мідних шайб, установлених під головками болтів, які кріплять гільзу до корпусу, щодо можливості витікання мастильного матеріалу під болтами.

Знімають і розбирають торцеве ущільнення. Після очищення втулки перевіряють за фарбою щільність прилягання її до гільзи. Особливу увагу приділяють стану торцевого ущільнення. У разі значного зносу (більше ніж 0,5 мм) графітового кільця, а також за наявності на його контактній поверхні сколів, подряпин, кільцевих рисок втулка з кільцем підлягає заміні.

Усі гумові кільця круглого перерізу, які встановлені на втулках графітового кільця, на валу під сталеве кільце і на зовнішній поверхні корпусу ущільнення у випадку значного набухання гуми, а також пошкодження кілець, замінюють на нові.

У процесі дефектації підшипників контролюють верхні мастильні зазори, бокові мастильні зазори, щільність прилягання рознімів вкладишів, стан поверхні вкладишів. Розміри зазорів записують до формуляра. Під час дефектації вала візуально за натирами визначають прилягання колодок опорно-упорного підшипника до упорного диска. Перевіряють конусність і еліпсність шийок ротора. Не допускається відхилення діаметра шийки по довжині на вели-

чину понад 0,015 мм. У разі більшого відхилення шийка підлягає проточуванню і перешліфуванню.

Найчастіше тріщини на деталях нагнітача виявляються на посадковому місці вала під півмуфту, робочому колесі в місці шпонкових пазів і на покривних дисках робочих коліс, а також у зварних з'єднаннях.

У процесі дефектації зазначені місця підлягають ретельному контролю на наявність тріщин. Контролю підлягає також товщина металу газопроводів технологічної обв'язки нагнітача у місцях згину.

2.5. Розбирання і дефектація допоміжного обладнання

2.5.1. Розбирання і дефектація валоповоротного пристрою

Розбирання і дефектація валоповоротного пристрою починають з від'єднання і зняття його з кришки переднього блока підшипників ГТУ. Спочатку оглядають кінематичну пару, визначають розміри площі контакту в зачепленні, потім оглядають зубці на наявність на них надирів, наклепу, тріщин і визначають ступінь зносу зубців, зазори у зачепленні.

У випадку поломки зубців або наявності на них тріщин шестірню-гайку замінюють. Контакт робочих поверхонь черв'ячної передачі має бути не меншим ніж 75 % від номінальної площі контакту. Нормальний осьовий зазор у черв'ячній парі першого ступеня — 0,6...0,7 мм.

Шестерні-гайки повинні плавно без заїдань переміщуватись по валу черв'ячного колеса. При цьому контакт робочих поверхонь шліца і гвинтового паза має бути не меншим ніж 60 %.

За наявністю і величиною люфтів оцінюють ступінь зносу шарикопідшипників редукторів валоповоротного пристрою. У разі великих люфтів підшипники замінюють.

Стисненим повітрям прочищають усі канали підведення мастильного матеріалу до валоповоротного пристрою. Після цього знімають електродвигун і кришку муфти, перевіряють стан гумових пальців еластичної муфти. Спрацьовані пальці замінюють новими.

Виявлені у процесі дефектації валоповоротного пристрою дефекти записують до відомості обсягу ремонтних робіт.

2.5.2. Розбирання і дефектація турбодетандера та розчіпного пристрою

Розбирання і дефектацію турбодетандера та розчіпного пристрою починають з від'єднання від корпусу трубопроводів. Після зняття торцевої кришки перевіряють розбіг ротора в упорному підшипнику. Величина розбігу не повинна перевищувати 0,2...0,27 мм. Далі знімають верхню половину корпусу, очищають рознім і визначають натяг у спряженні кришка — вкладиш і верхній мастильний зазор у вкладишах. Вимірюють зазори у мастильних ущільненнях і бокові мастильні зазори у підшипниках. Зсувають ротор у бік компресора і в такому положенні вимірюють осьові зазори в проточній частині між бандажними стрічками і лопатками. Величини вимірних зазорів записуються у формуляр.

Перевіряють від руки плавність переміщення розчіпного пристрою вздовж вала. Будь-яке порушення плавності переміщення записується у відомість обсягу робіт для усунення несправності під час ремонту.

Відкривають кришку циліндра сервомотора і вимірюють зазори в ущільненнях. Величина діаметрального зазору повинна становити 0,15...0,20 мм. Вимірюють і записують у формуляр щільність прилягання розніму вугільних кілець. Нормальне прилягання становить 0...0,05 мм. Далі розбирають ущільнення. Під час огляду вугільних ущільнень турбодетандера увагу звертають на рухомість вугільних сегментів в обоймі по радіусу. Осьовий зазор між вугільними сегментами і обоймою має становити 0,8 мм. У разі його збільшення може статися витікання пускового газу, а в разі зменшення — заїдання сегментів і як наслідок швидкий знос. Зношені сегменти, а також сегменти, які мають руйнування, викришування, під час ремонту замінюють новими. Заміні підлягають також пружини вугільних ущільнень, які мають недостатню пружність і значну пошкодженість корозією. Якщо радіальні зазори збільшені, вугільні ущільнення підганяють по валу припилюванням стиків з наступним шабруванням.

Після цього виймають і оглядають ротор. Вимірюють і записують у формуляр діаметри шийок ротора. Перевіряють прилягання шийок і упорних площин ротора до бабітової заливки. Оглядають лопатки і стрічковий бандаж. Виявлені дефекти заносять до відомості обсягу ремонтних робіт.

2.5.3. Розбирання і дефектація камери згоряння

Перед початком розбирання необхідно перевірити герметичність кранів і щільність фланцевих з'єднань трубопроводів підведення до камери згоряння паливного газу. Розбирання і дефектація камери згоряння проводять у такій послідовності:

- із фланцевого розніму кришки камери згоряння видаляють теплоізолювальні мати;
- від'єднують запальник, трубопроводи основного, чергового та запального пальника, знімають пальниковий пристрій;
- знімають кришку камери згоряння, фронтний пристрій, демонтують полуменеву частину і змішувач.

Після цього всі елементи камери згоряння і змішувач, реєстри, пальники, шпонкові з'єднання і особливо зварні шви підлягають ретельному очищенню та огляду через 5–7-кратну лупу. Найбільш поширеним дефектом деталей камери згоряння є тріщини. На лопатковому змішувачі тріщини в основному виникають на зварних швах, а також на самих лопатках і в місцях приварювання лопатей до жарової труби. На фронтальному пристрої тріщини трапляються здебільшого в місцях приварювання лопаток реєстрів обичайок і на самих обичайках. На основному пальнику тріщини можуть утворюватись на зварних швах, а також у місцях приварювання корпусу з отворами для виходу газу. На перехідному патрубку може спостерігатися обгорання патрубка огляду і тріщини у зварних швах зовнішнього патрубка.

Наведені дефекти — це здебільшого дефекти, що виявляються на горизонтальних камерах згоряння з перехідним патрубком. У процесі дефектації таких камер, крім виявлення зазначених дефектів, визначають також стан талрепа фіксаційного пункту і шпонки. Сумарний зазор по шпонці повинен становити 0,05 мм.

У вертикальних камерах згоряння найбільш частими дефектами є тріщини на обичайці стикових секцій жарової труби, руйнування перемичок вікон змішувача, тріщини і руйнування вузлів кріплення жарової труби в корпусі, насамперед за шпонковим з'єднанням і вузлом пальцевих фіксаторів.

Виникнення тріщин і руйнувань елементів камери згоряння зумовлюється термічною втомою металу внаслідок циклічної зміни температур і втомою у разі теплових деформацій елементів конструкції та вібраційного навантаження деталей в результаті пульсацій робочого середовища у процесі роботи камери згоряння.

2.5.4. Розбирання і дефектація регенераторів та мастилоохолоджувачів

Регенератори під час кожного середнього та капітального ремонту підлягають обов'язковому огляду і перевірці на герметичність. Для цього спочатку від'єднують повітропроводи і встановлюють металеві заглушки товщиною 10...12 мм з паранітовими прокладками на фланцевих з'єднаннях з боку входу та виходу повітря. Випробування генератора на герметичність проводиться опресовуванням його стисненим повітрям. Схему опресовування показано на рис. 2.24. На одному з патрубків установлюють манометр, а до іншого подається повітря під тиском 0,3 МПа. Падіння тиску в регенераторі за 5 хв не повинно перевищувати 0,25 МПа, що відповідає втраті повітря не більше ніж 0,5 % від повної витрати повітря через секцію.

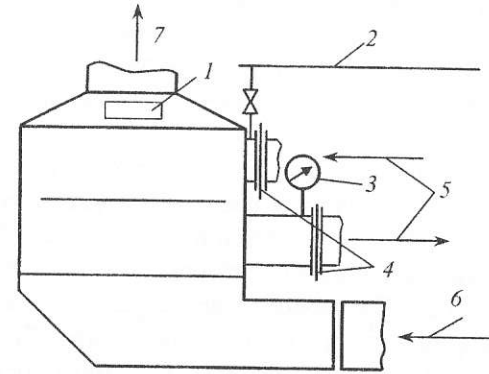


Рис. 2.24. Схема опресування регенератора:

- 1 — люк; 2 — колектор повітря діаметром 50 мм з тиском 0,3 МПа;
- 3 — манометр; 4 — металеві заглушки; 5 — вхід та вихід повітря;
- 6 — вхід продуктів згоряння; 7 — вихід продуктів згоряння

Пакети секції регенератора оглядають з боку входу та виходу продуктів згоряння через люки на газоходах. У пакетах не допускаються розриви, тріщини, прогари і спучування парних профільних пластин. Під час огляду регенераторів визначається також наявність зазорів в установлювальних шайбах дистанційних болтів і прилягання лап.

Прилягання лап до всіх опор повинно бути щільним без зазорів, а зазор установлюваних шайб має становити 0,1...0,18 мм.

Повітряні охолоджувачі, що встановлюються на ГТУ, можуть бути з прямим охолодженням масла та проміжним теплоносієм (вода або антифриз).

У процесі дефектації повітряних маслоохолоджувачів визначають місця витікання масла і проміжного теплоносія. Секції з рубашками очищають ззовні та із середини від бруду і випробовуються гідравлічним тиском згідно з технічними умовами на апарат. Ущільнення між секціями повинно бути щільним. Далі проводять огляд зубчастої пари редуктора на наявність зносу і стану підшипників вала. Перевіряють надійність кріплення лопаток вентилятора, справність приводу жалюзів. Пошкоджену ущільнювальну гуму замінюють.

2.5.5. Розбирання і дефектація мастильної системи

Мастильна система газотурбінного агрегата містить пусковий та резервний масляні помпи, гвинтові масляні помпи, газовідокремлювач, маслоохолоджувачі, інжектори, бак для масла і запірну арматуру (крани, вентиля, заслінки, зворотні клапани, маслопроводи та ін.).

Під час розбирання пускову та резервну помпи спочатку демонтують з масляного бака разом з електродвигуном. Вал помпи у складеному стані потрібно повертати від руки. Після цього помпу відкривають, виймають напрямну втулку і нижнє кільце та вимірюють спряжені деталі. Визначають діаметральний зазор у плаваючій ущільнювальній втулці колеса, який має бути в межах 0,120...0,185 мм. Діаметральний зазор у вкладиші та осьовий розбіг мають становити відповідно 0,16 і 0,25...0,35 мм. Усі виміряні зазори записують у формуляр. Після повного розбирання проводять огляд і дефектацію всіх деталей помпи. Особливу увагу приділяють вкладишам та шліцам муфти помпи. На шліцах не повинно бути зрізань і змінання граней.

У процесі дефектації гвинтової масляної помпи спочатку перевіряють центрування за допомогою півмуфт валів помпи і електродвигуна. Торцеве розцентрування і розцентрування за колом півмуфт не повинно перевищувати 0,05 мм. Знімають торцеву кришку помпи, підп'ятники, перевіряють наявність взаємного розміщення деталей. Зазор між бабітовою заливкою і зовнішнім діаметром гвинтів не повинен перевищувати 0,08 мм. Насоси зі збільшеним

зазором підлягають ремонту. Далі виймають та оглядають гвинти і підп'ятники. Не допускається наявності на нитках гвинтів і на бабітовій заливці задирків та глибоких подряпин; натири на тертьових поверхнях повинні бути рівномірно розміщеними. Перевіряють розбіг гвинтів, вимірюють діаметри розточки підп'ятників та діаметри шийок валів і за їх різницею визначають радіальні зазори у підшипниках. У блоці клапанів перевіряють щільність прилягання запобіжного та зворотного клапанів. Усі виявлені дефекти записують до відомості обсягу ремонтних робіт.

У процесі дефектації шестеренчастої масляної помпи вимірюють зазори у зачепленні шестерень і зазори між внутрішніми розточками корпусу та вершинами зубців, які повинні становити відповідно 0,2...0,3 і 0,05...0,1 мм. Осьові зазори визначають за свинцевими відтисками. Нормальною вважається величина осьового зазору в межах 0,05...0,1 мм. Збільшення радіальних та осьових зазорів призводить до втрати продуктивності та напору, що розвивається насосом. За різницею виміряних діаметрів шийок шестірні та розточок вкладишів визначають діаметральні зазори у підшипниках. Вони не повинні перевищувати зазори по вершинах зубців. Після повного розбирання всі деталі помпи підлягають огляду на наявність механічних пошкоджень. Усі виявлені дефекти записують до відомості обсягу ремонтних робіт.

У маслосистемах ГГПА застосовують маслоохолоджувачі-теплообмінники з проміжним теплоносієм. Перед дефектацією таких маслоохолоджувачів спочатку з них через спускні крани заливають масло та воду, знімають трубопроводи підведення та зливу води, зливний пробковий кран, виварюють і знімають зливу трубу і кришку корпусу. Перевіряють наявність маркування на фланцевих кришках маслоохолоджувача, трубного пучка та корпусу. Після цього виймають трубний пучок із корпусу. Під час огляду трубного пучка перевіряють наявність маркування на внутрішній кришці трубної дошки і знімають кришку. Внутрішню порожнину корпусу маслоохолоджувача і трубний пучок очищають від бруду, шламу, сольових відкладень. За допомогою спеціального пристрою (рис. 2.25) опресовують секції маслоохолоджувача для перевірки герметичності з боку маслопроводу тиском 0,7 МПа протягом 20...30 хв. За падінням тиску і витіканням з трубок води визначають дефектні трубки і порушення вальцювання у трубних дошках. Виявлені дефекти записують до відомості обсягу ремонтних робіт.

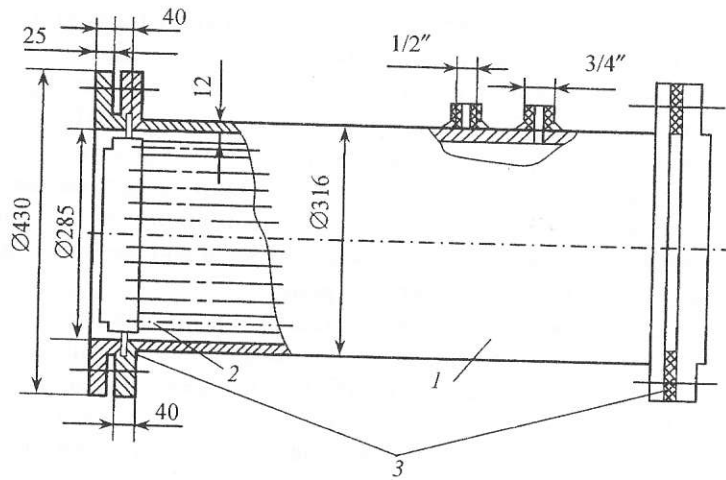


Рис. 2.25. Пристосування для опресовування маслоохолоджувачів:
1 — пристосування; 2 — трубний пучок; 3 — гумова прокладка

Дефектацію масляного бака виконують шляхом зовнішнього огляду і огляду внутрішньої порожнини бака. Зовнішній огляд проводять до зливання з бака масла для виявлення його витікання по швах. Перед внутрішнім оглядом демонтують і виймають помпи та фільтри. Після зливання масла масляний бак повинен бути ретельно провентильований для видалення парів масла.

У процесі внутрішнього огляду визначають характер та ступінь забрудненості відсіків масляного бака, сітчастих фільтрів, цілісність сіток і стан кріплення плоских пружин. Фільтри з проривами сіток бракують.

Під час огляду газовідокремлювача визначають ступінь забруднення розпилювача і газовідбійних ґраток, кріплення ґраток гідрозатвора, перевіряють відсутність витікання масла і газу в машинний зал.

Дефектація інжекторів полягає в основному в перевірці стану сопел. Сопла, що мають збільшений діаметр отвору (знос), викривлення і значні забоїни, бракують.

Запірна арматура (вентилі, крани, заслінки, зворотні клапани) перевіряють головним чином на герметичність, наявність на корпусах тріщин і механічних пошкоджень.

2.6. Очищення і промивання деталей газотурбінної установки

У процесі ремонту ГТУ в умовах компресорної станції і на спеціалізованих ремонтних базах використовують механічні способи очищення, гідродинамічне струминне очищення мийними розчинами та аерозолями і промивання різними розчинниками.

Механічними способами очищують деталі від іржі, окалини, затверділих нашарувань мастила та інших відкладень, а також видаляють старі лакофарбові покриття. Цим способом за допомогою шаберів, металевих щіток, механізованих шоршюк, ручних роторних машинок очищують деталі проточної частини турбіни, камери згоряння, розніми корпусів, регенератори, поверхні корпусів та трубопроводів.

Особливо трудомістким є процес очищення проточної частини компресора. В умовах спеціалізованої ремонтної бази для очищення проточної частини компресора і лопаткового апарата добре зарекомендувало гідродинамічне очищення аерозолем. Процес очищення показано на рис. 2.26.

На забруднені лопатки, бочку і статор компресора під тиском через спеціальний струминний інжектор подається пульпа, яка складається з 1 частини маршаліту і 3 частин гарячої води. Процес очищення відбувається у спеціальному закритому боксі. Після очищення проточна частина просушується стисненим повітрям.

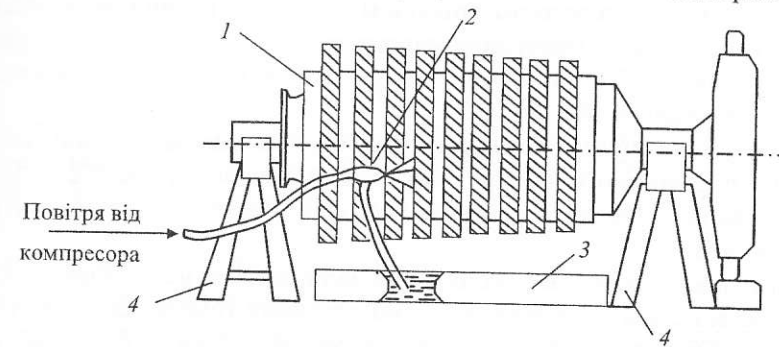


Рис. 2.26. Схема очищення ротора осьового компресора:
1 — ротор компресора; 2 — сопло; 3 — резервуар із сумішшю води з маршалітом; 4 — опори

Очищення деталей від паливно-мастильних забруднень здійснюють промиванням у спеціальних піддонах гасом або соляром. Промиваючи вкладиші, особливу увагу необхідно приділяти якості очищення каналів підведення мастильного матеріалу та інших важкодоступних місць.

Для очищення маслопроводів і порожнин мастильних холодильників використовують дихлоретан, трихлоретилен і тринатрійфосфат.

Використання тринатрійфосфату для промивання мастильної системи є переважним, оскільки він менш дефіцитний, ніж дихлоретан і трихлоретилен, неядовитий і пожегобезпечний. Крім цього, тринатрійфосфат утворює на поверхні деталей захисну фосфатну плівку.

Недоліком тринатрійфосфату є те, що у процесі його гідролізу утворюється луг, який потребує ретельного промивання деталей після очищення, а також дотримання відповідних правил безпеки під час виконання робіт.

Ретельному очищенню під час ремонту підлягають трубки маслоохолоджувачів, на яких у процесі роботи відкладається сольовий накип карбонатів кальцію та магнію.

Відкладення накипу значно знижують ефективність теплообміну, що в кінцевому підсумку позначається на роботі всієї турбоустановки. Порожнину трубок від відкладень солей очищують механічним способом за допомогою прутка-шомпола зі спеціальною насадкою-пером і хімічним способом — 3 %-м розчином соляної кислоти з додатком інгібітору, наприклад, на 1 л розчину 2 г уротропіну. Як інгібітори можна використовувати також формалін, фурбурол, столярний клей.

Схему прокачування мийного розчину для хімічного очищення водяної порожнини маслоохолоджувача показано на рис. 2.27. Для приготування мийного розчину необхідно ретельно перемішати компоненти.

За недостатнього перемішування залишається неінгібована соляна кислота, яка спричиняє корозію латунних трубок маслоохолоджувача. Очищення проводять протягом 20...25 хв за безперебійної циркуляції мийного розчину.

Температура розчину — близько 30 °С. Після очищення всю систему промивають проточною водою протягом 2...3 хв.

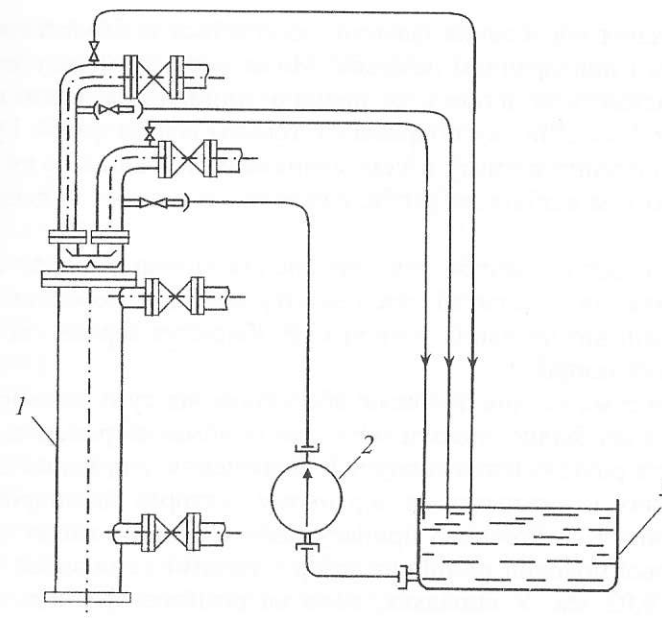


Рис. 2.27. Схема з'єднань для хімічного очищення мастильної системи:
1 — маслоохолоджувач; 2 — насос; 3 — бак

2.7. Ремонт основних деталей та вузлів газотурбінних установок

2.7.1. Ремонт корпусів

Основними дефектами корпусів газотурбінних установок, які підлягають усуненню під час ремонту, є короблення фланців горизонтального розніму циліндрів, короблення корпусу турбіни, тріщини, раковини, пористості тіла корпусу, відрив опорних лап від опорних поверхонь стояків фундаментних рам, деформація обойм ущільнення осьового компресора турбіни і мастильних ущільнень, деформація і зрив кріпильної різі.

Найбільш складним і трудомістким процесом під час ремонту є усунення короблення фланців горизонтального розніму циліндрів і корпусу турбіни. Короблення зазначених елементів порушує герметичність фланцевого розніму, що викликає витікання робочого газу і знижує ККД установки.

Усунення короблення фланців досягається шліфуванням, шабруванням і притиранням рознімів. Місця виступу металу на фланцях визначають за допомогою повірної лінійки довжиною не меншою ніж 2 мм. Лінійку покривають тонким шаром фарби і укладають на площину розніму в усіх напрямках. Місця виступу металу визначають за відбитком фарби, а висоту виступів — за допомогою щупа.

Визначаючи припуск для оброблення (товщину шару металу, що підлягає видаленню під час ремонту фланців), необхідно враховувати дані вимірювання у процесі розбирання верхніх та нижніх радіальних зазорів.

Якщо сума зазорів дорівнює або менша від суми паспортних, а з фланців необхідно знімати метал, то приймають рішення про необхідність розточування корпусу й укорочення напрямних лопаток, розміщених у нижньому та верхньому секторах циліндрів. Після оброблення і остаточного припасування площин розніму нижньої та верхньої половин циліндрів зазор у рознімі не повинен перевищувати 0,03 мм. У випадках, коли на рознімах фланців корпусу утворились великі місцеві нерівності і для їх усунення необхідно знімати значний шар металу, а також після багаторазового ремонту фланців горизонтального розніму в розточках циліндрів, у місцях установлення обойм, кілець може утворитись еліпсність. Усунення еліпсності досягають розточуванням корпусу.

Після припасування площин фланців горизонтального розніму перевіряють, а в разі потреби припасовують радіальні зазори по напрямних і робочих лопатках проточної частини, а в лопатках турбіни перецентрують обойми напрямних лопаток.

Найбільшого короблення через перепад температур між окремими елементами зазнає корпус турбіни. Як наслідок короблення корпусу турбіни з внутрішнього боку по горизонтальному розніму фланцевого з'єднання виникає щілина, яка досягає у випадку необтягнутого кріпленням стану 4...5 мм і більше.

Усунення цього дефекту за величини розкриття до 4 мм досягається електродуговим наплавленням на обох половинах корпусу в місцях розкриття валика шириною 10...15 мм з наступним шліфуванням і пришабруванням до необхідної висоти. Якщо розкриття перевищують 4 мм, виникає потреба в усуненні еліпсності корпусу шляхом знімання металу з горизонтального розніму.

На корпусах такі дефекти, як тріщини, раковини і пористість, усувають заварюванням. Для заварювання тріщин використовують звичні в ремонтній практиці прийоми. Для заварювання тріщин у корпусі, вставках, екранах і компенсаторах турбіни використовують різні електроди залежно від марки сталі елемента, що підлягає ремонту. Пористості та раковини на циліндрі компенсатора, а також риски і задирки на рознімі осьового компенсатора у місцях, де температура не перевищує 100 °С, дозволяється заклеювати замазкою такого складу (у масових частках): епоксидна смола ЭД-5 або ЭД-6-100, затверджувач (поліетиленполіамін) — 16, пластифікатор (дибутилфталат) — 2, наповнювач (чавунна стружка, просіяна через сито $\leq 0,3$ мм) — 240. Суміш перед використанням підігривається до 50...60 °С. Перед нанесенням дефектні місця ретельно зачищають і знежирюють. Після затвердіння суміші місця виправлення дефекту зашабрують.

У процесі тривалої експлуатації газотурбінної установки можлива деформація обойм ущільнення осьового компресора і турбіни, а також обойм мастильних ущільнень. У результаті деформації у зазначених елементах утворюється еліпсність. На практиці застосовують такі способи ремонту обойм: рихтування наклепом з внутрішнього та зовнішнього боків; нагрівання у напруженому стані; наплавка валиків електродуговим зварюванням. Найбільш раціональним способом усунення еліпсності у такому випадку є зняття на необхідну товщину металу з горизонтального розніму з наступним розточуванням обойми по внутрішньому діаметру до необхідного розміру, виходячи з умови забезпечення потрібного для певної установки паспортного розміру радіальних зазорів. За базу розточування береться внутрішній діаметр обойми, що дорівнює більшій осі еліпса.

Якщо в процесі дефектації виявлено відрив опорних лап корпусу від опорних поверхонь стояків фундаментної рами, цей дефект усувають наплавленням шпонок з наступним обробленням і припасуванням. Усі нарізні кріпильні елементи під час ремонту корпусів для виправлення різі припасовують гайками, плашками або мечиками. Кріплення із зім'ятою або зірваною різзю замінюють.

Ремонт корпусів закінчується усуненням дефектів системи охолодження. Для цього трубопроводи систем охолодження опресовують стисненим повітрям і виявляють місця витікання повітря.

Пошкоджені трубопроводи замінюють. Прочищають сопла і перевіряють систему охолодження на відповідність установленому в формулярі паспорта нормативу.

2.7.2. Ремонт роторів

У процесі ремонту ротора усувають такі дефекти, як биття упорного диска, задирки і риски на шийці та упорному диску, конусність, овальність і бочкоподібність шийок.

Незначне биття упорного диска (0,06...0,12 мм) допускається виправляти вручну шабруванням з наступним шліфуванням шліфувальною стрічкою на тканинній основі і поліруванням пастою ГОІ. Шліфування та полірування диска виконують за допомогою спеціального чавунного притира. Шліфують диск рівномірним щільним притисненням притира по всій площині, що досягається за допомогою спеціального пристрою (рис. 2.28). Торцеве биття робочої поверхні упорного диска при цьому не повинно перевищувати 0,015 мм. Биття робочої поверхні упорного диска зі зворотного боку, а також дрібні риски і задирки на упорному диску виправляють аналогічним чином.

Великі подряпини і задирки глибиною більшою ніж 0,2 мм, конусність, бочкоподібність і еліпсність шийок, що перевищують 0,02 мм, виправляють проточуванням шийки різцем із наступним шліфуванням та поліруванням фетровим кругом з пастою ГОІ.

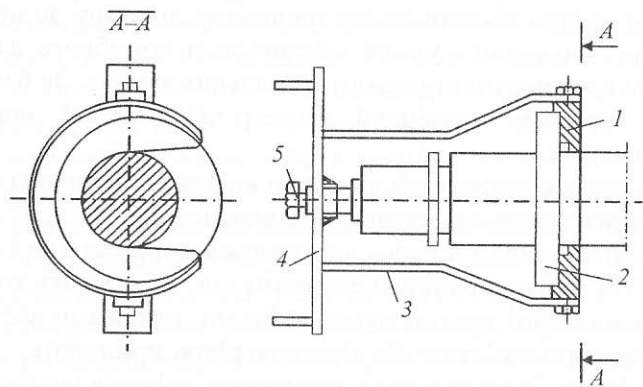


Рис. 2.28. Пристрій для шліфування упорного диска:
1 — притир; 2 — упорний диск; 3 — тяга; 4 — планка; 5 — натискний болт

Проточування та шліфування шийок вала виконують на токарному верстаті типу ДПІ-500, а також у власних або технологічних підшипниках за допомогою спеціального пристрою (рис. 2.29).

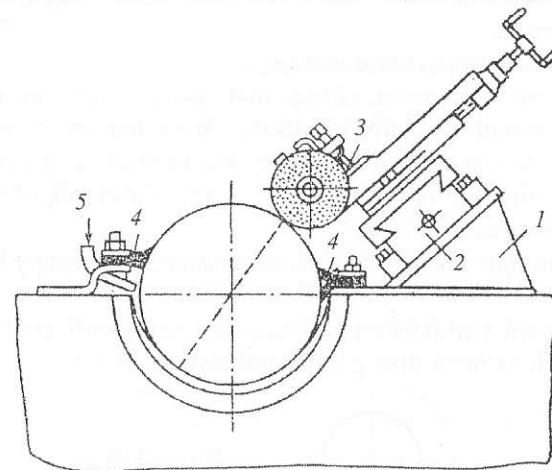


Рис. 2.29. Пристрій для ремонту опорних шийок вала у власних підшипниках:
1 — підставка; 2 — супорт; 3 — шліфувальна машинка;
4 — захисні фетрові щитки; 5 — підвід мастила

В останньому випадку обертання ротора здійснюється валоповоротним пристроєм.

Змінюючи робочий інструмент — різець, шліфувальний круг, фетровий круг з пастою ГОІ, виконують послідовно проточування, шліфування і полірування шийок вала. Зменшення діаметра шийки після токарного оброблення допускається не більше ніж 3 % від розміру за кресленням у зв'язку з вимогою до механічної міцності.

Останнім часом для відновлення шийок ротора до номінальних розмірів добре зарекомендував і успішно застосовується метод напilenня покриття електродуговою металізацією.

У процесі ремонту ущільнювальні кільця, що мають пошкодження, які не можуть бути виправлені (обриви, значний знос вусиків ущільнення) на роторах турбіни і компресора, замінюються новими.

Ущільнювальні кільця замінюють у такій послідовності:

— чеканий дріт вирізають з канавки відрізним різцем. Щоб не пошкодити канавку під ущільнення, ширина різальної кромки різця

має становити 0,8...1,0 мм. Швидкість подачі різця — 0,05...0,1 мм на один оберт ротора. Цю операцію виконують таким же чином і на такому самому обладнанні, що й описана вище операція проточування шийки вала;

- виймають пошкоджене кільце;
- для заміни видалених кілець нарізають заготовки нових ущільнювальних кілець і чеканного дроту. Довжина заготовок повинна бути на 3...5 мм більшою за довжину кола канавки під ущільнення. Для чеканки використовують дріт із термічно обробленої сталі 12Х18Н9Т діаметром 1,5 мм;
- чеканний дріт розплющують на вальцях до розміру $1 \pm 0,05$ мм (рис. 2.30);
- заготовлені ущільнювальні кільця і чеканний дріт заводять у пази ротора, після чого дріт розчеканюють.

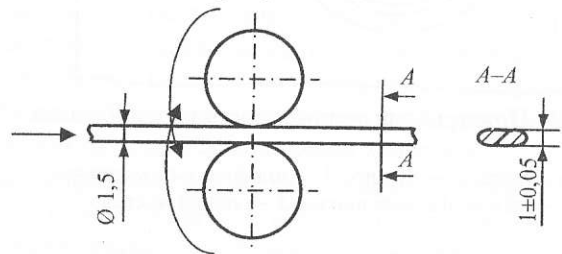


Рис. 2.30. Схема вальцювання чеканного дроту:
1 — чеканний дріт; 2 — вальці

Ущільнення набивають так, щоб у кожній канавці стик ущільнювального кільця та стик чеканного дроту були віддалені один від одного на відстань не меншу ніж 100 мм по дузі кола. Стик кільця у канавці повинен бути зміщений відносно стику сусіднього кільця теж не менше ніж на 100 мм по дузі кола. Зазори у стиках ущільнювальних кілець та зазори у стиках чеканного дроту мають становити відповідно 0,5...0,7 і 1...1,6 мм. При цьому в ущільнювальному кільці і в чеканному дроті у кожній канавці допускається лише по одному стику.

Дріт чеканять по периметру вручну за допомогою спеціального чекана і молотка. Більш прогресивним є заковчування чеканного дроту роликком на верстаті. Якість зачеканювання контролюється прикладанням зусилля величиною 20 кг на довжині кільця 10 мм

біля стику. При цьому кільце не повинне виходити з паза. Після розчеканювання ущільнювальні кільця рихтують у площині, перпендикулярній до осі ротора спеціальними оправками і проточують до необхідного розміру.

2.7.3. Динамічне балансування роторів

Якщо під час ремонту ротора він стає незрівноваженим, наприклад, після заміни лопаток, пересадки дисків тощо, то в такому випадку обов'язково виконують динамічне балансування ротора.

Метод динамічного балансування застосовують для зрівноваження сил і моментів, що діють на опори (підшипники) ротора.

Величину незрівноваженості ротора називають дисбалансом і виражають добутком незрівноваженої маси в грамах на відстань від осі ротора в сантиметрах. Так, наприклад, якщо маса незрівноваженої частини становить 1 г і вона розміщена від осі обертання на відстані 10 см, то дисбаланс ротора дорівнюватиме 10 г·см.

Якщо ротор зрівноважений, то на його підшипники будуть діяти лише статичні сили G_1 і G_2 від маси ротора G (рис. 2.33, а).

У разі появи незрівноваженості, крім сил G_1 і G_2 , на підшипники ротора будуть діяти незрівноважені центробіжні сили N_1 і N_2 , які є складовими незрівноваженої центробіжної сили N (рис. 2.33, б).

В останньому випадку кожна опора (підшипник) ротора буде навантажена двома силами: G_1 і G_2 , які будуть постійними за величиною, напрямком і силами N_1 і N_2 , які змінні як за величиною, так і за кутом залежно від частоти обертання ротора.

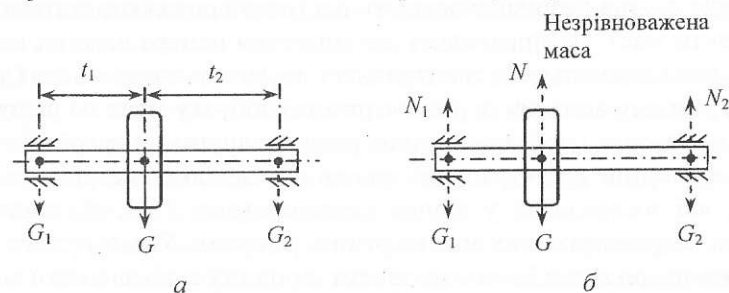


Рис. 2.31. Сили, що діють на підшипники (опори) зрівноваженого (а) і незрівноваженого (б) роторів під час його обертання

Результуючі R_1 , R_2 кожної з пар сил $G_1 + N_1$ і $G_2 + N_2$ також будуть змінними як за величиною, так і за напрямком (рис. 2.32).

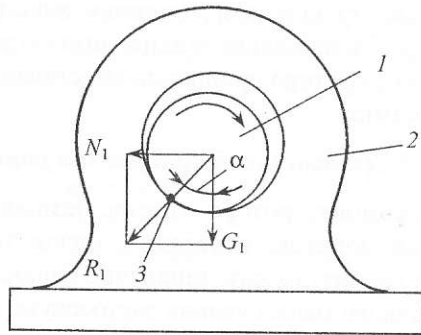


Рис. 2.32. Переміщення точки дотику шийки ротора і підшипника під дією незрівноваженої сили:

1 — вал; 2 — підшипники; 3 — точка дотику шийки вала і підшипника

Під дією сил G_1 , G_2 під час обертання ротора шийка ротора не буде мати постійної точки дотику з підшипником і здійснюватиме коливальний рух, відхиляючись від вертикалі на деякий кут та переміщуючись вправо і вліво. Такі коливання викликають вібрацію ротора, що може стати причиною підвищеного зношування підшипників, і створює додаткові циклічні навантаження на деталі ГТУ, що може зумовлювати їх руйнування від утомленості.

У зрівноваженому роторі (рис. 2.33, а) будь-які маси m_1 , m_2 діаметрально протилежних секторів створюють однакові статичні моменти і їх спільний центр ваги збігається з віссю обертання.

В одному із секторів незрівноваженого ротора (рис. 2.33, б) щонайменше є одна незрівноваженість δm (незрівноважені статистичні моменти мас). Це призводить до зміщення центра ваги на величину e , яка називається ексцентриситетом. Незрівноваженість (дисбаланс) у цьому випадку дорівнює різниці добутку маси на радіус у першому перерізі і добутку маси на радіус у другому перерізі.

Коли в одній діаметральній площині є декілька незрівноваженостей, які зосереджені у різних секторах (рис. 2.33, в), виникає декілька незрівноважених мас на різних радіусах. У цьому випадку за законами механіки їх можна звести до однієї еквівалентної маси $\delta m_{зв}$. Незрівноваженість ротора може виникнути в декількох діаметральних площинах по довжині ротора (рис. 2.33, з). Якщо ці маси зосереджуються в одній осьовій площині, то еквівалентна маса також буде в цій площині, у протилежному випадку вона розміститься у площині, відмінній від площин розміщення незрівноважених мас.

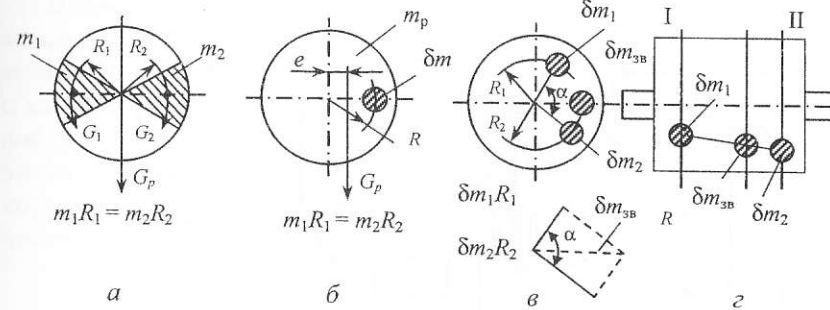


Рис. 2.33 Схеми незрівноваженості ротора:

а — зрівноважений ротор; б, в, з — незрівноважений ротор з однією незрівноваженістю

Таким чином, усі розосереджені незрівноваженості можуть бути зведені до однієї або декількох зосереджених еквівалентних мас. Незрівноваженість усувається в певних площинах, заданих конструктором, які називаються *площинами коригування* або *площинами зведення*.

Зрівноваження ротора динамічним балансування зводиться до знаходження місця розташування і величини зведених незрівноважених мас у площинах коригування і зменшення її до допустимого значення шляхом коригування маси знімання металу або установленням відповідних за масою тягарців. Ротори турбіни зрівноважують за рахунок зняття металу зі спеціально передбачених для цього на дисках уступів або установленням постійних тягарців у балансувальні пази. При цьому тягарці мають бути надійно закріплені у пазах стопорними гвинтами і кернуванням.

Зрівноваження роторів проводиться на машинах різної конструкції. У вітчизняній практиці найбільшого поширення набули машини нерезонансного типу, у яких величина незрівноваженості вимірюється за допомогою електромагнітного датчика. Схему такої балансувальної машини показано на рис. 2.34.

Ротор, що балансується, установлюють на пружних опорах O_1 та O_2 , які вільно переміщуються у горизонтальній площині. Опори оснащені електромагнітними датчиками 3 та 4. Дроти котушок датчиків підведені до підсилювача 9 і гальванометра 7. У схему ввімкнено потенціометричні пристрої 5 та 6 (подільники напруги), призначенням яких є усунення електричним способом взаємного впливу струмів обох датчиків.

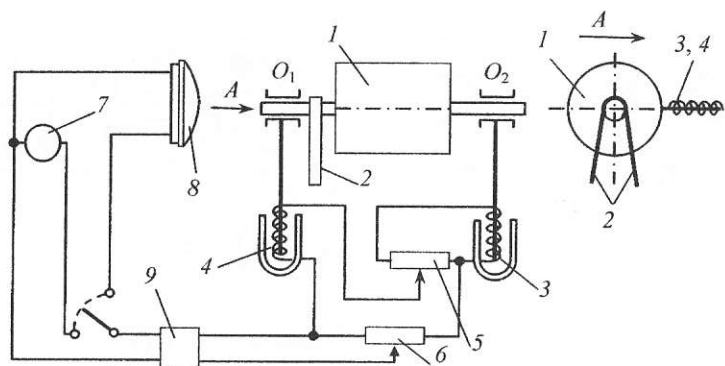


Рис. 2.34. Схема машини для динамічного балансування:

- 1 — ротор, що балансується; 2 — гнучкий привід;
- 3, 4 — електромагнітні датчики; 5, 6 — потенціометри;
- 7 — гальванометр; 8 — стробоскопічна лампа; 9 — підсилювач

Таким чином, за наявності в роторі незрівноважених сил або моментів він буде коливатися, а в датчиках виникатимуть пульсуючі струми, напруга яких прямо пропорційна величині незрівноваженості. Вмикаючи поперемінно той або інший датчик, отримують показання приладу, що відповідає величині незрівноваженості.

Для визначення кутового положення незрівноваженої маси застосовують стробоскопічну лампу 8, що ввімкнена в електричне коло машини і викликає спалах тільки лише в момент проходження незрівноваженої маси через площину розміщення датчиків. Під час спалаху лампа освітлює один з торців ротора і останній внаслідок стробоскопічного ефекту здається зупиненим.

Попередньо в довільній точці на торець ротора наноситься біла пляма, яка в момент спалаху лампи буде здаватися зупиненою. Знаючи, що момент її передбачуваної зупинки відповідає моменту проходження незрівноваженої маси в горизонтальній площині розташування датчиків, можна легко визначити кутове положення незрівноваженої маси.

Ротор зрівноважують у встановлених площинах коригування для кожної з опор окремо, послідовно домагаючись мінімальної незрівноваженості.

Зрівноваження проводять за швидкості обертання ротора 450...650 об/хв. Можлива точність балансування становить 2...3 г·см.

Широко використовують балансувальні машини із двома нерухомими опорами. На цих машинах величина і фаза динамічного впливу дисбалансів ротора вимірюють за динамічними тисками на п'єзоелектричні датчики нерухомих опор (рис. 2.35). За певного вибору режиму роботи машини повністю усувається динамічний вплив маси ротора, унаслідок чого закон взаємного впливу площин коригування значно спрощується. Цей взаємний вплив визначає чисто геометрично відстань площин коригування опор і між собою.

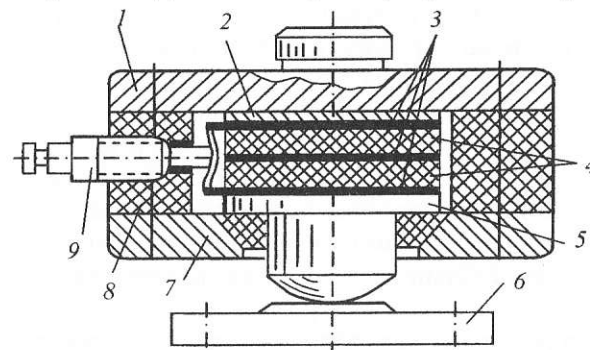


Рис. 2.35. П'єзоелектричний датчик балансувальної машини з нерухомими опорами:

- 1 — верхня кришка; 2 — вирівнювальна прокладка;
- 3 — контактні пластинки; 4 — п'єзоелектричні пластинки з титану барію;
- 5 — сферична п'ята; 6 — під'ятник;
- 7 — нижня кришка; 8 — корпус датчика; 9 — контактний штир

Для машин з нерухомими опорами характерний великий діапазон маси зрівноважуваних роторів. Умови зрівноваження на нерухомих опорах наближаються до умов експлуатації, що підвищує надійність зрівноваження, особливо гнучких роторів.

Співвісність опор шпинделя осьового приводу машини з нерухомими опорами легко встановлюється та добре зберігається в експлуатації, що підвищує точність зрівноваження. Нерухомі опори простіші та надійніші, ніж електродинамічні датчики рухомих опор.

Існуючі численні методи зрівноваження жорстких роторів неприйнятні для зрівноваження гнучких роторів. Для гнучких роторів за однією і тією самою величиною зрівноважуваних вантажів зі зміною кількості обертів змінюється відстань між площинами коригування. Тому зрівноважити гнучкий ротор можна лише для певної швидкості обертання, зі зміною якої гнучкий ротор стає знову

незрівноваженим. Цим пояснюється той факт, що багато роторів, будучи зрівноваженими на малих обертах, стають незрівноваженими на великих і навпаки. У цих випадках додаткова незрівноваженість ротора виникає через прогин ротора, величина якого змінюється зі зміною кількості обертів.

Існує кілька методів зрівноваження гнучких роторів, основою яких є вимірювання прогинів і фаз коливань обертового ротора, або вимірювання вібрації вала і його опор з наступним вибором та установленням пробних вантажів, що зрівноважують ротор, які розподілені вздовж вала ротора відповідно до форм його власних коливань. Однак вимірювання пружної деформації ротора під дією сил інерції незрівноважених мас на робочій швидкості обертання пов'язане зі споживанням великих потужностей або зі створенням спеціальних вакуумних балансувальних установок. Методи зрівноваження роторів на великих обертах варто розвивати та вдосконалювати, однак поряд із цими складними методами на практиці можна застосувати і більш прості методи низькооборотного зрівноваження. До них належить метод розподільного або поелементного зрівноваження роторів з урахуванням можливої їх деформації.

За розподільного зрівноваження в багатомасових системах (рис. 2.36) дисбаланс усувають послідовно в кожній з мас 1, 2, 3 та 4, після чого остаточно зрівноважують усю систему. За звичайного зрівноваження дисбаланс маси 2 усувався б у заданих площинах коригування, як наприклад, у площинах $A-A$ та $B-B$. Під час роботи на критичних обертах незрівноважена центробіжна сила зумовила б прогин вала, додатковий зсув центра ваги та порушення зрівноваженості. Послідовне балансування цього не спричиняє, оскільки маса 2 зрівноважується в площині фактичного розміщення дисбалансу або поблизу неї.

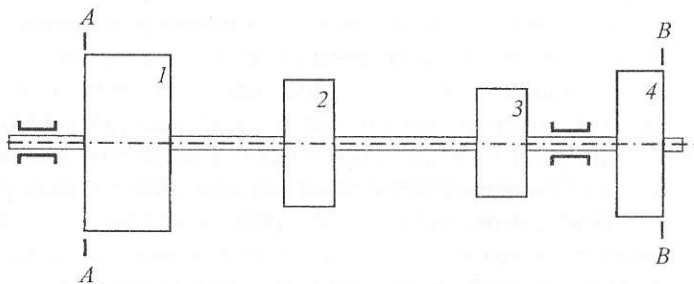


Рис. 2.36. Схема послідовного балансування

2.7.4. Ремонт зубчастих муфт

Зубчасті муфти є одними з найбільш відповідальних вузлів газотурбінної установки. Стан зубчастих муфт визначає надійність з'єднання валів при передачі обертового руху і значною мірою впливає на рівень вібрації роторів під час роботи установки. Тому якості ремонту зубчастих муфт приділяється особлива увага.

Під час ремонту зубчастих муфт потрібно усувати всі несправності та дефекти, які були виявлені в процесі дефектації.

Забойни, задирки на торцевих поверхнях коронки, незначні подряпини на болтах і в отворах зачищають бархатним напилком і м'якою шліфувальною стрічкою. У разі значних пошкоджень на болтах і в отворах отвори розвертають до видалення задирків, а болти замінюють на нові відповідно збільшеного діаметра. При цьому маса знятого з отвору металу має дорівнювати додатку такої самої маси на болту. Різниця цих мас не повинна перевищувати 30 г. У разі потреби підганяють прилягання зубців муфти за фарбою способом шабрування.

Пошкоджені стопорні шайби замінюють на нові.

Особливу увагу під час ремонту зубчастої муфти приділяють стану посадки муфти на вал і зазорам у зачепленні, від яких значною мірою залежить рівень вібрації роторів. Муфти з ослабленою посадкою і з неприпустимо збільшеними зазорами у зачепленні замінюють на нові.

Перед установленням нової муфти на вал перевіряють її комплектність, наявність маркування всіх деталей, відповідність усіх геометричних розмірів кресленню, а також перевіряється рухомість зубчастих втулок у коронках.

Визначають фактичний натяг посадки:

$$H = D_b - D_{вн},$$

де D_b — діаметр посадкового місця вала; $D_{вн}$ — внутрішній діаметр зубчастої втулки.

Натяг має становити 0,0003...0,0006 від діаметра посадкового місця вала. У шпонкових з'єднаннях півмуфт на валах газотурбінних установок застосовують призматичні та циліндричні шпонки. Перед посадкою зубчастої втулки призматичні шпонки приганяють таким чином, щоб натяг і зазори у шпонковому з'єднанні відповідали зазначеним на схемі (рис. 2.37).

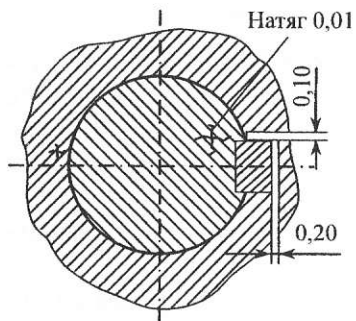


Рис. 2.37. Приганяння шпонки перед посадкою півмуфти на вал

Після приганяння шпонки закріплюють у пазах шпонкового паза вала гвинтами. Втулку насаджують на вал з попереднім підігрівом у ванні з мастилом або термопечі. Температуру підігріву втулки можна визначити приблизно за формулою

$$T = (H - 2a) / D_{вт} \beta,$$

де H — розмір посадкового натягу, мм; a — радіальний зазор між нагрітою втулкою і валом; $D_{вт}$ — посадковий діаметр втулки, мм;

β — коефіцієнт лінійного розширення металу втулки, мм/°С.

Перед посадкою втулки посадкове місце вала і шпонку необхідно змастити тонким шаром сірчано-ртутної мазі або сухим графітом.

Установлюючи зубчасті муфти, які фіксуються на валу циліндричними шпонками, необхідно після посадки зубчастої втулки на вал просвердлити і розвернути отвір під шпонку. Натяг у циліндричному шпонковому з'єднанні дорівнює різниці діаметрів шпонки та отвору і становить 0,01...0,02 мм.

Втулку фіксують в осьовому напрямку нарізними стопорами у торці втулки.

Після встановлення втулки та її повного охолодження за допомогою індикаторів годинникового типу визначають торцеве биття втулки, яке має не перевищувати 0,015 мм.

2.7.5. Ремонт лопаткового апарата

Під час ремонту лопаткового апарата виявлені при дефектації на лопатках забоїни, задирки зачищають надфилем і шліфувальною стрічкою. Загнуті кромки лопаток виправляють рихтуванням. Лопатки необхідно шліфувати обережно, щоб не змінити профіль лопатки. Перед шліфуванням лопатки виймають із пазів диска.

Для зняття робочих лопаток турбіни високого та низького тисків спочатку необхідно вийняти стопорні гвинти замкової лопатки. Пази дисків і хвостовики лопаток очищають від шламу й окалини. Лопатки, які підлягають заміні, зважують і за масою підбирають

нові. Маса нової лопатки не повинна відрізнятися від маси лопатки, що замінюється, більше ніж на 2,5 г. За масою лопатки приганяються зняттям металу з торця лопатки до висоти, достатньої для забезпечення нормального радіального зазору в проточній частині. Допускається також знімати метал на кінці пера лопатки, збільшуючи висоту утонення, або висвердлюванням заглибин на торці лопатки.

Робочі лопатки турбіни зі значним зносом по торцях і як результат зі зменшеною висотою під час ремонту відновлюють аргонодуговим наплавленням з наступним шліфуванням до номінального розміру за висотою. Знімок наплавленої робочої лопатки турбіни ГТК10 показано на рис. 2.38.

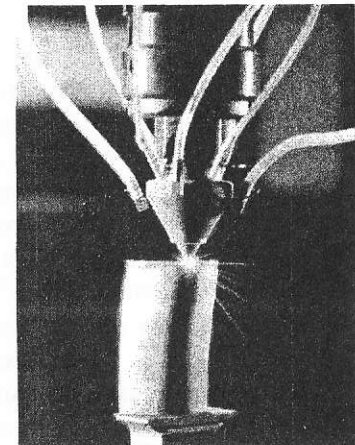


Рис. 2.38. Наплавлена робоча лопатка турбіни

Для постановки лопаток турбіни у пази дисків хвостовики лопаток змащують гліцерином або касторовим маслом. Лопатки складають згідно з маркуванням на диску, на самих лопатках і на вставках. Останньою встановлюють замкову лопатку, потім загвинчують стопорний гвинт і його зачеканюють. У разі заміни цілого ряду лопаток або декількох лопаток ротор потрібно динамічно відбалансувати.

Для зняття лопаток осьового компресора спочатку надсвердлюють свердлом діаметром 8 мм стопорні гвинти, відгвинчують стопорні гвинти, виймають клин і вставки. Після видалення замка виймають замкову лопатку, а за нею переміщенням по пазу — решту лопатки.

Розлопачування напрямних лопаток компресора виконують у такій послідовності:

- розкернують та вигвинчують стопорні гвинти, що кріплять у різніах циліндра крайні проміжні тіла або лопатки;
- розкернують проміжні тіла;
- виймають проміжні тіла та лопатки з паза.

Після видалення лопаток на роторі та циліндрі їх ретельно очищають від бруду та іржі, промивають гасом або розчином тринатрійфосфату, зачищають усі задирки.

Перед облопачуванням готують необхідну кількість лопаток для заміни забракованих у процесі дефектації. Нові лопатки підбирають однаковими за масою з дефектними. Якщо масу дефектної лопатки визначати неможливо або в разі заміни великої кількості лопаток, то нові лопатки підбирають так, щоб за масою вони дорівнювали діаметрально протилежним з точністю $\pm 2,5$ г. Важливим фактором, який підлягає обов'язковому визначенню та врахуванню, є частота власних коливань лопаток і збуджувальної сили. На працюючому агрегаті лопатка може ввійти у резонанс, що призведе до її руйнування. Хвостовики кожної нової лопатки приганяють по пазу в роторі або циліндрі і до хвостовиків сусідніх лопаток. Перед установленням лопаток пази змащують тонким шаром гліцерину, касторового масла або віскозину.

Перед установленням лопаток ротора та циліндра необхідно перевіряти їх положення в пазу. Відхилення за радіусом допускається не більшим ніж 0,35 мм, в осьовому напрямку — не більшим ніж 0,3 мм на 100 мм довжини лопатки. Перевищення зазначених допусків призводить до зміни розрахункових перерізів каналів і порушення умов витікання повітря, що знижує ККД турбоустановки. У разі заміни напрямних лопаток компресора необхідно пригнати сумарний зазор між стиками проміжних тіл згідно з технічними вимогами паспорта шляхом селективного підбирання лопаток або опилювання проміжних тіл. Лопатки стопоряться кернуванням.

Після набору всіх лопаток установлюють замок. При цьому виконують усі передбачувані та необхідні заходи стопоріння замка. Після встановлення замка лопатки рихтують у радіальному та осьовому напрямках вручну або за допомогою спеціальних оправок. Облопачування циліндра осьового компресора завершується встановленням стопорних шайб з гвинтами.

Для відновлення радіальних зазорів осьового компресора у практиці ремонтного виробництва добре зарекомендувала технологія нанесення компенсуючого ущільнювального шару покриття органосилікатного матеріалу. Технологія включає підготовку поверхні статора компресора (очищення, знежирення), підготовку композиції (змішування органосилікатної композиції марки

ОС-8201 із затверджувачем АТМ-3 0,6...1,2 % від маси композиції, який попередньо розчинений у толуолі в пропорції 1 масова частка затверджувача до 5 масових часток толуолу), нанесення композиції на поверхню.

Композицію наносять пензлем або пульверизатором пошарово товщиною до 0,1...0,2 мм із проміжком 30 хв для затвердіння попереднього шару.

Технологія дозволяє нарощувати шар покриття товщиною до 3 мм. Ущільнювальне покриття з органосилікатного матеріалу має високу адгезію до металу, високу термостійкість (до 400 °С), добре припрацьовується в умовах тертя під час обертання лопаток, що дає змогу безпечно в процесі ремонту встановлювати лопатки зі зменшеним аж до нульових початкових зазорів у проточній частині компресора і в кінцевих ущільненнях ГТУ. При цьому робочий розмір зазору встановлюється за рахунок виробки матеріалу ущільнювального покриття обертовими деталями.

2.7.6. Ремонт підшипників

Під час ремонту підшипників ковзання мілкі раковини і пористості на неробочій поверхні бабітової заливки вкладишів усуваються паянням. На робочій поверхні вкладишів запаювання раковин і пористостей не допускається. Невеликі раковини глибиною до 0,5 мм і діаметром до 5 мм допускається залишати, ретельно скругливши їх краї.

Бабітову заливку інколи частково відновлюють наплавленням бабітом. Товщину наплавленого шару потрібно вибирати з урахуванням величини верхнього мастильного зазору у вкладиші та припуску на механічне оброблення.

Вкладиші з відшаруванням бабіту, збільшеними верхніми та боковими масляними зазорами, раковинами і пористістю на поверхні бабітової заливки перезаливають. Операція перезаливання вкладишів містить:

- виплавлення старої бабітової заливки;
- підготовку поверхні вкладиша під полуду;
- контроль і рихтування вкладиша;
- лудіння поверхні вкладиша;
- підготовку вкладиша до заливання бабітом;
- складання форми під заливання;

- заливання бабітом;
- огляд, контроль і виправлення дефектів після заливання бабітом.

Лудіння поверхні вкладиша потрібне для надійного зчеплення бабіту з основним металом вкладиша. Для лудіння вкладишів підшипників турбіни застосовують олово або припій ПОС-20. Перед лудінням вкладиші необхідно знежирити для забезпечення міцного з'єднання полуди з тілом вкладиша. Якість лудіння повинна відповідати таким вимогам:

- шар полуди має бути рівномірним;
- під час повертання вкладиша розплавлена полуда повинна рівномірно перетікати по луженій поверхні;
- поверхня полуди повинна бути чистою та світлою без плям і відтінків;
- перед заливанням бабітом полуда на поверхні вкладиша має бути затверділою.

Після лудіння вкладиш необхідно протягом не більше ніж 1 хв залити бабітом. За більшої тривалості часу між лудінням і заливанням бабітом через окиснення полуди погіршується зчеплення бабіту з основним металом вкладиша.

Перед заливанням бабіт розплавляють у спеціальному тиглі. Масу бабіту для заливання одного вкладиша приблизно можна визначити за формулою

$$Q = 1,12\gamma l\pi(D^2/4 - d^2/4),$$

де 1,12 — коефіцієнт, що враховує угар бабіту під час його розплавлення і прибуток, що забезпечує щільність бабіту; γ — щільність бабіту (7,38 г/см³ для Б83); l — довжина вкладиша, см; D — внутрішній діаметр розточки вкладиша (зовнішній діаметр заливки), см; d — внутрішній діаметр заливки вкладиша з припуском на розточку, см.

Температура розплавленого бабіту повинна бути на 40...50 °С вищою за температуру його плавлення. Заливання проводять ручним і центробіжним способами.

Центробіжне заливання більш продуктивне, дозволяє економити порівняно з ручним заливанням до 50 % бабіту, а також отримати більш високу якість заливки. Пристрій для центробіжного заливання показано на рис. 2.39.

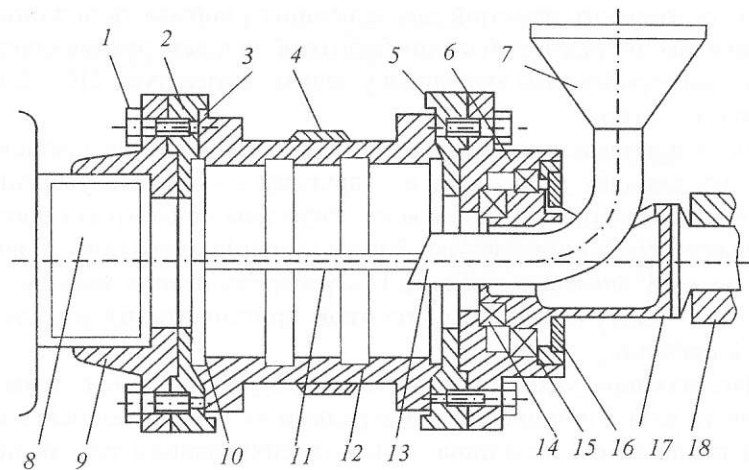


Рис. 2.39. Пристрій для заливки вкладишів підшипників:
 1 — болти; 2 — передній знімний натискний диск; 3, 10 — виїмки у диску;
 4 — хомут для стяжки вкладиша; 5 — задній знімний натискний диск;
 6 — задня планшайба; 7 — воронка; 8 — шпindel токарного верстата;
 9 — передня планшайба; 11 — азбестові прокладки; 12 — вкладиш, що заливається; 13 — носик воронки; 14, 15 — шарикопідшипники;
 16 — затискна тарілка до шарикопідшипника; 17 — шпindel;
 18 — задня бабка токарного верстата

На якість центробіжного заливання істотно впливає частота обертання заливної деталі. Зі збільшенням частоти підвищується щільність бабіту, але одночасно погіршується однорідність структури бабіту за перерізом заливки в результаті розділення компонентів сплаву за щільністю (ліквация). Частоту обертання підбирають дослідним шляхом залежно від марки бабіту, що використовується для заливання і внутрішнього діаметра підшипника. Підшипники заливають таким чином: пристрої для заливання встановлюють на токарний верстат і центрують відносно осі обертання; отвори підшипника заглушують азбестовим волокном; перед заливанням підшипник з натискними дисками пристрою газом паликом нагрівають до температури близько 250 °С, таким же чином прогрівають заливну горловину до температури 170...200 °С, у підшипник, що обертається із заданою частотою, заливають необхідну кількість за масою попередньо розплавленого бабіту; підшипник обертають до повного затвердіння бабіту; після затвердіння бабіту верстат зупи-

няють, розбирають пристрій для заливання і виймають підшипник. Усувати неоднорідні структури бабітової заливки рекомендується термічним обробленням вкладишів у печі за температури 210...220 °С протягом 1,5 год.

Після виплавлення бабіту і заливання вкладиш, як правило, у першому випадку розводить, а у другому — зводить усередину. Такий дефект усувають методом нагартування по бабітовій заливці. Для цього перед виплавленням бабіту із зовнішнього боку підшипника по колу знімають шаблон. Після перезаливання вкладиш наклепом по бабіту сферичним молотком приганяють під задалегідь знятий шаблон.

Нагартування ударами молотка виконують рядами вздовж осі вправо та вліво, починаючи від середини вкладиша. Еліпсність по горизонтальній осі вкладиша усувають рихтуванням так, як показано на рис. 2.40.

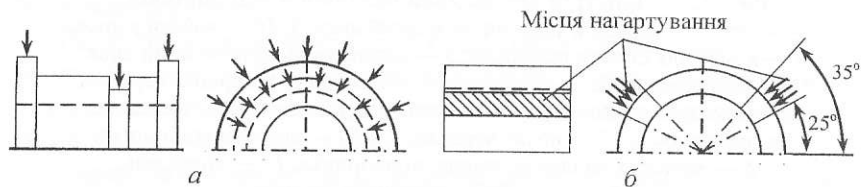


Рис. 2.40. Рихтування вкладиша нагартуванням:
а — вкладиш турбодетандера; б — вкладиш нагнітача

Після наплавлення або перезаливання вкладишів проводять їх механічне оброблення, яке містить:

- розточування вкладишів до встановленого розміру з припуском на приганяння по шийці вала;
- приганяння вкладишів по шийці вала;
- шабрування холодильників.

Існують два способи розточування вкладишів опорних підшипників — циліндричне і «лимонне».

Діаметр циліндричного розточування визначають так:

$$d_p = d_{ш} + a,$$

де $d_{ш}$ — діаметр шийки вала; a — верхній мастильний зазор підшипника за кресленням.

Бокові зазори циліндричного розточування становлять 1/2 від верхнього зазору.

Верхній та бокові зазори «лимонного» розточування (рис. 2.41) однакові, а діаметр розточування

$$d'_p = d_{ш} + 2a.$$

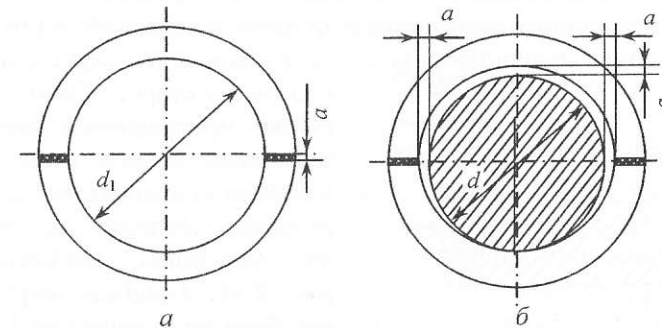


Рис. 2.41. «Лимонне» розточування вкладишів:
а — вкладиш до розточування; б — вкладиш після розточування

Як показує практика експлуатації, «лимонне» розточування вкладишів забезпечує більш стійку роботу турбоагрегата.

Для розточування підшипників необхідно передбачити припуск 0,05...0,1 мм на ручну доводку за місцем посадки шийки ротора. Після остаточного припасування прилягання шийки ротора до нижньої половини вкладиша повинно бути за всією довжиною вкладиша по дузі, що дорівнює 60°. Далі перевіряються мастильні зазори способом, аналогічним описаному в підрозд. 2.2. Якщо зазори будуть меншими, ніж паспортні, вкладиш шабрують до необхідного розміру. Після пригонки прилягання шийок і зазорів фрезерують розподільні мастильні канали, гнізда для стопорних гвинтів та шайб і свердлять усі необхідні отвори у бабітовій заливці, перевіряють прилягання і натяги верхніх половин вкладишів.

Натяги регульованих вкладишів установлюють шабруванням площин розніму кришок підшипників. Необхідною умовою при цьому є те, щоб шабрування не порушило паралельність осі розточування кришки і площини розніму. У регульованих вкладишів необхідний натяг досягається установленням прокладок із нержавіючої сталі під верхніми опорними подушками.

Ремонт мастильних ущільнень підшипників полягає у заміні або відновленні розміру зношених латунних кілець. У випадку великого зносу мастильних ущільнень латунні кільця відтягують.

Для цього використовують спеціальний пристрій, який створює тиск з обох боків кільця, що досягає границі текучості латуні. У результаті кільце витягується у радіальному напрямку. Ущільнювальні кільця з великим зносом або пошкодженням замінюють.

Ремонт упорних підшипників полягає у заміні або відновленні пошкоджених чи зношених колодок. Відновлення колодок включає

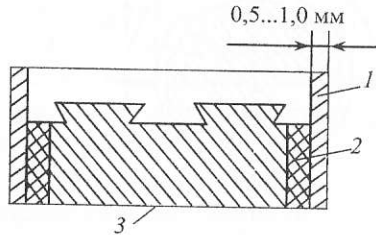


Рис. 2.42. Колодка упорного підшипника, підготовлена до заливання бабітом:

1 — опалубка; 2 — азбестова набивка; 3 — колодка

видалення старого бабіту, знежирення, протравлення колодок і заливання нового шару бабіту. Колодки заливають так само, як і вкладиші. Колодку, підготовлену до заливання, показано на рис. 2.42. Товщина шару бабіту має бути не більшою за 1,5 мм, а висота колодки після заливання такою самою, як і виміряна у процесі дефектації.

Після заливання бабітом упорні колодки пришабрують з урахуванням отримання необхідного мастильного зазору в упорній частині підшипника. Товщина всіх колодок у комплекті не повинна відрізнятись більш ніж на 0,02 мм. У противному випадку осьове зусилля ротора буде сприйматись колодками нерівномірно, що може викликати підпалвлення окремих колодок і місцевий перегрів упорного гребеня ротора. Площина прилягання колодок під час перевірки за відбитками фарби має бути рівномірною. Із боку входу мастила на колодці робиться фаска під кутом 45°.

Упорні колодки встановлюють після укладання ротора в підшипники. Розточування і припасування опорної частини опорно-упорного підшипника виконують аналогічно опорному підшипнику. Способами, описаними в підрозд. 2.2, перевіряються робочі торцеві поверхні і биття упорного диска.

Допускається биття не більшим за 0,02 мм. У такому ж допуску повинна бути неперпендикулярність площини вкладиша до осі розточування опорної частини підшипників. Непаралельність упорної частини вкладиша і робочої поверхні диска не повинна перевищувати 0,02 мм. Вкладиші регулюють відносно упорного диска за допомогою установних сегментів підкладанням фольги з нержаві-

ючої сталі з одного боку або зніманням металу такої самої товщини із сегментів протилежного боку. Після зняття металу сегменти підлягають перевірці щодо прилягання по всій площині за відбитками фарби.

2.8. Ремонт допоміжного обладнання і систем

2.8.1. Ремонт валоповоротного пристрою

Під час ремонту валоповоротного пристрою замінюють дефектні гумові пальці муфт, опилюють і пришабрують зубці шестірні-гайки, замінюють пошкоджену шестірню-гайку, черв'ячну пару, кулькопідшипники, ущільнювальні кільця, налагоджують кінцевий вимикач.

Гумові пальці муфт замінюють зазвичай під час планових ремонтів через 7...8 тис. год напрацювання турбоагрегата. Зачищаючи зубці шестірні, необхідно стежити за збереженістю товщини зубців і контакту в зачепленні.

Установлюючи нову черв'ячну пару, необхідно за відбитками фарби перевіряти прилягання зубців, зазор у зачепленні, биття шестірні, яке не повинно перевищувати 0,02...0,04 мм. Розміри зазорів і прилягання зубців мають відповідати значенням, наведеним у паспорті турбоагрегата. Без правильного дотику в зачепленні зубців, коли регулюванням його неможливо досягнути, а також за наявності нерівностей на робочих поверхнях зубців їх пришабрують. Після досягнення нормального зачеплення зубців зубчасту пару обкатують за допомогою пасти ГОІ. Під час складання пари контролюють дотримання радіального та осьового зазорів.

Під час заміни шестірні-гайки приганяють шліцьове з'єднання для забезпечення вільного переміщення шестірні. Шестірня повинна надійно утримуватись у затискувачах. Кулькові підшипники валоповоротного пристрою замінюють у разі їх руйнування або зношування, ознакою чого є збільшення радіальних зазорів.

Після складання валоповоротний пристрій потрібно випробувувати у роботі. Перед випробуванням налагоджують кінцевий вимикач і перевіряють дію рукоятки. Під час вмикання та вимикання валоповороту від рукоятки не повинно бути заїдань.

2.8.2. Ремонт турбодетандера і розчинного пристрою

Ремонт шийок ротора і підшипників турбодетандера проводять способами, аналогічними способам, описаним відповідно у підрозд. 2.7.2 і 2.7.6.

Під час ремонту лопаткового апарата турбодетандера на сопловому апараті і бандажних стрічках напрямного апарата зачищають забоїни та задирки. Виявлені тріщини на напрямних лопатках і бандажних стрічках можна запаювати срібним припоєм ПСР-45 з наступним зачищенням місця запайки. Дефектні робочі лопатки видаляють.

Перед установленням лопаток пази диска і лопатки ретельно очищують від забруднень, пази диска змащують гліцерином або касторовим маслом. Усі лопатки по хвостовиках приганяють одну до одної за відбитками фарби, установлюють у пази і закріплюють стопорними штифтами. Диск у місцях установлення штифтів розчekanюють.

Перед установленням бандажної стрічки розмічають і пробивають отвори під шипи.

Сегменти бандажа встановлюють так, щоб замкові лопатки розміщувались посередині пакета. Для полегшення насадки бандажної стрічки допускається розпилювання отворів під шипи на 0,2...0,3 мм. Після насадки бандажної стрічки шипи розклепують і проточують на токарному верстаті для забезпечення необхідного осьового зазору.

На зубцях шестірні розчіпного пристрою зачищають наявні забоїни, задирки, підправляють фаски. У випадку заїдання шестірні при осьовому переміщенні необхідно звернути увагу на шпонкове з'єднання.

Причиною заїдання зазвичай є задирки в пазах шестірні і на шпонках. У цьому випадку шестірню необхідно зняти, відремонтувати пази шестірні, відремонтувати або замінити шпонки.

Особливу увагу під час ремонту турбодетандера приділяють вугільному ущільненню. Торці вугільних кілець повинні щільно прилягати до поверхні корпусу ущільнення і вільно без заїдань переміщатись у радіальному напрямку.

Кільця, що мають тріщини і викришування на внутрішній розточці, замінюють.

Заміні підлягають також пружини в разі їх пошкодження корозією або наявності залишкової деформації.

Схему установки вугільного ущільнення турбодетандера показано на рис. 2.43.

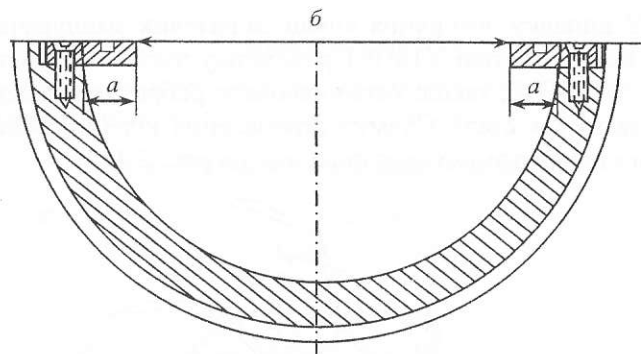


Рис. 2.43. Установлення вугільного ущільнення турбодетандера

2.8.3. Ремонт регенераторів

Під час ремонту регенераторів виявлені в процесі дефектації тріщини в корпусі та місцях зварювання спарених листів до гребінки повітряного підігрівника заварюють. У процесі зварювання оглядають зону сплавлення зварного шва з основним металом щодо відсутності в ній тріщин. Особливо уважно слід ставитися до заварювання тріщин у місцях зварювання листів з гребінкою у зв'язку з небезпечністю пропалювання таких листів пакета. У цьому випадку кращий результат забезпечує аргонодугове зварювання.

Після закінчення зварювальних робіт регенератор повторно опресовується для виявлення несущальностей. У разі прогарів пакетів під час зварювання і виявлення великих витікань повітря під час опресовування регенератор ремонту не підлягає і повинен бути замінений на новий. У процесі ремонту регенератора необхідно також стежити за цілісністю теплоізоляції корпусу. Пошкодження теплоізоляції зумовлює нерівномірність охолодження окремих елементів регенератора, що може стати причиною утворення тріщин.

2.8.4. Ремонт камери згоряння

Ремонт камери згоряння полягає передусім у відновленні або заміні пошкоджених жарових вузлів і відновленні теплоізоляції. Крім цього, у процесі розбирання та дефектації потрібно ретельно очистити всі отвори у головках основних і чергового пальників.

У разі виявлення на деталях камери згоряння тріщин допускається заварювати тріщини електродом, що відповідає матеріалу

деталі. У випадку обгоряння кільце лопатевих змішувачів їх замінюють. Кільця зі сталі Х18Н9Т рекомендується замінювати на нові зі сталі 20Х23Н18, також установлювати ребра жорсткості з дроту або листа цієї ж сталі. Схему установлення кільце і ребер жорсткості лопаткового змішувача показано на рис. 2.44.

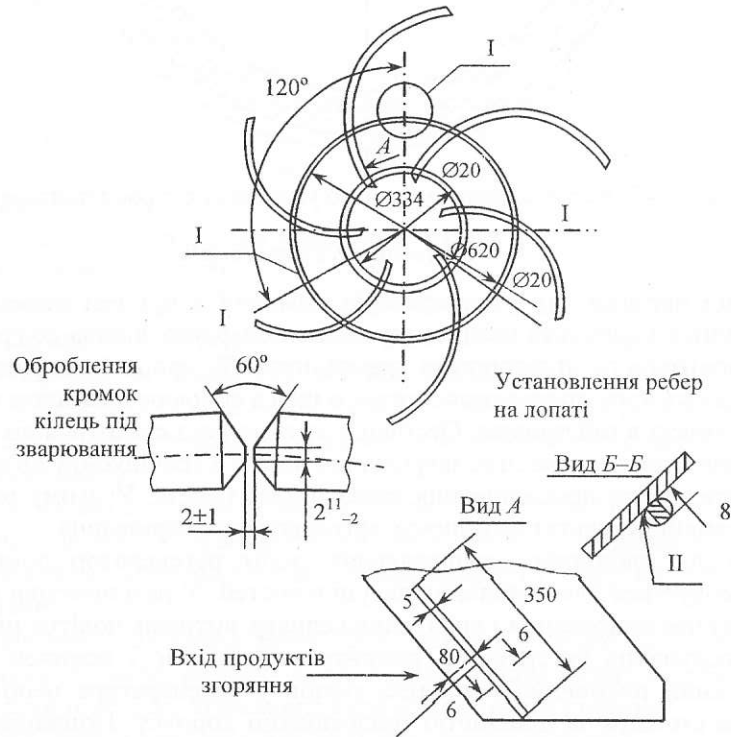


Рис. 2.44. Установлення кільце і ребер жорсткості лопаткового змішувача:
I — місце зварювання кільце; II — місце зварювання при установленні ребер жорсткості

У разі обгоряння труби «гляділки» на перехідному патрубку між турбіною і камерою згоряння ремонт проводиться вирізанням дефектної та вварюванням нової труби «гляділки», виготовленої із листової сталі 12ХН9Т товщиною 3 мм.

Під час складання камери згоряння необхідно забезпечити співвісність усіх її елементів. Фронтальний пристрій повинен вхо-

дити у вогневу частину камери вільно з рівномірним зазором по колу. Основний пальник повинен входити у фронтальний пристрій також вільно з рівномірним зазором по колу.

2.8.5. Ремонт мастильної системи

Перед ремонтом мастильна система підлягає ретельному очищенню від зашлямування та інших відкладень методами, описаними у підрозд. 2.6.

У разі виявлення перекосів у фланцевих з'єднаннях маслопроводів їх паралельність відновляється шляхом підігріву газовим пальником на 300...400 °С труби з випуклого боку поблизу фланця. Якщо після остигання паралельність не відновилась, то фланці припилюють.

Після ремонту маслопроводу складають на прокладках, виготовлених із прокладного картону, промазаних шарлаком або бакелітовим лаком. Внутрішній діаметр прокладок повинен бути на 2...3 мм більшим від діаметра дзеркала фланця.

Під час ремонту маслобака фільтри зі значними пошкодженнями сітки замінюють. Якщо розриви сітки невеликі, місця розриву можна запакувати. Проводиться ревзія ущільнення і кріплення кришок люків. У разі обтисненого кріплення люків маслобак повинен бути герметичним.

Під час ремонту маслоохолоджувачів виявлені під час опресування дефектні трубки частково або повністю замінюють. Під час виявлення несутільності між трубками і трубною дошкою трубки завальцюють роликним вальцювачем або за допомогою спеціальних оправок. Із внутрішнього боку трубки очищують механічно від сольових відкладень та інших забруднень, після чого секцію перевіряють на герметичність опресуванням стисненим повітрям. Для перевірки на щільність з'єднання внутрішньої кришки маслоохолоджувача і щільності порожнини трубного пучка проводяться гідравлічні випробування. Для опресування трубного пучка використовують кришку маслоохолоджувача, обладнану манометром і трубкою з вентилям для підведення води. Після заповнення водою трубний пучок опресовують тиском 0,4 МПа і випробують протягом 20...30 хв. Якщо немає протікання, трубний пучок установлюють у маслоохолоджувач і приєднують до маслопроводів.

Ремонт гвинтової помпи мастильної системи в основному зводиться до видалення зачищенням подряпин на гвинтах і бабітовій

заливці корпусу. Шийки гвинтів шліфують, зношені з виробленням під'ятники, а також гвинти зі значними задирками на гвинтовій нарізці та шийках замінюють на нові. У випадках відшарування або викришування бабіту, а також у разі підвищених зазорів всієї помпи у складеному стані відправляється на ремонт на спеціалізоване підприємство. Після складання помпу перевіряють щодо вільності обертання гвинтів від руки. У блоці клапанів перевіряють щільність прилягання запобіжного та зворотного клапанів і в разі потреби їх притирають. Відремонтована помпа повинна розвивати потрібну подачу та тиск і не мати протікань.

У лопаткових пускової та резервної помпах у процесі експлуатації найбільшому зносу піддається ротор, лопатки, сальники та підшипники. Корпуси помп під час ремонту очищають зовні та із середини, всі деталі промивають і продувають стисненим повітрям. Знос окремих місць корпусу усувається наплавленням із наступним приписуванням під номінальний розмір за кресленням. Риски, забоїни та вм'ятини на площинах рознімів пришабрують. Зношені шийки вала залежно від ступеня зносу відновлюють електролітичним хромуванням (до 0,3 мм), електролітичним залізненням (1,5...2,0 мм) і ручним газовим наплавленням (2,0...3,0 мм). Пошкоджене робоче колесо та ущільнювальні гумові кільця, які втратили еластичність під час ремонту лопаткових помп, замінюють.

Після складання помп необхідно повернути ротор від руки і пересвідчитись у вільному його обертанні, випробувати помпу під навантаженням. Добре відремонтована помпа повинна працювати без шуму, без протікань масла, створювати стабільну подачу та тиск.

Одним з найбільш значущих дефектів шестеренчастої помпи мастильної системи є знос стінки корпусу з боку камери всмоктування і збільшення глибини колодязя. Знос корпусу призводить до порушення співвісності деталей помпи, у результаті чого шестірні та втулки починають працювати з перекосом, що спричиняє інтенсивний знос їх торцевих поверхонь. Знос стінок корпусу відновлюють методом гільзування. За такого способу ремонту колодязя корпусу спочатку фрезерують до видалення зносу, на епоксидній смолі запресовують відповідних розмірів гільзу, відлиту з алюмінієвого сплаву. Після затвердіння епоксидної смоли гільзу оброблюють до потрібного розміру. Глибину колодязів корпусу можна відновити одним із таких методів: заливанням dna колодязя бабітом із

наступним фрезеруванням бабіту торцевою фрезою; епоксидною смолою; фрезеруванням привалкової площини з'єднання корпусу з кришкою.

У процесі роботи шестеренчастої помпи шестірні зношуються по зовнішньому діаметру, по лінії зачеплення зубців, по торцевих поверхнях і по цапфі. У разі зносу шестерень у межах термозміцненого шару (зубці шестірні цементують на глибину 0,9...1,5 мм і загартовують до твердості HRC 58...62) відновлюють шліфуванням на ремонтний розмір. Шестерні зі значним зносом замінюють на нові. Втулки у випадку зносу зовнішньої поверхні відновлюють осадженням або наплавленням бабіту чи латуні. Зменшення висоти втулки при осаджуванні компенсують напресуванням шайби з алюмінію або бронзи. Застосовують також відновлення втулок нанесенням епоксидної композиції. у разі зносу внутрішньої поверхні втулки замінюють.

Перед складанням деталі помпи промивають у гасі, продувають стисненим повітрям і змазують мастилом.

Шестірню з валиками вставляють у втулки (підшипники) корпусу. При цьому потрібно забезпечувати вільне повертання шийок валів. Радіальні зазори між шийками валів та втулками мають бути у межах 0,05...0,1 мм.

Прилягання зубців перевіряється відбитками фарби.

Після складання помпу випробовують спочатку вручну — повертанням ведучої шестірні перевіряють легкість ходу і відсутність зачеплень торців шестірні за корпус. Після підключення електродвигуна помпа випробовується на подачу та тиск.

2.9. Ремонт редуктора

До якості ремонту редуктора ставляться підвищені вимоги, оскільки він є базовим вузлом, відносно якого проводиться центрування турбіни і нагнітача.

Ремонт редуктора починають з виправлення незадовільного прилягання корпусу до фундаментної рами. У разі виявлення цього дефекту в процесі дефектації його усувають шабруванням з наступною перевіркою прилягання площин за відбитком фарби. Прилягання вважається задовільним у разі рівномірного розподілу відбитка фарби на всій площині розніму. Без овальності та конусності шийки валів зубчастої передачі захищають від подряпин і шорсткості поліруванням спочатку шліфувальною стрічкою з дрібним

зерном (№ 120...140), змоченою маслом, а потім полірують тонкою пастою ГОІ до шорсткості $Ra = 0,16$. Якщо неможливо видалити подряпини поліруванням або виявлено утворення конусності чи овальності після полірування, шийки перешліфовують. Шийки підлягають перешліфовуванню також у разі виявлення підвищеного биття контрольних буртів, яке вимірюють індикатором годинникового типу у верхній точці ручним провертанням почергово колеса та шестірні на 2–3 оберти у власних підшипниках. Після перешліфовування шийки її полірують пастою ГОІ до $Ra = 0,16$.

Ремонт вкладишів підшипників редуктора виконують аналогічним способом, як і ремонт вкладишів підшипників газотурбінної установки, описаний у підрозд. 2.7.6.

Для зачеплення пари колесо-шестірня нормальною вважається пляма контакту за довжиною зубців, що становить 90...95%. Погіршення плями контакту є наслідком порушення взаємного розташування осей колеса та шестірні (схрещування осей). Такий дефект виправляють усуненням схрещування осей з наступним припрацюванням зачеплення пастою ГОІ.

Наслідком схрещування осей колеса та шестірні може бути також поява пітингових пошкоджень на зубцях зубчастої передачі. За наявності таких пошкоджень кромки оспин мітингу зачищають спочатку надфілем, а потім тонкою шліфувальною стрічкою зачищають усю поверхню розповсюдження пітингу і припрацьовують зубчасту передачу пастою ГОІ.

Якщо під час ремонту виникає потреба в перецентруванні осей зубчастої пари редуктора, вкладиші замінюють на нові або перезаливають під нову розточку. Для розточування вкладишів необхідно передбачити припуск на ручну доводку під час центрування зубчастої пари 0,05...0,07 мм на діаметр для підшипників вала колеса і 0,2...0,4 мм — для підшипників вала шестірні.

Важливою умовою нормальної роботи редуктора є суворе дотримання взаємного розміщення осей корпусу з установленими в ньому вкладишами. Виконання цієї умови забезпечується у разі виконання таких передумов:

- досягнення у межах допуску на міжцентрову відстань передбаченої кресленням відстані між осями;
- досягнення паралельності осей вкладишів шестірні та колеса, тобто мінімальної відстані, виміряної між осями на різних кінцях;
- відсутності схрещування осей або їх перекосу у просторі.

Осі редуктора центрують двома методами: за допомогою свинцевих відтисків і за контрольними валами. У першому випадку свинцевий дріт прокатують через зачеплення зубчастої пари і за товщиною відтиску оцінюють відхилення взаємного розміщення осей. Цей метод зумовлює великі похибки через відтиск шестірні під час прокатування дроту і складність вимірювання. Більш простим і точним методом є центрування осей зубчастої пари за контрольними валами.

Контрольні вали виготовляють з діаметром шийок, що дорівнює фактичним діаметрам відповідно шийок шестірні і зубчастого колеса, збільшеним на величину мастильного зазору у вкладиші. Биття за контрольними валами не повинно перевищувати 0,02 мм. Схему центрування за контрольними валами показано на рис. 2.45. Центрування виконують за допомогою штихмаса і рівня з ціною поділки 0,04...0,05 мм на 1000 мм довжини таким чином:

- спочатку на нижні половини вкладишів редуктора укладають контрольний вал шестірні і перевіряють його співвісність з валом нагнітача;
- за відбитком фарби перевіряють прилягання шийок контрольного вала до вкладишів;

– вкладиші пришабровують до рівномірного прилягання вала по всьому півколу вкладиша; шабрування виконують за рахунок припуску, що був залишений після розточування вкладишів.

Таким же чином за контрольним валом колеса пришабровують нижні половини вкладишів колеса. Центруючи осі редуктора за контрольними валами, необхідно враховувати, що їх діаметр порівняно з діаметром шийок шестірні та колеса збільшено на величину

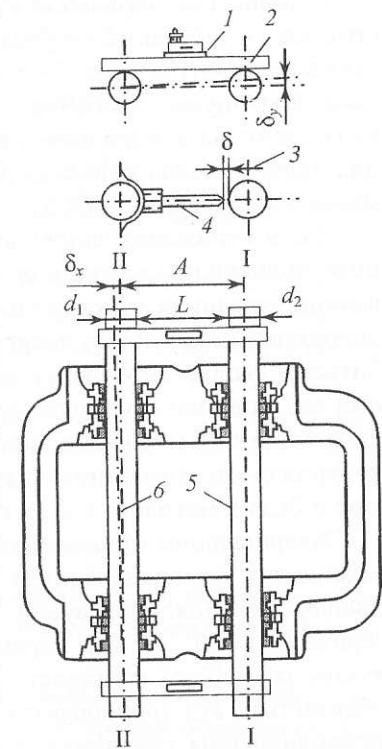


Рис. 2.45. Центрування осей редуктора за контрольними валами:

1 — ватерпас; 2 — спеціальна лінійка; 3 — зазор; 4 — штихмас; 5, 6 — контрольні вали

мастильного зазору вкладишів. Тому в процесі центрування потрібно завідома змістити вісь контрольного вала шестірні відносно осі ротора нагнітача у вертикальному напрямку на $1/2$ від величини мастильного зазору вкладиша вала шестірні. Шабруючи вкладиш вала колеса, слід враховувати завищення осі ротора приводу на $1/2$ мастильного зазору вкладиша вала колеса.

У процесі встановлення взаємного розміщення осей вимірюють штихмасом відстані L і з урахуванням діаметрів валів d_1 і d_2 визначають величину δ_x (рис. 2.45), що характеризує взаємне положення осей. Схрещування осей валів перевіряють за показанням рівня, укладеного на контрольну лінійку, яку кладуть на кінці контрольних валів. Різниця показань рівня на кінцях контрольних валів визначає схрещування осей δ_y .

Після отримання задовільних результатів центрування за нижніми половинами вкладишів починають припасовувати верхні половини вкладишів за контрольними валами, установленими на нижні половини вкладишів до досягнення необхідного прилягання за відбитками фарби. При цьому із затиснутими вкладишами контрольний вал повинен легко провертатися від рук за допомогою важеля довжиною 600 мм. Після цього встановлюють зубчасту передачу і контролюють зачеплення за плямою контакту та боковим зазором між зубцями методом, аналогічним описаному у підрозд. 2.3.

Завершальним етапом ремонту редуктора є доводка зубчастої зачеплення припрацюванням зачеплення з пастою ГОІ. Для припрацювання використовують нагріту до рідкого стану пасту ГОІ зернистістю 20...25 мм, перемішану з гасом. Редуктор припрацьовують за лінійної швидкості на зачепленні 0,3...0,8 м/с. Редуктор обертається від спеціального приводу, а навантаження у процесі припрацювання створюється гальмівним пристроєм, що розміщується на з'єднувальній муфті з боку турбіни (рис. 2.46). Збільшення швидкості погіршує продуктивність припрацювання з причини зменшення часу процесу хімічної взаємодії оксиду хрому з металом. За великих швидкостей можливе також розмикання зубців зубчастої пари і, як наслідок, нерівномірний знос контактних поверхонь. Припрацювання проводять із періодичною через кожні 1,5...2 год заміною пасту. Процес припрацювання вважається закінченим, коли площа контактної поверхні досягає необхідної норми (див. підрозд. 2.3).

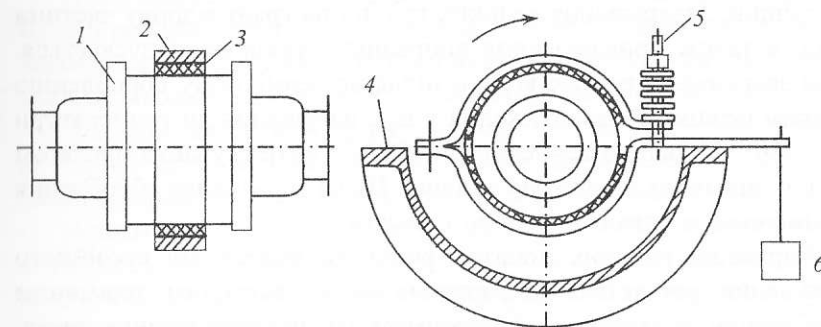


Рис. 2.46. Схема гальмівного пристрою:
1 — зубчаста муфта; 2 — хомут; 3 — фрикційна накладка;
4 — кожух муфти; 5 — притисний гвинт; 6 — вантаж

Після припрацювання всі деталі редуктора ретельно промивають гасом, просушують, редуктор складають і випробовують. Редуктор випробовують за ступінчастого наростання навантаження — 25, 50, 75 і 100 % повного навантаження по 2–3 год на кожному режимі. Після остаточного припрацювання зубчастої пари знову перевіряють відстань між контрольними буртами шестірні та колеса і положення шийок у вкладишах.

2.10. Ремонт нагнітача

Ремонт корпусних деталей, підшипників, лабіринтових ущільнень, шийок ротора нагнітача проводять способами, аналогічними описаним вище.

Під час ремонту ротора нагнітача нерідко виникає потреба у заміні послаблених заклепок і заварюванні тріщин покривного диска робочого колеса. Старі заклепки висвердлюють і вибивають. Нові заклепки виготовляють зі сплаву ВН5А. Довжина нової заклепки повинна бути такою, щоб її виступні частини з кожного боку дорівнювали 8 мм, а діаметр заклепки забезпечував натяг при постановці в отвір 0,01...0,02 мм. Заклепки розклепують у нагрітому до червоного світіння стані шляхом пропускання електричного струму від зварювального трансформатора. Після розклепування виступні частини заклепок зачищають шліфувальною машинкою врівень з поверхнею диска.

На покривному диску допускається заварювання лише невеликих тріщин. Заварювання великих тріщин на грані відриву частини диска, а також приварювання відірваних кусків не допускається. Після зварювання робоче колесо підлягає термічному обробленню за таким режимом: завантаження у піч, нагрівання до температури 200...250 °С і далі до температури 600 °С і витримування протягом 3 год, повільне охолодження з піччю. Після термічного оброблення зварний шов зачищають урівень з диском.

Підрізання робочих лопаток робочого колеса від ерозійного зношування усувається підварюванням з наступним термічним обробленням за таким самим режимом. Після переклепання диска, заварювання тріщин і підрізань робочих лопаток ротор нагнітача підлягає динамічному балансуванню. На відміну від роторів турбіни динамічне балансування роторів нагнітача проводять лише зняттям металу з основного та покривного дисків робочого колеса.

Особливу увагу під час ремонту нагнітача звертають на стан деталей торцевого ущільнення. Виявлені сколи, подряпини, кільцеві риси, забоїни на робочих та спряжених поверхнях у межах установлених допусків зачищають. У випадку порушення нормальності розміщення слідів натирів робочу поверхню кілець і обидва кільця ущільнення притирають відповідно по плиті і один до одного. Пошкоджені пружини (тріщини, великі ділянки корозії, значна залишкова деформація) замінюють на нові.

У разі набухання гумових кілець круглого перерізу, що встановлюють на втулці графітового кільця, на валу під сталеве кільце і на зовнішній поверхні корпусу, а також у разі їх пошкодження кільця необхідно замінити на нові.

Після складання торцевого ущільнення і встановлення його в гільзу, до насадки робочого колеса, необхідно випробувати ущільнення на герметичність під тиском масла (1...1,5 Па) протягом 20 хв. Протікання по графітовому кільцю і по поверхнях, ущільнених гумовими кільцями, не допускається. Одночасно випробовують на щільність під тиском у паскалях (1...1,5 Па) з'єднання фланця гільзи з торцевою поверхнею корпусу нагнітача. Протікання через гумові кільця, які є ущільненнями каналу підведення мастила високого тиску на змащування переднього підшипника і торцевого ущільнення, не допускаються.

Після опресування торцевого ущільнення насаджують робоче колесо ротора. Зняття і насадження робочого колеса проводять за допомогою спеціального гідравлічного пристосування, яке поставляється заводом-виробником у комплекті з нагнітачем.

Для створення необхідного натягу робоче колесо насаджують на вал до упора в обмежувальну шайбу, встановлену на ступицю. Після насадження колесо притискається гайкою-обтікачем.

Пошкоджені гумові кільця, які встановлюють у канавки гільзи, замінюють. Гільза, встановлена у корпус, після фіксації має щільно прилягати до постелі. Зазор по поверхні прилягання не повинен перевищувати 0,03 мм. Після встановлення робочого колеса у нагнітач за допомогою свинцевих відтисків перевіряють прилягання ущільнювального кільця до ущільнення по кришці робочого колеса, яке призначене для розділення всмоктувальної та нагнітальної камер. Нерівномірне прилягання кільця призводить до виникнення додаткових динамічних напружень в елементах робочого колеса.

Перед закриттям торцевої кришки нагнітача перевіряють зазори і стан вусиків ущільнення за кришкою робочого колеса. Пошкоджені вусики виправляють або замінюють новими.

2.11. Складання і пробні випробування агрегата після ремонту

Складання турбоагрегата проводиться після ремонту і повної перевірки справності всіх вузлів. У процесі складання компресора, турбіни, редуктора, нагнітача остаточно перевіряють усі зазори та установні величини з обов'язковим занесенням їх у ремонтний формуляр.

Газотурбінну установку складають у такій послідовності:

– укладають нижні половини втулок (обойм) лабіринтових ущільнень і нижні половини вкладишів. Перед установленням перевіряють мастильні канали у вкладишах під подушками на вільність доступу мастила у підшипники;

– установлюють на місця нижні половини ущільнювальних плаваючих кілець головної помпи мастильної системи та імперера і обойми мастильних ущільнень;

– змастивши турбінним мастилом шийки ротора і робочу поверхню вкладишів, укладають ротори у циліндри. Перед укладанням ротор має бути виставлений у строго горизонтальне положення і зорієнтований точно над віссю циліндра. Опускаючи ротор у

циліндр, необхідно стежити за наявністю осьових та бокових зазорів у лопатковому апараті за всіма ступенями і ущільненнями для запобігання зачепленням;

– складають підшипники і ущільнювальні обойми, ущільнювальні кільця головної помпи мастильної системи, імелера та інших елементів турбоблока, що складені до закриття циліндрів.

Після виконання складальних операцій циліндри закривають. Перед закриттям фланцеві розніми циліндрів ретельно очищають. Для герметизації рознімів на нижню половину розніму турбіни і вертикальний фланець, рознім циліндра компресора наносять шар спеціальної мастики, яка виготовляється відповідно до температурних умов турбіни і компресора.

Після нанесення мастики кришку циліндра за допомогою мостового крана встановлюють над нижньою половиною циліндра і по напрямних колонах, змащених турбінним мастилом або графітом, опускають. Коли зазор між фланцями становить 2...3 мм, забивають контрольні штифти і повністю опускають кришку до стикання фланців. До затягування болтів фланцевого розніму циліндрів необхідно пересвідчитись у тому, що не відбувається торкань ротора, для чого ротор провертають на 1–2 оберти.

Для запобігання пригорянням різь болтів кріплення турбіни змащують жаростійкою протипригарною мастикою. Так, наприклад, для кріплення розніму турбіни добре зарекомендувало себе жаростійка мастика — 54 % дисульфиду молібдену і 46 % гліцерину.

Болти фланцевого з'єднання циліндрів необхідно затягувати у строгій послідовності, без перекосів, створюючи у болтах однакове зусилля. Під час обтискання фланців у процесі затягування мастика частково відтискається зі стику, тому рекомендується через 1...2 год після попереднього затягування повторно затягнути гайки. Зусилля затягування повинно забезпечити герметичність стику (запобігти пробією у стику) і не спричинити недопустимого напруження у кріпленні.

Приклад послідовності затягування болтів фланцевого з'єднання турбоагрегата показано на рис. 2.47.

Складання редукторів, центробіжного нагнітача, камер згоряння, мастильної системи і системи регулювання виконують у послідовності, зворотній розбиранню. Після закінчення складання і закриття турбоблока, редуктора і центробіжного нагнітача повторно перевіряють центрування роторів за півмуфтами.

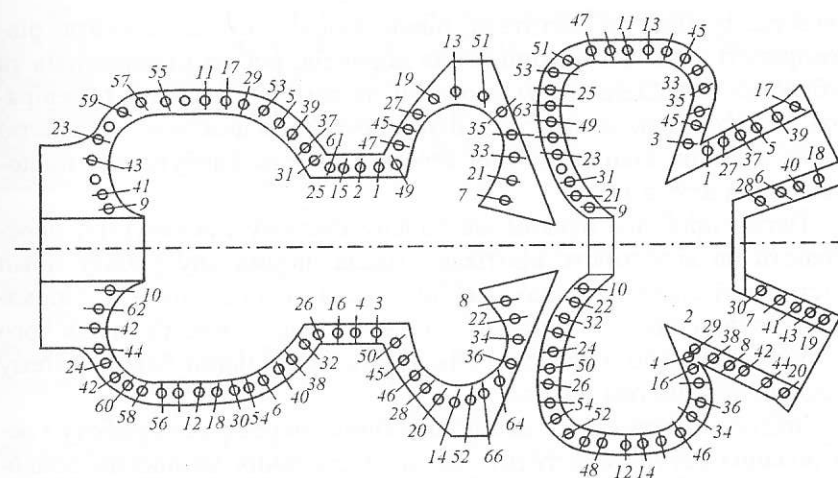


Рис. 2.47. Порядок затягування болтів шпильок турбоагрегата

У випадку задовільного центрування складають з'єднувальні муфти. У разі незадовільного результату перевірки центрування необхідно виправити. Якщо правильного центрування неможливо досягти переміщенням підшипників, центрування виправляють переміщенням корпусів. Так, виправлення центрування турбінапривід допоміжних механізмів (редуктор) ГТК-10И досягається переміщенням турбоблока, беручи як базу редуктор, а центрування турбіна — нагнітач виправляють переміщенням нагнітача.

На завершальному етапі складання турбоагрегата складають ділянки всмоктувального тракту осьового компресора, монтажують допоміжні трубопроводи і маслопроводи, контрольні-вимірювальну апаратуру, підключають живлення до валоповоротних пристроїв, помпи мастильної системи, установлюють теплозахисний кожух з приєднанням його до короба повітроводу відсмоктування гарячого повітря, монтажують систему автоматичного пожежогашіння.

Цикл ремонту завершується перевіркою справності і в разі потреби — регулюванням усіх вузлів і систем агрегата. Перевірку виконують як на непрацюючому агрегаті, так і в процесі його роботи під час пробного пуску на холостому ході і під навантаженням. Основна увага при цьому приділяється роботі системи постачання масла, роботі елементів та вузлів системи регулювання, відсутності механічних зачеплень у вузлах і проточних частинах осьового ком-

пресора, турбіни та нагнітача, рівню вібрації вузлів агрегата, рівномірності теплового розширення корпусів, роботі підшипників та зубчастих зачеплень. Крім цього, після ремонту агрегата перевіряють повноту виконання усіх передбачених дефектною відомістю робіт, а також зовнішній стан агрегата (якість фарбування, теплоізоляція, чистота та ін.).

Перед пробним пуском мастильну систему прокачують, перевіряють на відсутність протікань масла, нормальну роботу помп мастильної системи і надходження масла до підшипників. Прокачування проводять до повного очищення маслопроводів, після чого забруднене масло зливають, очищують мастильний бак і систему заповнюють чистим маслом.

Згідно з інструкцією заводу-виробника перевіряють роботу і регулювання регулятора тиску масла, мастильних вимикачів бойкових автоматів безпеки, стопорного та регулювальних клапанів, регулятора приємності, повітряних випускних клапанів, вузла перемикання турбодетандера. Перевіряють також спрацювання попереджувальної та аварійної сигналізації, установлюють дистанційні шайби, покажчики теплового розширення, роботу системи відсмоктування повітря з-під обшиття турбіни.

Перший пробний пуск проводять під час роботи турбоагрегата на валоповоротному пристрої. За допомогою стетоскопа агрегат прослуховують для визначення наявності механічних зачеплень у проточній частині та ущільненнях. Якщо шум від зачеплень не фіксується, турбоагрегат переводять на режим холостого ходу та під навантаженням. Зачеплення виникають через малі радіальні зазори у лопатковому апараті та ущільненнях. Якщо з часом шум від зачеплень не зникає, агрегат зупиняють для з'ясування і усунення причин несправності.

У процесі пробного пуску визначають також рівень вібрації агрегата у визначених місцях, контролюють теплове розширення корпусу, температуру корпусу у точках, зазначених у паспорті установки. Роботу підшипників контролюють за температурою вкладишів і температурою масла. Допускається короткочасна температура підшипника не вища за 75 °С, а перепад температури масла на вході в підшипники і зливі має не перевищувати 20 °С. На опорно-упорних підшипниках різниця температур масла на робочих і установних колодках не повинна перевищувати 7 °С.

За дистанційними шайбами, установленими на опорних лапах, або за вимірюваннями зазору між лапами і горизонтальними шпонками за допомогою пластинчастого щупа здійснюють контроль за відривом лап корпусів. Зазор по всьому периметру шпонки не повинен перевищувати 0,05 мм. Відрив лап може викликати зачеплення у проточній частині і, як наслідок, аварію агрегата. Причинами відриву лап можуть бути малі холодні натяги фланцевих з'єднань гарячих трубопроводів з агрегатом, неправильне регулювання пружинних опор, короблення корпусів тощо.

На агрегаті під час пуску після ремонту перевіряють спрацювання і в разі потреби налагоджують відцентровий та гідродинамічний автомати безпеки роторів турбіни і турбодетандера.

Після усунення дефектів, виявлених у період пусків та перевірки спрацювання автоматів безпеки, оцінюють роботу агрегата під навантаженням протягом не менше ніж 24 год. При цьому уважно стежать за роботою всіх вузлів установки і контрольованими параметрами. Якщо дефектів не виявлено по закінченні випробування, агрегат приймається з ремонту в експлуатацію.

? Запитання та завдання для самоконтролю

1. Які заходи здійснюються у процесі підготовки ГППА стаціонарного типу до ремонту? Яка послідовність підготовки агрегата до ремонту?
2. Наведіть послідовність розбирання турбіни ГТУ стаціонарного типу.
3. Наведіть схему і поясніть перевірку радіального зазору обидвома муфти на зубчастій втулці ГТУ стаціонарного типу.
4. Яке призначення операції перевірки центрування роторів ГППА під час розбирання? Коротко охарактеризуйте цей процес.
5. Поясніть процес виправлення положення роторів унаслідок зміни товщини прокладок опорних подушок вкладишів підшипників.
6. Поясніть послідовність знімання кришки циліндрів турбіни і компресора ГТУ стаціонарного типу. Які вимоги ставлять до виконання цієї операції?
7. З якою метою перевіряють горизонтальність площини розніму нижніх половин циліндрів турбоагрегата ГТУ стаціонарного типу? Як проводиться така перевірка?
8. Поясніть процес контролю радіальних і осьових зазорів у лопатковому апараті та зазорів у лабіринтних ущільненнях ГТУ стаціонарного типу. Наведіть відповідні схеми.
9. Наведіть схему і поясніть процес перевірки торцевого биття дисків ТВТ і ТНТ ГТУ стаціонарного типу.

10. Наведіть послідовність розбирання і порядок дефекації вузлів підшипників ГТУ стаціонарного типу.
11. Наведіть схему і поясніть принцип визначення натягу кришок підшипників турбіни і компресора ГТУ стаціонарного типу.
12. Наведіть схему і поясніть принцип визначення верхніх і бокових радіальних масляних зазорів у вкладишах підшипників ГТУ стаціонарного типу.
13. Охарактеризуйте процес дефекації ротора ГТУ стаціонарного типу. Назвіть основні дефекти ротора і причини їх виникнення.
14. Назвіть основні дефекти лабіринтних ущільнень ротора і способи їх виявлення.
15. Який порядок розлопачування ротора і дефекації лопаток? Назвіть основні види дефектів лопаток осьового компресора і лопаток турбін ГТУ стаціонарного типу.
16. Який порядок дефекації і основні дефекти зубчастих муфт ГТУ стаціонарного типу.
17. Якою є послідовність дефекації? Наведіть основні дефекти напрямних лопаток ГТУ стаціонарного типу.
18. Назвіть основні параметри, які підлягають контролю у процесі дефекації редуктора. Як перевіряють на паралельність осей валів зубчастої передачі і осей зубчастої передачі на схрещування?
19. Охарактеризуйте спосіб перевірки контактних поверхонь зубців і осьового розбігу шестерень зубчастої пари редуктора.
20. Наведіть послідовність розбирання нагнітача. Які параметри підлягають контролю у процесі розбирання нагнітача?
21. Наведіть послідовність проведення дефекації валоповоротного пристрою ГТУ стаціонарного типу.
22. Наведіть послідовність розбирання і дефекації турбодетандера і розчіпного пристрою ГТУ стаціонарного типу.
23. Наведіть послідовність розбирання і дефекації регенераторів і маслоохолоджувачів ГТУ стаціонарного типу.
24. Наведіть послідовність розбирання і послідовність проведення дефекації мастильної системи ГТУ стаціонарного типу.
25. Охарактеризуйте процес очищення і промивання ГТУ стаціонарного типу.
26. Назвіть основні дефекти корпусів ГТУ стаціонарного типу і охарактеризуйте способи їх усунення під час ремонту.
27. Назвіть основні дефекти роторів ГТУ стаціонарного типу і охарактеризуйте способи їх усунення під час ремонту.
28. Яке призначення динамічного балансування роторів ГТУ? Наведіть схему і охарактеризуйте сили, що діють на підшипники (опори) зрівноваженого і незрівноваженого роторів під час його обертання.
29. Наведіть схему машини і поясніть принцип динамічного балансування ротора.
30. Охарактеризуйте процес ремонту зубчастих муфт ГТУ стаціонарного типу.

31. Охарактеризуйте процес ремонту лопаткового апарату ГТУ стаціонарного типу.
32. Охарактеризуйте процес ремонту опорних підшипників ГТУ стаціонарного типу. Наведіть послідовність і зміст операції перезаливання вкладишів підшипників.
33. Як проводять механічне оброблення вкладишів після перезаливання? Які існують способи розточування вкладишів опорних підшипників?
34. Охарактеризуйте процес ремонту упорних підшипників ГТУ стаціонарного типу.
35. Охарактеризуйте процес ремонту валоповоротного пристрою ГТУ стаціонарного типу.
36. Охарактеризуйте процес ремонту турбодетандера і розчіпного пристрою і ГТУ стаціонарного типу.
37. Охарактеризуйте процес ремонту камери згоряння ГТУ стаціонарного типу.
38. Охарактеризуйте процес ремонту редуктора. Наведіть схему і поясніть принцип центрування осей редуктора за контрольними валами.
39. Охарактеризуйте процес ремонту нагнітача.
40. Яка послідовність складання і випробування ГТУ стаціонарного типу після ремонту.

3. РЕМОНТ ПОРШНЕВИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ І ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРІВ

3.1. Ремонтно-технологічна характеристика поршневих газоперекачувальних агрегатів і поршневих компресорів

Поршневі газоперекачувальні агрегати (ПГПА) і поршневі компресори (ПК) конструктивно можна поділити на силову частину (силовий агрегат) і компресорну частину. За принципом здійснення робочого процесу компресора вони належать до компресорних машин об'ємної дії, у яких стиснення і переміщення робочого газу відбуваються шляхом періодичної зміни об'єму робочих камер (циліндрів) за зворотно-поступального руху поршнів.

У сучасних потужних газомоторних компресорах і ПГПА функції силового агрегата виконують поршневі газові ДВЗ, оснащені системою турбонадуву. Як привід компресора застосовують також електродвигуни. Основні процеси, що зумовлюють виникнення несправностей і відмов поршневих компресорних агрегатів, викликаних зносом, залишковою деформацією та руйнуванням деталей, які спричинені тертям, тривалим статичним навантаженням, змінними механічними і термічними напруженнями, а також пошкодженням деталей внаслідок дії високотемпературного газового потоку, кавітації та корозії. Появі і розвитку несправностей сприяє утворення нагару і лакових відкладень на стінках камери згоряння, поршнях і верхній частині циліндрів силового агрегата, смолистих та інших відкладень у мастильних каналах, накипу на поверхні деталей, що охолоджують водою. Незважаючи на різноманітність схем компонування і рішень конструктивного виконання, способи і технологія ремонту конструктивно-подібних і подібних за призначенням деталей і вузлів ПГПА і ПК у загальному випадку є однотипними.

Особливості технологічного процесу ремонту поршневих компресорних агрегатів визначають:

– великою різноманітністю матеріалів, форм, розмірів і видів оброблення деталей;

– жорсткими вимогами до точності взаємного розташування і взаємозамінності деталей;

– наявністю великої кількості рухомих частин і номінально-нерухомих з'єднань, що піддаються тертю та зношуванню;

– складністю кінематичних зв'язків деталей у рухомих з'єднаннях і механізмах передачі руху;

– великою трудомісткістю монтажу, контролю і регулювання параметрів складальних одиниць, механізмів та робочих параметрів агрегата в цілому.

Найбільш трудомісткі і відповідальні ремонтно-відновлювальні операції виконують під час ремонту фундаментних рам (станин), силових і компресорних циліндрів, блоків циліндрів, колінчастих валів, деталей поршнево-шатунної групи, газорозподільного механізму, систем наддуву повітря, змащування та охолодження.

Фундаментна рама (станина) і блок циліндрів є корпусними, базовими деталями, поверхні яких забезпечують взаємне розташування і нормальну взаємодію під час роботи більшості деталей та вузлів ПГПА. Під час роботи агрегата фундаментна рама і блок циліндрів сприймають значні зусилля від тиску газів у циліндрах, інерційних сил і моментів, що виникають під час руху мас деталей шатунно-поршневої групи і колінчастого вала. Під дією цих сил і вібрації, яка зумовлена циклічною зміною та пульсацією тиску в циліндрах і незрівноваженістю мас рухомих деталей, базові поверхні фундаментної рами і блока циліндрів піддаються різного виду зношуванню. Одночасно в фундаментній рамі можуть виникати залишкові деформації, у результаті чого порушується прямолінійність її базової площини і правильність циліндричної форми гнізд корінних підшипників, на ребрах жорсткості інколи з'являються тріщини.

Додаткові пошкодження і тріщини деталей силового агрегата виникають унаслідок нерівномірності наростання температури під час запуску і прогрівання агрегата та його охолодження після зупинки. Найбільших температурних напружень зазнають верхні частини силових циліндрів, дно поршнів, клапани і кришки силових циліндрів. Високотемпературна агресивна дія газів спричиняє газову корозію і прогоряння головки поршнів силових циліндрів, стінок силових циліндрів, ущільнювальних фасок вихлопних клапанів і клапанних сідел.

Силкові і компресорні циліндри, поршні та поршневі кільця силових і компресорних циліндрів, поршневі пальці, підшипники верхньої і нижньої головок шатуна, корінні та шатунні шийки і корінні підшипники колінчастих валів, штоки, башмаки, пальці і підшипники пальців крейцкопфів у процесі експлуатації зазнають дії тертя за значних об'ємних, контактних і теплових навантажень, що викликає зношування їх робочих поверхонь.

У разі порушення теплового режиму і нормальних умов змащування можливі задири робочих поверхонь. Крім цього, знакозмінний циклічний характер навантаження нерідко стає причиною утворення утомних тріщин і руйнування деталей, особливо у різьбовій частині штоків, шатунних болтів, щоках, галтелях і циліндричній частині шийок колінчастих валів, бабітовій заливці вкладишів підшипників.

Іншими, досить шкідливими явищами, що спричиняють пошкодження деталей ПГПА, є кавітаційне руйнування і корозія.

Пошкодження кавітаційного характеру трапляється на колесах центробіжних насосів системи охолодження, поверхонь гільз і блоків циліндрів силового агрегата, які обмиваються циркуляційною водою. Місця кавітаційного пошкодження є концентраторами напружень і осередком зародження утомних тріщин.

Процеси корозії найчастіше розвиваються на сталевих деталях, що входять до системи охолодження, та деталях агрегата, які охолоджуються водою.

Характер і частота появи дефектів, а відповідно і обсяг ремонтних робіт, залежать від рівня технічної досконалості конструкції агрегата, якості технологічного процесу виготовлення (ремонту), міжремонтного технічного обслуговування і режиму його експлуатації.

Конструкція і матеріали основних деталей та вузлів ПГПА і ПК, ступінь забезпечення їх взаємозамінності дозволяють проводити ремонт заміною зношених і пошкоджених деталей, обробленням деталей в межах допуску на розміри або до ремонтних розмірів, застосовувати під час ремонту такі методи відновлення деталей, як зварювання, наплавлення, пластичне деформування тощо.

Однотипність конструктивно-технологічних рішень багатьох деталей та вузлів дає змогу розробляти і проводити ремонт (відновлення) відповідно до типових і групових технологічних процесів.

3.2. Ремонт основних деталей і вузлів поршневих газоперекачувальних агрегатів та поршневих компресорів

3.2.1. Ремонт фундаментних рам

Типовими дефектами фундаментних рам ПГПА, що виникають під час тривалої експлуатації, є знос базових поверхонь і поверхонь гнізд (постелі) корінних підшипників колінчастого вала, замків підшипників, верхньої та вертикальної опорних площин, по яких рама з'єднується з блоками силових і компресорних циліндрів, а також деформація і тріщини корпусу рами.

Технічні умови на дефектацію фундаментних рам передбачають:

- перевірку правильності геометричної форми і ступінчастості гнізд корінних підшипників;
- перевірку паралельності загальної осі гнізд корінних підшипників у верхній базовій площині;
- перевірку прямолінійності і величини місцевих виробок основної базової площини рами;
- контроль параметрів замків корінних підшипників;
- контроль на наявність тріщин і герметичність фундаментної рами (картера).

Схему площин фундаментних рам, що підлягають контролю, показано на рис. 3.1.

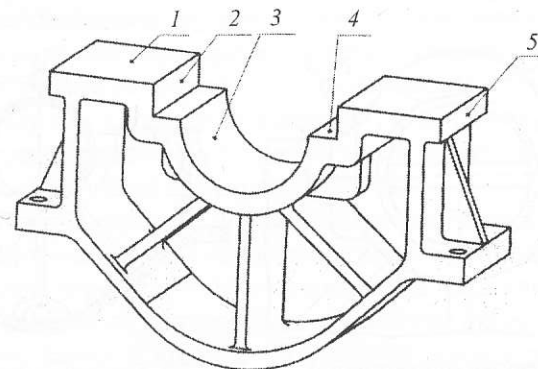


Рис. 3.1. Схема площин фундаментних рам, що підлягають контролю:
 1 — верхня базова площина; 2 — площина, перпендикулярна до площини;
 3 — гніздо (постіль) корінного підшипника; 4 — площина, що проходить через вісь підшипника;
 5 — вертикальна зовнішня площина рами

Правильність геометричної форми гнізд корінних підшипників перевіряють за допомогою набору з трьох циліндричних калібрів з діаметрами, які відповідають діаметру гнізда підшипників на верхній та нижній межах допуску та номінальному діаметру гнізда і 1/2 допуску на нього. Зовнішню поверхню калібрів покривають шаром фарби, установлюють у гніздо підшипника, злегка обтискають кришкою і провертають на 2–3 оберти.

Щупом з обох боків гнізда підшипника зверху, знизу і біля площин розніму підшипника з обох боків перевіряють зазори між гніздом підшипника і калібром (рис. 3.2). Потім знімають кришку, виймають калібр і за відбитками фарби на поверхні гнізда та кришки визначають рівномірність прилягання. Геометрична форма гнізда підшипників відповідає нормі, коли під час перевірки одним із трьох калібрів відбитки фарби покривають близько 70 % поверхні гнізда, а щуп товщиною 0,03 мм не проходить між калібром і гніздом. Допускається проникнення пластини щупа на ділянках біля площини розніму на глибину 10...20 мм з кожного боку відповідно для гнізд з діаметром до 150 і більшим за 150 мм.

Ступінчастість гнізд корінних підшипників перевіряють у двох взаємно перпендикулярних площинах: у площині, що проходить через осі циліндрів, і у площині розніму підшипників. Одним із методів виявлення ступінчастості є перевірка за допомогою технологічного вала (рис. 3.3).

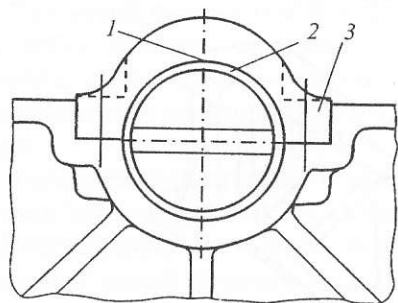


Рис. 3.2. Перевірка геометричної форми гнізда корінного підшипника:

1 — пластинка щупа; 2 — циліндричний калібр; 3 — кришка підшипника

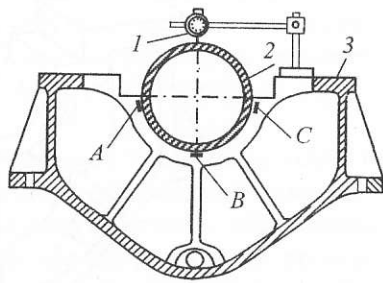


Рис. 3.3. Перевірка ступінчастості гнізд підшипників за допомогою технологічного вала:

1 — індикатор; 2 — технологічний вал; 3 — фундаментна рама

Технологічний вал укладають у гнізда підшипників і пластинчастим щупом вимірюють зазори між шийками вала і поверхнею гнізд у точках *A*, *B* і *C* з обох кінців вала. Зіставлення зазорів у точках *B* кожного гнізда дозволяє встановити ступінчастість гнізд у площині, що проходить через осі циліндрів, а в точках *A* і *C* усіх гнізд — у площині розніму підшипників.

Одночасно з перевіркою ступінчастості перевіряють паралельність загальної осі гнізд корінних підшипників у верхній базовій площині рами. Для цього на базову площину рами у місцях, які не мають слідів зносу і нерівностей від механічного нагартування, установлюють вимірвальний індикатор годинникового типу. Знімаючи показання індикатора у верхній точці шийки технологічного вала при встановленні індикатора на обох кінцях рами, визначають непаралельність загальної осі гнізд корінних підшипників верхній базовій площині рами, віднесене до 1 м її довжини, за формулою

$$N = n1000 / l,$$

де *n* — різниця показань індикатора на кінцях рами; *l* — відстань між точками вимірювання, мм.

Прямолінійність і величина місцевих виробок основної базової площини фундаментних рам довжиною до 2м контролюють за допомогою перевіркої лінійки і пластинчастого щупа. Лінійку укладають на базову площину рами у чотирьох поздовжніх і трьох поперечних напрямках та по діагоналях. У кожному із зазначених положень пластинчастим щупом з різною товщиною пластинок вимірюють зазори між перевіркою лінійкою і базовою площиною. За величиною зазорів на окремих ділянках базової площини визначають величину та характер відхилення її від прямолінійності. Фундаментні рами довжиною більшою за 2 м контролюють оптичним способом або точним слосарним рівнем.

Перевірка замка корінних підшипників передбачає вимірювання зазорів між вертикальними площинами гнізда і кришки підшипників. Якщо зазори перевищують установлену за технічними вимогами величину, додатково контролюють параметри окремо замка біля гнізда і окремо замка у кришці. Збільшення зазорів свідчить про наявність зносу поверхонь вертикальних площин замка. Величину зносу вертикальних площин гнізда підшипників у рамі перевіряють і контролюють за допомогою спеціального калібра. Калібр установлюють у замок гнізда (рис. 3.4) і за допомогою гвинта 3 виставля-

ють так, щоб зазор ΔA між кромками калібра і базовою площиною рами або горизонтальними площинами замка були однаковими з обох боків. За величиною зазорів ΔB , які вимірюють пластинчастим щупом з кожного боку гнізда, оцінюють ступінь зносу, відхилення замка від правильної геометричної форми (паралельності вертикальних площин) і співвісності його відносно осі гнізда підшипників. Ступінь зносу і паралельність вертикальних площин замка у кришках підшипників перевіряють за допомогою універсальної мікрометричної скоби. За результатами дефектації замка приймається рішення про необхідність відновлення гнізда і кришки.

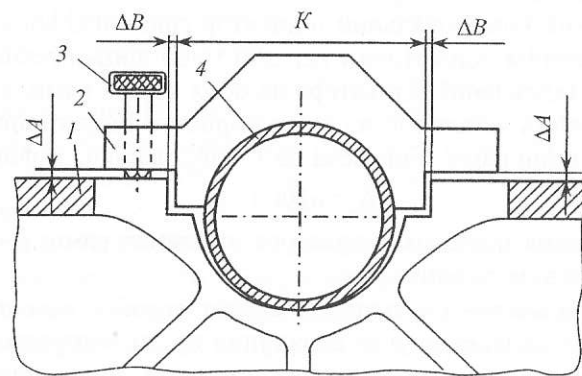


Рис. 3.4. Перевірка величини зносу вертикальних площин гнізда підшипників за допомогою спеціального калібра:
1 — фундаментна рама; 2 — калібр; 3 — гвинт; 4 — циліндричний калібр

Відхилення площинності базової поверхні фундаментних рам і місцеві виробки на них усуваються механічним обробленням. За відносно невеликого місцевого зносу площини базової поверхні фундаментної рами можна ремонтувати шабруванням. У такий спосіб механічним обробленням одночасно відновлюють на постійний ремонтний розмір площини замка і правильність геометричної форми гнізда корінних підшипників.

Дефектацію фундаментних рам для виявлення тріщин проводять спочатку візуальним оглядом або обстукуванням молотком. Підозрілі щодо наявності тріщин місця зачищають і оглядають за допомогою лупи.

Герметичність фундаментних рам (кратерів) перевіряють наливом і контролем просочування води.

Технічні умови на ремонт установлюють такі вимоги до відремонтованих фундаментних рам:

- відхилення від прямолінійності верхньої базової площини має не перевищувати 0,03 на 1 м довжини в усіх напрямках;

- верхня базова площина не повинна мати залишкових деформацій. Місцеві зноси від нагартування мають не перевищувати 0,2 мм;

- усі гнізда (постелі) корінних підшипників повинні мати однаковий діаметр. Не допускається збільшення діаметрів вище від встановленого допуску, який забезпечує надійну посадку вкладишів у гнізда та їх взаємозамінність;

- поверхні гнізд корінних підшипників мають бути правильної циліндричної форми. Овальність, конусність та інші відхилення не повинні перевищувати 1/2 від встановленого допуску на діаметр;

- осі всіх гнізд корінних підшипників мають бути розміщені на одній прямій лінії. Гнізда підшипників не повинні мати ступінчастості;

- відхилення від паралельності загальної осі гнізд корінних підшипників не повинно перевищувати 0,06 мм на 1 м довжини рами;

- вертикальні площини біля замка підшипника повинні бути паралельними між собою і перпендикулярними до основної базової площини рами. Відхилення має не перевищувати допуску на посадку із зазором $H8/q7$;

- не допускається наявність тріщин на ребрах жорсткості, що з'єднують гнізда підшипників із поперечними стінками, у місцях переходу поперечних стінок і перегородок до поздовжніх, біля отворів фундаментних болтів.

У разі виявлення тріщин у зазначених місцях рішення про можливість ремонту рами і технологія заварювання тріщин узгоджуються із заводом-виробником. Складність ремонту фундаментних рам зварюванням зумовлено незадовільною зварюваністю чавуну. У практиці ремонту фундаментних рам основним способом усунення тріщин є електродугове зварювання без попереднього підігріву (холодне зварювання). Холодне зварювання чавуну виконують сталевими електродами з карбідоутворювальними елементами у покритті, мідно-сталевими, мідно-нікелевими і залізо-нікелевими електродами. Усунення тріщин зварюванням вважається виконаним якісно, якщо під час зварювання отримано метал зварного шва підвищеної порівняно з металом рами пластичності з мінімальним проплавленням і малою зоною термічного впливу.

3.2.2. Ремонт циліндрів

Технологія ремонту циліндрів поршневих компресорних агрегатів значною мірою визначається їх конструкцією, видом і характером виявлених у процесі дефектації пошкоджень.

Основними дефектами робочих (силових) циліндрів ДВЗ і циліндрів компресорів є знос, подряпини і задирки робочої поверхні (дзеркала) циліндра, тріщини на робочій поверхні, а циліндрових втулок і гільз — додатково деформація і знос зовнішніх посадкових поверхонь, тріщини на фланцях і обрив фланців.

Циліндри, циліндрові втулки і гільзи, які мають тріщини на робочій поверхні (дзеркалі), підлягають відбракуванню. Тріщини на циліндрах і втулках силових циліндрів у більшості випадків виникають у результаті місцевого задирку, різкого нагрівання та охолодження, або зміни режиму охолодження при утворенні на охолоджуваних поверхнях значного шару накипу. Осередком утоми тріщин на втулках і рубашках циліндрів можуть бути також каверни від корозійно-кавітаційного пошкодження поверхонь, що обмиваються водою. Найчастіше тріщини з'являються у зоні камери згоряння і на перемичках продувних та вихлопних вікон (у двотактних двигунах).

Робоча поверхня (дзеркало) циліндрів зношується нерівномірно. Найбільший знос утворюється в зоні зупинки верхнього поршневого кільця за положення поршня у верхній мертвій точці (ВМТ). Характерну для ДВЗ узагальнену епору зносу циліндрів по висоті показано на рис. 3.5, а.

Одночасно нерівномірність зношування спостерігається і по колу циліндра, у результаті чого циліндр набуває форми овалу з більшою віссю, розміщеною у площині, перпендикулярній до осі колінчастого вала (рис. 3.5, б).

Величина зносу у цьому напрямку може бути в 1,5–2 рази більшою, ніж у площині, паралельній осі колінчастого вала.

Прискорений знос циліндрів розвивається у разі порушення нормальних умов змащування, наприклад, у результаті перегріву стінок циліндра і поршня, залягання кілець у кільцевих канавках, порушення встановлених зазорів між поршнем і дзеркалом циліндра тощо. Тривала робота циліндро-поршневої пари у цих умовах спричиняє, як правило, задирки, а інколи і заклинення поршня в циліндрі.

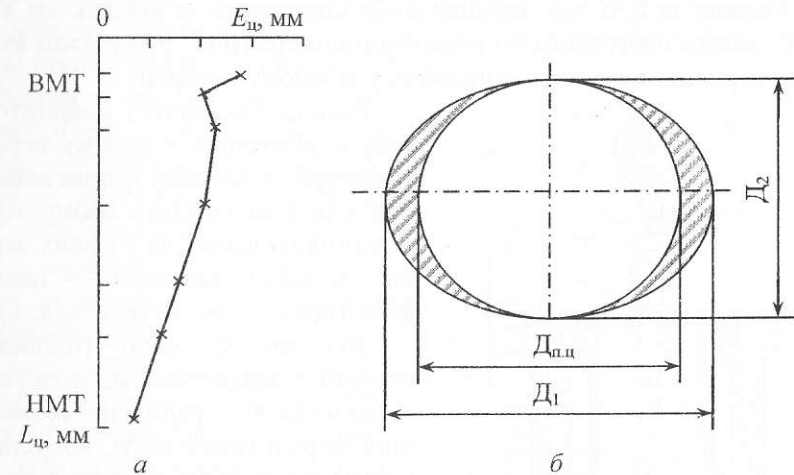


Рис. 3.5. Узагальнена епора зносу циліндрів ДВЗ по висоті (а) і по діаметру (б):

$E_{ц}$ — діаметральний знос циліндра по висоті;
 $D_{п.ц}$ — початковий діаметр циліндра; D_1, D_2 — збільшені діаметри циліндра в результаті зношування (D_1 — діаметр циліндра в площині, перпендикулярній до осі колінчастого вала);
 D_2 — діаметр циліндра в площині, паралельній осі колінчастого вала

Значні пошкодження робочої поверхні і передчасний знос циліндрів може бути також наслідком неякісного очищення і потрапляння в циліндр з повітрям і паливним газом механічних домішок у вигляді пилу, частинок піску, які спричиняють абразивне зношування.

У деяких ПГПА застосовують кільця компресорних поршнів складчастої, сегментної конструкції. Для забезпечення контакту кілець з робочою поверхнею циліндра по сегменту встановлюють пластинчасту розпірну пружину. У разі значного зносу кільця пружина виходить за межі поршневої канавки і потрапляє у зазор між поршнем і дзеркалом циліндра. Як наслідок відбувається руйнування дзеркала циліндра (задирання) на всю довжину ходу поршня. Аналогічне пошкодження спричиняється уламками клапанних пластин.

Дефектацію циліндрів (втулок) починають із зовнішнього огляду і контролю розмірів дзеркала циліндра. Внутрішній діаметр циліндра (втулки) вимірюють за допомогою штихмаса з мікрометричною голівкою або нутромірором з ціною поділки індикатора не

більшою за 0,01 мм. Вимірювання виконують за декількома контрольними перерізами по довжині циліндра (рис. 3.6) у двом взаємно перпендикулярних напрямках у кожному перерізі.

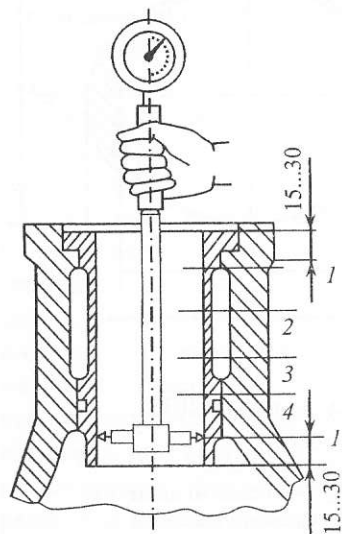


Рис. 3.6. Схема контролю розмірів циліндра за допомогою нутроміра: 1; 2; 3; 4; 5 — контрольні перерізи

Зношені циліндри (циліндрові втулки) з перевищенням допуску на відхилення від правильної геометричної форми (овальності, конусності) і пошкодженнями робочої поверхні (дзеркала циліндра) відновлюють розточуванням з наступним шліфуванням (хонінгуванням).

У такий спосіб обробляють циліндр до повного видалення слідів зносу без дотримання певного розміру або до установленого ремонтного розміру за умови, що збільшення внутрішнього діаметра (зменшення товщини стінок) циліндра (втулки) при цьому не повинно перевищувати граничнодопустимого значення. У противному випадку втулку замінюють на нову.

Циліндри, зношені до останнього ремонтного або граничнодопустимого для розточування діаметра можуть бути відновлені за пресуванням гільзи з наступним її обробленням під номінальний розмір. Спосіб гільзування широко використовують під час ремонту циліндрів автотракторних ДВЗ і компресорних циліндрів, де робочу поверхню циліндра виконано безпосередньо у тілі блока циліндрів або корпусі циліндра. Діаметр розточених і остаточно оброблених циліндрів (втулок) силових агрегатів не повинен відрізнятися на одному агрегаті більш ніж на $\pm 0,5$ мм.

Циліндри деяких типів двотактних двигунів відливають одночасно з рубашкою і повітропроводами для продування повітрям.

Різниця більшого і меншого діаметрів, виміряних в одному перерізі, характеризує похибку форми поверхні циліндра (овальність) у цьому перерізі, а різниця діаметрів у різних перерізах по висоті циліндра — похибку його форми по висоті (конусність).

Зношені циліндри (циліндрові втулки) з перевищенням допуску на відхилення від правильної геометричної форми (овальності, конусності) і пошкодженнями робочої поверхні (дзеркала циліндра) відновлюють розточуванням з наступним шліфуванням (хонінгуванням).

У такий спосіб обробляють циліндр до повного видалення слідів зносу без дотримання певного розміру або до установленого ремонтного розміру за умови, що збільшення внутрішнього діаметра (змен-

шення товщини стінок) циліндра (втулки) при цьому не повинно перевищувати граничнодопустимого значення. У противному випадку втулку замінюють на нову.

Якщо дзеркало такого циліндра зношується, необхідно замінювати весь циліндр. Заміні під час ремонту підлягають також тонкостінні змінні втулки компресорних циліндрів.

Одним зі способів розточування циліндрів є розточування за допомогою переносного розточувального пристрою — борштанги (рис. 3.7). Борштангу встановлюють у середину циліндра і центрують за допомогою штихмаса за попереднім розточуванням зверху циліндра, вище від початку виробки, і по внутрішньому діаметру в нижній частині так, щоб борштанга була встановлена строго по вертикальній осі циліндра. Привід борштанги здійснюється від електродвигуна за допомогою редуктора або пасової передачі. Такий пристрій дозволяє виконувати як розточування, так і шліфування після розточування робочої поверхні циліндрів (втулок). Під час розточування перші проходи різця проводять зверху вниз, а решту — знизу вверх. Розточену поверхню шліфують спеціальними карборундовими брусками великої твердості, які встановлюють на місце різців.

Технічні умови встановлюють допуски на такі параметри розточування циліндрів (втулок):

- допустиме збільшення внутрішнього діаметра під час розточування і шліфування;
- овальність, конусність, бочкоподібність внутрішньої робочої поверхні (дзеркала) циліндра;
- шорсткість обробленої поверхні.

Відповідальною і трудомісткою операцією під час ремонту циліндрів є випресування циліндрових втулок (гільз). Втулки (гільзи) підлягають випресуванню із циліндрів чи блока циліндрів у таких випадках: для очищення від накипу; у разі появи постійного заїдання поршня і задирок; для розточування або заміни на нову.

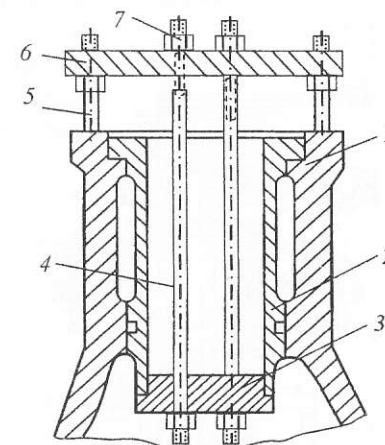


Рис. 3.7. Пристосування для випресування втулки: 1 — циліндр; 2 — втулка; 3 — нижній фланець; 4 і 5 — шпильки; 6 — верхній фланець; 7 — гайка

Якщо розточування виконують за допомогою борштанги, втулку із циліндра можна не виймати, або виймати для очищення від накипу з наступним установленням на місце для розточування.

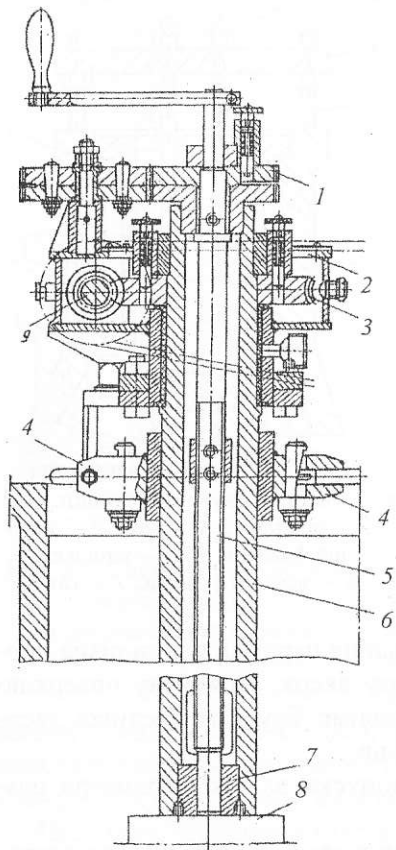


Рис. 3.8. Пристосування для розточування втулок циліндрів (борштанга):

- 1 — циліндрична шестірня;
2 — головка; 3 — черв'ячна шестірня;
4 — різцетримач; 5 — вал подачі;
6 — основний вал; 7 — підп'ятник;
8 — підставка; 9 — черв'як

центрувальні пояси D_1 блока і втулки, горизонтальна площина виступу верхнього посадкового пояса блока і нижній торець опорного

Для випресування втулок застосовують спеціальні знімні пристосування, які забезпечують необхідне зусилля для зрушення і вихід втулки із циліндра без перекосу. Схему випресування гільзи із циліндра за допомогою гвинтового знімного пристосування показано на рис. 3.8. Нижній торець гільзи 2 захоплюється нижнім фланцем 3 знімного пристосування.

Верхній фланець 6 пристосування надітий на шпильки 5. При затягуванні гайок 7 зусилля через шпильки 4 передаються на нижній фланець і торець гільзи, що забезпечує зрушення гільзи з посадкових поясів.

Нові або розточені втулки силових циліндрів установлюють у корпус (станину, рубашку) циліндра або у блок циліндрів з дотриманням вимог на допуски і посадки по складальних базових поверхнях і посадкових (центрувальних) поясах, установлених для даного типу агрегата. Так, наприклад, складальними базами для установлення втулки у блок циліндрів ДВЗ, конструктивну схему спряження яких показано на рис. 3.9, є нижні

бурта втулки. У деяких двигунах базовими центрувальними поверхнями є вертикальний пояс бурта втулки D_3 і відповідний пояс блока циліндрів. За такої конструкції спряження між блоком і втулкою в поясі D_2 передбачається тепловий зазор, розрахований на більше температурне розширення втулки порівняно з блоком при працюючому двигуні. У двотактних ДВЗ складальними базовими поверхнями для установлення циліндрових втулок є також верхні пояси прилягання в зоні продувних та вихлопних вікон.

Під час виготовлення запасних втулок для установлення усіх посадкових поясів втулки допускається припуск 1,5...2 мм. Посадкові пояси втулки остаточно обробляють і після розточування і виправлення отвору циліндра (блока циліндрів) під втулку. Посадкові пояси повинні бути пригнані так, щоб під час установлення втулки на місце були дотримані вимоги до заданої посадки по кожному посадковому поясу.

Послаблення посадки може викликати значні згинальні зусилля під фланцем втулки і порушення надійності ущільнення порожнин охолодження циліндра, а більш щільна посадка — деформацію втулки під час її установлення на місце або нагріву у процесі роботи агрегата.

3.2.3. Ремонт колінчастих валів

Колінчасті вали є одними з основних і найбільш навантажених деталей ПГПА та поршневих компресорів.

Колінчасті вали виготовляють із високоякісних вуглецевих сталей марок 30, 40, 45, легованої сталі марки 40X, а також із високоміцних чавунів, наприклад, ВЧ 50-1,5.

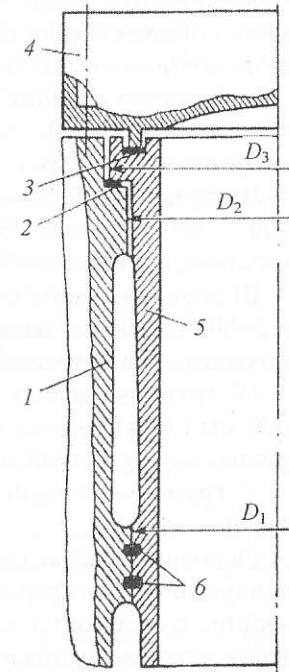


Рис. 3.9. Схема спряження втулки з блоком циліндра ДВЗ: 1 — блок циліндрів; 2, 3 — мідні ущільнювальні прокладки; 4 — кришка циліндра; 5 — втулка; 6 — гумові ущільнювальні кільця

Залежно від розмірів і технології виготовлення колінчасті вали можуть бути цільнокованими і складеними.

За конструктивно-технологічними ознаками і технологією ремонту колінчасті вали поділяють на п'ять основних груп, які включають колінчасті вали поршневих компресорів і ДВЗ усіх типів:

I група — невеликі сталеві ковани колінчасті вали (довжина 250...700 мм, маса 3...50 кг, 1...2 коліна, діаметр шатунних, корінних шийок 30...85 мм).

II група — середні сталеві ковани колінчасті вали (довжина 1000...2000 мм, маса 75...250 кг, 1...4 коліна або 6 колін, діаметр шатунних, корінних шийок 85...170 мм).

III група — великі сталеві цільноковані колінчасті вали (довжина 2000...8000 мм, маса 250...400 кг, 1...8 колін і більше, діаметр шатунних, корінних шийок 180...440 мм і більше).

IV група — великі сталеві складені колінчасті вали (довжина 2000 мм і більше, маса 400 кг і більше, 1...2, 4 коліна, діаметр шатунних, корінних шийок 130 мм і більше).

V група — середні та великі колінчасті вали, литі з ковкого чавуну.

Основними дефектами колінчастих валів, що виникають під час експлуатації, є: деформація (вигин) вала, тріщини, знос, задирки, забоїни, подряпини і корозія корінних та шатунних шийок, зношення отворів фланцевих з'єднань і канавок під шпонку, пошкодження різі. Деформація (вигин) колінчастого вала може відбутись під власною масою вала у разі неприлягання однієї або декількох корінних шийок до корінних (рамних) підшипників та спільної дії на вал зовнішніх сил і залишкових технологічних напружень у металі, що виникають у процесі виготовлення вала.

Під час роботи колінчастий вал зазнає дії різко змінних за величиною і напрямком згинальних та скручувальних зусиль, які утворюють у металі складні знакозмінні напруження. Навіть незначне провисання вала в опорах може стати причиною деформації, появи тріщин і руйнування. Значна деформація і руйнування вала можуть виникнути під час аварії в результаті обриву шатунних болтів, руйнування шатуна та перевищення діючих на вал розрахункових напружень.

Тріщини на колінчастих валах найчастіше виникають на галтелях, щоках, на циліндричній частині шийок. Вали ДВЗ і компресорів у разі будь-якої тріщини довжиною 40 мм і більше незалежно від її розміщення підлягають відбракуванню.

Зношування шийок колінчастих валів у процесі роботи ПГПА і поршневих компресорів є закономірним процесом. Корінні та шатунні шийки зношуються неоднаково і нерівномірно. Найбільш інтенсивного зношування, як правило, зазнають шатунні шийки. Нерівномірність зношування шийок проявляється у порушенні їх правильної циліндричної форми — шийки стають овальними, конусно- або бочкоподібними, порушується співвісність корінних шийок до загальної осі вала, виникає биття вала об корінні та шатунні шийки. Основними факторами, що зумовлюють нерівномірність зношування шийок колінчастих валів, є: нерівномірність діючих на шийки зусиль за різних положень кривошипа в циклі обертання вала; порушення правильної загальної геометричної осі вала; неправильне положення осі шатунів відносно осі вала; порушення нормальних умов змащування шийок в окремих підшипниках тощо.

Задирки та інші механічні пошкодження робочої поверхні шийок виникають у результаті зносу чи руйнування підшипників, неякісного очищення і роботи на забрудненому маслі, порушення нормальних умов змащування шийок вала тощо.

Контроль технічного стану колінчастих валів виконують як у період експлуатації, так і під час ремонту компресорних агрегатів. Контроль виконують у такій послідовності:

- оглядають вал під час зупинки агрегата, перевіряють кріплення болтових з'єднань, контролюють нагрів частин вала, наявність видимих поверхневих дефектів;
- перевіряють (без розбирання агрегата) положення осі вала за розбіжністю щік;
- перевіряють зазори в з'єднанні вала з корінними підшипниками і з'єднанні вала із шатунними підшипниками;
- оглядають корінні шийки знятих верхніх кришок корінних підшипників, перевіряють стан тертьових поверхонь корінних шийок — наявність задирків, подряпин, виробки циліндричної частини і галтелей;
- обмірюють корінні шийки вийнятого з підшипника вала;
- оглядають шатунні шийки після виймання шатунів, перевіряють стан тертьових поверхонь шатунних шийок — наявність задирків, подряпин, зношення циліндричної частини і галтелей;
- обмірюють при знятих шатунах (без підняття вала) шатунні шийки;
- контролюють вал на наявність тріщин.

Обмірюванням визначають величину зносу і ступінь відхилення шийок від правильної геометричної форми. Для визначення овальності, конусності, бочкоподібності шийки обмірюють у декількох площинах. Отримані результати порівнюють з граничнодопустимими.

Наявність тріщин та інших макродефектів на відповідальних поверхнях колінчастих валів виявляють візуально за допомогою лупи та одним із методів дефектоскопії. У разі виявлення тріщин необхідно встановити їх довжину та глибину. Залежно від розмірів тріщини і її розміщення приймається рішення про можливість ремонту вала або необхідність його вибракування.

Перевірка положення осі колінчастого вала за розбіжністю щік дозволяє визначити ступінь та причини вигину вала. Така контрольна операція виконується під час монтажу, в період експлуатації під час планових зупинок агрегата та в процесі капітального ремонту. Розбіжність щік колінчастого вала рекомендується вимірювати у такій послідовності: з навішаною поршневою групою і маховиком; без поршневої групи з навішеним маховиком і без поршневої групи та маховика.

Розбіжність щік (рис. 3.10, а) визначають за кожним кривошипом як різницю відстані між щоками, якщо шатунна шийка міститься у НМТ, НМТ + 90°, ВМТ, ВМТ + 90°. Вимірювання виконують за допомогою спеціального пристрою з індикатором годинникового типу, який встановлюється між щоками так, щоб його поздовжня вісь збігалася з напрямком нижньої твірної корінної шийки незалежно від конструктивних особливостей щік вала (з противагами або без них), або у найбільш зручному місці нижче від осі корінної шийки за положення кривошипу в НМТ (рис. 3.10, б). У положенні НМТ стрілку індикатора встановлюють на нуль. Провертуючи колінчастий вал по ходу вручну почергово в положення НМТ + 90°, ВМТ, ВМТ + 90°, фіксують та записують показання індикатора (табл. 3.1).

Знак «+» у разі замірювання за індикатором (стрілка індикатора відхиляється від нуля за годинниковою стрілкою у бік більшого числового значення) вказує на те, що з провертанням вала відстань між щоками зменшується (щоки стискаються).

Знак «-» (відхилення стрілки індикатора проти годинникової стрілки у бік меншого числового значення) вказує на збільшення відстані між щоками (щоки розходяться).

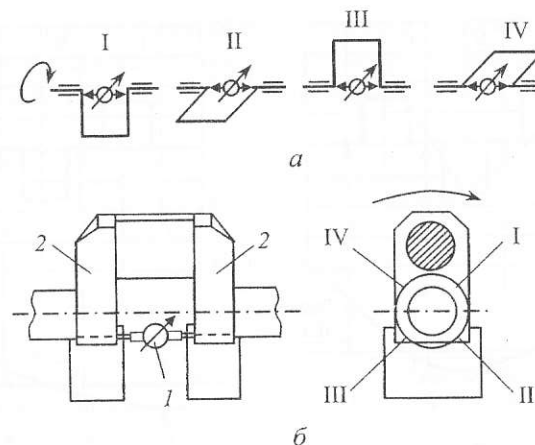


Рис. 3.10. Схема заміру величин розбіжності щік колінчастого вала (а) і установа вимірювального пристрою (б):
I — НМТ; II — НМТ + 90°; III — ВМТ; IV — ВМТ + 90°;
1 — вимірювальний пристрій; 2 — щоки колінчастого вала

Таблиця 3.1

Приклад вимірювання розбіжності щік колінчастого вала [19]

Положення шатунної шийки кривошипа	Номер циліндра		
	I	II	III
Нижня мертва точка	0	0	0
Верхня мертва точка	-0,02	+0,045	-0,10
НМТ + 90°	+0,04	+0,03	-0,02
ВМТ + 90°	+0,02	+0,03	+0,06
Розбіжність щік, мм	+0,04 - (+0,02) = = +0,02	+0,03 - (+0,03) = = 0	-0,02 - (+0,06) = = -0,08

Різниця відстані між щоками (розбіжність щік) за положення шатунної шийки в НМТ і ВМТ вказує на порушення геометричної осі вала у вертикальній площині, а у положенні НМТ + 90° і ВМТ + 90° — у горизонтальній площині.

Результати замірів вважаються дійсними, якщо в разі повертання кривошипа у початкове положення обертання вала у зворотному напрямку (проти ходу) стрілка індикатора займе вихідне положення. У протилежному разі вимірювальний пристрій потрібно переустановити і заміри виконати повторно.

За результатами замірів будують діаграми розбіжності щік і зведеної осі вала (рис. 3.11).

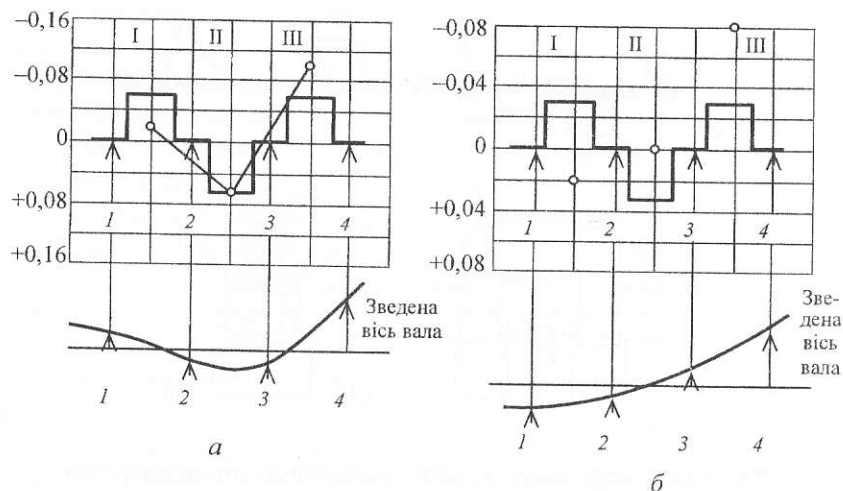


Рис. 3.11. Діаграма розбіжності шік колінчастого вала і зведеної осі вала на вертикальній (а) і горизонтальній (б) площинах: I, II, III — номери циліндрів; 1-4 — номери корінних шийок

Для безпечної експлуатації агрегатів допустиме значення розбіжності шік колінчастого вала на жодному з коліс не повинно перевищувати такої величини:

$$P = \frac{1}{6} \cdot \frac{S}{1000},$$

де P — величина розбіжності шік, мм; S — хід поршня.

Збільшення розбіжності шік вище від допустимого значення вказує на перевищення максимально допустимої величини вигину вала, що може стати причиною його руйнування.

Загальний технологічний процес ремонту колінчастих валів з урахуванням способу відновлення шийок колінчастого вала складається з послідовності операцій, зображених у вигляді схеми (рис. 3.12).

Усувати тріщини під час ремонту колінчастих валів з допустимими за результатами контролю тріщинами можна одним зі способів зварювання. Вид і режим зварювання вибирають залежно від матеріалу вала. На сталевих валах тріщини на щоках і шийках (крім галтелей) довжиною до 40 мм і глибиною відповідно до 2 і 3 мм можна видаляти вибіркою металу в місці виявлення тріщини механічним способом з наступним поліруванням. Зона оброблення має

перекривати зону розповсюдження тріщини і при виході на пошкоджену ділянку вала утворювати скруглення з радіусом не меншим за 8 мм. Якість виконання операції перевіряють одним із методів дефектоскопії.

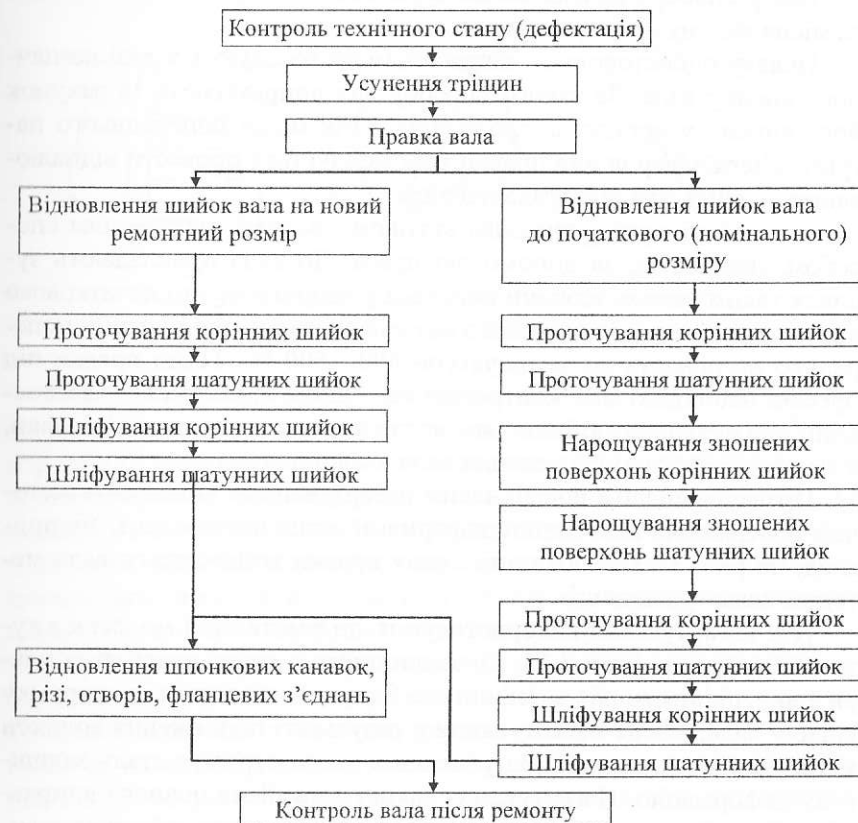


Рис. 3.12. Операційна схема технологічного процесу ремонту колінчастих валів

Правку колінчастих валів виконують для усунення вигину вала (викривлення осі), що утворився в результаті залишкової деформації у процесі експлуатації або ремонту зварюванням під час виконання попередньої операції. Способи правки колінчастих валів:

— швидке одностороннє нагрівання вала в місці найбільшого вигину з боку випуклості газом паликом до температури 500...550 °С;

– механічний спосіб правки за допомогою преса, домкрата або спеціальних струбчин без підігріву або з попереднім підігрівом вигнутої ділянки вала;

– місцеве поверхневе нагартування (чеканення).

Вибір способу правки колінчастого вала залежить від величини та місця вигину і матеріалу вала.

Правку одностороннім нагріванням застосовують у разі незначного вигину вала. За такого способу вал випрямляють за рахунок його вигину у процесі охолодження в бік місця попереднього нагріву. Після завершення правки рекомендується провести відпалювання ділянки, яка підлягала нагріву.

Колінчасті вали зі значним вигином правлять механічним способом, наприклад, за допомогою преса. До вала прикладають зусилля таким чином, щоб він вигнувся у зворотному до початкового вигину напрямку. Для правки з підігрівом вал у місці вигину попередньо нагрівають до температури 400...500 °С. Після правки під пресом необхідно вал контролювати одним із методів дефектоскопії для виявлення тріщин, які могли виникнути в процесі правки, а також провести відпалювання вала в місці вигину.

Правку місцевим поверхневим нагартуванням виконують методом поверхневої пластичної деформації місця вигину вала. Як приклад, на рис. 3.13, *а* показано схему правки колінчастого вала методом нагартування щік.

Для нагартування використовують пневматичний молоток з кутковою насадкою (рис. 3.13, *б*), за допомогою якого наносяться удари з внутрішнього або зовнішнього боку щік залежно від напрямку вигину вала. Місце нагартування у результаті подовження волокон металу стає випуклим і вал унаслідок цього отримує сталу залишкову деформацію. Нагартування закінчують після повного виправлення вигину вала. Правка способом нагартування забезпечує високу точність, не знижує втомної міцності деталі, тому її застосовують також для остаточної правки валів після правки механічним способом під пресом.

Точіння і шліфування корінних та шатунних шийок під час ремонту колінчастих валів проводять для усунення задирків та інших пошкоджень, виявлених на шийках і галтелях, а також у випадках, якщо відхилення форми (овальності, конусності, бочкоподібності) і биття шийок досягли граничнодопустимих значень.

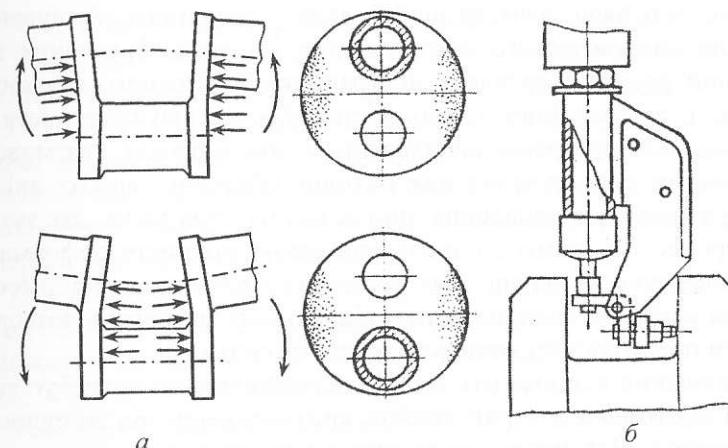


Рис. 3.13. Схема правки колінчастого вала методом нагартування щік (*а*) і пристрій для нагартування (*б*)

Проточування виконують як операцію попереднього оброблення шийок для їх наступного шліфування на новий ремонтний розмір, або як операцію підготовки поверхонь для наступного відновлення шийок на номінальний розмір. Після відновлення наплавленням металу шийки проточують для видалення зайвого металу і утворення рівномірного припуску під шліфування. Шліфуванням досягається необхідна точність розмірів і шорсткість поверхні шийок. Остаточною операцією оброблення шийок є полірування.

Корінні та шатунні шийки невеликих і середніх колінчастих валів довжиною до 2000 мм проточують і шліфують відповідно на токарних верстатах з висотою центрів, яка допускає повертання вала, та на спеціальних круглошліфувальних верстатах. Шатунні шийки проточують і шліфують у центрозмішувачах, які дозволяють змістити вал на величину радіуса кривошипа і встановити шатунні шийки на вісь шпинделя верстата.

Під час ремонту великогабаритних потужних компресорних агрегатів безпосередньо на місці їх експлуатації і, отже, неможливості використання спеціальних верстатів шийки колінчастих валів обробляють вручну (напилком з наступним притиранням і поліруванням) або за допомогою спеціальних переносних верстатів, які дозволяють обробляти шийки колінчастого вала безпосередньо на рамі.

Колінчасті вали, діаметр шийок яких у результаті зношування або після багаторазового проточування і перешліфовування під ремонтний розмір зменшився до граничнодопустимого значення, підлягають відновленню одним зі способів нарощування металу, наприклад, вібродуговим наплавленням або методом плазмового напилювання. Застосування цих методів забезпечує високу якість та продуктивність відновлення шийок колінчастих валів, дає змогу вести процес без помітної після нанесення покриття деформації вала, забезпечує незначну зону термічного розміцнення термооброблених валів, а з використанням відповідних матеріалів дозволяє отримати покриття з підвищеною зносостійкістю.

Відновлення колінчастих валів наплавленням не потребує спеціальної підготовки поверхні шийок, крім очищення від забруднень і промивання. Для наплавлення використовують вуглецеву сталь або спеціальні порошкові наплавні дроти. Після наплавлення шийки вала проточують і шліфують під номінальний розмір.

Технологічний процес відновлення колінчастих валів нанесенням плазмових покриттів включає такі операції:

- механічне оброблення (проточування) шийок для виправлення геометричної форми і видалення дефектного шару;
- абразивно-струминну підготовку поверхні шийок під напилювання;
- підігрівання поверхні шийок;
- напилювання покриття;
- оплавлення (з використанням самофлюсівних матеріалів) нанесеного покриття;
- механічне оброблення (шліфування) шийок під номінальний розмір;
- контроль якості покриття.

Абразивно-струминне оброблення проводять не раніше, ніж за дві години до нанесення на шийки покриття. Для абразивно-струминного оброблення шийок з твердістю більшою за HRC40 застосовують корунд, карбокорунд або карбід кремнію з розміром зерен 0,5...1,5 мм, для шийок з твердістю меншою за HRC40 використовують чавунний дріб з розміром зерен 0,5...1,5 мм.

Режими оброблення:

- тиск стисненого повітря $P = 0,1...0,4$ МПа;
- відстань від зрізу сопла до поверхні деталі 100...150 мм;
- кут нахилу осі сопла відносно оброблюваної поверхні, 60...90°.

У разі оброблення чавунним дробом тиск збільшується до 0,4...0,6 МПа. Після оброблення за еталоном контролюють якість поверхні: насічка має бути однорідною по всій поверхні.

Поверхню шийок перед напилюванням підігрівають для термічної активації поверхні і зниження швидкості охолодження напиленого шару для запобігання його розтріскуванню. Нагрівання виконують плазмовим пальником так, щоб не допустити перегріву поверхні, і як наслідок її окиснення.

Для підвищення міцності зчеплення покриття з основою рекомендується перед напилюванням шару основного матеріалу наносити підшарок із порошкових матеріалів ПН55Т45 (55 % Ni + 45 % Ti) або ПН85Ю15 (85 % Ni + 15 % Al).

Товщина підшарку становить 0,05...0,15 мм. Температура поверхні шийок для напилювання не повинна перевищувати 200 °С, товщина напиленого шару за один прохід має бути не більшою ніж 0,2 мм на діаметр.

Якщо як матеріал для напилення покриття використовують самофлюсівні порошки, після напилення покриття оплавлюють. Оплавлення забезпечує підвищення фізико-механічних властивостей та міцності зчеплення покриття з деталлю і проводиться відразу після напилення, щоб не допустити охолодження напиленого шару. Для оплавлення шийки вала можна нагрівати плазмовим або газополумєневим пальником, високочастотним індуктором, лазерним променем тощо.

Механічне оброблення шийок, відновлених плазмовим напиленням, виконують шліфуванням алмазними або абразивними кругами залежно від твердості покриття.

Пошкоджені шпонкові канавки на колінчастих валах відновлюють двома способами:

- заварюванням з наступним калібруванням фрезою номінального розміру;
- обробленням канавки на збільшений розмір.

Зношену різь відновлюють калібруванням або переточуванням під новий ремонтний розмір, а отвори фланців — розгортанням під збільшений розмір болтів.

Завершальною операцією ремонту колінчастих валів є вихідний контроль. Основну увагу приділяють відповідності установленим допускам на діаметри, овальності, конусності, бочкоподібності

корінних і шатунних шийок, стану та шорсткості їх робочої поверхні, радіальне та відносне биття корінних шийок, відхилення від паралельності твірних поверхонь шатунних шийок, радіуси кривошипів, галтелей. Відремонтований колінчастий вал повинен задовольняти всі вимоги, встановлені нормативно-технічною документацією.

3.2.4. Ремонт корінних підшипників

Корінні (рамні) підшипники є опорами колінчастого вала. За характером навантажень, що сприймаються підшипником, корінні підшипники ковзання поділяють на опорні, призначені для сприймання радіального навантаження, і опорно-упорні, призначені для сприймання радіального та осевого навантажень.

Типовими дефектами корінних підшипників колінчастих валів ДВЗ і поршневих компресорів, як і інших підшипників ковзання, робоча поверхня яких залита шаром антифрикційного сплаву, є задирки і знос робочої поверхні, виплавлення, викришування і відшарування антифрикційного шару від тіла вкладиша.

Знос підшипника у парі з шийкою вала призводить до порушення правильності їх геометричної форми і збільшеного зазору між валом та підшипником, унаслідок чого порушується нормальний режим рідинного тертя. Граничнодопустимий радіальний зазор у корінних підшипниках з бабітовою заливкою не повинен перевищувати $D/1000 + 0,05$ мм (де D — діаметр шийки вала), осевий зазор в корінному підшипнику становить $2,5\delta$ (де δ — нормальний рекомендований зазор). Осевий розбіг вкладиша корінного підшипника з буртами по постелі (гнізду) фундаментної рами не повинен перевищувати 0,05 мм, а проміжних підшипників з буртами — 0,15...0,2 мм.

Під час капітального ремонту корінні підшипники відновлюють Perezаливанням антифрикційного сплаву з наступним приганянням по шийці вала. Послідовність операцій і технологія Perezаливання підшипників описано в підрозд. 2.7.6.

3.2.5. Ремонт деталей шатунно-поршневої групи

Шатунно-поршнева група за кількістю і функціональним призначенням деталей належить до найбільш складних вузлів ПГПА і поршневих компресорів. Основними деталями шатунно-поршневої

групи є поршні з поршневыми кільцями, поршневі пальці, шатуни з підшипниками верхньої та нижньої головок, а в крейцкопфних агрегатах — крейцкопф, шток і сальникове ущільнення. Призначенням шатунно-поршневої групи у ДВЗ є перетворення зворотно-поступального руху поршнів силових циліндрів у обертовий рух колінчастого вала і передавання зусилля від силових поршнів на вал, а в компресорах — перетворення обертового руху колінчастого вала у зворотно-поступальний рух крейцкопфа і поршнів компресорних циліндрів та передавання зусилля від вала на поршень.

Поршні та поршневі кільця силових і компресорних циліндрів у процесі експлуатації зношуються. На поршнях зношуються напрямна (тронкова) частина поршня, канавки під поршневі кільця, отвір під поршневий палець. Поршневі кільця зношуються по зовнішньому діаметру і висоті.

Одочасний знос поршнів та циліндрів по діаметру, поршневих кілець по висоті та діаметру, канавок під поршневі кільця призводить до збільшення зазорів у циліндро-поршневій парі, в результаті чого збільшується пропускання газу через зазори, втрачається компресія в циліндрах, знижується потужність двигуна і продуктивність компресора. Характерними дефектами деталей поршнів і поршневих кілець є також задирки робочих поверхонь, тріщини на днищах головок поршнів, на напрямній частині і в канавках під поршневі кільця, обриви і злам поршневих кілець, а для поршнів силових циліндрів разом з цим — прогоряння дна поршня.

Поршні підлягають відбракуванню і заміні в таких випадках:

- у разі виходу в результаті зношування діаметра напрямної (тронкової) частини поршня і зазору між дзеркалом циліндра і напрямною поршня за межі граничнодопустимих для агрегата величин;
- на тілі поршня виявлено тріщини, величина, напрямок і розміщення яких можуть призвести до руйнування;
- на боковій поверхні поршня є глибокі задирки, які не можуть бути усунені шліфуванням у межах допуску на розмір поршня;
- для усунення пошкодження канавок під поршневі кільця необхідне проточування, яке зменшить ширину перемичок між канавками більш ніж на 20 % від її початкової величини;
- у разі розточування циліндра на збільшений ремонтний діаметр;
- у випадку прогоряння дна поршня.

Якщо немає даних про граничнодопустиму величину зносу на прямої частини поршня, її можна визначити зі співвідношення $D/750$ мм, де D — номінальний діаметр прямої частини поршня, а нерівномірність зносу поршня — за довжиною зі співвідношення $D/1000$. Зазор між дзеркалом циліндра і прямого поршня не повинен перевищувати 2...2,5 величини початкового зазору, який установлюється залежно від діаметра циліндра і повинен указуватись у технічних вимогах до дефектації і ремонту агрегата такого типу.

Під час ремонту незначні пошкодження поверхні поршня у вигляді рисок і неглибоких подряпин можна усувати шліфуванням. Канавки під поршневі кільця за умови збереження допустимої ширини перемичок між канавками проточують під ремонтний розмір поршневих кілець. Поршневі канавки рекомендується проточувати не більше одного разу і не більше ніж на 1 мм. Після проточування канавки мають бути паралельними.

Зношені отвори під поршневі пальці для відновлення їх циліндричності розвертають або розточують із наступним доведенням їх розмірів по поршневому пальцю. Після оброблення контролюють перпендикулярність осі поршня до осі отворів. Схему контролю показано на рис. 3.14. Відхилення від перпендикулярності визначають за формулою

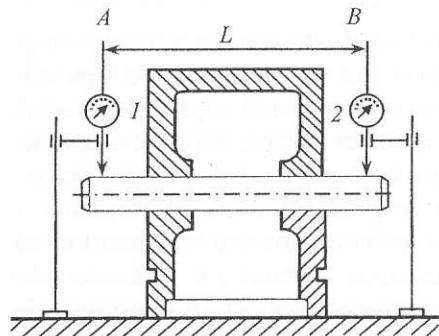


Рис. 3.14. Схема контролю відхилення від перпендикулярності осі поршня до осі отворів під поршневий палець:
1, 2 — індикатори;
A, B — точки вимірювання

$$\Delta = \frac{h_1 - h_2}{L} \cdot 100,$$

де h_1 і h_2 — відхилення стрілок індикаторів 1 і 2, мм; L — відстань між точками вимірювання A і B.

Неперпендикулярність осі поршня до осі отворів призводить до перекосу поршня в циліндрі. Відхилення від перпендикулярності не повинно перевищувати 0,02 на 100 мм довжини. У поршнях складеної конструкції з від'ємною головкою за наявності дефектів

на головці (тріщини, знос канавок під поршневі кільця, прогорання дна та ін.) під час ремонту її замінюють.

Пошкоджені і зношені за межі граничнодопустимих розмірів поршневі кільця під час ремонту не відновлюють. Кільця зношуються зазвичай в радіальному напрямку по зовнішньому діаметру і висоті. У першому випадку кільця зношуються в умовах тертя у парі зі стінками циліндра, у другому — у разі тертя по стінках канавок поршня. Радіальне зношення призводить до збільшення зазору в замку і зменшення пружності кільця, а осьове (по висоті кільця) — до збільшення зазору між кільцем і канавкою поршня.

Нормальна робота поршневих кілець забезпечується за досить вільного переміщення їх у поршневих канавках, що досягається установленням оптимальних зазорів між кільцем і поршневою канавкою (рис. 3.15). Зазор у замку кільця повинен унеможливити зминання кільця у робочому стані в результаті теплового розширення і одночасно не допускати втрат у результаті негерметичності. Величину зазору в замку визначають за формулою

$$c = 1,3\alpha(t_0 - t_p)\pi D,$$

де α — коефіцієнт лінійного розширення матеріалу кільця; t_0 — температура під час складання поршневого комплекту; t_p — робоча температура кільця; D — зовнішній діаметр кільця.

Величина теплового зазору не повинна перевищувати $0,004D_n$, де D_n — номінальний зовнішній діаметр кільця. Якщо в процесі дефектації на торцевих поверхнях кілець у замку виявлені потертості, це свідчить про зминання кільця і недостатність теплового зазору.

Поршневе кільце вважають таким, що втратило працездатність і підлягає заміні на нове, якщо: зазор у замку дорівнює або перевищує величину $1/80D_n$ (де D_n — діаметр поршня, мм); у канавках ви-

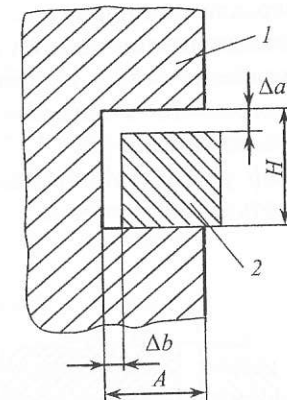


Рис. 3.15. Схема зазорів між поршнем і поршневою канавкою:
1 — поршень; 2 — поршневе кільце; Δb — радіальний зазор; Δa — осьовий зазор; A — глибина канавки під поршневе кільце; H — ширина канавки під поршневе кільце

никнув зазор по висоті кільця більший за $2,5h_n$ (де h_n — нормальний монтажний зазор, мм); кільце має тріщини, злами, пошкодження робочої поверхні у вигляді задирків і сліди пропускання газу, що досягають 25 % від кола кільця; знос кільця по товщині перевищує 20 % від його початкового розміру; кільце втратило пружність.

Поршневі кільця під час роботи втрачають пружність у результаті зносу їх по товщині та висоті і в результаті релаксації внутрішніх напружень під дією високих температур. Сила пружності кільця $P_{пр}$ у сумі з радіально-напрямою силою від тиску газу P_a , що проникає у поршневу канавку, притискає кільце до поверхні дзеркала циліндра (рис. 3.16). Надмірний тиск збільшує інтенсивність зношення кільця і дзеркала циліндра. За недостатнього тиску не забезпечується необхідне ущільнення поршня. Пружність поршневих кілець можна визначити за допомогою пристрою, схему якого показано на рис. 3.17. Кільце навантажують силою P_1 так, щоб зазор у замку відповідав робочому. Силу пружності кільця визначають за формулою

$$P_{пр} = P_1 l_1 / l.$$

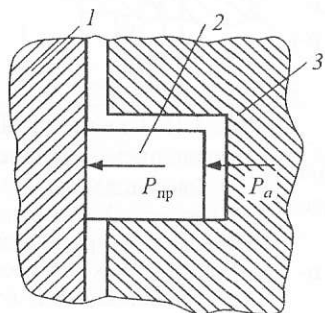


Рис. 3.16. Схема сил, що діють з боку поршневого кільця на дзеркало циліндра:
1 — циліндр; 2 — поршневе кільце;
3 — поршень

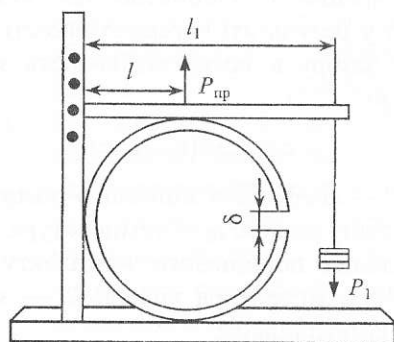


Рис. 3.17. Пристрій для перевірки пружності поршневих кілець

Зниження пружності за умови рівномірного зношення кільця по діаметру і збільшення зазору в замку у межах устанавленого допуску не повинно перевищувати 30 %.

Поршневі кільця замінюють також під час розточування каналок під час ремонту поршня і заміни поршня після розточування циліндра. Специфіка ремонту потужних ПГПА в умовах компресорної станції полягає в тому, що розмір ремонтних поршневих кілець визначають за величиною зносу кожного циліндра і поршня окремо. Це потребує виготовлення кілець за індивідуальними ремонтними розмірами. Кільця повинні мати високу зносостійкість і добре припрацьовуватись у парі з робочою поверхнею циліндра. Як матеріал для поршневих кілець найчастіше використовують сирій чавун марок СЧ 18-36 і СЧ 24-44 з умістом фосфору 0,3...0,5 % і сірки — не більше ніж 0,12 %.

Для підвищення довговічності циліндро-поршневої пари кільця можуть додатково піддаватись антифрикційному обробленню, наприклад, пористому хромуванню. Покриття пористим хромом забезпечує постійне утримання поверхню кільця півки мастильного матеріалу, знижує знос і поліпшує припрацювання кілець. Термін експлуатації кілець, покритих пористим хромом, підвищується у 3–4 рази з одночасним зниженням зносу нехромованого циліндра (втулки).

Поршневі пальці зношуються по посадкових поверхнях під підшипник (втулку) головки шатуна і під отвори поршня під поршневі пальці. Дефектацію поршневих пальців проводять обмірюванням їх розмірів з точністю до 0,01 мм з одночасним обмірюванням спряжених з ними отворів поршня під поршневі пальці і отворів підшипника (втулки) верхньої головки шатуна. Пальці підлягають також контролю зовнішнім оглядом і контролю щодо наявності тріщин. Палець відбраковується і замінюється новим за наявності тріщин будь-якого типу на зовнішній або внутрішній поверхні, сколів, зламів, глибоких раковин, спричинених корозією, якщо відхилення форми на робочих поверхнях у результаті зносу перевищує $d_n/1000 + 0,05$ мм, де d_n — діаметр пальця, а також у разі заміни поршня.

Зношені по діаметру поршневі пальці за умови відсутності тріщин під час ремонту можуть бути відновлені до номінального розміру. Одним з найпростіших способів відновлення поршневих пальців є стиснення під пресом із наступним шліфуванням до номінального розміру і термічним обробленням до необхідної твердості. Поршневі пальці ДВЗ і компресорів можуть відновлюватись також наплавленням, електролітичним хромуванням, залізненням, осталоюванням.

Параметр шорсткості поверхні пальця після остаточного оброблення повинен бути не нижчим ніж $Ra = 0,32$ мкм.

Шатуни — найбільш складна і важконавантажена деталь шатунно-поршневої групи. Залежно від конструкції агрегата шатуни поділяють на головні та причепні, а за конструктивним виконанням — з невід'ємною та від'ємною нижніми головками (рис. 3.18).

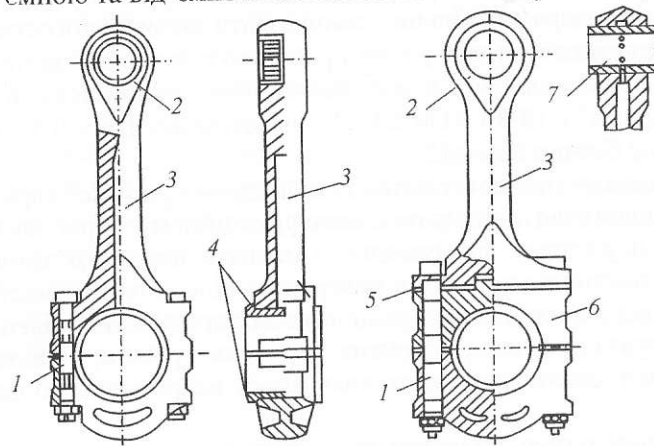


Рис. 3.18. Конструкція шатунів з від'ємною нижньою головкою:
1 — шатунний болт; 2 — верхня головка шатуна; 3 — стрижень шатуна;
4 — вкладиші підшипника нижньої головки шатуна; 5 — прокладка;
6 — нижня головка шатуна; 7 — підшипник (втулка) верхньої головки шатуна

Основними елементами шатунів є стрижень, нижня та верхня головки шатуна, підшипники нижньої та верхньої головок, шатунні болти. Шатуни з від'ємною нижньою головкою дають змогу регулювати величину камери згоряння (стиску) шляхом постановки прокладок між п'ятою шатуна і тілом нижньої головки. Такі шатуни більш прості у виготовленні і застосовуються в тихохідних ДВЗ великої потужності.

Підшипники нижньої та верхньої головок великогабаритних шатунів тихохідних потужних ДВЗ і компресорів є рознімними і складаються з двох вкладишів (верхнього та нижнього), залитих по внутрішній поверхні шаром антифрикційного сплаву.

Шатуни малих та середніх розмірів виконують з нерознімною верхньою головкою із запресованим у головку підшипником — бронзовою втулкою.

Основними дефектами шатунів, що виникають у процесі експлуатації і підлягають усуненню під час ремонту, є такі:

- вигин і скручування стрижня шатуна;
- знос отворів під вкладиші підшипників і втулку нижньої та верхньої головок шатуна;
- наклеп від ударних навантажень і знос площин рознімів та опорних площин під головки шатунних болтів і гайки;
- пошкодження поверхонь, зміна розмірів та форми шатунних болтів і отворів під шатунні болти;
- знос, задирки, руйнування підшипників верхньої та нижньої головок шатуна.

Шатуни працюють в умовах високих зворотно-змінних навантажень і піддаються втомному руйнуванню, тому на тілі шатуна не допускається наявність будь-яких забоїв, раковин, які можуть бути концентраторами напружень і будь-яких тріщин.

Вигин і скручування шатуна визначають за допомогою різних індикаторних пристроїв. Схему одного зі способів контролю відхилення від паралельності і скручування осей отворів шатуна показано на рис. 3.19.

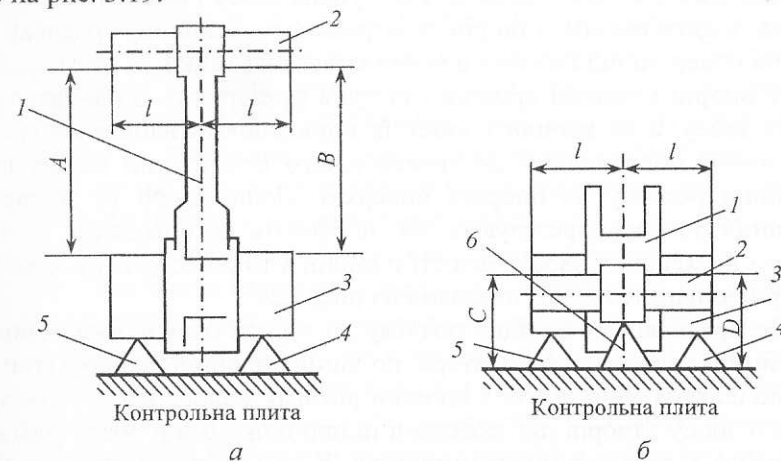


Рис. 3.19. Схема контролю вигину (а) і скручування осей (б) шатуна:

- 1 — шатун; 2 — оправка верхньої головки шатуна;
3 — оправка нижньої головки шатуна; 4, 5, 6 — призми

Контроль проводять за допомогою спеціальних оправок 2, 3, які вставляються в отвори верхньої та нижньої головок шатуна і забезпечують паралельність осей контрольної оправки і отвору, в який

вона вставлена. По кінцях оправки виконані контрольні пояски рівного діаметра, до яких приставляють ніжку вимірювального індикатора. Шатун 1 укладають контрольними поясками оправки, уставленої в отвір нижньої головки, у дві різновисокі призми 4, 5, установлені на контрольній плиті. За різницею показань індикаторів (A-B) у вертикальному положенні шатуна (рис. 3.19, а) визначають непаралельність осей отворів (вигин шатуна). Скручування осей отворів контролюють під час укладання шатуна в горизонтальне положення на призми 4, 5, 6 (рис. 3.19, б). Різниця рівнів контрольних поясків оправки, уведеної в отвір верхньої головки шатуна, над контрольною плитою (C-D) визначає скручування осей.

Шатуни, які мають вигин і скручування верхньої головки відносно нижньої, що виходять за межі допустимих для агрегата, підлягають відновленню або відбракуюються. Правку шатунів рекомендується проводити з підгрівом стрижня зі знятими підшипниками. Після вирівнювання шатун підлягає контролю одним з методів дефектоскопії щодо наявності чи відсутності тріщин.

Знос отворів нижньої головки шатуна може бути виправлений декількома способами залежно від ступеня зносу і розмірів шатуна. Перед відновленням отворів контролюють площину розніму і опорні поверхні під головки шатунних болтів і гайки. У разі малого зносу опорні поверхні кришки і шатуна фрезерують до видалення слідів зносу, а за значного зносу їх відновлюють наплавленням з наступним обробленням до номінального розміру по висоті від площини розніму до опорної поверхні. Пошкоджені та зношені площини розніму фрезерують або шліфують до виведення слідів зносу і досягнення паралельності площин з твірною отвору. Схему контролю паралельності показано на рис. 3.20.

Непаралельність площин розніму до твірної отвору визначають за різницею показань індикатора, по кінцях площин розніму кришки або шатуна. Для зняття з площин розніму малого шару металу і малого зносу отворів під вкладиші підшипника отвір розточують і шліфують у складеному стані шатуна. У разі значного зносу отвір може бути відновлений нарощенням металу з наступним обробленням під нормальний розмір. Так, під час ремонту шатунів різних типів ДВЗ на авторемонтних підприємствах для цього застосовують вібродугове наплавлення, наплавлення під шаром флюсу, електролітичне залізнення чи осталювання.

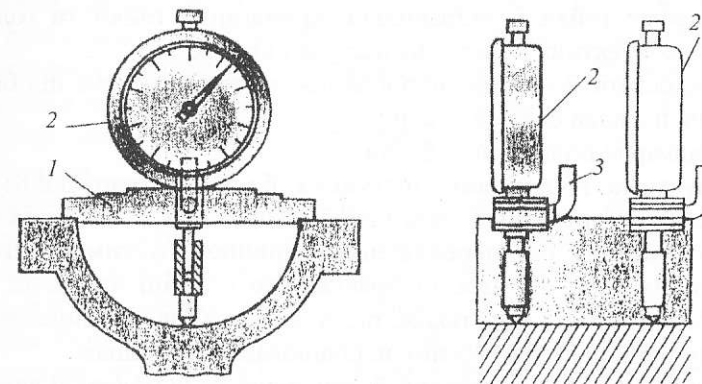


Рис. 3.20. Схема контролю паралельності площин розніму шатуна: 1 — плита; 2 — вимірювальний індикатор; 3 — стопорний гвинт

Зношені отвори під втулку верхньої головки шатуна відновлюють розточуванням або розвірчуванням із наступним запресуванням втулки збільшеного розміру по зовнішньому діаметру.

У від'ємних шатунах, до яких поршневі пальці кріпляться болтами, ремонту підлягає опорна частина шатуна. Наклеп поверхні від ударних навантажень усувають обпилюванням з наступним шабруванням по плиті або контрольному пальцю (у шатунах із циліндричною поверхнею спряження з пальцем). Після шабрування контролюють площинність і перпендикулярність обробленого торця відносно осі шатуна. У такий же спосіб обпилюванням і шабруванням з наступним контролем горизонтальності усувається наклеп на верхній опорній поверхні від'ємної нижньої головки шатуна.

Шатунні болти підлягають ретельному контролю і під час ремонту не відновлюються. Їх замінюють новими за наявності будь-яких тріщин, рисок, забоїв, вм'ятин, підрізів, пошкодження галтелей, зриву різі та інших дефектів, які можуть спричинити руйнування і обрив болта під час роботи агрегата. Основною причиною обриву шатунних болтів є втомленість металу в результаті дії змінних навантажень. До факторів, що сприяють втомному руйнуванню шатунних болтів, також належать:

- збільшена величина зазорів у шатунних підшипниках, нерівномірність та неоднаковість їх по довжині підшипника;
- збільшена овальність шийок колінчастого вала;
- надмірна або недостатнє затягнення гайок;

– перекіс гайки і неправильне прилягання гайки та головки болта до контактних поверхонь шатуна і кришки;

– недостатньо чистове оброблення поверхні отворів під болти, нещільна посадка болта в отворі;

– надмірне подовження болта.

Допустиме подовження шатунних болтів установлюють для певного типу агрегата заводом-виробником залежно від паспортної довжини болта. У разі перевищення граничнодопустимої величини подовження болт підлягає відбракуванню і заміні на новий. Шатунні болти замінюють також після вичерпання встановленого з моменту установлення терміну напрацювання в годинах.

Ремонт отворів під шатунні болти, якщо на їх поверхні виявлені сліди задирків, наклеп, вм'ятини або інші дефекти, проводять розвірчуванням. Для запобігання перекосу або зміщенню отворів у шатуні відносно отворів у кришці отвори необхідно розвірчувати у складеному стані нижньої головки шатуна. Наприклад, якщо шатун має чотири шатунні болти, то головку спочатку з'єднують двома болтами, установленими на одній діагоналі, і розвірчують одну пару отворів, потім головку з'єднують двома болтами, установленими по іншій діагоналі, і розвірчують другу пару отворів. Після ремонту отворів і заміни шатунного болта болт з отвором у шатуні і нижній головці шатуна має бути спряженим відповідно до встановленої нормативом посадки.

Зношені та пошкоджені нерознімні бронзові підшипники (втулки) верхньої головки шатуна під час ремонту підлягають заміні або можуть бути розточені з постановкою пальця відповідного розміру. Ступінь зносу підшипника визначають за величиною зазору між підшипником і поршневым пальцем та підшипником і шийкою, який не повинен перевищувати для бронзових підшипників $2d_n/1000 + 0,05$ мм, де d_n — діаметр поршневого пальця, і $d_n/1000 + 0,05$ мм — для підшипників, залитих бабітом. Зменшення зазору в різних підшипниках можна досягнути за допомогою меншої кількості прокладок у різних вкладишів. Якщо досягти потрібної величини зазору не вдається, а також у випадку виявлення пошкоджень на бабітовій заливці, підшипники верхньої та нижньої головок шатуна перезаливають.

Підшипники верхньої та нижньої головок шатуна розточують по виміряному дійсному діаметру шатунного пальця або шийки з

допуском при складанні без слюсарної пригонки по 6–7-му квалітету, з пригонкою по 7–8-му квалітету. Під час складання підшипників вкладиші приганяють відповідно до місця і шатунного пальця або шийки шляхом шабрування, після чого регулюють зазор у підшипнику, який має відповідати зазору, встановленому заводом-виробником.

Найбільш характерними дефектами поршневих штоків є знос і задирки на поверхні спряження штока з кільцями сальникового ущільнення, деформація і зрив різі під гайку кріплення з поршнем або з боку кріплення з крейцкопфом, забоїни, наклеп на торцях упорних буртів штока, торцях гайки кріплення поршня або конічної частини штока, згин штока. Крім цього, у процесі експлуатації можуть спостерігатись випадки втомного руйнування і обрив штока, що в основному зумовлено з дефектами канавок і порушенням технології виготовлення. Щодо втомного руйнування найбільш небезпечною є нарізна частина штока, тому на ній не допускаються подрізи та будь-які інші концентратори напружень.

Штоки, що мають биття відносно осі більше ніж 0,2 мм з пошкодженням різі та тріщинами на тілі, під час ремонту замінюють на нові. Зношені штоки за овальності, що перевищує 0,15 мм, і в разі виявлення глибоких задирок і подряпин на робочій поверхні, відновлюють шліфуванням до набуття циліндричної форми і видалення слідів пошкодження з наступним поліруванням до шорсткості, передбаченої кресленням.

За значного зносу робочої поверхні діаметр штока відновлюють вібродуговим наплавленням з наступним проточуванням, шліфуванням та поліруванням до номінального діаметра і заданої шорсткості поверхні.

Забоїни, наклеп на торцях упорного бурта штока, торцях гайки і по корпусу прилягання до посадкової поверхні крейцкопфа усувають притиранням абразивним порошком по місцю.

3.2.6. Ремонт деталей газорозподільного механізму

Несправності газорозподільного механізму ДВЗ поршневих компресорних агрегатів, що виникають під час експлуатації і підлягають усуненню під час ремонту, найчастіше спричиняються зносом і пошкодженням деталей клапанного комплексу, сідел клапанів і розподільного вала.

Найбільш характерним дефектом клапанів і сідел клапанів є знос ущільнювальних фасок, унаслідок чого порушується щільність прилягання клапана до сідла. Дефекти, зумовлені прогоранням, характерні для випускних клапанів, через які з високою швидкістю і за температури 900...1000 °С із циліндрів відводяться продукти згорання, що спричиняє газову корозію металу. Крім цього, зношується циліндрична поверхня стрижня клапана у парі з напрямною втулкою, можуть виникати тріщини на тарілці та стрижні клапана.

У випадку невеликого зносу ущільнювальних фасок нещільність прилягання клапана до сідла може бути усунена притиранням тарілки клапана до сідла. У разі великих зносів, виявлених на робочій поверхні (раковини, глибокі подряпини, сліди прогару), фаски ремонтують, відновлюючи їх геометричну форму, ширину фаски та її розміщення на сідлі й тарілці клапана.

Ремонт ущільнювальних фасок на клапанних сідлах проводять фрезеруванням або шліфуванням з наступним притиранням разом з клапаном. Фрезерування виконують набором спеціальних фрез (зенкерів), що забезпечують необхідний кут нахилу і ширину фаски. Наприклад, сідла з кутом нахилу 45° обробляють у такій послідовності (рис. 3.21). Спочатку фаску фрезерують чорною фрезою з кутом нахилу різальної частини 45° до видалення слідів зносу. Потім верхню частину фаски підрізають фрезою з кутом 15°, а нижню — фрезою під кутом 75° до отримання ширини фаски, що на 0,1...0,3 мм менша, ніж установлено технічними вимогами. Остаточно фаску обробляють чистовим фрезеруванням фрезою з кутом 45° або шліфують до необхідної ширини.

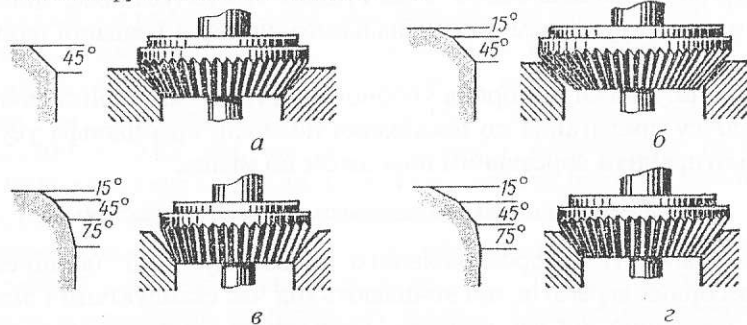


Рис. 3.21. Послідовність відновлення клапанного сідла фрезеруванням:
a — чорною фрезою 45°; *b* — чорною фрезою 15°;
в — чорною фрезою 75°; *г* — чистовою фрезою 45°

Обробляючи фаску сідла, необхідно витримати співвісність фаски з отвором напрямної втулки. Для цього фрезу (зенкер) надягають на спеціальну оправку циліндричним хвостовиком, який вставляється у напрямну втулку клапана і приводиться в рух шпindelем через самовстановлюваний патрон або шарнір (рис. 3.22). Зменшення висоти сідла після фрезерування і притирання не повинно перевищувати 30 % від розміру за кресленням.

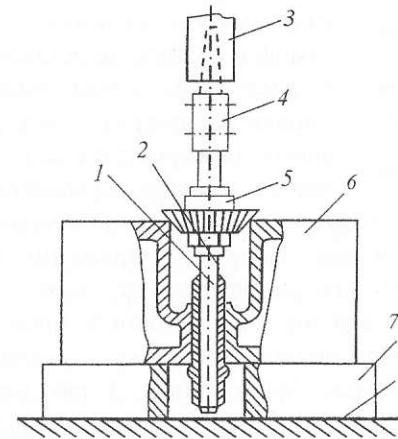


Рис. 3.22. Схема фрезерування ущільнювальної фаски клапанного сідла у кришці циліндра:
 1 — напрямна втулка; 2 — оправка; 3 — шпindel станка; 4 — шарнір;
 5 — зенкер (фреза); 6 — кришка; 7 — підставка; 8 — стіл станка

На деяких типах двигунів використовують вставні клапанні сідла, запресовані в посадкові отвори у кришці. Зношені сідла в цьому випадку під час ремонту замінюють: дефектне сідло випресовують, розточують посадковий отвір і запресовують нове сідло зі збільшеним зовнішнім діаметром для забезпечення необхідного натягу.

Під час ремонту клапанів зношені фаски тарілки клапана шліфують до видалення слідів зносу. При цьому не допускається зменшення висоти циліндричної частини тарілки клапана (циліндричного пояса) *h* (рис. 3.23) більш ніж на 50 % від розміру за кресленням, а у випускних клапанів висота пояса повинна бути не меншою за 2 мм.

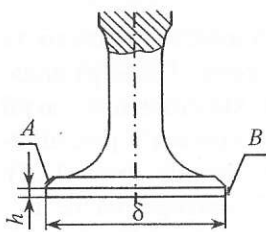


Рис. 3.23. Тарілка клапана:

A — поверхня прилягання до сідла клапана (фаска); *B* — циліндричний поясок тарілки; *h* — висота циліндричного пояса

У разі великого зносу фаски клапан може бути відновлений наплавленням матеріалу наплавленням або одним із методів газотермічного напилювання з наступним проточуванням, шліфуванням і притиранням до заданих розмірів. Ураховуючи динамічний характер навантаження у sprzęженні сідло-клапан, відновлення газотермічним напилюванням доцільно проводити самофлюсівним порошковими матеріалами з наступним оплавленням. Матеріал наплавки чи покриття має поєднувати високі зносо- та жаростійкість і забезпечувати можливість притирання клапана до сідла.

Критерієм допустимого зносу стрижня клапана та його напрямної втулки є величина зазору у sprzęженні втулка-клапан. Зі збільшенням зазору між напрямною втулкою і стрижнем клапана до 0,015...0,02 мм порушується щільність прилягання клапана до сідла в результаті зміщення і перекосу осі клапана відносно осі втулки і ущільнювальної фаски сідла. У разі перевищення зазору більше за встановлену допустиму величину втулку замінюють на нову, а клапан або бракують, або діаметр стрижня нарощують хромуванням чи електролітичним осталоюванням і шліфують під номінальний розмір.

Втулку та клапан повністю відбраковують у разі виявлення тріщин, ослаблення посадки втулки в кришці циліндра або корпусі клапана, прогорання тарілки клапана, зменшення висоти циліндричного пояса тарілки клапана після оброблення фаски до величини, що перевищує допустиму.

Пружини клапанів не ремонтують. Крім випадків руйнування пружини відбраковують і замінюють новими в разі виявлення поверхневих тріщин і слідів тертя на витках, осадження (зменшення висоти у вільному стані) на 8...10 % від початкової, втрати пружності (ослаблення) пружини, за яких можливе самовільне відкриття вихлопного клапана.

Основні дефекти розподільних валів — знос опорних шийок і робочих поверхонь кулачків (кулачкових шайб), змінання і знос шпонкових пазів, вигин.

Вигин розподільного вала усувають правкою в холодному стані або з місцевим підігрівом. Після правки вал перевіряють на наявність тріщин і биття шийок.

Зношені опорні шийки розподільного вала шліфують до видалення слідів зносу і доведення по овальності та конусності до величин, що не перевищують установлений допуск. Шліфування шийок допускається до певного діаметра, що зумовлено зменшенням розрахункового перерізу шийки, а також товщиною цементованого чи загартованого шару. Зношені до граничного розміру шийки можуть бути відновлені наплавленням з наступним шліфуванням до номінального діаметра. Для наплавлення шийок розподільних валів застосовують автоматичне наплавлення в середовищі вуглекислого газу, вібродугове або плазмове наплавлення. Можливе також відновлення шийок хромуванням, електролітичним осталоюванням або напінанням металевих порошоків.

Кулачки розподільного вала в процесі роботи зношуються нерівномірно. Найбільше зношується профільна, набіжна частина робочої поверхні кулачка (рис. 3.24). У результаті зміни профілю і висоти кулачка порушується режим роботи циліндра: зменшується висота підняття клапана, зміщується в бік запізнення моменту початку і максимального відкриття клапана, зменшується загальний час відкриття клапана.

Під час ремонту розподільних валів профіль і розміри кулачків відновлюють електродуговым наплавленням з наступним шліфуванням на копіювально-шліфувальних станках. Знімні кулачкові шайби, як правило, міняють на нові.

Кулачкові шайби з вала рекомендується знімати з підігрівом спеціальним індуктором.

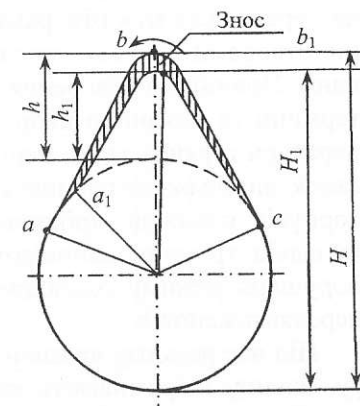


Рис. 3.24. Епора зносу кулачка розподільного вала: *H, H₁* — висота нового і зношеного кулачків; *h, h₁* — висота підняття штовхача при новому і зношеному кулачках; *a, a₁* — початок відкриття клапана при новому і зношеному кулачках; *b, b₁* — максимальне відкриття клапана при новому і зношеному кулачках; *c* — закриття клапана

Час і температуру підігріву підбирають так, щоб під час розбирання тепло не поширилось у тіло вала, а температурне розширення шайб забезпечило легкість їх демонтажу.

3.2.7. Ремонт кришок силових циліндрів

Кришки силових циліндрів, за винятком пошкоджень клапанних сідел, технологією ремонту яких розглянуто у підрозд. 3.7.7 виходять із ладу в результаті появи тріщин і пошкодження ущільнювального бурта. Крім цього, часто спостерігається пошкодження різі в отворах для шпильок.

У кришках чотиритактних ДВЗ тріщини найчастіше виникають на перемичках між отворами під всмоктувальні та вихлопні клапани, отворами під свічі запалювання і під пускові та запобіжні клапани. Причиною утворення тріщин на силових циліндрах є великі термічні та механічні напруження, що виникають від тиску і температури гарячих газів, нерівномірності та надмірного затягування гайок шпильок кріплення кришок до циліндра і гайок кріплення корпусів клапанів, кріплення кришок з перекосом. У більшості випадків тріщини виникають у разі перегріву кришок унаслідок порушень режиму охолодження або роботи циліндра зі значним перевантаженням.

Під час ремонту кришки силових циліндрів очищають від нагару, накипу і промивають канали охолодження водою. Після очищення кришку ретельно оглядають за допомогою лупи і піддають гідравлічним випробуванням під тиском 0,6 МПа для виявлення тріщин. Кришки, у яких із порожнин охолодження через тріщини просочується вода, відбраковують.

За наявності тріщин кришки ремонтують електродуговим зварюванням та слюсарно-механічними методами ремонту — установленням штифтів, вставок, бандажа, вирізанням і установленням нового днища.

Спосіб ремонту вибирають залежно від характеру, розмірів, розміщення тріщин, типу агрегата і конструкції кришки.

Ремонт зварюванням зумовлює зміну структури металу в зоні зварного шва і появу під час зварювання додаткових напружень. Тому зварювати допускається лише невеликі тріщини, розміри і розміщення яких на кришці не призведуть до її повторного руйнування у місці зварювання.

У разі неможливості застосування зварювання приймається рішення про ремонт кришки одним із зазначених слюсарно-механічних методів ремонту. Так, за циліндричної форми кришки і тріщин, розміщених на опорних фланцях або поблизу них, ремонт може бути виконаний стяжним бандажем (рис. 3.25). У цьому випадку бандаж установлюється на заздалегідь проточену на фланці виточку з натягом. Натяг повинен забезпечити стягування країв тріщини настільки, щоб вона не пропускала гарячих газів чи води. Якщо для постановки бандажа потрібної щільності у місці тріщини не буде досягнуто, тріщину додатково можна ущільнити штифтами із м'якої сталі або червоної міді.

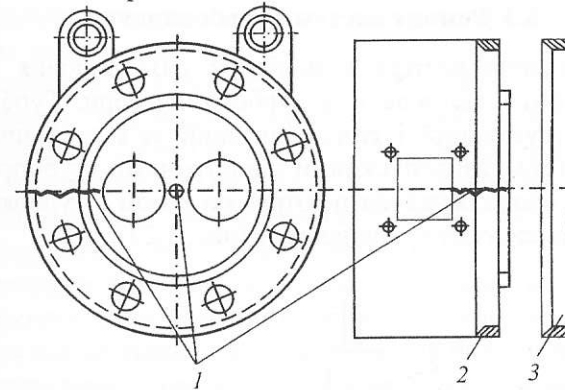


Рис. 3.25. Ремонт кришки циліндра установленням бандажа:
1 — тріщина; 2 — місце проточування для установлення бандажа;
3 — бандаж

У разі пошкодження ущільнювального бурта в результаті пропускання газів з-під кришки або з будь-яких інших причин борт можна відновити у такий спосіб: борт проточують до видалення слідів пошкодження, на проточену поверхню бурта надягають сталеве бандажне кільце і проточують його до необхідного розміру (рис. 3.26). Якщо після проточування залишкова частина бурта зменшилася настільки, що не забезпечує необхідної міцності, борт зрізають і замість нього в кришці проточують канавку, аналогічну канавці у фланці втулки циліндра. У канавки втулки та кришки вставляють мідні прокладки, а між ними ставлять проставку зі сталюого кільця. Різь в отворах для шпильок відновлюють висвердлюванням пошкодженої різі і нарізанням нової на ближчий збільшений діаметр за стандартом.

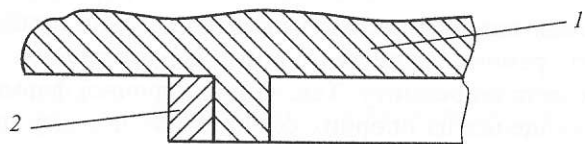


Рис. 3.26. Ремонт ущільнювального бурта кришки циліндра:
1 — кришка; 2 — бандажне кільце

Різь в отворах для шпильок відновлюють висвердлюванням пошкодженої різі і нарізанням нової на ближчий збільшений діаметр за стандартом.

3.3. Ремонт системи турбонаддуву

Для наддування повітря в циліндри ДВЗ силових агрегатів ПГПА як нагнітач застосовують турбокомпресори. Турбокомпресор має конструктивний і газодинамічний зв'язок з циліндрами силового агрегата, газовипускними і повітряними трубопроводами, очищувачем і охолоджувачем повітря, які разом з турбокомпресором утворюють систему турбонаддуву (рис. 3.27).

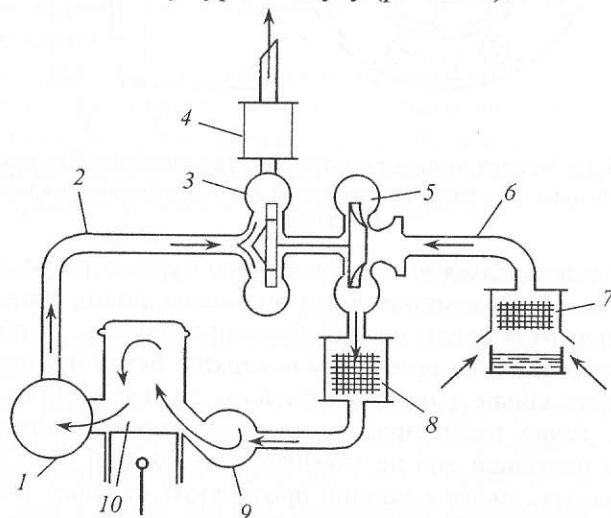


Рис. 3.27. Принципова схема системи турбонаддуву ДВЗ:
1 — вихлопний колектор; 2 — вихлопний трубопровід; 3 — газова турбіна;
4 — глушник; 5 — компресор; 6 — всмоктувальний трубопровід;
7 — очисник повітря; 8 — охолоджувач повітря; 9 — колектор продування;
10 — силовий циліндр

Системою турбонаддуву оснащують як двотактні, так і чотири-тактні двигуни. Для забезпечення нормальної роботи двигуна та оптимальних параметрів наддуву всі елементи системи турбонаддуву періодично підлягають дефектації і ремонту.

Турбокомпресор конструктивно і за умовами роботи є найбільш складним вузлом системи турбонаддуву. Робота турбокомпресора характеризується великою частотою обертання ротора, що зумовлює підвищені вимоги до його динамічної зрівноваженості, технічного стану всіх деталей ротора і підшипників. Несвоєчасне усунення несправностей, які викликають порушення динамічної зрівноваженості ротора, може стати причиною відмови турбокомпресора.

Порушення нормальної роботи і відмова турбокомпресора часто виникає через закоксування і відкладення нагару та інших продуктів неповного згоряння паливно-мастильних матеріалів у проточному тракті турбіни, на лопатках соплового апарата, лопатках і робочих колесах турбіни та компресора, у лабіринтових ущільненнях та на інших деталях. Як результат утворення таких відкладень у проточному тракті турбіни збільшується опір потоку газу і знижується продуктивність турбокомпресора.

Нерівномірне відкладення нагару на деталях ротора порушує його динамічну зрівноваженість, збільшує рівень вібрації і підвищений знос підшипників. Негативний вплив на технічний стан турбокомпресора чинять також відкладення накипу і шламу на стінках каналів і порожнин охолодження, пилу і пиломасляних забруднень у проточному тракті і приймальному отворі компресора. Із цих причин усі елементи турбокомпресорів під час ремонту підлягають ретельному очищенню і промиванню.

До найбільш характерних дефектів турбокомпресорів, що можуть виникати в процесі експлуатації, також належать:

- місцеві тріщини, свищі, сліди перегріву і деформація базових площин корпусу газової турбіни і компресора, тріщини корпусу підшипника;
- знос, подряпини, задирки шийок вала ротора і підшипників ковзання;
- механічні пошкодження, згин, тріщини, корозійне руйнування поверхні, пошкодження різі вала ротора;
- ослаблення посадки колеса компресора на валу ротора, биття шийок вала і торцеве биття колеса компресора та газової турбіни;

– механічні пошкодження, згин, газова корозія, тріщини у хвостовиках робочих лопаток газової турбіни;

– деформація, обриви і тріщини на кромках, ризки, подряпини, забоїни на робочих лопатках компресора;

– знос і руйнування елементів лабіринтових та кільцевих ущільнень;

– тріщини, забоїни, ерозійне зношування, корозія лопаток і короблення стикувальної поверхні соплового апарата.

Капітальний ремонт турбокомпресорів виконується за агрегатно-вузловим методом ремонту. Турбокомпресор, що відпрацював установлений ресурс або пошкоджений в результаті аварії, демонтують і відправляють на ремонт у спеціалізовані ремонтні майстерні або на завод-виробник. Силами експлуатаційного персоналу КС проводиться ТО, дрібний поточний та середній ремонт. Під час ТО перевіряються робочі параметри турбокомпресора, очищаються і промиваються проточні тракти турбіни та компресора, водяні та мастильні порожнини, усуваються дрібні дефекти, які не потребують тривалої зупинки агрегата.

У процесі дрібного поточного ремонту усувають нещільності з'єднань трубопроводів, підтікання в системах охолодження і змащення, перевіряють надійність усіх кріплень турбокомпресора.

Під час середнього ремонту турбокомпресора розбирають, очищують газові, повітряні, водяні і мастильні порожнини та канали і здійснюють перевірку технічного стану підшипникових вузлів. У разі потреби замінюють зношені та пошкоджені деталі.

Капітальний ремонт включає повне розбирання турбокомпресора, очищення і промивання всіх деталей, дефектацію деталей і складальних одиниць, виконання ремонтно-відновлювальних, складальних робіт, а також випробування відремонтованих вузлів і турбокомпресора в цілому.

Операції з розбирання і складання виконують у послідовності, установленій для кожного типу турбокомпресора керівництвом з ремонту або інструкцією з його експлуатації заводу-виробника. Загальною вимогою при цьому є те, щоб під час виконання цих операцій не були пошкоджені найбільш легко деформовані деталі, такі як лопатки робочих коліс турбіни і компресора, лопатки соплового апарату, гребінці лабіринтових ущільнень. Під час розбирання для забезпечення правильного взаємного розміщення при

подальшому складанні перевіряються і за необхідності поновлюються мітки на деталях, взаємне розміщення яких у складальних одиницях регламентоване.

До деталей турбокомпресорів, що найбільш швидко зношуються, належать підшипники ротора. Підшипники замінюють на нові після відпрацювання встановленого заводом-виробником терміну експлуатації незалежно від їх технічного стану. Підшипники замінюють також у разі виявлення недопустимих за технічними вимогами до дефектації дефектів.

Кулькові підшипники кочення відбраковують і замінюють на нові за наявності тріщин, деформації внутрішнього кільця та видимого зносу канавок в обоймах. Недопустимими дефектами вузлів підшипників ковзання є послаблення посадки підшипника в корпусі, надмірний знос, задирки, глибокі подряпини і ризки робочих поверхонь. Окремі подряпини і ризки глибиною до 0,1 мм допускається зачищати шабруванням.

Корпуси турбокомпресорів оглядають і піддають дефектоскопічному контролю щодо наявності тріщин, деформації базових площин і гідравлічному випробуванню на герметичність. Невеликі тріщини на корпусі компресора довжиною до 50 мм дозволяється усувати способом підварювання. Тріщини на корпусі газової турбіни, корпусі підшипників і тріщини, які проходять через посадкові поверхні підшипників і отвори під кріплення корпусів, підварювати не допускається.

Деформацію базових площин перевіряють щупом. Щуп товщиною 0,05 мм не повинен проходити між двома спряженими корпусами в площині їх розніму. Під час гідравлічних випробувань пропускання води через стінки і запотівання не допускаються.

Дефектацію вала ротора турбокомпресора виконують у складеному стані з робочими колесами турбіни і компресора. Деформацію вала ротора, биття шийок вала та биття дисків газової турбіни і робочого колеса компресора перевіряють за допомогою індикаторів годинникового типу під час обертання ротора, який установлюють для цього в центрах токарного верстата або спеціального прилаштування за схемою, показаною на рис. 3.28. Одночасно перевіряють надійність посадки колеса компресора на валу ротора, лопаток турбіни на диску, площину вихідних перерізів міжлопаткових каналів турбіни.

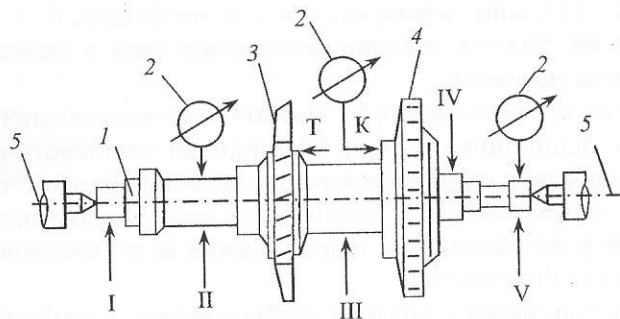


Рис. 3.28. Схема контролю ротора турбокомпресора:

1 — вал ротора; 2 — вимірювальні індикатори ГОДИННИКОВОГО типу;
3 — колесо турбіни; 4 — колесо компресора; 5 — центри токарного верстата;
I-V — місця замірів биття вала; Т, К — місця заміру торцевого биття
відповідно колеса турбіни і колеса компресора

Биття вала в місцях установлення лабіринтових ущільнень допускається до 0,06 мм, биття поверхні опорних шийок — до 0,03 мм, осьове биття торцевих поверхонь диска газової турбіни і робочого колеса компресора — до 0,02...0,03 мм.

Опорні шийки вала ротора, що спряжені з підшипниками ковзання і мають на робочій поверхні риски по колу, задирки глибиною більшою за 0,1 мм, биття, овальність і конусність понад допустимі значення, відновлюють шліфуванням на круглошліфувальному верстаті на постійний ремонтний розмір з наступним поліруванням до шорсткості не нижчої за $Ra = 0,16$ мкм. У цьому випадку під час складання турбокомпресора встановлюють відповідного ремонтного розміру змінні втулки підшипників для забезпечення встановленого номінального масляного зазору в підшипнику. На поясах вала, що спряжені з підшипниками кочення, допускаються поздовжні риски шириною до 1 мм та глибиною до 0,2 мм з їх зачищенням без видалення.

За наявності рисок, задирків, биття, що перевищують 0,2 мм на діаметр, опорні шийки вала ротора відновлюють проточуванням, шліфуванням шийки до видалення пошкоджень з наступним нарощуванням діаметра шийки шляхом напресування сталеві втулки і остаточного шліфування та полірування шийки під номінальний розмір і задану шорсткість поверхні. Напресування втулки на вал здійснюють термічним способом з підігрівом втулки до температу-

ри 100...120 °С. Співвідношення внутрішнього діаметра втулки і діаметра шийки вала в холодному стані після остаточного їх оброблення повинно забезпечити заданий за технічними умовами натяг у з'єднанні вал-втулка.

Зігнутий вал ротора із загартованими шийками правці не підлягає. Дозволяється правка з підігрівом кінцевої ділянки вала з незагартованими шийками. Ослаблення посадки колеса компресора на валу ротора відновлюють нарощуванням діаметра шийки вала електродіодним хромуванням з наступним шліфуванням шийки на діаметр, який забезпечує встановлену заводом-виробником посадку. Запресування колеса на вал, як і у випадку напресування втулки, здійснюють з підігрівом колеса до температури 100...120 °С.

Вал ротора, диск робочого колеса турбіни і робоче колесо компресора піддаються огляду і дефектоскопічному контролю на наявність тріщин, слідів зачеплення робочого колеса компресора за корпус. У разі виявлення тріщин зазначені деталі бракують. Перевіряють також цілісність лабіринтових ущільнень гребінцевого типу на валу ротора і робочому колесі компресора. Погнуті гребінці виправляють.

Гребінці, що не піддаються правці або з послабленням зачепання в пазу, замінюють новими. Після установлення і зачеплення нові витки підрізають спеціальним різцем на токарному верстаті на діаметр, що забезпечує встановлений зазор δ між торцем витків і запресованою в корпус втулкою (рис. 3.29).

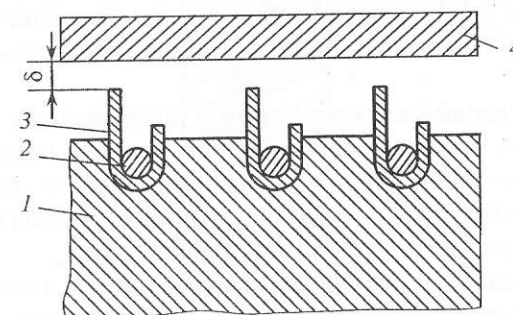


Рис. 3.29. Лабіринтове ущільнення вала ротора турбокомпресора:

1 — вал; 2 — чеканий дріт;
3 — гребінець лабіринтового ущільнення; 4 — втулка

Найбільш навантаженими і відповідальними деталями ротора є робочі лопатки турбіни, пошкодження та руйнування яких найчастіше стає причиною відмови турбокомпресора. У процесі дефектації лопатки підлягають огляду. Тріщини і раковини від корозії не допускаються. У робочих колесах зі знімними лопатками лопатки з такими дефектами замінюють на нові. У робочих колесах цілісної конструкції, де лопатки відлиті разом із колесом або приварені до диска, дозволяється одну-дві дефектні лопатки обрізати повністю або частково. У цьому випадку для збереження зрівноваженості ротора на такий же розмір необхідно обрізати відповідно одну або дві лопатки, розміщені діаметрально протилежно на роторі відносно дефектних лопаток.

Допускається також повне видалення однієї-двох дефектних лопаток із наступним уварюванням нових.

У разі виявлення на кромках лопаток у колесах цілісної конструкції забоїн глибиною до 1 мм дозволяється зашліфувати забоїн до повного їх видалення з наступним поліруванням кромки до заданої за кресленням шорсткості поверхні пера лопатки. Забоїни глибиною до 2 мм допускається зашліфувати з наступним поліруванням кромки, якщо такі забоїни виявлені не більш, ніж на 1/4 всіх лопаток колеса. За більшої кількості лопаток з дефектами глибиною до 2 мм або в разі виявлення забоїн глибиною понад 2 мм ротор замінюють на новий.

У робочих колесах зі знімними лопатками в разі виявлення на кромці лопатки забоїн глибиною понад 1 мм або значної погнутості кромки лопатки замінюють на нові. Незначні викривлення кромки правлять.

Відремонтований і складений ротор після ремонту перевіряється на динамічну зрівноваженість і в разі потреби піддається динамічному балансуванню. Значення дисбалансу, якого необхідно досягти динамічним балансуванням ротора для конкретної марки турбокомпресора, зазначається у паспорті.

Перед складанням турбокомпресора всі деталі та вузли промивають гасом, протирають і продувають стисненим повітрям.

У турбокомпресорах із підшипниками ковзання в процесі складання ретельному контролю на повноту контакту підлягає спряження опорно-упорного підшипника з відповідними упорними елементами на валу ротора.

Так, наприклад, для конструкції, показаної на рис. 3.30, контролю підлягає спряження між втулкою підшипника 3 і п'ятою 2. Під час перевірки за відбитком фарби площа покриття повинна бути не меншою від 3/4 від номінальної.

Недостатньо повний контакт з упорними поверхнями підшипника або п'яти викликає підвищений їх знос і відповідно зменшення монтажних зазорів між колесом компресора і корпусом. Необхідної повноти контакту досягають шабруванням торцевої поверхні упорного бурта втулки підшипника. Крім цього, у процесі складання турбокомпресора контролюють монтажні зазори між ротором і корпусними деталями.

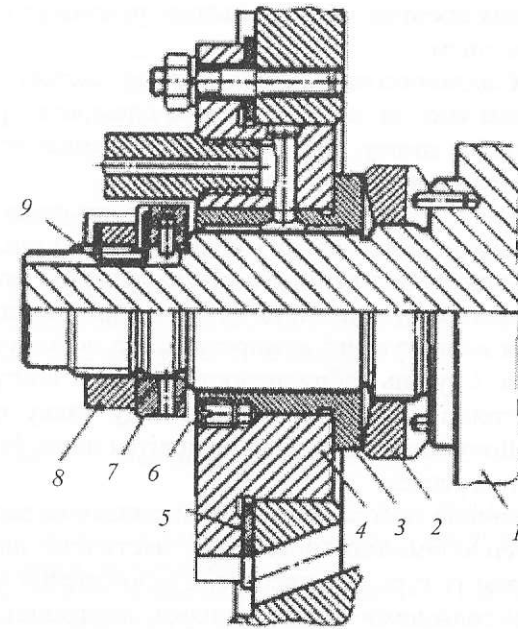


Рис. 3.30. Конструктивна схема опорно-упорного підшипника ротора турбокомпресора:

- 1 — вал ротора; 2 — п'ята; 3 — втулка підшипника;
- 4 — корпус підшипника; 5 — прокладка-компенсатор;
- 6 — стопорний гвинт; 7 — упорна шайба; 8 — гайка;
- 9 — пластина замка

Контролю підлягають масляні зазори в підшипниках ковзання, осьовий розбіг вала в опорно-упорних підшипниках, радіальний і осьовий зазори між колесом компресора і дифузorzом, зазори між колесом турбіни і вставкою, зазор між робочими лопатками турбіни і кожухом соплового апарата, радіальні зазори у лабіринтових ущільненнях вала ротора і робочих коліс турбіни і компресора. Способи контролю і регулювання зазорів визначають згідно з конструктивними особливостями турбокомпресора.

Після складання турбокомпресора перевіряють рукою легкість обертання ротора. Капітально відремонтований турбокомпресор випробовують безпосередньо на двигуні у різних режимах роботи двигуна: на малих обертах, у номінальному режимі та під час роботи з перевантаженням.

Роботу турбокомпресора контролюють за частотою обертання ротора, надувним тиском повітря, тиском і температурою випускних газів на вході у газову турбіну, тиском і температурою масла, температурою охолоджувальної води.

Для очищення від пилу повітря, що засмоктується турбокомпресором з атмосфери, застосовують спеціальні фільтри. Забруднення фільтрувальних елементів через відкладення на його поверхні пилу знижує пропускну здатність фільтра, призводить до підвищення опору на всмоктуванні компресора, що порушує нормальну роботу агрегата. Ступінь забрудненості фільтрів контролюють на спеціальному стенді вимірюванням перепаду тиску повітря до і після фільтра. Допустиме розрядження повітря після фільтра вказується у паспорті агрегата.

Основна причина несправностей повітряного охолоджувача — забруднення теплообмінних поверхонь мастилом, що потрапляє разом із повітрям із турбокомпресора, і забруднення механічними домішками та сольовими відкладеннями внутрішніх порожнин трубок, руйнування труб у місцях розвальцювання в трубній дошці. Наслідком будь-якого пошкодження елементів повітряного охолоджувача є недостатнє охолодження повітря після компресора і відповідно підвищення температури у циліндрах двигуна. Надмірне підвищення температури призводить до втрати потужності двигуна і може викликати детонацію у циліндрах.

Під час ремонту секції повітряних охолоджувачів підлягають очищенню. Спосіб очищення залежить від форми теплообмінних

поверхонь і ступеня забруднення. Для визначення цілісності трубок проводять перевірку на герметичність опресуванням водою під тиском 0,3 МПа.

Термін експлуатації газовипускних трубопроводів залежить від їх конструктивного виконання і способу ізоляції. За способом ізоляції газовипускні трубопроводи можуть бути одностінними з теплоізоляційним покриттям і двостінними з рубашкою охолодження водою.

До турбокомпресора газовипускні трубопроводи приєднуються через температурні компенсатори або телескопічні сальникові ущільнення, які повинні забезпечувати вільне переміщення окремих ділянок газовипускних трубопроводів за температурного розширення та вібрації під час роботи агрегата.

Під час ремонту внутрішні поверхні газовипускних трубопроводів ретельно очищують від нагару. До основних дефектів газовипускних трубопроводів належать: порушення щільності компенсатора, сальникових ущільнень, тріщини і прогари тіла труби, порушення теплоізоляції, надмірне зменшення товщини стінок трубопроводів, пошкодження поверхні фланцевих з'єднань тощо. Раковини, глибокі подряпини на контактних поверхнях фланців зачищають напилком з наступним шабруванням. Прогари на трубопроводах допускається заварювати латками.



Запитання та завдання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте ремонтну технологічність ПГПА і ПК. Назвіть основні складові частини ПГПА, основні їх експлуатаційні дефекти та причини їх виникнення.
2. Назвіть типові дефекти фундаментальних рам ПГПА, охарактеризуйте послідовність та зміст операцій їх дефекації під час ремонту.
3. Які вимоги установлені технічними умовами на ремонт фундаментальних рам ПГПА?
4. Назвіть типові дефекти циліндрів (гільз циліндрів) поршневих компресорних агрегатів. Поясніть причини їх виникнення.
5. Наведіть схему і поясніть метод контролю розмірів циліндра. Охарактеризуйте способи ремонту циліндрів (циліндрових втулок, гільз).
6. Наведіть типові дефекти колінчастих валів і поясніть причини їх виникнення.

7. Наведіть послідовність контролю технологічного стану колінчастих валів під час ремонту. Поясніть сутність процесу контролю основних параметрів колінчастого вала.
8. Охарактеризуйте загальний технологічний процес ремонту колінчастих валів. Наведіть операційну схему технологічного процесу їх ремонту.
9. Наведіть типові дефекти поршнів і поршневих кілець силових та компресорних циліндрів ПГПА. Назвіть основні причини відбракування поршнів і поршневих кілець під час ремонту.
10. Охарактеризуйте процес ремонту поршнів і заміни поршневих кілець під час ремонту.
11. Наведіть типові дефекти поршневих пальців і охарактеризуйте процес їх дефектації, умови відбракування і способи відновлення.
12. Назвіть основні елементи шатунів, основні їх дефекти та методи контролю під час ремонту.
13. Охарактеризуйте процес ремонту основних елементів шатунів.
14. Назвіть характерні дефекти поршневих штоків, ПГПА і ПК і охарактеризуйте процес їх ремонту.
15. Назвіть характерні дефекти і охарактеризуйте процес ремонту клапанів газорозподільного механізму ДВЗ ПГПА.
16. Наведіть характерні дефекти і охарактеризуйте процес ремонту розподільних валів.
17. Наведіть характерні дефекти і охарактеризуйте процес ремонту кришок силових циліндрів ПГПА.
18. Наведіть характерні дефекти турбокомпресорів системи турбонаддуву силових агрегатів ПГПА і охарактеризуйте процес їх капітального ремонту.

4. СКЛАДАННЯ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ І ВИПРОБУВАННЯ ПОРШНЕВИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

4.1. Укладання вкладишів підшипників і колінчастого вала

Від якості складання вкладишів корінних підшипників колінчастого вала з гніздами (постелями) значною мірою залежить їх довговічність і нормальна робота колінчастого вала. У процесі складання товстостінних вкладишів, які використовуються у тихохідних машинах і виготовляються із чавуну марок СЧ21-40, СЧ24-14, вуглецевої сталі або бронзи з товщиною стінки 3...15 мм і заливаються бабітом, вкладиш повинен спрягатись з гніздом підшипника без зазорів по всій контактній площині, площини стиків вкладишів мають лежати в одній площині з площинами стику гнізда підшипника (рис. 4.1).

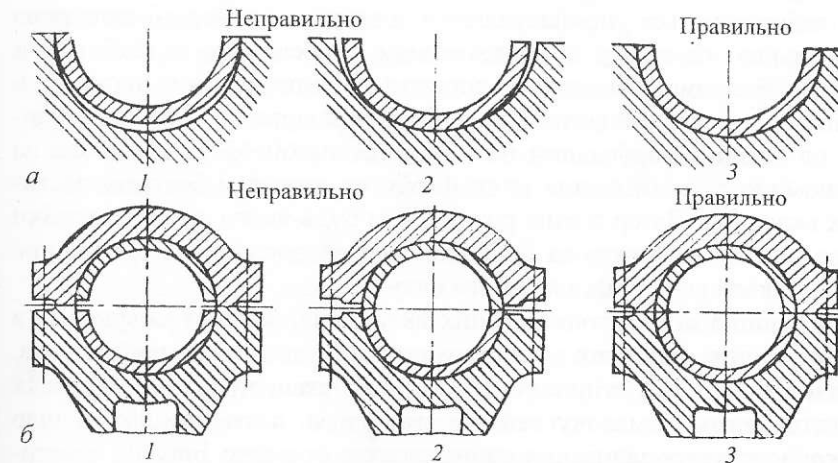


Рис. 4.1. Схема складання підшипників з товстостійкими вкладишами:
 а — спряження вкладишів з гніздом;
 б — спряження стикових площин підшипників;
 1, 2 — неправильне укладання вкладиша;
 3 — правильне укладання вкладиша

У разі нещільного прилягання вкладиша до гнізда між вкладишем і гніздом виникає зазор (рис. 4.1, а, 1, 2). Під час обертання колінчастого вала під дією радіального циклічного навантаження такі вкладиші будуть зазнавати підвищеної циклічної деформації і як результат такого складання — розтріскування, викришування та відшарування бабітової заливки вкладиша. Інший типовий дефект неправильного складання товстостінних вкладишів — відхилення вкладиша від гнізда. У випадку, коли висота вкладиша менша від висоти гнізда (рис. 4.1, б, 1) вкладиш нещільно прилягає до гнізда, внаслідок чого під час роботи агрегата вібрає. Коли висота вкладиша більша за висоту гнізда, наприклад, у разі установа вкладаша в гнізді фундаментної рами і в кришці підшипника (рис. 4.1, б, 2), у разі затягування підшипника зусилля затягування передаються на вкладиш і створюють у ньому додаткові напруження стиску, що може спричинити розтріскування і відшарування бабітової заливки. Крім цього, із затягуванням такого підшипника в результаті пружної деформації кришки порушується мастильний зазор між шийкою вала і вкладишем.

Правильне положення товстостінних вкладишів у гнізді (постелі) забезпечується припасуванням зовнішньої поверхні вкладиша (затильник) по гнізду припилюванням і перевіркою за відбитками фарби. Вкладиш вважається достатньо припасованим, якщо його контактна поверхня (затильник) після перевірки за відтиском фарби на гнізді зафарбований не менш ніж на 60–65 % від площі за рівномірного розміщення плям фарби на нижніх і бокових частинах вкладиша. Зазор торців розніму для будь-якого діаметра шийки вала не перевищувати за 0,05...0,07 мм на довжині не більшій ніж 1/10 півкола вкладиша з кожного боку.

Товщина стінки тонкостінних вкладишів, які застосовуються в бистрохідних машинах з великим питомим тиском на шийки вала, значно менша ніж стінки товстостінних і становить 1,5...3,0 мм. Їх виготовляють із маловуглецевої сталі, а як антифрикційний шар використовують заливання свинцюватою бронзою БрС-30, товщина якої, як правило, не перевищує 0,5...1,0 мм.

Жорстке спряження тонкостінного вкладиша з гніздом підшипника забезпечується значним натягом. У разі затягування підшипника вкладиш щільно обтискає гніздо по всьому периметру і довжині і набуває його форми.

Для забезпечення необхідного натягу півкола кожної половини вкладиша виготовляють більшої довжини, ніж довжина півкола гнізда на величину Δl . Величину натягу і відповідно величину Δl визначає завод-виробник.

Тонкостінні вкладиші повністю взаємозамінні і не потребують будь-якого припасування по поверхнях гнізд і шийок вала. Їх складання полягає в з'єднанні спряжених деталей і перевірці щільності прилягання вкладиша до гнізда за відбитками фарби або щупом. Нормальна робота підшипника забезпечується лише за умови щільного прилягання зовнішньої поверхні вкладиша до поверхні гнізда по всій площині контакту. Укладання колінчастого вала в підшипники є однією з найбільш відповідальних операцій складання компресорів і ДВЗ, від якості виконання якої залежить нормальна робота агрегата. Для укладання колінчастих валів у підшипники використовують такі методи:

- метод повної взаємозамінності вкладишів;
- метод неповної взаємозамінності вкладишів;
- метод групового підбирання вкладишів за товщиною до гнізд;
- метод штучного підбирання вкладишів за товщиною до гнізд і шийок колінчастого вала;
- метод забезпечення прямолінійності постелей у фундаментній рамі одночасним розточуванням вкладишів у складеному стані з рамою за допомогою баготорізевої борштанги;
- метод ручного припасування вкладишів по шийках колінчастого вала шабруванням і перевірки їх прилягання за відбитками фарби.

Вибір методу укладання залежить від точності оброблення гнізд підшипників, вкладишів і корінних шийок колінчастого вала, а також виробничих можливостей підприємства і наявності необхідного технологічного обладнання. У практиці ремонту великогабаритних потужних стаціонарних компресорів і ДВЗ для укладання колінчастого вала в підшипники найбільшого поширення набув метод ручного припасування вкладиша по шийках вала шабруванням. У підшипники з тонкостінними вкладишами і у вкладиші із залитим антифрикційним шаром із свинцюватої бронзи вали укладають методом взаємозамінності без шабрування підшипників. У результаті розсіяння дійсних діаметрів поверхонь гнізд підшипників і корінних шийок колінчастого вала, товщини вкладишів у

межах поля допуску, а також зміщення осі окремих гнізд і шийок вала від загальної осі поверхні гнізд підшипників і корінних шийок будуть розміщені у вертикальній площі не на одній прямій, а ступінчасто. У результаті цього вісь колінчастого вала, укладеного в товстостінні підшипники без припасування, відхиляється від прямолінійності, вал прогинається під власною масою. У випадку, якби вал був абсолютно жорстким, він лежав би лише на частині вкладишів, а в інших підшипниках між шийкою вала і вкладишем був би зазор. У результаті значно зростають динамічні навантаження на вал і підшипники під час роботи агрегата, що прискорює їх утомне руйнування і зношування. Тому однією з основних вимог технічних умов на укладання вала є забезпечення прямолінійності осі колінчастого вала.

Технологічним процесом укладання колінчастих валів передбачається виконання таких операцій:

- припасування вкладишів рамних підшипників по поверхнях гнізд (постелях) фундаментної рами і кришок підшипників;
- припасування бабітової заливки вкладишів по корінних шийках колінчастого вала;
- перевірки, а в разі потреби вирівнювання осі колінчастого вала;
- установлення необхідних діаметральних монтажних зазорів між корінними шийками колінчастого вала і вкладишами підшипників.

Правильне положення вала залежить від якості припасування вкладиша підшипника як до поверхні гнізда, так і до шийки вала. Нижній вкладиш підшипника вважається припасованим, якщо у складеному вигляді після повертання вала на робочій поверхні вкладиша, обмеженій дугою $60^\circ \dots 80^\circ$ з боку прилягання, залишаються сліди у вигляді невеликих, рівномірно розміщених плям у кількості не меншій ніж вісім на площі квадрата 25×25 мм.

Основними вимогами до припасування нижніх вкладишів упорних підшипників є забезпечення щільної посадки вкладиша в постелі рами, виключаючи осьове переміщення вкладиша. Розбіг вала в упорному підшипнику не повинен перевищувати $0,1 \dots 0,15$ мм. Галтель вала не повинна прилягати до заливки вкладиша для запобігання тертю і нагріву. Оптимальний зазор між валом і вкладишем на цій ділянці становить $0,2$ мм. Якщо величина зазору перевищує $0,2$ мм, його зменшують до нормального наплавленням на торцеву частину заливки підшипника з наступним шабруванням до необхідного розміру.

Паралельно з припасуванням підшипників перевіряють положення осі колінчастого вала. Горизонтальність вала можна перевірити за допомогою рівня.

Схему перевірки горизонтальності осі колінчастого вала за допомогою рівня показано на рис. 4.2.

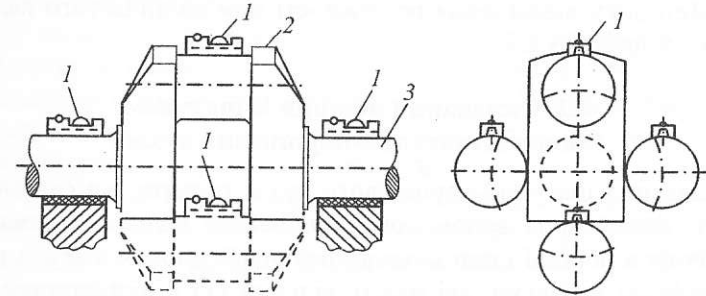


Рис. 4.2. Схема перевірки горизонтальності осі колінчастого вала за допомогою рівня:
1 — рівень; 2 — шатунна шийка; 3 — корінна шийка

Рівень укладають послідовно на всі шийки колінчастого вала під час установлення першого кривошипа в таких положеннях:

- у ВМТ;
- 90° за ВМТ;
- у НМТ;
- 90° за НМТ.

У кожному положенні визначають ухил кожної із шийок як середнє арифметичне всіх показників рівня на даній шийці з урахуванням її конусності. Ухил осі визначають як середнє арифметичне ухилів, визначених по поверхнях всіх шийок.

Верхні вкладиші рамних підшипників припасовують після припасування нижніх вкладишів і остаточного укладання колінчастого вала. Припасування верхніх вкладишів полягає в приганяння мастильних зазорів. Величина мастильних зазорів указується в паспорті агрегата або технічних умовах на ремонт.

Зазвичай зазори в рамних підшипниках регулюють за допомогою регулювальних прокладок необхідної товщини та їх установлення з обох боків розніму вкладиша. Установлений зазор перевіряють за допомогою щупа або по відбитках свинцевого дроту так, як це розглянуто в підрозд. 2.2.

Після остаточного складання колінчастого вала з фундаментною рамою перевіряють розбіжність щік вала в кривошипах. Результати перевірки заносять у формуляр. Повторно розбіжність щік підлягає обов'язковій перевірці після остаточного затягнення анкерних зв'язків під час монтажу блока циліндрів на фундаментній рамі. Методику визначення розбіжності щік колінчастого вала наведено у підрозд. 3.2.3.

4.2. Складання поршня із шатуном і монтаж шатунно-поршневих вузлів

Складання шатунно-поршневого вузла полягає в з'єднанні поршня із шатуном за допомогою поршневого пальця. Залежно від положення в поршні і підшипнику верхньої головки шатуна пальці поділяють на плаваючі, які мають вільний хід в підшипнику верхньої головки шатуна і бобишках поршня або поршневій вставці, і нерухомі, закріплені нерухомо в шатуні чи в бобишках. У сучасних ДВЗ поршень з'єднується із шатуном плаваючими пальцями.

Установлюючи палець, перевіряють прямолінійність його твірної, овальність і конусність. Відхилення від прямолінійності не повинно перевищувати 0,02 м, овальність — 0,03 м, конусність — 0,04 мм. Для забезпечення нормального режиму змащування діаметр отвору втулок або підшипників верхньої головки шатуна повинен бути більшим від діаметра пальця на розмір мастильного зазору, установленого паспортом агрегата. Спряження пальця з поршнем в отворах бобишок поршня забезпечується нерухомою посадкою з невеликим натягом. У процесі роботи агрегата через більше нагрівання поршня біля бобишок, ніж поршневого пальця (від пальця через шатун тепло більш інтенсивно відводиться, ніж від поршня) діаметр отворів у бобишках зростає більше, ніж діаметр пальця. У результаті нерухома посадка пальця з натягом переходить у рухому ковзну посадку із зазором.

Установлений палець фіксується в заданому положенні від поздовжнього зміщення за допомогою стопорних кілець або заглушками.

Спряження поршень-шатун працює за знакозмінних інерційних напружень, що виникають під час зворотно-поступового руху деталей шатунно-поршнєвої групи в циліндрі. Такий характер навантаження ставить високі вимоги до дотримання установлених зазорів під час складання поршня із шатуном. За збільшених зазорів між

поршневим пальцем і втулкою (підшипником) верхньої головки шатуна, а також між пальцем і отворами в бобишках поршня інерційні сили, що діють на спряження, мають ударний характер, і, як результат, буде розвиватись інтенсивне зношування деталей.

Технічними умовами на складання шатунно-поршневих вузлів ставляться такі вимоги:

1. У складному вузлі вісь поршня має бути перпендикулярною до осі отворів нижньої головки шатуна. Відхилення від перпендикулярності не повинно перевищувати 0,05 на 100 мм довжини. Перевищення допуску призводить до недопустимого перекошення поршня під час монтажу шатунно-поршневих вузлів у циліндрі. Схему перевірки перпендикулярності твірної поршня до осі отвору нижньої головки шатуна у складеному стані поршня із шатуном показано на рис. 4.3.

2. Між втулкою (підшипником) головки шатуна і поршневим пальцем повинен бути масляний зазор згідно з паспортом агрегата. Для шатунів із запресованим у верхню головку бронзовими втулками необхідний масляний зазор забезпечується остаточним розточуванням втулки на діаметр, що дорівнює дійсному діаметру поршневого пальця та розміру діаметрального масляного зазору, або шабруванням за відбитками фарби по поршневому пальцю. Для шатунів із рознімною верхньою головкою шатуна і рознімними підшипниками, які складаються із двох вкладишів, залитих антифрикційним сплавом, необхідний зазор забезпечується точністю виготовлення спряжених деталей.

3. Необхідно правильно призначити і забезпечити під час складання посадку поршневого пальця в отворах бобишок поршня. Для запресування пальця натяг повинен бути таким, щоб не виникли надмірні напруження і деформації прямої частини поршня, а за робочої температури внаслідок різного теплового розширення поршня і поршневого пальця утворювався мінімальний зазор, достатній для провертання пальця, але такий, за якого не виникали б ударні навантаження.

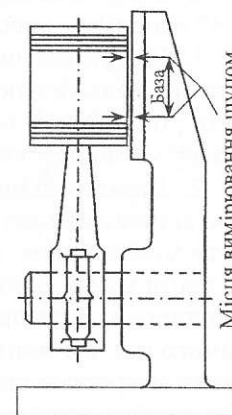


Рис. 4.3. Схема перевірки перпендикулярності твірної поршня до осі нижньої головки шатуна у складеному стані поршня із шатуном

Для складання поршні та шатуни комплектують так, щоб різниця мас шатунно-поршневих вузлів не перевищувала 1%. Поршневий палець установлюють в отвори бобишок з підгріванням поршня або охолодженням пальця. Після охолодження нагрітого поршня або нагрівання охолодженого пальця до нормальної температури повинна бути забезпечена нерухома посадка з необхідним натягом. Не допускається запресовувати поршневі пальці в поршні механічним способом — під пресом або ударним способом через незапобіжне виникнення при цьому деформування поршня.

Після складання поршнів із шатунами шатунно-поршневі вузли монтують у циліндри. Під час монтажу шатунно-поршневих вузлів ДВЗ необхідно виконувати такі вимоги:

1. Шатунний підшипник повинен прилягати до шийки колінчастого вала без перекосу. Між шийкою вала і підшипником має бути рівномірний по довжині масляний зазор. Величину масляного зазору установлюють за паспортом агрегата.

2. Діаметральний монтажний зазор між поршнем і циліндром має відповідати установленій для агрегата величині. Зазор повинен бути мінімальним, але таким, щоб забезпечувались умови рідинного тертя в парі циліндр-поршень з урахуванням їх температурного розширення при працюючому агрегаті, а також за деякого допустимого під час монтажу відхилення осей циліндра і поршня. Відхилення між осями циліндра і поршня в площині, що проходить через вісь колінчастого вала, не повинна перевищувати 0,05 мм на довжині 100 мм.

Відхилення між осями циліндра і поршня спричиняє такі відхилення від паралельності та перпендикулярності взаємопов'язаних деталей циліндро-кривошипно-шатунного механізму:

– осі циліндра (циліндрової втулки) від перпендикулярності осі колінчастого вала;

– осі поршня від перпендикулярності осі отвору нижньої голівки шатуна, чи шатунної шийки.

– осі шатунної шийки від паралельності осі колінчастого вала.

Схему впливу зазначених відхилень на положення поршня в циліндрі показано на рис. 4.4.

У разі відхилення осі циліндра від перпендикулярності осі колінчастого вала поршень зміщується в один бік за годинниковою стрілкою, або проти неї, і під час руху від ВМТ до НМТ не змінює цього положення (рис. 4.4, а).

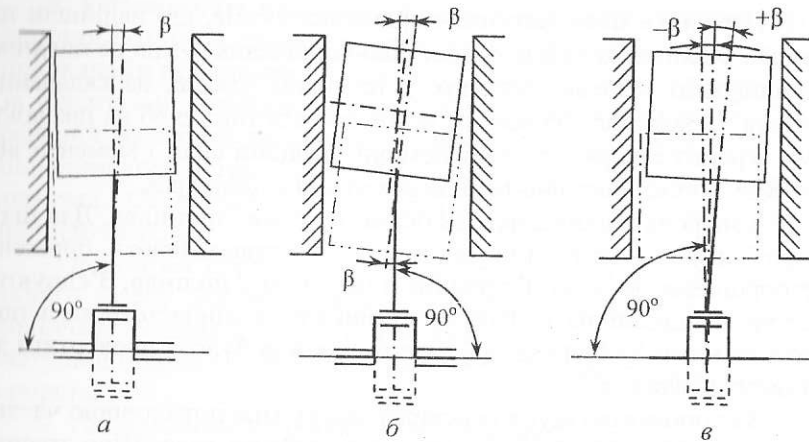


Рис. 4.4. Схема впливу відхилення взаємопов'язаних поверхонь деталей циліндро-поршневої пари і кривошипно-шатунного механізму на положення поршня в циліндрі:
а — положення поршня в циліндрі у разі відхилення осі циліндра від перпендикулярності осі колінчастого вала;
б — положення поршня в циліндрі у разі відхилення осі поршня від перпендикулярності осі шатунної шийки;
в — положення поршня в циліндрі у разі відхилення осі шатунної шийки від паралельності осі колінчастого вала

Значення відхилення у випадку, якщо поршень перебуває у ВМТ і НМТ, однакове. У разі відхилення осі поршня від перпендикулярності осі шатунної шийки (рис 4.4, б) зміна положення поршня в циліндрі має такий самий характер. Відхилення положення поршня в циліндрі, що відповідають рис. 4.4, а і б, можна усунути шабруванням бабітової заливки на затилковій частині шатунного підшипника по довжині на клин.

У разі відхилення осі шатунної шийки від осі колінчастого вала (рис. 4.4, в) положення поршня в циліндрі у ВМТ напрямлено в один бік, а в НМТ — у протилежний. Такий характер зміни положення поршня зумовлює те, що під час обертання колінчастого вала поршень під час переміщення з ВМТ до НМТ і навпаки «кидає» в різні боки. Таке відхилення не можна усунути зашабруванням бабітової заливки шатунного підшипника. У цьому випадку необхідно усунути непаралельність осі шатунної шийки відносно осі колінчастого вала. Технологічний процес монтажу шатунно-поршневих вузлів включає такі попередні операції:

1. Перевірка маси шатунно-поршневих вузлів, що надійшли на монтаж. Відхилення за масою шатунно-поршневих вузлів не повинно перевищувати значень, указаних у технічних умовах на складання агрегата. Виконання цієї вимоги необхідне для того, щоб на працюючому агрегаті створювались рівномірні інерційні сили і моменти від руху мас деталей шатунно-поршневих вузлів у циліндрах.

2. Контроль відхилення між осями поршня і циліндра. Для цього роз'єднують шатунний підшипник і встановлюють поршень (безпоршневих кілець), з'єднаний із шатуном у циліндр. З'єднують шатунний підшипник із шатунною шийкою колінчастого вала так, щоб між ними не було зазору, але вал можна було б провертати за допомогою важеля.

3. За допомогою щупа перевірка зазору між потиличною частиною верхньої половини підшипника і шийкою вала. Щуп товщиною 0,03 мм не повинен проходити між ними.

4. Провертання колінчастого вала так, щоб поршень кожного циліндра послідовно займав положення у ВМТ і НМТ. Щупом вимірюють зазори між твірною циліндра і твірною поршня по кінцях троннової частини в напрямку осі колінчастого вала. Визначають відхилення між осями поршня і циліндра у ВМТ і НМТ за формулами:

$$\delta_{\text{ВМТ}} = \frac{e \left[(\delta_1^B + \delta_4^B) - (\delta_2^B + \delta_3^B) \right]}{2 \cdot 1000},$$

$$\delta_{\text{НМТ}} = \frac{e \left[(\delta_1^H + \delta_4^H) - (\delta_2^H + \delta_3^H) \right]}{2 \cdot 1000},$$

де $\delta_1^B, \delta_2^B, \delta_3^B, \delta_4^B$ — виміряні зазори між твірною поршня і твірною циліндра у ВМТ, мм; $\delta_1^H, \delta_2^H, \delta_3^H, \delta_4^H$ — те саме у НМТ, мм; e — відстань по вертикалі між точками вимірювання.

Величина відхилення осей поршня і циліндра не повинна перевищувати максимально допустимого значення для агрегата.

5. У разі відхилення осі поршня від осі циліндра вище від допустимого проведення довідного шабрування шатунного підшипника по шийці колінчастого вала до усунення відхилення. Для цього з потиличною частиною верхньої половини нижньої головки шатуна шабруванням знімають шар бабіту на клин, основа якого напрямлена в бік, протилежний нахилу осі поршня до осі циліндра. Шабрування проводять за відбитками фарби.

6. Регулювання масляного зазору в шатунних підшипниках за допомогою зміни товщини прокладок між верхньою і нижньою половинами підшипника. Величину масляного зазору контролюють за відбитками свинцевого дроту або за допомогою щупа. Діаметральний масляний зазор між шатунною шийкою вала і шатунним підшипником установлюють за технічними умовами на ремонт агрегата. Остаточне установлення шатунно-поршневого вузла в циліндр включає:

– демонтаж поршнево-шатунної групи після регулювання масляного зазору між шатунним підшипником і шатунною шийкою колінчастого вала з наступним промиванням і протиранням насухо шатунної шийки колінчастого вала, підшипника, дзеркала циліндра і поршня;

– установлення на поршень поршневих кілець. Кільця установлюють так, щоб замки двох сусідніх кілець розміщувалися по колу поверхні поршня на 180° , один навпроти одного. Поршневі кільця двотактних ДВЗ розміщують так, щоб їх стики не розміщувалися навпроти продувальних вікон циліндра. Зазор між кільцями і поршневими канавками, а також монтажний зазор у замку поршневих кілець під час установлення в циліндр повинні відповідати технічним умовам на складання агрегата;

– установлення поршня з поршневими кільцями в циліндр із застосуванням спеціального установного пристрою. Попередньо змастивши дзеркало циліндра і шатунну шийку колінчастого вала дизельним маслом вставляють поршень із шатуном у циліндр і з'єднують шатун із шатунною шийкою колінчастого вала шатунними болтами (рис. 4.5).

Найбільш відповідальним фактором для монтажу шатунно-поршневих вузлів є забезпечення правильного установлення шатунних болтів і зусилля їх затягування. Від цього значною мірою залежить надійність роботи шатунного підшипника.

За недостатнього затягнення під час роботи агрегата підшипник може розкриватись по площині розніму, що зумовлює додаткове динамічне навантаження.

У разі перевищення зусилля затягування в шатунному болті виникають недопустимі напруження, у результаті чого може виникати залишкова деформація розтягування, знижується міцність болта, що може призвести до його руйнування. Для кожного конкретного типу агрегата установлюють оптимальне зусилля затягування.

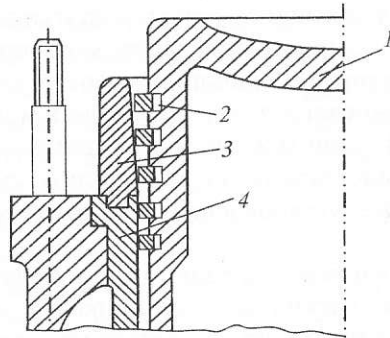


Рис. 4.5. Пристрій для установлення поршня з поршневыми кільцями в циліндр:

1 — поршень; 2 — поршневе кільце; 3 — конусна наставка; 4 — циліндр

Шатунні болти потрібно установлювати в отвори шатунної головки і лапи стрижня шатуна без зазору, але вони мають вільно входити в отвори. Опорна поверхня головки болта повинна щільно, без перекосу прилягати до опорної поверхні головки шатуна, а гайка шатунного болта має щільно без перекосу прилягати до опорної поверхні лапи стрижня шатуна. Гайки шатунних болтів стопорять від самовідгвинчування.

4.3. Монтаж крейцкопфів і вузла поршень — шток крейцкопфних компресорних машин

Під час складання крейцкопфних горизонтальних компресорних машин перед установленням вузла поршень — шток проводять монтаж крейцкопфа. Попередньо крейцкопф промивають гасом і продувають стисненим повітрям. Під час монтажу крейцкопфа перевіряють по паралелях щупом, або за відбитками фарби. Під час перевірки за відбитками фарби башмак крейцкопфа має бути рівномірно покритий плямами фарби на площі не меншій ніж 65–75 % від номінальної, а на квадраті зі стороною 25 мм повинно бути рівномірно розміщено не менше 6–7 плям фарби. Під час перевірки прилягання башмака до нижньої паралелі щуп товщиною 0,05 мм не повинен входити по лінії розіміу між нижнім башмаком і нижньою паралеллю. Регулюють співвісність крейцкопфа з віссю штока і циліндра. Залежно від конструкції крейцкопфних машин регулювання можна проводити прокладками між башмаками і корпусом крейцкопфа, або за допомогою регулювальних клинів, які затискаються регулювальними гвинтами (рис. 4.6).

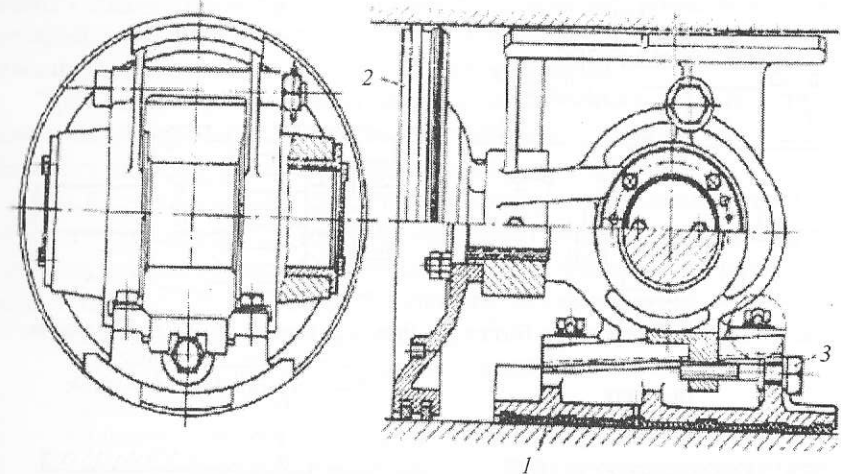


Рис. 4.6. Крейцкопф горизонтального крейцкопфного компресора:

1 — повзун; 2 — поршень продувального циліндра; 3 — регулювальний гвинт

Після регулювання осей крейцкопфа щупом контролюють зазор між верхнім башмаком і верхньою паралеллю. Зазор повинен бути однаковим по всій поверхні і становити 0,15...0,3 мм залежно від діаметра крейцкопфа. За допомогою струни і штихмаса контролюють центрування крейцкопфа. Остаточне центрування крейцкопфа контролюють після приєднання його до шатуна і установлення поршня зі штоком. Складаючи поршень зі штоком, перевіряють биття зовнішнього діаметра поршня відносно осі штока (рис. 4.7). Воно не повинно перевищувати 1/4...1/3 діаметрального зазору між поршнем і дзеркалом циліндра. Осі поршня і штока у складеному стані повинні збігатися. Поршень на штоці фіксується циліндричним або конусним буртом і гайкою (рис. 4.8).

Однією з вимог до складання поршня зі штоком є забезпечення герметичності в місцях кріплення штока, що найбільше стосується компресорів високого тиску. Герметизація досягається ущільненням при притиранні поршня по бурту чи конусу штока і поршня.

Після складання поршня зі штоком установлюють поршень у циліндр для перевірки співвісності та зазорів між поршнем і циліндром. Установлення виконують без поршневих кілець і сальника штока. Замість сальника установлюють спеціальні контрольні монтажні втулки. Схему установлення поршня зі штоком за допомогою монтажної втулки і контролю зазорів показано на рис. 4.9.

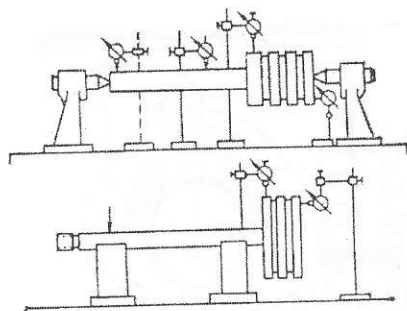


Рис. 4.7. Схема перевірки биття вузла «поршень — шток» у центрах

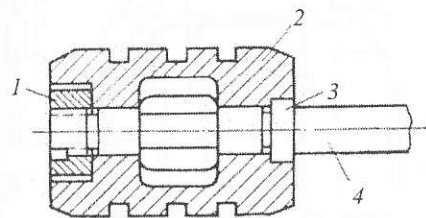


Рис. 4.8. Схема кріплення поршня:
1 — гайка; 2 — поршень;
3 — упорний бурт; 4 — шток

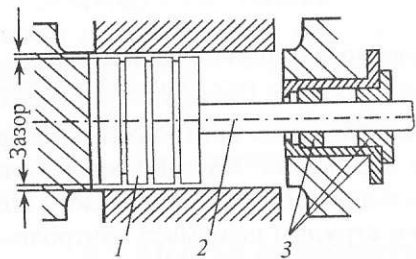


Рис 4.9. Схема установа поршня зі штоком за допомогою монтажної втулки і контролю зазорів:
1 — поршень; 2 — шток; 3 — монтажні втулки; 4 — крейцкопф; 5 — шатун

Після контролю співвісності і зазорів у двох крайніх положеннях поршень зі штоком виймають із циліндра, на поршень надягають припасовані по циліндру поршневі кільця. Замість монтажних втулок устанавлюють сальник. Поршень з поршковими кільцями і штоком устанавлюють у циліндр. Шток з крейцкопфом з'єднують після регулювання висоти проміжного простору в задній і передній порожнинах. Вони повинні відповідати висоті, устанавленій заводом-виробником.

4.4. Випробування поршкових газоперекачувальних агрегатів після ремонту

Випробування є обов'язковим і завершальним етапом технологічного процесу ремонту ПГПА. Перед випробуванням агрегат обкатують на холостому ході і регулюють за часткових наванта-

жень. Обкатку проводять для припрацювання третєвих поверхонь деталей, у результаті якої досягається збільшення площі контакту і зменшення шорсткості робочої поверхні деталей.

Тривалість і режим обкатки для кожного типу агрегата устанавлює завод-виробник. По закінченні обкатки агрегат частково розбирають для огляду деяких основних вузлів і деталей.

На КС приймально-здавальні випробування відремонтованого агрегата проводять для оцінювання якості ремонту і відповідності основних характеристик вимогам, устанавленим технічним умовам. У процесі випробувань вимірюють такі параметри:

- ефективну потужність агрегата;
- частоту обертання колінчастого вала;
- продуктивність компресора;
- годинну і питому витрати паливного газу і мастила;
- витрати води на охолодження силової частини агрегата і циркуляційного масла;
- витрати стисненого газу на один пуск агрегата і на систему контрольно-вимірювальних приводів і автоматики;
- барометричний тиск, тиск стиснення і спалаху в силових циліндрах;
- тиск газу на вході і виході з компресорного циліндра;
- тиск продувального повітря, тиск масла на вході і виході з агрегата перед масляним фільтром і після нього;
- тиски пускового газу, охолоджувальної води на вході в агрегат, пускового повітря і повітря перед компресором системи турбонаддуву;
- температури навколишнього середовища, води на вході і виході з агрегата, циркуляційного масла на вході та виході з агрегата, масла на виході із поршня (для агрегатів поршні яких охолоджуються маслом), продувального повітря;
- температури паливного газу, газу на вході в компресорну частину агрегата і виході з неї, температури відпрацьованих газів по циліндрам і перед турбіною системи турбонаддуву.

У процесі випробувань виконують також аналіз масла, паливного газу, відпрацьованих газів і охолоджувальної води. Для проведення випробувань на КС ПГПА підключають до діючого газопроводу. Навантаження агрегата здійснюється подачею газу на компресорну частину. Випробування проводить комісія. Перед

початком випробувань перевіряють готовність агрегата до випробувань відповідно до затвердженої програми. Також перевіряють працездатність усіх вимірювальних приладів і датчиків, герметичність трубопроводів і з'єднань, системи захисту агрегата.

Під час випробувань після кожної години роботи агрегата знімають і записують у журнал показання всіх вимірювальних приладів. У разі переходу на новий режим починати вимірювання необхідно через 15–20 хв роботи агрегата на новому режимі для стабілізації його температурного режиму.

За результатами випробувань складають протокол прийнятно-здавальних випробувань агрегата.

? Запитання та завдання для самоконтролю

1. Які вимоги установлюються до складання товстостінних вкладишів корінних підшипників колінчастого вала з гніздами (постелями) підшипника. Наведіть схеми правильного і неправильного складання.
2. Як забезпечується правильне положення вкладиша у гнізді?
3. Які особливості складання тонкостінних вкладишів з гніздами підшипника?
4. Назвіть методи укладання колінчастих валів у підшипники. Які особливості укладання колінчастого вала в товстостінні і тонкостінні вкладиші?
5. Назвіть основні вимоги до укладання колінчастого вала в підшипники і охарактеризуйте технологічний процес укладання колінчастого вала в підшипники.
6. Охарактеризуйте процес складання поршня із шатуном. Які вимоги встановлено технічними умовами на складання шатунно-поршневих вузлів?
7. Які вимоги встановлено технічними умовами до монтажу шатунно-поршневих вузлів ДВЗ у циліндри? Охарактеризуйте технологічний процес монтажу шатунно-поршневих вузлів ДВЗ у циліндри
8. Охарактеризуйте процес монтажу крейцкопфів крейцкопфних компресорних машин. Як регулюється співвісність крейцкопфа з віссю штока і циліндра?
9. Охарактеризуйте процес складання вузла поршень–шток горизонтальних крейцкопфних компресорних машин. Наведіть відповідні схеми складання.
10. Охарактеризуйте процес установлення вузла поршень–шток горизонтальних крейцкопфних машин у циліндр і монтажу штока з крейцкопфом.
11. Охарактеризуйте процес обкатування ПГПА після ремонту. З якою метою проводять обкатування?
12. З якою метою проводять прийнятно-здавальні випробування відремонттованих ПГПА? Які параметри підлягають контролю під час випробування ПГПА?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Арянин Б. В. Статическая и динамическая балансировка роторов газовых турбин / Б. В. Арянин. — М. : Машиностроение, 1967. — 68 с.
2. Биков Г. О. Автомобільні газонаповнювальні компресорні станції: підруч. / Г. О. Биков, К. І. Капітанчук, М. С. Кулик, І. О. Орлов; за заг. ред. М. С. Кулика. — К. : Книжкове вид-во НАУ, 2006. — 292 с.
3. Бронштейн Л. С. Ремонт стационарной газотурбинной установки / Л. С. Бронштейн. — Л. : Недра, 1987. — 143 с.
4. Виноградов Н. Н. Ремонт газотурбинной установки / Н. Н. Виноградов, В. Г. Труб. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л. : Недра, 1974. — 160 с.
5. Волошин Н. П. Капитальный ремонт быстроходных дизелей / В. П. Волошин, В. Я Попов, И. Б. Тартаковский. — М. : Машиностроение, 1971. — 480 с.
6. Циханович Л. Г. Эксплуатация редукторов газоперекачивающих агрегатов / Л. Г. Циханович, В. Ф. Новиков, Н. И. Мызин, Ю. П. Чудинов. — М. : Недра, 1986. — 215 с.
7. Кузнецов Б. В. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания / Б. В. Кузнецов. — М. : Изд-во Мин-ва коммун. хоз-ва РСФСР, 1951. — Ч. 2. — 324 с.
8. Луговец Ю. И. Производство авиационных двигателей: учеб. пособие / Ю. И. Луговец. — К. : КМУГА, 1996. — 88 с.
9. Михалин Г. И. Справочник мастера по ремонту стационарных дизелей / Г. И. Михалин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1975. — 232 с.
10. Положення про організацію технічного обслуговування та ремонту газоперекачувальних агрегатів. — К. : Укртросгаз, 2008. — 25 с.
11. Ревзин Б. С. Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты / Б. С. Ревзин. — М. : Недра, 1986. — 215 с.
12. Ульман И. Е. Ремонт машин / И. Е. Ульман, Г. А. Тонн, И. М. Герштейн и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Колос, 1976. — 448 с.

Карта технологічного процесу ремонту

		ГОСТ 3.1118-82		Форма 1		САПР	
Дубль.	Взам.	Пода.	Технолог.	Код	Проф.	Код	Проф.
01							
02							
03							
А04							
В06							
07							
08							
09							
010							
11							
12							
13							
А14							
15							
В16							
17							
18							
19							
020							
21							
022							
23							
124							
МК							

Примітка: при виконанні операцій 005-030 і кресленням 3.03.074.000

Круг 20,5 ГОСТ 74 L = 220 мм

Профіль і розміри

КД МЗ

10,57

Позначення документа

СМІ Проф. Р УТ ІКР КОМІ ЕН ОН Кат Гцз Тшт

3.03.074.000

ТП 02.075.009

Замок повертний 31.1308.009.00.00

М 1 68X18X10Т ГОСТ 5632-72

Код ЕВ МД ЕН Н.раск. КМ Код заготовки

Код, найменування операції

Код, найменування операції

Круг 20,5 ГОСТ 74 L = 220 мм

Позначення документа

СМІ Проф. Р УТ ІКР КОМІ ЕН ОН Кат Гцз Тшт

01

02

03

А04

В06

07

08

09

010

11

12

13

А14

15

В16

17

18

19

020

21

022

23

124

МК

Продовження дод. 2

		ГОСТ 3.1118-82		Форма 1С		САПР	
Дубль.	Взам.	Пода.	Технолог.	Код	Проф.	Код	Проф.
А							
Б							
В							
К/М							
001							
002							
03							
Т04							
Т05							
06							
007							
08							
Т09							
10							
011							
12							
Т13							
14							
015							
017							
018							
19							
Т20							
Т21							
22							
023							
24							
Т25							
26							
027							
28							
Т29							
30							
МК							

3.03.074.000

Замок повертний

31.1308.009.00.00

Позначення документа

СМІ Проф. Р УТ ІКР КОМІ ЕН ОН Кат Гцз Тшт

Позначення, код

ГОСТ 20 - 20,5 до діаметру за ф6,5 мм, витримуючи розмір 1 - 10 мм

3.03.074.000

31.1308.009.00.00

Позначення документа

СМІ Проф. Р УТ ІКР КОМІ ЕН ОН Кат Гцз Тшт

Позначення, код

ГОСТ 20 - 20,5 до діаметру за ф6,5 мм, витримуючи розмір 1 - 10 мм

Р1. Різець 20x12 2112-0033 ГОСТ 18878-73

СІ. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89

Центрувати торць заготовки в розмірі: ф 3,15 мм, на глибину - 7 мм

Р1. Сверло Д8 2317-0033 ГОСТ 14952-75

Відрізати деталь від заготовки, витримуючи розмір L = 150,8 мм

Р1. Різець 20x12 2112-0033 ГОСТ 18871-73

Перевстановити і закріпити у верстаті

Точити поверхню «ш2» в розмірі: 20 - 10 до діаметра 2а ф6,5 мм, витримуючи розмір 1 - 130,6 (-0,1) мм

Р1. Різець 20x12 2112-0033 ГОСТ 18878-73

СІ. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89

Торцювати поверхню «ш2» в діаметром в ф10 мм, як чисто

Р1. Різець 20x12 2112-0033 ГОСТ 18871-73

Центрувати торць заготовки в розмірі: ф3,15 мм, на глибину - 7 мм

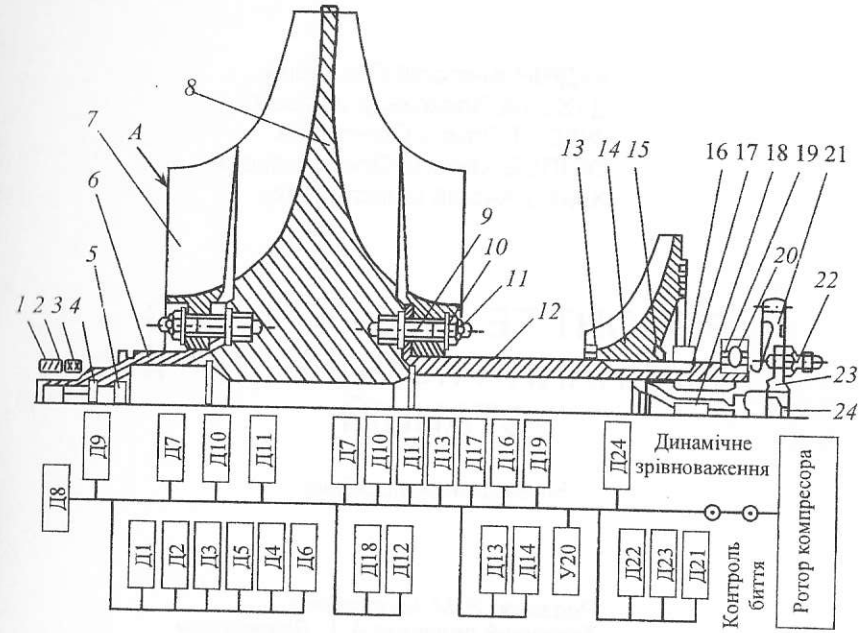
Р1. Сверло Д8 2317-0106 ГОСТ 14952-75

		ГОСТ 3.1113-82		Форма 16 САПР	
Дюбл.	Взам.	Полд.	Технопро		
А	Цех 1 УЧ	РМ	Юлер.	Код, найменування операції	3.03.074.000 Замок поворотний 01.1308.009.00.00
Б	Найменування деталі, со. единицы или материала			СМ	Проф. Р УТ КР КОМП ЕН ОП КШ ТПС ТШТ Н.расх
К/М	Найменування деталі, со. единицы или материала			СМ	Проф. Р УТ КР КОМП ЕН ОП КШ ТПС ТШТ Н.расх
001	Закріплення в центрах				
002					
003	Точилин діаметр 2 до 20,35 h10 (-0,066) мм на лрехід				
04					
010	Рі. Візель 20x12 2112-0033 ГОСТ 18878-73				
016	СІ. Штангенциркуль Ш-1-125-0,05 ГОСТ 166-89				
07					
008	11 Вертушки діаметр 2 з Ø20,5 мм, як чисто				
09					
012	12 Точили конусну частину «а» в розмірі: 3 - Ø7,8 (-0,2)мм, 4 - 3,5 (+0,1)мм, 5 - 60 (±1) градус з радіусом фаски R=1 JS17 (+0,5) (різаль на радіус R=1 JS17 (+0,5) загостри, витришки розмір 1 - 96 (-0,1)мм і 5 - 1 JS15 (+0,2)мм				
13					
14	СІ. Мікрометр МК125-1 ГОСТ 6507-90				
115	РІ. Різаль 12x12x5 2120-0521 ГОСТ 18874-73				
116	СІ. Штангенциркуль Ш-1-250-0,1 ГОСТ 166-89				
17					
018	13 Точили конуску канавку «а» з іншої сторони деталі в розмірі: 3 - 7,8 (-0,2) мм, 4 - 3,5 (+0,1) мм, 5 - 60 (±1) градус з радіусом фаски R=1 JS17 (+0,5) (візаль на радіус R=1 JS17 (+0,5) заточити), витришки розмір 1-95 (-0,1) мм і 6 - 1 JS15 (+0,2) мм				
019					
020					
21					
222	СІ. Мікрометр МК125-1 ГОСТ 6507-90				
223	РІ. Різаль 12x12x5 2120-0521 ГОСТ 18874-73				
224	СІ. Штангенциркуль Ш-1-250-0,1 ГОСТ 166-89				
25					
26					
27					
28					
29					
30					
МК					

		ГОСТ 3.1113-82		Форма 16 САПР	
Дюбл.	Взам.	Полд.	Технопро		
А	Цех 1 УЧ	РМ	Юлер.	Код, найменування операції	3.03.074.000 Замок поворотний 01.1308.009.00.00
Б	Найменування деталі, со. единицы или материала			СМ	Проф. Р УТ КР КОМП ЕН ОП КШ ТПС ТШТ Н.расх
К/М	Найменування деталі, со. единицы или материала			СМ	Проф. Р УТ КР КОМП ЕН ОП КШ ТПС ТШТ Н.расх
001	Точили найбільше заглиблення «б» в розмірі: 7 - Ø6,5 (-0,1)мм довжиною 10 123,5 h3 (+0,1) мм з радіусом R=0,5 JS13 (+0,2) загостри, витришки розмір 5				
002					
03					
004	СІ. Мікрометр МК125-1 ГОСТ 6507-90				
005	РІ. Різаль 12x12x5 2120-0521 ГОСТ 18874-73				
006	СІ. Штангенциркуль Ш-1-250-0,1 ГОСТ 166-89				
07					
А08	1 1015 Шліфування				
09					
Б10	Кругло-шліфувальний 3Р16042				
11					
012	1 Шліфувати циліндричну і бокові поверхні канавки «б» до діаметра 7 - 6,57 (-0,05)мм, витришки розмір 123,78 (+0,09) мм, з шершкістю 0,8				
013					
14					
015	РІ. Круг ПН 150x40x20 24А 10-Н 02 7 35 30 м/с А. 1 кл. ГОСТ 2424-83				
016	СІ. Мікрометр МК125-1 ГОСТ 6507-90				
117	СІ. Штангенциркуль Ш-1-250-0,1 ГОСТ 166-89				
18					
А19	1 1020 Точарна				
20					
021	1 Відполітити протиски на важках деталі (з лещ сторін), витришки розміри 1- 130,8 h3 (-0,1)мм і 4 - 3,5 (+0,1) мм				
022					
23					
224	РІ. Різаль 8x8x2 2130-0363 ГОСТ 18874-73				
25					
026	2 Злизи деталі				
27					
28					
29					
30					
МК					

ГОСТ 3.1118-82												Форма 16 САПР		
Дубл.														
Взам.														
Полг.														
Технопро													5	
А	Цех	Уч	РК	Опер.	Код, найменування операції				3.03.074.000				ТП 02.075.000	
В	Код, найменування обладнання				Особливі умови				3.03.074.000					
К/м	Найменування деталі, соб. одиниць или матеріала				СК				Проф. Р УТ КР КОИЦ ЕН ОП Корт ДІЗ Топ				01.1308.009.00.00	
А01	3	4	2	023 Фрезувальна				ЮНІ ЕВ ЕН КИ				ОСНОВАННЯ ДОКУМЕНТА		
02	Універсально-фрезувальний 6ТК16Н													
В03	Встановити деталі у пристосування і закріпити													
04	Пр. Пристосування П.03.090.000													
06	Фрезувати аксесу кву на діаметр: 2 - 20,35 (-0,1) мм, витривувай розміри 8 - 0,15 JS12													
08	(+0,05) мм і 9 - 13,56 (+0,03) мм													
09	Ді. Фреза С5,3-24 2220-0133 ВК8 ГОСТ 18727-73													
10	СІ. Шаблон-скоба поворочний з ПР-13,56 мм і НВ-13,51 мм													
11	СІ. Шаптенциркуль ШЦ-Г-250-0,1 ГОСТ 166-89													
12	І І 030 Контрольна													
13	Стія контрольний													
14	Зеревірний деталь на відповідність розмірів, геометрії та вимог креслення.													
15	СІ. Мікрометр МК25 ГОСТ 6507-90													
16	СІ. Шаблон повір селій з ПР-123,8 мм і НВ-123,85 мм													
17	СІ. Шаблон-скоба поворочний з ПР-13,56 мм і НВ-13,51 мм													
18	СІ. Шаптенциркуль ШЦ-Г-250-0,05 ГОСТ 166-89													
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														

Технологічна схема складання ротора центробіжного компресора



- 1, 11, 16, 24 — гайки; 2, 17 — стопорні шайби; 3 — кільце ротора;
 4, 23 — кільця; 5 — заглушка; 6, 12 — вали;
 7 — вхідний напрямний апарат; 8, 14 — основні та допоміжні робочі кільця; 9 — шпилька; 10 — шайба; 13, 19 — кільця регульовальні;
 15 — втулка; 18 — болт стяжний; 20 — підшипник;
 21 — втулка; 22 — болт

Навчальне видання

КУДРІН Анатолій Павлович
ДУХОТА Олександр Іванович
ФЛЮНТ Роман Орестович
ОСІПОВ Микола Олександрович
ХІМКО Андрій Миколайович

РЕМОНТ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

Навчальний посібник

Редактор *Р. М. Шульженко*
Технічний редактор *А. І. Лавринович*
Художник обкладинки *О. О. Зайцева*
Комп'ютерна верстка *Л. Т. Колодіної*

Підп. до друку 24.06.2015. Формат 60×84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 10,93. Обл.-вид. арк. 11,75.
Тираж 300 пр. Замовлення № 111-1.

Видавець і виготівник
Національний авіаційний університет
03680. Київ – 58, проспект Космонавта Комарова, 1
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002