

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

A.I. Dukhota, A.M. Khimko,
A.Y. Yakobchuk, O.P. Yashchuk

**THE REPAIR OF
THE COMPRESSOR STATIONS
TECHNOLOGICAL
EQUIPMENT**

Synopsis

О.І. Духота, А.М. Хімко,
О.Є.Якобчук, О.П.Ящук

**РЕМОНТ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ
КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ**

Курс лекцій

**VIVERE!
VINCERE!
CREATE!**

Київ 2013

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

A.I. Dukhota, A.M. Khimko,
A.Y. Yakobchuk, O.P. Yashchuk

THE REPAIR OF
THE COMPRESSOR STATIONS
TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Synopsis

О.І. Духота, А.М. Хімко,
О.Є.Якобчук, О.П.Ящук

РЕМОНТ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ
КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

Курс лекцій

Київ 2013

УДК
ББК

Д

Reviewer: *R.G. Mnatsakanov* – Dr. of Techn. Science, professor (National aviation university);
V.B.Shaposhnikov – Candidate of Engineering, professor. (National transport university);
О.Г.Моляр – Candidate of Engineering, Senior Researcher (Institute for Metal Physics of the NASU)

Dukhota A.I.

The repair of the compressor stations technological equipment: synopsis / A.I. Dukhota, A.M. Khimko, A.Y. Yakobchuk, O.P. Yashchuk – K.: NAU, 2013. – 80 с.

The synopsis deals with general problems of the repair of the gas compressor stations technological equipment as well as the machine repair. The synopsis contains the general notions and definitions of the machine types, necessity and profitability of the repair, the operating repair systems, manufacturability and the repair technological process.

The synopsis is intended for the students of branch 6.050604 "Energy and machine engineering" specialty 7/8.050604406 "Gas turbine units and gas compressor stations

Рецензенти: *Р.Г. Мнацаканов* – д-р техн. наук, проф. (Національний транспортний університет);
В.Б.Шапошніков – канд. техн. наук, проф. (Національний транспортний університет);
О.Г.Моляр – канд. техн. наук, старший науковий співробітник (Інститут металофізики НАН України)

Затверджено методично-редакційною радою Національного авіаційного університету (протокол № від _____2013 р.)

Духота О.І.

Д

Ремонт технологічного обладнання компресорних станцій: курс лекцій українською та англійською мовами/ О.І. Духота, А.М.Хімко, О.Є.Якобчук, О.П.Яшук – К.: НАУ, 2013. – 80 с.

У курсі лекцій розглянуто загальні питання організації і технології ремонту машин і технологічного обладнання компресорних станцій. Дані основні поняття і визначення видів ремонту машин, необхідності і економічної доцільності ремонту, діючих систем ремонту, виробничого та технологічного процесів ремонту.

Курс лекцій призначено для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за напрямом підготовки 6.050604 «Енергомашинобудування» спеціальності 7/8.05060406 «Газотурбінні установки і компресорні станції».

УДК
ББК

© Духота О.І., Хімко А.М.,
Якобчук О.Є., Яшук О.П., 2013

ЗМІСТ

Модуль №1. Організація і планування ремонту технологічного обладнання КС. Ремонт газотурбінних газоперекачувальних агрегатів і їх систем

Лекція 1 Загальні принципи і методи організації ремонту машин

Лекція 2 Особливості організації і планування ремонту технологічного обладнання компресорних станцій

Лекція 3 Підготовка агрегатів з газотурбінним приводом стаціонарного типу до капітального ремонту

Лекція 4 Ремонт основних деталей та вузлів газотурбінних установок стаціонарного типу

Модуль №2 Ремонт поршневих газоперекачувальних агрегатів і поршневих компресорів

Лекція 5 Ремонтно-технологічна характеристика поршневих газоперекачувальних агрегатів і поршневих компресорів

Лекція 6 Ремонт основних деталей і вузлів поршневих газоперекачувальних агрегатів і поршневих компресорів

Лекція 7 Ремонт деталей і вузлів поршневих газоперекачувальних агрегатів і поршневих компресорів

Лекція 8 Ремонт системи турбонаддуву

CONTENTS

Module 1. Organization and planning of the repair of the gas compressor stations technological equipment. The repair of gas turbine compressor units and their systems

Lecture 1. General principles and methods of the machine repair

Lecture 2. Peculiarities of organization and planning of the technological equipment repair at a compressor station.

Lecture 3. Preparation of stationary gas-turbine compressors for the major overhaul

Lecture 4. The repair of principal structural units and details of stationary gas-turbine units

Module 2. The repair of piston gas compressor units and piston compressors

Lecture 5. The repair and technological characteristics of piston gas-compressor units and piston compressors

Lecture 6. The repair of principal structural units and details of piston gas-compressor units and piston compressors

Lecture 7. The repair of structural units and details of piston gas-compressor units and piston compressors

Lecture 8. The repair of the turbocharging system.

МОДУЛЬ №1 "ОРГАНІЗАЦІЯ І ПЛАНУВАННЯ РЕМОНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КС. РЕМОНТ ГАЗОТУРБІННИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ І ЇХ СИСТЕМ"

Лекція 1

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ І МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТУ МАШИН

Під *працездатним станом* розуміють такий стан об'єкту, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної і конструкторської документації.

У випадку, коли значення хоча б одного параметра, що характеризують здатність виконувати задані функції, не відповідають вимогам нормативно-технічної і конструкторської документації, стан об'єкту називають *непрацездатним станом або несправним станом*.

Граничним станом називають такий стан коли подальше застосування машини за призначенням стає неможливим або недоцільним, у зв'язку зі зміною техніко-економічних показників і надійності технічного стану деталей, вузлів, агрегатів.

Подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкту при збереженні працездатного стану, називається *пошкодженням*. Подія, при якій частково або повністю порушується працездатний стан об'єкту, називається *відмовою*.

Під *дефектом* розуміють кожну окремо взятую невідповідність стану виробу вимогам нормативно-технічної і конструкторської документації.

Для попередження виникнення несправностей і відмов, підтримання та відновлення працездатного стану на протязі всього періоду експлуатації машинам потрібно проходити періодичні технічні обслуговування, поточний та капітальний ремонт. Сукупність цих заходів становить систему технічного обслуговування і ремонту машин (система ТОіР).

Технічне обслуговування – це комплекс обов'язкових, планомірно-виконуваних робіт з підтримання працездатного або справного стану машин під час їх використання за призначенням, зберігання і транспортування.

**МОДУЛЬ №1 "ОРГАНІЗАЦІЯ І ПЛАНУВАННЯ РЕМОНТУ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КС. РЕМОНТ
ГАЗОТУРБІННИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ І ЇХ
СИСТЕМ"**

Lecture 1

**GENERAL PRINCIPLES AND METHODS OF THE MACHINE
REPAIR**

Working condition is such a condition of the object, when the values of all parameters, characterizing ability to perform the given functions, meet the requirements of the normative and technical and design documentation.

When the value of at least one parameter, characterizing ability to perform the given functions, does not meet the requirements of the normative and technical and design documentation, such object's condition is called "*inactive status*" or "*faulty condition*".

Boundary condition is such a condition when further machine utilization becomes impossible or inadvisable, because of changes in the technical and economic factors and in reliability of technical condition of the details, nodes, units.

An event, which means a breach of an object's serviceable condition when the object is in a working condition, is called "*damage*". The event, when a working condition of an object is deranged partly or totally is called "*failure*".

Defect is every single disagreement of the product's condition with the requirements of the normative and technical and design documentation.

For the malfunction and failure warning, for the maintaining and renovation of the object's working condition during the whole life cycle it is necessary to perform the periodic technical maintenance, the operating repair and the major overhaul. The Set of these measures forms the system of the technical maintenance and repair of the machines (the system M&R).

The *Technical maintenance* – is a complex of obligatory, planned and performed measures for maintenance of the operating or fault-free condition of the machines during their use, storage and transportation.

Під *ремонт* розуміють комплекс організаційно-технічних та 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.

Капітальний ремонт виконують для відновлення справності і повного відновлення ресурсу машини. Комплекс робіт при капітальному ремонті 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'єкту від початку його експлуатації або відновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан. *Напрацювання* визначається тривалістю або об'ємом роботи об'єкта.

Розрізняють *середній ресурс*, *ресурс до першого ремонту*, *міжремонтний ресурс* і *призначений ресурс* – сумарне напрацювання об'єкту, при якому експлуатація об'єкту повинна бути припинена незалежно від його стану.

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

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

Під *надійністю* розуміють властивість об'єкта зберігати за часом у встановлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність об'єкта виконувати потрібні функції у заданих режимах і умовах виконання технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і транспортування. Надійність є комплексною властивістю об'єкта і містить в собі такі показники як *безвідмовність*, *довговічність*, *збереженість* та *ремонтпридатність*.

Безвідмовність це властивість об'єкту безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або періоду напрацювання.

The *Repair* is a complex of organized technical and technological measures, intended to renew fault-free or operating condition and resource product or their component parts. There are two types of repair: operating repair and major overhaul.

The *Operating repair* – a type of the repair, which is performed to ensure or renew a working capacity of the machine with a replacement or reconstruction of its parts.

The *Major overhaul* is performed for renewal good conditions and full renewal of the machine resource. The Set of measures at major overhaul is characterized by a complete disassembly and assembly of the machine, a replacement of all worn-out details and component parts with new or repaired ones with a further run-in and a test of separate component parts and machines as a whole.

The *Resource* – a operating time of an object from the beginning of its use or its renewal after any type of repair before its transition in limiting condition. The operating time is defined by duration or the object's volume of operation.

There are some *types of resources: a mean life, a resource (life) before the first repair, overhaul life and a fixed resource* – a total operating time of the object, when the usage of the object must be stopped regardless its conditions.

If the moment of a machine transition into a boundary condition is defined by calendar duration of its usage, the term “*service life*”.

The Resource (Life) is defined by a level of Reliability and depends on strength margin, wear-resistance and other characteristics of its units, members and elements of the machine. The higher is a reliability index, the higher is the resource (life).

The Reliability is a property of an object to store all the parameters, which characterize the object's capability to perform definite functions at given conditions of a maintenance, repair, storage and transportation. The Reliability is a complex characteristic which contains such factors as *dependability, durability, integrity(preservation) and repairability.*

Dependability – is a characteristic of an object continuously to save the operating condition for a certain period of time or at operating time.

Довговічність – це властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. Кількісно довговічність оцінюється ресурсом і строком служби.

Збереженість – це властивість об'єкта зберігати обумовлені нормативно-технічною документацією експлуатаційні показники на протязі часу та після його зберігання і транспортування.

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

Існують наступні 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 ж машину, за винятком деяких деталей та вузлів, замість яких установлюють нові.

Знеособлений метод ремонту характеризується тим, що при проведенні ремонту не зберігається належність відновлених складових частин до певних машин. Під час такого ремонту на машину можуть встановлюватись 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. Цей метод у порівнянні з іншими має наступні переваги: скорочуються прості машин у ремонті, забезпечується висока механізація ремонтних робіт, скорочується вартість і підвищується якість ремонту.

Діючі системи ремонту машин

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.

Система ремонту за потребою отримала таку назву тому, що ремонт виконують тільки за його потребою, тобто після появи

Durability – is a characteristic of an object to save the operating condition before a boundary condition at an established system of the maintenance and repair. Quantitatively the durability is estimated by its resource and service life.

Integrity (preservation) – is a characteristic of an object to save performance figures which are mentioned in a condition reference during a certain period of time and after its storage and transportation.

The characteristics, which means an adjustment of the machines, its members, units and details to warning, discovery and fault-handling of failures by M&R performance, is called *Repairability*.

There are the following methods of performance of machine repair: *non-separate*, *separate* and *module-unit and nodal* repair.

The non-separate method of the repair means that after the disassembly of units and details they are being repaired and mounted on the same machine, except the details and units which had been replaced by the new ones.

The separate method of the repair means that it is not necessary to mount the same details and units on the same machine after the during a repair. During such a repair units and details of the same type from other machines can be mounted on this machine.

The unit and nodal method is a version of the separate method of the repair, during which damaged units and nodes(module) are replaced by new or previously repaired ones. In comparison with the other methods this one has the following advantages: idle time of the machines is shortened, high mechanization of a repair performance is provided, the repair cost lowers the quality of the repair increases.

Operating systems of the machine repair

The *System of the repair* is a complex organizing and technological regulations and standards, which define the organization and order of the repair performance and provision the quality and efficiency indexes which are provided in reference documentation.

The *System of the repair* as required got such name because the repair is performed only by a requirement, that is after the object's failure or malfunction. In this connection such system of the repair is also called the system of the repair "*after failure*".

відмови або несправності об'єкта. У зв'язку з цим таку систему ремонту називають також система ремонту "*після відмови*".

Система планово-попереджувального ремонту. При цій системі всі заходи з ремонту виконують за заздалегідь розробленим планом, нормативами, керівною і технічною документацією.

Перевагою системи є те, що ця система забезпечує підтримання необхідного рівня надійності техніки. Суттєвим недоліком системи є великий обсяг ремонтних робіт, насамперед демонтажно-монтажних, а звідси висока вартість і простої машин у ремонті.

Система регламентних ремонтів. Сутність цієї системи ремонту полягає у тому, що весь об'єм капітального ремонту розбивається на декілька етапів. Етапи розподіляють за напрацюванням через деякі наперед визначені відрізки.

Система дає можливість збільшити ресурси, скоротити час простою машин в 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'єкту оцінюється в процесі експлуатації і ремонт проводиться при досягненні ним деяких встановлених параметрів граничного стану.

Найбільш ефективною система ремонту "за фактичним технічним станом" буде тоді, коли на стадії проектування машини будуть передбачені і забезпечені такі показники експлуатаційно-ремонтної технологічності як висока живучість усіх частин, висока контролепридатність, легкоз'ємність і взаємозамінність частин.

Під високою *живучістю* розуміється, що дефекти і викликані 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 діагностовані для виявлення їх технічного стану.

Легкоз'ємність частин дозволяє проводити їх заміну без загального демонтажу машини, а взаємозамінність забезпечує можливість їх заміни без підбирання і припасування.

The system of planned and preventive repair. By this system all repair measures are performed according to the before developed plan, standards, manual and technical documentation.

An advantage of the system is that it provides the necessary level of machine's reliability. A disadvantage is a great amount of the repair, first of all the assembly and disassembly, which cause high cost and idle time of the machines.

The system of preventive repair. This system of the repair means that the whole amount of the major overhaul is divided into several stages. The stages are divided into some predetermined segments at operating time.

The system enables to prolong life, shorten the idle time of a machine, as well as combine some maintenance types with a repair. But for this system implementation it is necessary to have information about a mechanism of malfunctions and failures occurrence.

The system of the repair on actual technical condition. The distinction of this system of the repair is that technical requirements of each separate object is estimated in the process of its operation and a repair is performed when the object reaches some established parameter of the boundary condition.

The most efficient system of the repair "on actual technical condition" will be then, when on the stage of the designing the machine the following factors will be provided: high vitality of all parts, high controllability, quick detaching and interchangeability of the parts.

High *vitality* is such a quality of the part which means that the defects and the faults caused by them must be slowly developing so there will be enough time for their detection, before the failure occurs.

High *controllability* means that all the machine parts can be diagnosed without their disassembly.

Quick-detachable parts allow to replace them without the machine disassembly, but interchangeability provides the possibility of their replacement without interpolating (selecting) and fitting.

Необхідно сказати, що на даний час повністю перейти на систему ремонту за фактичним технічним станом не завжди можливо за причиною не повної відповідності конструкції машини вимогам цієї системи.

У зв'язку з цим практичного поширення набула комбінована система, яка отримала назву системи ремонту *за оптимальними техніко-економічними показниками*. При цій системі 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».

Технологічна ремонтна документація

Під *виробничим процесом ремонту* розуміють сукупність взаємопов'язаних дій працівників та знярядь виробництва, за допомогою яких на даному підприємстві здійснюється ремонт конкретного виробу. Виробничий процес складається з основного (технологічного), допоміжних і обслуговуючих процесів, які забезпечують виконання основного технологічного процесу ремонту.

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

Технологічною операцією називається закінчена частина ТП, яка охоплює всі послідовні дії на одному робочому місці одним або декількома робітниками при виробництві однієї і тієї ж продукції.

ТП, які відносяться до виробів одного найменування, типорозміру і виконання, називаються *одиначними ТП*.

Типовий ТП розробляється на групи виробів із загальними конструктивними і технологічними ознаками. Для нього характерні спільність технологічного маршруту виконання операцій без переналагоджування або з незначним переналагодженням обладнання.

Груповий ТП розробляється на групи деталей із різними конструктивними, але однаковими технологічними ознаками.

It is necessary to say that it is not possible to go over to the system of the repair on actual technical condition completely because there is no absolute correspondence of the machine design to the requirements of this system.

In this connection the combined system is widely applied, which is called the System of repair by optimal *technical and economic indexes*. By this system the object under repair is divided into structural units. One group of the structural units, which have no standby units and directly influence the safety of the machine operation, is repaired by the planned and preventive system, the second group – by the system on actual technical condition, the third group – by the system before “failure”.

Technological repair documentation

A *Production process of the repair* is a set of interconnected actions of workers and tools, by means of which the repair of a given product is performed on a given enterprise. The production process consists of the main (technological), auxiliary and servicing processes, which provide the performance of the main technological process of the repair.

The *Technological process* (TP) of the repair – is a part of production process, which is directly connected with repair of the details, nodes, units and machines as a whole, and contains the actions with a consequent change of the condition of the object from a faulty or disabled condition to a fault-free, working one.

The *Technological operation* is a completed part of TP, which covers all consequent actions at a single work place by one or several workers at a production of the same product.

TP, which refer to the product of one name, dimension type and performance, is known as *single TP*.

Typical TP is developed for groups of products with some general constructive and technological features. It is characterized by generality of the technological route of the operation performance without rearrangement or with small rearrangement of the equipment.

Group TP is developed for groups of the details with different constructive, but similar technological features.

The output information for TP development is divided into basic, controlling and reference information.

Вихідна інформація для розробки ТП розподіляється на базову, керуючу 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.

Керуюча інформація включає дані, які містяться:

- у технічному завданні на розробку 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.

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

Лекція 2

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ І ПЛАНУВАННЯ РЕМОНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

Під час ТО виконується комплекс робіт профілактичного спрямування. Разом з тим необхідно розуміти, що якісно виконане ТО тільки вповільнює розвиток закономірного зносу, старіння деталей та інших процесів, що спричиняють виникнення дефектів та несправностей, але не виключає їх. У зв'язку з цим у різні терміни потребується проводити відновлення працездатного стану різних одиниць технологічного обладнання КС.

Безаварійна та безперебійна робота компресорного обладнання здійснюється на основі організації і застосування раціональної планово-попереджувальної системи його ТО та ремонту. Системою ППР передбачається виконання наступних видів робіт з ТО та ремонту компресорного обладнання: технічний огляд, міжремонтне технічне обслуговування, 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 мілких несправностей при

Basic information contains the data of the manufacturer's design documentation on the product (the working drawings, standards, instructions, etc.), as well as the manufacturer's program of this product's repair.

Controlling information includes the data, which are contained:

- in the technical requirements on TP development;
- in the all categories' standards all as well as in the normative and technical documentation on details' inspection and interface, on technological processes and methods of their control, on the facilities and equipment;
- in the documentation on safety and industrial sanitation.

Reference information is taken from reference literature, advanced scientific and research developments, technological processes of the repair, catalogues of the advanced facilities of the equipment and etc.

Lecture 2

PARTICULARITIES TO ORGANIZATIONS AND PLANNING THE REPAIR OF THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT COMPRESSOR STATION

During maintenance a set of preventive procedures is performed. At the same time it is necessary to understand that a qualitatively performed maintenance only slows the development of the natural wear-out, ageing of the details and other processes, which cause defects and failures, but do not exclude them. In this connection it is necessary to perform a renewal of the working condition of different units of the compressor stations' technological equipment.

Trouble-free and constant operation of compressor stations' equipment is performed on the basis of the organization and appliance of efficient scheduled and preventive (SP) system of maintenance and repair. The System of SPR supposes the performance of the following operations on maintenance and repair of compressor stations' equipment: inspection of equipment, overhaul maintenance, mid-life and the operating repair, major overhaul, unscheduled or emergency and reconstruction repair.

Equipment's inspections are performed for checking the units' condition and detection the defects and failures, which are written down in a repair list with the further elimination of the small defects at

ближчій плановій зупинці, а також для визначення обсягу робіт, які підлягають виконанню при черговому плановому ремонті.

Міжремонтне технічне обслуговування повинне забезпечити безперебійну експлуатацію обладнання за період між плановими ремонтами.

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 агрегату до чергового капітального ремонту.

Капітальний ремонт – це найбільший за обсягом вид ремонту, який проводиться при досягненні граничних величин зносу або інших показників граничного стану основних деталей та вузлів. При капітальному ремонті проводиться повне розбирання виробу з оцінкою технічного стану всіх складових частин, заміною або відновленням усіх зношених деталей та вузлів.

Аварійно-відновлювальний ремонт – це ремонт, викликаний аварійною зупинкою або непередбачений планом ремонт по усуненню одержаних в результаті аварій або з інших непередбачених причин пошкоджень вузлів і деталей.

Система ППР стосовно ремонту компресорного обладнання визначає наступні показники:

- структуру ремонтних циклів;
- тривалість ремонтного циклу;
- тривалість міжремонтних періодів;
- обсяг профілактичних та ремонтних робіт у кожному виді ремонту;
- тривалість простою в ремонті;
- потребу у 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.

the nearest planned stop, as well as for determination of the operations' amount, which are supposed to be performed at the next scheduled repair.

The Overhaul maintenance must provide a constant equipment's utilization between two scheduled repairs.

The Operating repair - has the smallest amount of repair, during which the failures are eliminated by a replacement or renewal of separate units to ensure the normal operation of the unit before the next scheduled repair.

The Mid-life repair provides partial disassembly with the technical condition's control and eliminating the detected failures, a replacement or renewal of the units to ensure the unit's normal operation before the next major overhaul.

The Major overhaul – has the largest amount of the repair, which is performed at achievement of the boundary values of the wear-out or other factors of the boundary conditions of the main details and nodes. At major overhaul is performed the total disassembly of the object with the estimation of the technical condition of all components, replacement or renewal of all worn-out details and nodes.

The Emergency and reconstruction repair –is a repair, caused by an emergency stop or an unscheduled repair which should remove the nodes' and details' damages, as a result of an emergency.

The System PPR on repair of compresso units' equipment defines the following factors:

- The structure of the repair cycles;
- the duration of the repair cycle;
- the duration of overhaul periods;
- the amount of preventive and repair performance in every separate type of the repair;
- the duration of idle time at the repair;
- the need for material and spare parts for the repair;

The Structure of the repair cycle is the list all repair types and the sequence of their performance at the period between the major overhaul or between the commencement of the unit's operation and the major overhaul.

Тривалість ремонтного циклу – це час безперервної роботи агрегату між двома капітальними ремонтами або між початком експлуатації і першим капітальним ремонтом.

Тривалість міжремонтного періоду – це час безперервної роботи агрегату між черговими плановими ремонтами.

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

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

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

При *ремонті спеціалізованою організацією* весь ремонт обладнання проводиться виїзною бригадою спеціалізованого ремонтного підприємства безпосередньо за місцем експлуатації.

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

При виконанні ППР компресорного обладнання на КС здійснюються наступні заходи:

- на основі положення системи ППР складається план-графік ремонту технологічного обладнання і типовий мережевий графік ремонту на кожен вид обладнання;
- організується міжремонтне технічне обслуговування і проводиться капітальний, середній або поточний ремонт;
- 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 із 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 з підвищення термінів їх служби;
- розглядаються і проваджуються прогресивні методи ремонту та відновлення деталей;

The Duration of the repair cycle –is the time of the constant unit's operation between two major overhauls or between the commencement of the unit's operation and the first major overhaul.

The Duration of overhaul periods –is the time of the constant unit's operation between the following scheduled repairs.

For an enterprise, using the compressor equipment, the following ways of the repair performance are typical:

- a non-separate repair performed by a specialized enterprise;
- a repair performed by a specialized organization;
- a repair performed by a manufacturer.

The Non-separate repair is performed at for big amount of the one-type equipment that is repaired in the conditions of specialized repair enterprises.

When the object is repaired at a specialized repair organization the whole repair of the equipment is performed by a specialized visiting crew of the enterprise directly at a place of its' operation.

The Repair performed by a manufacturer is performed for the most complex equipment such as, for instance, aircraft gas-turbine engines converted into gas-compressor units.

When performing SPR of the equipment on the compressor stations the following operations are performed:

- on the basis of the SPR regulations is formed a plan and a scheme of the technological equipment repair and a typical network scheme of the repair for each type of the equipment;
- an overhaul maintenance is organized and a major overhaul, mid-life repair or an operating repair are performed;
- the records of the equipment operation is made and a systematic inspection of the equipment's technical conditions and its safe use are performed;
- the requests for the equipment and spare parts for SPR are made;
- the schedules are developed for organization and technical operations for providing a qualified repair, reduction of the repair overmaintenance and costs, reduction of the idle time of the units during the repair;
- the recommendations on increasing the details' operation life are developed on the basis of the details and nodes service experience;
- the advanced methods of the details' repair and recondition are

складається перелік раціоналізаторських заходів, що намічаються до впровадження під час ремонту;

– розробляється технічна документація на реконструкцію обладнання.

Ремонтна технологічність газоперекачувальних агрегатів

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 при кожному ТО і ремонті, періодичністю проведення ТО і ремонтів, технологічністю при ТО і ремонтною технологічністю. Ремонтна технологічність і технологічність при ТО визначаються властивостями технологічності конструкції агрегату для проведення ремонтів і ТО.

Технологічність при ТО передбачає придатність конструкції агрегату для виконання в умовах заданої системи ТОiP усіх передбачених регламентом форм ТО з досягненням оптимальних значень всіх видів витрат на ТО. Під ремонтною технологічністю розуміють придатність ГПА та його складових частин для проведення ремонтних робіт з метою відновлення його працездатності і подовження ресурсу при мінімальних матеріальних витратах і витратах часу на ремонт.

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

З точки зору ремонтної технологічності вимога з доступності передбачає:

– раціональну компоновку окремих одиниць технологічного обладнання, яка 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;

considered and applied;

- is a list of the innovative measures, supposed for the appliance during the repair is formed;

- the technical documentation of the equipment reconstruction is developed.

Maintainability of the gas-compressor units

The repairability of GPU, like the other products of engineering, is characterized by the need for time, labour and the facilities for their maintenance and repair performance. The repairability of GPU is determined by the amount of the operations, which are performed during each maintenance and repair, frequency of the maintenance and repair, the manufacturability during maintenance and repairability. The repairability and the manufacturability during maintenance are determined by the properties of manufacturability of the unit's design for the performance of repair and maintenance.

The maintainability during maintenance stipulates the unit's fitness for the performance of all the maintenance forms, given in the regulations, with achievement of the best values of all types of maintenance expenses. *Manufacturability* is a fitness of GPU and its parts for a repair in order to reconstruct its working condition and extend the life-time at least-costs and time for the repair.

Manufacturability during maintenance and maintainability are defined by a complex of such design features as controllability, accessibility, quick-detachability, interchangeability, fitness to renovation, and fitness to regulation. Each of the above mentioned constructive factors defines the certain requirements to designs of the product and influences the possibility and technical and economic factors of the maintenance performance and repair.

From the point of view of manufacturability the requirement on accessibility provides:

- a rational arrangement of the separate units of the technological equipment, which provides a possibility of development of working area and places of the repair performance of one unit without disassembly of the other units;

- ensuring the possibility of the repair performance of separate units of the product without disassembly of the other units;

– забезпечення доступу до окремих складових частин виробу і можливість одночасного виконання максимальної кількості операцій, у тому числі монтажно-демонтажних.

Вимога з 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 поверхневої обробки, захисних зносостійких покриттів та змінних легкознімних частин;

– можливістю перевстановлення 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 при ТО і ремонті.

У залежності від вимоги до ремонтної технологічності технологічний процес ремонту ГПА можна розділити 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

- ensuring the access to separate units of the product and the possibility of the simultaneous performance of maximum number of operations, including assembly and disassembly.

The Requirement on renovation is connected with the fitness of the product's units to renovation, first of all, the fitness to renovation of the worn-out details and interfacing. This requirement is provided by:

- the use of materials and the details' design, which allow to restore them to their nominal or repair sizes;

- the use of special methods of the surface processing, protecting of durable coverings and change quick-detachable parts for the quick wearing parts;

- a possibility of remounting of the details, with one-sided wear-out, for the functioning of the symmetrical side;

- a use of the advanced technological processes of the details' renovation, providing the possibility of their repeated renovation.

Fitness to the regulation provides the availability presence of the adequate supplies of clearances and easiness of the regulation parameters of the units and the units during maintenance and repair.

Depending on the requirements to thmanufacturability, a technological process of the GPU repair can be divided into three stages:

1. The disassembly and depuritation operations. For this stage the most important factors of manufacturability are: structural complexity; the access to the disassembling areas; a number of joints for disassembling; the ease of disassembly; quick-detachability; the possibility of usage the facilities of mechanization of the disassembly; the possibility of usage the facilities and methods of highly productive depuritation and washing.

2. The Operations for the determination of the technical condition of the details, nodes and components. The most important factors of manufacturability for this stage are: the access of all the areas for a visual inspection after depuritation and washing; the access for performance of the inspection of the adjustment units parameters (the clearance in сопряжениях, backlashes, fitness of the details, etc); the possibility of the defects' detection on details by nondestructive

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 до найбільш важливих показників ремонтної технологічності можна віднести: 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.

До конструктивних рішень, які підвищують ремонтну технологічність ГППА, можна віднести 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 можуть обособлено виготовляться, обслуговуватись і ремонтуватись. Раціональний рівень блоковості дозволяє скоротити витрати праці та часу на виконання демонтажномонтажних 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 блоку необхідно підбирати так, щоб їх ресурс був не меншим, ніж міжремонтний ресурс всього блоку або кратний цьому ресурсу. Блоковість конструкції забезпечує можливість організації ремонту окремих складових частин та вузлів агрегату на спеціалізованих ремонтних підприємствах з наступним формуванням обмінного фонду.

methods of the inspection; the possibility of the inspection of the nodes and units functioning without special complex rigs.

3. The Operations on renovation of functioning, node, a general assembly, adjustment and testing. At this stage the most important factors of manufacturability are: modularity and building-block design; interchangeability of details and nodes for a repair; fitness to the renovation of details, nodes and adjustment units with such parameters, which provide their service life not less, than up to the next repair of the unit; the need of technological equipment for performance the corresponding repair operations; access and ease for the unit's assembly; fitness to regulation of the adjustment units, nodes and details; adjustment controllability for the after-repair tests.

Build-block design is one of constructive decisions, which raises manufacturability GGPA, and which provides a division of the GTU and a supercharger on separate nodes (the blocks) with their full interchangeability. Blokovosti of the designs reflects a rational dismemberment of the unit on separate nodes, which can be separately manufactured, serviced and repaired. The rational level of блоковости allows to shorten the labour and time inputs for the assembly and disassembly, to simplify the work amount of the technical condition control and the failures detection, rise of the efficiency of the unit and nodal repair method. One of the main conditions of the achievement of the rational level блоковости design is a factor of balanced life. It is necessary to select the units of the block so that their life service was not less, than the overhaul life of the whole block or it is multiple to this life. Blokovosti of the design provides the possibility to organize the repair of separate parts and nodes of the unit at a specialized repair enterprise with the following formation of the exchange fund.

Лекція 3

ПІДГОТОВКА АГРЕГАТІВ З ГАЗОТУРБІННИМ ПРИВОДОМ СТАЦІОНАРНОГО ТИПУ ДО КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

Вивід агрегату в плановий ремонт проводиться згідно затвердженого план-графіку поточних, середніх та капітальних ремонтів.

До зупинки агрегату ремонтний персонал повинен ознайомитись з документацією з експлуатації агрегату з зауваженнями щодо його роботи за період міжремонтного пробігу, детально вивчити дефектну відомість і перелік запланованих до впровадження технологічних заходів згідно інформаційних листів заводів-виробників. Підготовка агрегату до капітального ремонту проводиться у наступній послідовності:

- проводиться огляд і перевірка роботи центробіжного нагнітача, турбіни і допоміжного обладнання на різних режимах під навантаженням, при пуску і зупинці;

- вимірюється поперечна і вертикальна вібрація підшипників і осьова вібрація на передньому підшипнику компресора;

- перевіряється робота систем регулювання та захисту, тиск, що розвивається насосами, вимірюється ефективна потужність;

- фіксуються робочі параметри установки при повному навантаженні з вказанням температури підшипників, оливи до та після оливоохолоджувачів, температура охолоджуючої рідини на вході та виході проміжного теплоносія;

- перевіряється теплове розширення корпусів і стан пружних опор;

- вимірюється температура корпусу турбіни у точках, зазначених у формулярі паспорта установки і визначається коефіцієнт:

$$k = (t_m - t_0)/(t_1 - t_0)$$

де t_1 – температура газу за камерою згорання; t_0 – температура оточуючого повітря в цеху; t_m – температура корпусу турбіни в і-тій точці вимірювання. Отримані значення коефіцієнту k порівнюються з формулярними значеннями за паспортом установки.

Lecture 3

PREPARATION OF THE UNITS WITH A GAS-TURBINE DRIVE OF THE STATIONARY TYPE BEFORE THE MAJOR OVERHAUL

Scheduled repair of a unit is performed according to the adopted schedule of the operating and mid-life repair and the major overhaul.

Before the unit shutoff the maintenance personnel must study the documentation of the unit's functioning with remarks about its operation during the mid-life repair period, learn the repair list and the list of scheduled technological measures according to the manufacturers' newsletters. Preparation of the unit to the major overhaul is performed in the following sequence:

- an inspection and a check of the operation of the centrifugal supercharger, turbine and accessory equipment at different conditions when it is loaded, during the run and shutdown;

- it is measured the transversal and vertical vibration of bearings and the axial vibration on the front bearing of the compressor;

- it is checked the operation of the systems of the regulation and protection, pump-developed pressure, the efficient power is measured;

- operating parameters of the unit is fixed at full load with indication of the temperature of bearings, oil before and after the oilcoolers; the temperature of cooling liquids at the intake and output of intermediate heat-carrier;

- it is checked heat expansion of the body and the condition of a spring cushion;

- the temperature of the turbine body in the points, marked in the equipment card of the unit and the factor is defined :

$$k = (t_m - t_0) / (t_1 - t_0)$$

where t_1 - a gas temperature of the combustion chamber; t_0 - a temperature of the environmental air in the workshop; t_m - a temperature of the turbine body in the n -th point of measurement. The obtained scores of the factor are compared with the form scores in the equipment card of the unit.

- виявляються місця перегріву зовнішнього корпусу перехідного патрубку від камери згорання до турбіни (для установок, які мають перехідний патрубок);

- проводяться прослуховування агрегату на наявність зачеплень у проточній частині в процесі роботи і зупинки, перевіряється робота зубчатої передачі редуктора на плавність, шум, стукіт, скрегіт у зачепленні. Визначається час вибігу роторів;

- перевіряється щупом прилягання опорних лап турбогрупи;

- перевіряється вільність переміщення всіх дистанційних шайб турбогрупи, щільність задвижок, фланцевих з'єднань трубопроводів на відсутність витікання оливи, повітря, продуктів згорання.

На основі виконання вище 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 агрегату уточнюється в процесі дефектації вузлів та деталей після відкриття і розбирання установки.

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 валу, розбирання редуктора, нагнітача і допоміжного обладнання.

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

Розбирання турбіни проводиться у наступній послідовності:

- знімається верхня половина кожуха проміжного валу і закривається дренажна труба оливопроводу;

- вимірюється зазор у мастильному ущільненні проміжного валу біля муфти зі сторони турбіни. Результати вимірювання записуються у формуляр;

- знімається кришка муфти зі сторони турбіни, закривається зливна труба оливопроводу;

- the points of overheating are revealed of the external body of the connecting nozzle from the combustion chamber to the turbine (for the units, which have a connecting nozzle);
- the unit listening is performed for the availability of chaining in the air-gas channel during operation and shutdown, it is checked the operation the gear drive of the reducer on smoothness, noise, slap, squeaking in the coupling. It is defined the rotor's run-down time;
- it is checked the fitting of the supporting feet of the turbounit by a dipstick;
- free motion of all remote washers of the turbounit, density of the bolts and the pipeline flange couplings for draining of the oil, air, combustion products.

On the basis of the performance the above mentioned operations it is formed a prior list of the repair amount of the unit, which must contain the list of all marked repair operations of the main and accessory equipment, and a technological schedule of the major overhaul. The repair amount of the unit is amended in the process of inspection for likely defects of nodes and details after opening and disassembling of the unit.

Turbine nodes' disassembly and its inspection for likely defects

The removal and disassembly of the turbine covering begins after its cooling to the temperature of the environment. Before the turbine's cooling it is possible to take apart the reducer, the supercharger, the accessories and the couplings, and take out the countershaft.

During the disassembly an inspection for likely defects of the nodes and details is performed simultaneously. This inspection basically lies in measurement of clearances, backlashes, beating the revolving parts etc.

The turbine disassembly is performed in the following sequence:

- the top half of the casing of the countershaft is removed and is the drain-pipe of the oil-pipeline is shut;
- the clearance in the countershaft's oil gasket is measured near the couplings at the turbine's side. The measured results are put down in the form;
- the lid of the coupling at the turbine's side is removed, and the discharge pipe of the oil-pipeline is shut;

- знімається верхня половина перехідної втулки (опори кожуха) зі сторони нагнітача. Вимірюються зазори у верхній половині мастильного ущільнення. Результати вимірювання записуються у формуляр;

- знімається кришка муфти зі сторони нагнітача і закривається зливний отвір у картері;

- розбирається герметичне ущільнення у роздільній діафрагмі між турбінним цехом і приміщенням нагнітачів;

- знімається нижня половина перехідної втулки. Вимірюють зазори у нижній половині мастильних ущільнень. Результати вимірювань записують у формуляр;

- розбираються муфти, знімається проміжний вал;

- від'єднується і закривається труба зливу оливи з нижньої половини кожуха проміжного вала. Знімається нижня половина кожуха проміжного вала;

- перевіряється маркування спарювання зубчатих обойм (коронки) із зубчатыми втулками (зірочками) муфт. При відсутності маркування його необхідно відновити;

- на турбоагрегатах з редуктором замість розбирання вузла проміжного валу проводиться розбирання редуктора.

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

У процесі дефектації ротора перевіряється посадка робочих лопаток турбіни у пазах дисків. Нормальною вважається посадка, коли лопатка вільно погойдується у тангенціальному напрямку. Переміщення вершини лопатки повинно бути не менше ніж 2 мм. Після дефектації дисків приступають до розлопачування ротора і дефектації робочих лопаток.

За результатами дефектації лопаткового апарату осьового компресора і газової турбіни визначається необхідність при ремонті у перелопачуванні цілих ступеней або заміні окремих лопаток. Лопатки, які мають тріщини, розриви вихідних кромок,

- the top half of the socket (bearing) at the side of the supercharger. the clearances in the top half of the oil gasket are measured. The measured results are put down in the form;

- the lid of the coupling at the side of the supercharger is removed and the drain hole in the crankcase is shut;

- the pressurized gasket in the separate diaphragm between the turbine and the superchargers' section is taken apart ;

- the lower half of the socket is removed. The clearances in the lower half of the oil gaskets are measured. The measured results are put down in the form;

- the couplings are taken apart, the countershaft is removed;

- the oil drain pipe is disconnected and shut pipe from the lower half of the countershaft's coating. The lower half of the countershaft's coating is removed;

- the marking of the coupling saw bits with dentate bushes (the sprocket) of the countershaft. When the marking is lacked it is necessary to renovate it;

- the reducer's disassembly is provided at the turbounits with a reducer instead of the countershaft's node.

After a prior cleaning and washing the process of the rotor's visual inspection and the inspection for likely defects takes place. A close-up inspection is performed for the rotor's necks and thrust plates, pillow blocks and axial bearing blocks, parts of the labyrinth blocks, parts of the detachable brass gaskets of every bearing type. Lower radial clearances in the blade unit device and labyrinth blocks of the compressor and the turbine are checked.

Fitting of the operating turbine blades in the disk's slots is checked during the inspection for likely defects. The fitting is normal when the blade is freely swinging in the tangential direction. Moving of the blade's top must be not less than 2 mm. розлопачування rotor and the inspection for likely defects of the operating blades takes place after the disk's inspection for likely defects.

By the results of the inspection of the blade unit of the axial compressor and gas turbine, the necessity of shoveling of the whole stages or replacement the separate blades is defined. Blades, with cracks, initial edges' breaking, great erosive wear-out, reduced to the

великий ерозійний знос, зменшені вище зазначеного допуску хорди і кромки, підлягають заміні.

Проводиться огляд зубчатих муфт. Перевіряють розбіг коронок або проміжних валів, кріплення зубчатих муфт на валах і відповідність їх посадки паспортним вимогам, стан зубців, стан стопорів, наявність нормального підводу мастильного матеріалу. До основних дефектів зубчатих муфт відносяться: знос і поломка зубців, ослаблення посадки, биття муфти.

При дефектації корпусів компресора і турбіни проводиться огляд на наявність тріщин у таких місцях, як пази ущільнюючих обойм, місця кріплення стяжок, пази обойми упорного і опорного диску. Особлива увага звертається на кріплення стяжок корпусу турбіни, де найбільш вірогідне виникнення тріщини. Глибина та напрямок тріщин можуть бути визначені за допомогою ультразвукового контролю. У процесі дефектації перевіряється також наявність короблення внутрішніх елементів компресора і турбіни: обойми ущільнень, обойми напрямних лопаток та ін. Виявлені дефекти записуються у відомість обсягу робіт.

Розбирання і дефектація редуктора

При розбиранні і дефектації редуктора необхідно керуватися керівництвом заводу-виробника. Перед дефектацією деталей редуктор необхідно розібрати, очистити від забруднень, шламу і промити.

У процесі дефектації виконуються наступні контрольні операції:

- перевірка на паралельність і схрещування осей валів зубчатої передачі;
- контактні поверхні зубців зачеплення колеса та шестерні;
- контроль осьового розбігу шестерень;
- перевірка на наявність дефектів на зубцях;
- контроль стану вкладишів підшипників;
- контроль стану шийок валів зубчатої пари.

У процесі дефектації зубців колеса і шестерні зубчатої пари редуктора контролюється руйнування зубців, наявність на поверхні зубців пітингу, викришування тощо. Пітинг вважається найбільш небезпечним видом зношування, при якому зубчаті пари для подальшої експлуатації непридатні.

chord tolerance must be replaced.

The inspection of toothed couplings is performed. The inspection is also performed for the runway of crowns or countershafts, fittings on the shafts' toothed couplings and their matching to the record requirements, the toothing and locks condition, the supply of oil. The main defects of toothing are: its' wear-out and breaking, fit loosening, beating of the coupling.

During the inspection for likely defects of the compressor's and turbine's casings it is necessary to perform the inspection for cracks in slots of the sealing box, buckle fittings, slots of the supporting and axial disc. Special attention is paid to the fittings of the turbine's buckle casing, where cracks can occur. Depth and direction can be defined with ultrasonic inspection.

During the inspection for likely defects the possibility of bending of the compressor's and turbine's inner parts is checked, namely: the sealing boxes, the guide vane boxes etc. Detected defects are put down in the list of work performance.

The reducer's disassembly and the inspection for likely defects

During the reducer's disassembly and the inspection for likely defects it is necessary to follow the manufacturer's recommendations. Before the inspection for likely defects it is necessary to take the reducer apart, clean and wash it.

During the inspection for likely defects the following operations are performed:

- the inspection of gear's shaft axes for its parallelism and intersection;
- the control of contact surfaces of the wheel's and gear's coupling toothing;
- the inspection of the axial acceleration of the pinion gear;
- the inspection for the toothing defects;
- the inspection of the bearing liner's condition;
- the inspection of the shaft's neck of the gear pair condition;

During the inspection for likely defects of the wheel toothing and the pinion gear's of the reducer the destruction of the toothing is controlled teeth питинга, aliquation, etc. Питинг is considered the most dangerous type of the wear-out, when the gear pairs are impossible to use.

Розбирання і дефектація нагнітача

Розбирання нагнітача необхідно проводити у відповідності 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 із розбирання. Розбирання і дефектація нагнітача виконується у наступній послідовності:

- знімають кришку блоку підшипників;
- очищають площини горизонтального роз'єму від шламу і пластинчастим щупом 0,03 мм перевіряють щільність його прилягання;
- знімають кріпіння, віджимають кришку нагнітача віджимними болтами і за допомогою кран-балки знімають кришку нагнітача та встановлюють її на спеціальні підставки;
- перевіряють стан ущільнюючих кілець всмоктуючої камери. Пошкоджені кільця підлягають заміні;
- за допомогою свинцевих відтисків перевіряється зазор між ущільнюючим кільцем і вусиками ущільнення на покриваючому диску. Наявність нерівномірного зазору у цьому ущільненні, який служить для розділення всмоктуючої та нагнітаючої камер, призводить до виникнення додаткових динамічних навантажень в елементах робочих коліс;
- перевіряють стан вусиків ущільнення по покриваючому диску робочого колеса. Пошкоджені вусики при ремонті виправляють або підлягають заміні.

Найчастіше тріщини на деталях нагнітача виявляються на посадковому місці вала під напівмуфту, робочому колесі в районі шпонкових пазів і на покриваючих 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.

The supercharger's disassembly and its inspection for likely defects

It is necessary to perform the supercharger's inspection in accordance with the manufacturer's instructions. The order of the supercharger's opening and repair is regulated by the Rules for technical maintenance of compressor stations with a gas-turbine drive.

Before the supercharger disassembly it is necessary to disconnect it from the gas pipeline network and provide all necessary conditions for safe disassembly operations. The supercharger's disassembly and its inspection for likely defects are performed as following:

- the lid of the bearing block is removed;
- the horizontal connector surfaces are cleaned from slime and by means of 0,3 mm disk-shaped probe the density of its fit is checked.
- the fasteners are removed, the lid of the supercharger is released by puller bolts and by means of a beam-crane the supercharger's lid is removed and is put on special stands;
- the condition of the seal rings in the suction chamber is checked. The Damaged rings must be replaced;
- by means of leaden print is a clearance between a seal ring and a nib of the compaction on the covering disk is checked. An uneven clearance in this compaction, which serves to divide soaking and pumped chambers, can cause additional dynamic loads in the impeller parts.
- the condition of a nib of the compaction on the covering disk of the impeller. Damaged nibs are straightened or replaced during the repair.

Most often cracks on the supercharger details are detected on the shaft landing place under a half-coupling; on the impeller near key slots, on the covering disk of the impeller, and on welded couplings. During the inspection for likely defects in the identified places must be carefully checked for cracks. Metal thickness of the supercharger's technological bindings in the gas-pipelines must be controlled in places of bending.

Розбирання і дефектація камери згорання.

Перед початком розбирання необхідно перевірити герметичність кранів і щільність фланцевих з'єднань трубопроводів підводу до камери згорання паливного газу. Розбирання і дефектація камери згорання проводиться у наступній послідовності:

- з фланцевого роз'єму кришки камери згорання видаляються теплоізолюючі мати;
- від'єднуються запальник, трубопроводи основного, чергового та запалюючого пальника, знімається пальниковий пристрій;
- знімається кришка камери згорання, фронтний пристрій, демонтується полуменева частина і змішувач.

Після цього всі елементи камери згорання і змішувач, реєстри, пальники, шпонкові з'єднання і особливо зварні шви підлягають ретельному очищенню і огляду через 5...7-кратну лупу. Найбільш поширеним дефектом деталей камери згорання є тріщини. На лопатковому змішувачі тріщини в основному виявляються на зварних швах, а також можуть з'являтися на самих лопастях і в місцях приварювання лопастей до жарової труби. На фронтальному пристрої тріщини зустрічаються в основному в місцях приварювання лопаток реєстрів обічайок і на самих обічайках. На основному пальнику тріщини можуть утворюватись на зварних швах, а також у місцях приварювання корпуса з отворами для виходу газу. На перехідному патрубку може спостерігатися обгорання патрубка глядіння і тріщини у зварних швах зовнішнього патрубка.

Виникнення тріщин і руйнувань елементів камери згорання викликане термічною втомою металу внаслідок циклічної зміни температур і втомою при теплових деформаціях елементів конструкції та вібраційного навантаження деталей в результаті пульсацій робочого середовища при роботі камери згорання.

Розбирання і дефектація мастильної системи.

Мастильна система газотурбінного агрегату містить пусковий та резервний оливні насоси, гвинтові оливні насоси, газовідокремлювач, оливоохолоджувачі, інжектори, бак для оливи і

The combustion chamber's disassembly and its inspection for likely defects

Before the disassembly it is necessary to check the taps pressurization and density of the pipeline flange couplings to the combustion chamber with fuel gas. The combustion chamber's disassembly and its inspection for likely defects are performed as following:

- heat insulation gasket are removed from the flange connector of the combustion chamber's lid;

- the ignitor, the pipelines of the main, assistant and a starting device of the ignitor are disconnected; then the starting device is removed.

- the lid of the combustion chamber, the front device, полуменева part and the mixer are removed.

After that all parts of the combustion chamber and the mixer, registers, ignitors, key couplings and particularly welded seams must be thoroughly cleaned and inspected by means of 5...7-fold magnifying glass. The most wide-spread defects of the combustion chamber's parts are cracks. The cracks on the blade mixer are usually detected on the welded seams, besides they can occur on the blade and the areas where the blades are welded to the flame tube. On the front device the cracks occur usually in the areas where the registers' blades of

obVchayok are welded and obVchaykah themselves. Cracks can be formed on welded seams, as well as in the areas where the body is welded to the openings for gas discharge. On the reducer the burning of the connecting nozzle glyadVnnya and cracks in welded seams of the external nozzle.

The formation of cracks and destruction of the combustion chamber's parts may be a result of thermal metal fatigue because of temperature cycling changes and fatigue at thermal deformation of the details and vibration load as a result of environmental pulsation during the combustion chamber operation .

The lubricating system disassembly and the inspection for likely defects.

The lubricating system of a gas-turbine unit contains the priming oil pump and the standby oil pump, screw oil pump, the gas separator, oil coolers, injectors, oil tanks, shutoff valves (taps, valves,

запірну арматуру (крани, вентиля, заслінки, зворотні клапани, оливоопроводи та інш.).

При розбиранні пусковий та резервний насос спочатку демонтують з оливного баку разом з електродвигуном. Вал насоса у складеному стані повинен повертатись від руки. При дефектації гвинтового оливного насоса спочатку перевіряється центрування за напівмуфтами валів насоса і електродвигуна. При дефектації шестеренчастого оливного насоса вимірюються зазори у зачепленні шестерень і зазори між внутрішніми розточками корпуса і вершинами зубців, які повинні складати відповідно 0,2...0,3 мм і 0,05...0,1 мм. Осьові зазори визначають за свинцевими відтисками. Нормальною вважається величина осьового зазору у межах 0,05...0,1 мм. Збільшення радіальних та осьових зазорів призводить до втрати продуктивності та напору, що розвивається насосом.

Дефектація оливного баку проводиться шляхом зовнішнього огляду і огляду внутрішньої порожнини бака. Зовнішній огляд проводиться до зливання з баку оливи для виявлення витікання оливи по швах. Перед внутрішнім оглядом демонтуються і виймаються насоси та фільтри. Після зливання оливи оливний бак повинен бути ретельно провентильований для видалення парів оливи. У процесі внутрішнього огляду визначають характер та ступінь забрудненості відсіків оливного бака, сітчастих фільтрів, цілісність сіток і стан кріплення плоских пружин. Фільтри з проривами сіток бракують.

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

Очистка і промивка деталей газотурбінної установки

При ремонті ГТУ в умовах компресорної станції і на спеціалізованих ремонтних базах використовують механічні способи очищення, гідродинамічне струменеве очищення миючими розчинами та аерозолями і промивку 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 шорошок, ручних роторних машинок очищують деталі проточної частини

dampers, check valves, oil pipelines etc.).

During the disassembly the priming oil pump and the the standby oil pump are dismantled from the oil tank with the electric motor. The pump's shaft in a folded condition must turn manually. During the inspection for likely defects of the screw oil pump first of all the engineer must check centering by half-coupling of the pump shaft and the electric motor.

During the inspection for likely defects of the gear oil pump the clearances in gear couplings are measured as well as clearances between internal borings of the body and toothing upper parts, which must be accordingly 0,2...0,3 mm and 0,05...0,1 mm. Axial clearances are defined by leaden stamps. The value of the axial clearance within 0,05...0,1 mm is considered normal. Increasing of radial and axial clearances leads to losing of capacity and pressure, which are developed by the pump.

The inspection for likely defects of the oil tank is performed with a visual inspection and an inspection of the internal internal cavity of the tank. The visual inspection is performed before an oil drain from the tank to detect an oil drain in the seams. Before the internal inspection the pumps and filters are unmounted and taken out. After an oil drain the oil tank must be carefully ventilated to remove oil vapour. During the internal operation the nature and a contamination level of the oil tank chambers, screen filters, the integrity of the nets and the condition of the the flat springs' fastenings. The filters with breaks of the nets are rejected.

The inspection for likely defects of the injectors means the inspection of the nozzles. The nozzles with an increased diameter of the opening (wear-out), shivering and significant zaboWni are rejected.

Cleaning and washing the details of the gas-turbine unit

The GTU are repaired at the compressor stations and at a specialized repair base by means of mechanical cleaning, hydrodynamic radial cleaning with washing solutions and aerosols, and washing with different solvents.

The details are cleaned of rust, dross, hardened oil levels and other depositions, paints are cleaned mechanically. This method uses scrapers, metal brushes, mechanic щорошок, manual rotor devices to clean the details of the turbine air-gas channel, the combustion

турбіни, камери згорання, роз'єми корпусів, регенератори, поверхні корпусів та трубопроводів.

Особливо трудомістким є процес очищення проточної частини компресора. В умовах спеціалізованої ремонтної бази для очистки проточної частини компресора і лопаткового апарата добре зарекомендувала себе гідродинамічна очистка аерозолем. Процес очистки наглядно показаний на знімку (рис. 1). На забруднені лопатки, бочку і статор компресора під тиском через спеціальний струменевий інжектор подається пульпа, яка складається з 1 частини маршаліту і 3 частин гарячої води. Процес очистки проходить у спеціальному закритому боксі. Після очистки проточна частина просушується стисненим повітрям.

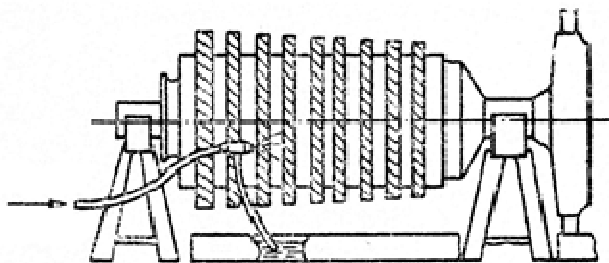


Рис. 1. Схема очищення ротора осевого компресора: 1 – ротор компресора; 2 – опори; 3 – резервуар з сумішшю води з маршалітом; 4 - сопло

Очистка деталей від паливомасильних забруднень проводиться промивкою в спеціальних піддонах керосином або соляром. При промивці вкладишів особливу увагу необхідно приділяти якості очистки каналів підводу мастильного матеріалу та інших важкодоступних місць.

Відкладення накипу значно знижують ефективність теплообміну, що в кінцевому результаті відбивається на роботі всієї турбоустановки. Водяну порожнину від відкладень солей очищують механічним способом за допомогою прутка-шомпола зі спеціальною насадкою-пером і хімічним способом 3% розчином соляної кислоти з добавкою інгібітору

chamber, the body connectors, regenerators, the body surfaces and pipelines.

Cleaning of the compressor air-gas channel is particularly labour-consuming. Hydrodynamic cleaning of this part and the blade unit of the compressor with an aerosol at a specialized repair base has some advantages. The process of cleaning is graphically shown on picture (fig. 1). Some pulp, which consists of 1 part of marshalVtu and 3 parts of hot water is fed on the polluted blades, the barrel and the stator of the compressor through a beam injector at pressure . The cleaning takes place in a special locked box. After cleaning the air-gas channel is dried with compressed air.

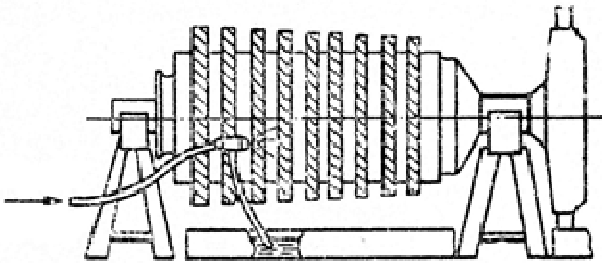


Fig.. 1. The chart of cleaning of the axial compressor rotor: 1 - the compressor rotor; 2 - bearings; 3 - the reservoir with a mixture of water and marshal; 4 - the nozzle

Cleaning of the details from fuel and oil contamination is performed by washing them in special trays by kerosene or solar oil. When washing of the bushings it is necessary to pay attention to qualified cleaning of the oil supply pipelines and other hard-to-reach spots.

Scum depositions vastly reduce the heat exchange efficiency that is finally resulted in the turbounit operation. The water cavity is cleaned of salt depositions mechanically by means of a stick with a special feather attachment. Cleaning is also performed with a chemical method of 3% solution of hydrochloric acid with inhibitor.

Лекція 4

РЕМОНТ ОСНОВНИХ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ ГАЗОТРУБІННИХ УСТАНОВОК СТАЦІОНАРНОГО ТИПУ

Ремонт корпусів.

Основними дефектами корпусів газотурбінних установок, які підлягають усуненню при ремонті, є короблення фланців горизонтального роз'єму циліндрів, короблення корпусу турбіни, тріщини, раковини, пористості тіла корпусу, відрив опорних лап від опорних поверхонь стійок фундаментних рам, деформація обойм ущільнення осьового компресора турбіни і мастильних ущільнень, деформація і зрив різі кріплення.

Найбільш складним і трудомістким процесом при ремонті є усунення короблення фланців горизонтального роз'єму циліндрів і корпусу турбіни. Короблення зазначених елементів порушує герметичність фланцевого роз'єму, що викликає витікання робочого газу і знижує ККД установки.

Усунення короблення фланців досягається шліфуванням, шабруванням і притиранням роз'ємів.

Усунення на корпусах таких дефектів як тріщини, раковини і пористість проводиться заварюванням. При заварюванні тріщин використовують зазвичай прийняті в ремонтній практиці прийоми. Для заварювання тріщин у корпусі, вставках, екранах і компенсаторах турбіни використовують різні електроди в залежності від марки сталі елемента, що підлягає ремонту. Пористості та раковини на циліндрі компенсатора, а також риски і задири на роз'ємі осьового компенсатора у місцях, де температура не перевищує 100°C, дозволяється заклеювати замазкою.

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 встановленому в формулярі паспорта нормативу.

Ремонт роторів

У процесі ремонту ротора усуваються такі дефекти, як биття упорного диска, задири і риски на шийці та упорному диску,

Lecture 4

REPAIRS OF THE MAIN DETAILS AND NODES GAZOTRUBVNNIH INSTALLING THE STATIONARY TYPE REPAIR BODY

The Main defect body gazotrubVnnih installation, which subjects to removal at repair, is a warping flange horizontal connector cylinder, warping the body of the turbine, rifts, sinks, porosity of the body of the body, take-off of the supporting paws from footprints rack фундаментных paradise, deforming the cartridge clips of the compaction of the axial compressor of the turbine and lubricating compactions, deformation and failure of the thread of the fastening.

The most complex and the most labour-consuming process at repair is an eliminating the warping flange horizontal connector cylinder and body of the turbine. Warping specified element breaks the hermeticity of the flanged connector that causes the outflow a worker gas and reduces KPD installation.

Eliminating the warping flange is reached by polishing, шабруванням and притиркой connector.

Removal on body such defect, as rifts, sinks and porosity is conducted завариванием. Under заваривании rifts use usually received a visit at repair practical person acceptance. For заваривания rifts housed, insertion, screen and compensator of the turbine use the different electrodes depending on marks become element pVdgyagaT repair. Porosity and sinks on cylinder of the compensator, as well as risk and burrages on connector of the axial compensator in places, where temperature does not exceed 100 os, is permitted to stick the putty.

The Repair body ends removal a defect systems of the cooling. For this pipe lines of the systems of the cooling опресовують compressed by air and reveal the place of the drain of the air. The Damaged pipe lines change. Clean sniffled and check the system of the cooling on correspondence to installed in card of the passport of the standard.

Repair rotor

Such defects withdraw In process of the repair of the rotor, as beating the stubborn disk, burrages and lines on shake and stubborn

конусність, овальність і бочкоподібність шийок.

Незначне биття упорного диска (0,06...0,12 мм) допускається виправляти вручну шабруванням з наступним шліфуванням шліфувальною стрічкою на матерчатій основі і поліруванням пастою ГОІ.

Великі подряпини і задири глибиною більше 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.

Ремонт зубчатих муфт.

Зубчаті муфти є одними з найбільш відповідальних вузлів газотурбінної установки. Стан зубчатих муфт визначає надійність з'єднання валів при передачі обертового руху і в значній мірі впливає на рівень вібрації роторів при роботі установки. Тому якості ремонту зубчатих муфт приділяється особлива увага.

При ремонті зубчатих муфт повинні бути усунені всі несправності і дефекти, які були виявлені в процесі дефектації. Забоїни, заусенці на торцевих поверхнях коронки, незначні подряпини на болтах і в отворах зачищаються бархатним напилком і мілкою шліфувальною стрічкою. При значних пошкодженнях на болтах і в отворах отвори розвертають до видалення задириків, а болти замінюють на нові відповідно збільшеного діаметру. При цьому маса знятого з отвору металу повинна дорівнювати додатку такої на болті. Різниця зазначених мас не повинна перевищувати 30 г. При необхідності проводиться підгонка прилягання зубців муфти між собою по фарбі способом шабрування. Пошкоджені стопорні шайби замінюють на нові.

Особлива увага при ремонті зубчатої муфти приділяється стану посадки муфти на вал і зазорам у зачепленні, від яких у значній мірі залежить рівень вібрації роторів. Муфти з ослабленою посадкою і з неприпустимо збільшеними зазорами у зачепленні замінюють на нові.

Ремонт лопаткового апарата.

При ремонті лопаткового апарата виявлені при дефектації на лопатках забоїни, заусенці зачищають надфілем і шліфувальною стрічкою. Загнуті кромки лопаток виправляють рихтуванням. Шліфовку лопаток необхідно виконувати обережно, щоб не

змінити профіль лопатки. Перед шліфуванням лопатки виймають із пазів диска.

Робочі лопатки турбіни із значним зносом по торцях і як результат зменшеною висотою при ремонті відновлюють аргонодуговою наплавкою з наступним шліфуванням до номінального розміру за висотою.

При постановці лопаток турбіни у пази дисків хвостовики лопаток змащують гліцерином або касторовим маслом. Лопатки складають згідно маркування на диску, на самих лопатках і на вставках. Останньою встановлюється замкова лопатка, потім загвинчується стопорний гвинт і його зачеканюють.

Ремонт підшипників.

При ремонті 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 оставляти, ретельно скругливши їх краї.

Часткове відновлення бабітової заливки інколи виконується наплавленням бабітом. Товщина наплавленого шару повинна вибиратися з урахуванням величини верхнього мастильного зазору у вкладиші з припуском 3...4 мм на сторону для механічної обробки.

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

- виплавлення старої бабітової заливки;
- підготовку поверхні вкладиша під полуду;
- контроль і рихтування вкладиша;
- лудіння поверхні вкладиша;
- підготовка вкладиша до заливки бабітом;
- складання форми під заливку;
- заливка бабітом;
- огляд, контроль і виправлення дефектів після заливки бабітом.

Ремонт камери згорання

Ремонт камери згорання в основному полягає у відновленні або заміні пошкоджених жарових вузлів і відновленні теплоізоляції. Крім цього в процесі розбирання та дефектації повинно бути проведено ретельне очищення всіх отворів у головках основних і чергового пальників.

При виявленні на деталях камери згорання тріщин допускається проводити заварювання тріщин відповідним матеріалу деталі електродом.

Підчас складання камери згорання необхідно забезпечити співвісність усіх її елементів. Фронтальний пристрій повинен входити у вогневу частину камери вільно, з рівномірним зазором по окружності. Основний пальник повинен входити у фронтальний пристрій також вільно, з рівномірним зазором по окружності.

Ремонт редуктора

До якості ремонту редуктора висуваються 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. При виявленні цього дефекту в процесі дефектації його усувають шабруванням з наступною перевіркою прилягання площин за фарбою. Прилягання вважається задовільним при рівномірному розподілі відбитку фарби за всією площиною роз'єму.

Важливою умовою нормальної роботи редуктора є суворе дотримання взаємного розташування осей корпусу з установленими в ньому вкладишами. Виконання цієї умови забезпечується при виконанні наступних передумов:

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

Завершальним етапом ремонту редуктора є доводка зубчатого зачеплення прикатуванням зачеплення з пастою ГОІ.

Ремонт нагнітача

Ремонт корпусних деталей, підшипників, лабіринтових

ущільнень, шийок ротора нагнітача проводиться способами, аналогічними вище описаним.

Особлива увага при ремонті нагнітача звертається на стан деталей торцевого ущільнення. Виявлені сколи, подряпини, кільцеві риски, забоїни на робочих та спряжених поверхнях у межах установлених допусків зачищають. У випадку порушення нормальності розташування слідів натирів робочу поверхню кілець і обидва кільця ущільнення притирають відповідно по плиті і один до одного. Пошкоджені пружини (тріщини, значна корозія, значна залишкова деформація) замінюють на нові.

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 проводиться остаточна перевірка всіх зазорів і установочних величин з обов'язковим занесенням їх у ремонтний формуляр.

Складання ГТУ проводиться у наступній послідовності:

- укладаються нижні половини втулок (обойм) лабіринтових ущільнень і нижні половини вкладишів. Перед встановленням необхідно перевірити оливні канали у вкладишах під подушками на вільність доступу оливи у підшипники;

- встановлюються на місця нижні половини ущільнюючих плаваючих кілець головного оливного насосу та імPELLера і обійми мастильних ущільнень;

- попередньо змастивши турбінним мастилом шийки ротора і робочу поверхню вкладишів проводиться укладка роторів у циліндри. Перед укладанням ротор повинен бути виставлений у строго горизонтальне положення і зорієнтований точно над віссю циліндра.;

- проводиться складання підшипників і ущільнюючих обійм, ущільнюючих кілець головного оливного насосу, імPELLера та інших елементів турбоблоку, складання яких повинно бути виконане до закриття циліндрів.

Після виконання всіх перерахованих складальних операцій приступають до закриття циліндрів. Затягування болтів фланцевого з'єднання циліндрів необхідно проводити у строгій послідовності, без перекосів, створюючи у болтах однакове зусилля.

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

Цикл ремонту завершується перевіркою справності і при необхідності виконанням регулювання всіх вузлів і систем агрегат. Перевірка проводиться як на непрацюючому агрегаті, так і під час його роботи при пробному пуску на холостому ході і під навантаженням. Перед пробним пуском проводиться прокачування мастильної системи.

Згідно інструкції заводу-виробника проводиться перевірка роботи і регулювання регулятора тиску мастила, мастильних вимикачів бойкових автоматів безпеки, стопорного та регулюючих клапанів, регулятора приємності, повітряних випускних клапанів, вузла перемикання турбодетандера. Перевіряється також спрацювання попереджувальної та аварійної сигналізації, встановлення дистанційних шайб, покажчиків теплового розширення, робота системи відсмоктування повітря з-під обшивки турбіни.

Після усунення всіх дефектів, виявлених у період пусків та перевірки спрацювання автоматів безпеки, проводиться перевірка роботи агрегату під навантаженням на протязі не менше ніж 24 год. При цьому уважно стежать за роботою всіх вузлів установки і контрольованими параметрами. При відсутності дефектів по закінченню випробування агрегат приймається з ремонту в експлуатацію.

ПИТАННЯ ДО 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 «ресурсу», «строку служби». Які бувають «ресурси» і від яких чинників залежить «ресурс» машин?
4. Дайте визначення «надійність». Якими показниками

визначається надійність? Охарактеризуйте показники надійності.

5. Охарактеризуйте існуючі методи ремонту машин (знеособлений, не знеособлений, агрегатно-вузловий).

6. Що називають системою ремонту?. Які існують системи ремонту машин? Дайте 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? Дайте коротку характеристику видам технологічних процесів. Яка вихідна інформація потрібна для розробки технологічного процесу ремонту?

9. Які показники визначає система ППР стосовно ремонту компресорного обладнання? Охарактеризуйте ці показники.

10. Які заходи здійснюються на КС при виконанні ППР компресорного обладнання?

11. Розкрийте поняття «технологічність при ТО» і «ремонтна технологічність» ГПА. Якими показниками вони визначаються?

12. Які заходи здійснюються при підготовці ГППА стаціонарного типу до ремонту? Яка послідовність підготовки агрегату до ремонту?

13. Наведіть послідовність розбирання турбіни ГТУ стаціонарного типу.

14. Охарактеризуйте процес дефектації ротора ГТУ стаціонарного типу. Назвіть основні дефекти ротора і причини їхнього виникнення.

15. Назвіть основні дефекти лабіринтних ущільнень ротора і способи їх виявлення.

16. Порядок розлопачування ротора і дефектації лопаток. Основні види дефектів лопаток осьового компресора і лопаток турбін ГТУ стаціонарного типу.

17. Порядок дефектації і основні дефекти зубчатих муфт ГТУ стаціонарного типу.

18. Порядок дефектації і основні дефекти напрямних лопаток ГТУ стаціонарного типу.

19. Назвіть основні параметри які підлягають контролю при

дефектації редуктора. Як проводиться перевірка на паралельність осей валів зубчатої передачі і перевірка осей зубчатої передачі на схрещування.

20. Наведіть порядок і послідовність розбирання нагнітача. Які параметри підлягають контролю у процесі розбирання нагнітача?

21. Наведіть послідовність розбирання і порядок дефектації мастильної системи ГТУ стаціонарного типу.

22. Охарактеризуйте процес очистки і промивки ГТУ стаціонарного типу

23. Назвіть основні дефекти корпусів ГТУ стаціонарного типу і охарактеризуйте способи їх усунення при ремонті.

24. Назвіть основні дефекти роторів ГТУ стаціонарного типу і охарактеризуйте способи їх усунення при ремонті.

25. Яке призначення динамічного балансування роторів ГТУ? Наведіть схему і дайте пояснення сил, що діють на підшипники (опори) врівноваженого і неврівноваженого ротора під час його обертання.

26. Охарактеризуйте процес ремонту лопаткового апарата ГТУ стаціонарного типу.

27. Охарактеризуйте процес ремонту камери згорання ГТУ стаціонарного типу.

28. Охарактеризуйте процес ремонту редуктора. Наведіть схему і поясніть принцип центрування осей редуктора за контрольними валами.

29. Охарактеризуйте процес ремонту нагнітача.

30. Порядок складання і випробування ГТУ стаціонарного типу після ремонту.

МОДУЛЬ №2 "РЕМОНТ ПОРШНЕВИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ І ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРИВ"

Лекція 5

РЕМОНТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРШНЕВИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ І ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРИВ

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 відносяться до компресорних машин об'ємної дії, в яких стиснення і переміщення робочого газу відбувається шляхом періодичної зміни об'єму робочих камер (циліндрів) при зворотно-поступальному русі поршнів.

У сучасних потужних газомоторних компресорах і ПГПА функції силового агрегату виконують поршневі газові двигуни внутрішнього згорання, оснащені системою турбонадуву. В якості привода компресора застосовуються також електродвигуни. Основні процеси, що зумовлюють виникнення несправностей і відмов поршневих компресорних агрегатів, пов'язані із зносом, залишковою деформацією та руйнуванням деталей, які викликані тертям, тривалим статичним навантаженням, змінними механічними та 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 згорання, поршнях і верхній частині циліндрів силового агрегату, смолистих та інших відкладень в мастильних каналах, накипу на поверхні деталей, що охолоджують водою. Незважаючи на різноманітність схем компоновки і рішень конструктивного виконання способи і технологія ремонту конструктивно-подібних и подібних за призначенням деталей і вузлів ПГПА і ПК у загальному випадку є однотипними.

Особливості технологічного процесу ремонту поршневих компресорних агрегатів визначаються:

- великою різноманітністю матеріалів, форм, розмірів і видів

обробки деталей;

- жорсткими вимогами до точності взаємного розташування і взаємозамінності деталей;

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

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

- великою трудомісткістю монтажу, контролю, і регулювання параметрів складальних одиниць, механізмів і робочих параметрів агрегату в цілому.

Найбільш трудомісткі і відповідальні ремонтно-відновлювальні операції виконуються при ремонті фундаментних рам (станин), силових і компресорних циліндрів, блоків циліндрів, колінчатих 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 і вузлів ПГПА. В деталях силового агрегату додаткові пошкодження і тріщини виникають внаслідок нерівномірності наростання температури під час запуску і прогріву 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 впливає газову корозію і прогорання головки поршнів силових циліндрів, стінок силових циліндрів, ущільнюючих фасок вихлопних клапанів і клапанних сідел.

Силкові і компресорні циліндри, поршні і поршневі кільця силових и компресорних циліндрів, поршневі пальці, підшипники верхньої і нижньої головок шатуна, корінні та шатунні шийки і корінні підшипники колінчатих валів, штоки, башмаки, пальці і підшипники пальців крєйцкопфів у процесі експлуатації піддаються дії тертя при значних об'ємних, контактних і теплових навантаженнях, що викликає зношування їх робочих поверхонь. При порушенні теплового режиму і нормальних умов змащування можливі задири робочих поверхонь. Крім цього, знакозмінний

циклічний характер навантаження нерідно стає причиною утворення утомних тріщин і руйнування деталей, особливо у різьбовій частині штоків, шатунних болтів, щоках, галтелях і циліндричній частині шийок колінчатих валів, бабітовій заливці вкладишів підшипників.

Іншими, досить шкідливими явищами, що спричиняють пошкодження деталей ПГПА, є кавітаційне руйнування і корозія. Пошкодження кавітаційного характеру зустрічається на колесах центробіжних насосів системи охолодження, поверхонь гільз і блоків циліндрів силового агрегату, які омиваються циркуляційною водою. Місця кавітаційного пошкодження є концентраторами напружень і служать осередком зародження утомних тріщин. Процеси корозії частіше всього розвиваються на сталевих деталях, що входять до системи охолодження та деталях агрегату, які охолоджуються водою.

Характер і частота появи дефектів, а відповідно і об'єм ремонтних робіт, залежать від рівня технічної досконалості конструкції агрегату, якості технологічного процесу виготовлення (ремонт), міжремонтного технічного обслуговування і режиму його експлуатації. Конструкція і матеріали основних деталей і вузлів ПГПА і ПК, ступінь забезпечення їх взаємозамінності дозволяють проводити ремонт заміною зношених і пошкоджених деталей, обробкою деталей в межах допуску на розміри або до ремонтних розмірів, застосовувати при ремонті такі методи відновлення деталей як зварювання, наплавлення, пластичне деформування тощо. Однотипність конструктивно-технологічних рішень багатьох деталей та вузлів дає можливість розробляти і здійснювати ремонт (відновлення) по типовим і груповим технологічним процесам.

ЛЕКЦІЯ 6

РЕМОНТ ОСНОВНИХ ДЕТАЛЕЙ І ВУЗЛІВ ПОРШНЕВИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ І ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРІВ

Ремонт фундаментних рам

Типовими дефектами фундаментних рам ПГПА, що виникають під час тривалої експлуатації, є знос базових поверхонь

і поверхонь гнізд (постілі) корінних підшипників колінчатого валу, замків підшипників, верхньої та вертикальної опорних площин, по яким 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 вісі 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).

Дефектація фундаментних рам для виявлення тріщин проводиться спочатку візуальним оглядом або обстукуванням молотком. Підозрілі на наявність тріщин місця зачищають і оглядають за допомогою лупи. Герметичність фундаментних рам (кратерів) перевіряють наливом і контролем просочування води.

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

- відхилення від прямолінійності верхньої базової площини не повинно перевищувати 0,03 мм на 1 м довжини в усіх напрямках;
- верхня базова площина не повинна мати залишкових деформацій. Місцеві зноси від нагартування не повинні перевищувати 0,2 мм;
- усі гнізда (постілі) корінних підшипників повинні мати однаковий діаметр. Не допускається збільшення діаметрів вище встановленого допуску, який забезпечує надійну посадку вкладишів у гнізда та їх взаємозамінність;
- поверхні гнізд (постілей) корінних підшипників повинні мати правильну циліндричну форму. Овальність, конусність та інші відхилення не повинні перевищувати $\frac{1}{2}$ встановленого допуску на діаметр;
- вісі всіх гнізд (постілей) корінних підшипників повинні знаходитись на одній прямій лінії. Гнізда підшипників не повинні

мати ступінчатості;

- відхилення від паралельності загальної вісі гнізд (постілей) 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 не повинно перевищувати допуска посадки 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.

При виявленні тріщин у зазначених місцях рішення про можливість ремонту рами і технологія заварювання тріщин узгоджується із заводом-виробником. Складність ремонту фундаментних рам зварюванням обумовлена незадовільною зварюємістю 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 карбідоутворюючими елементами у покритті, мідно-сталевими, мідно-нікелевими і залізо-нікелевими електродами. Усунення тріщин зварюванням вважається виконаним якісно, якщо при зварюванні отримано метал зварного шва підвищеної у порівнянні з металом рами пластичності, з мінімальним проплавленням і з малою зоною термічного впливу.

Ремонт циліндрів.

Технологія ремонту циліндрів поршневих компресорних агрегатів в значній мірі визначається їх конструкцією, видом і характером виявлених при дефекації пошкоджень.

Основними дефектами робочих (силових) циліндрів ДВЗ і циліндрів компресорів є знос, подряпини і задири робочої поверхні (дзеркала) циліндра, тріщини на робочій поверхні, а циліндрових втулок і гільз додатково деформація і знос зовнішніх посадочних 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 задиру, різкого нагріву 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-квітаційного пошкодження поверхонь, що омиваються водою. Частіше всього тріщини з'являються у зоні камери згорання і на перемичках продувочних та вихлопних вікнах (у двотактних двигунах).

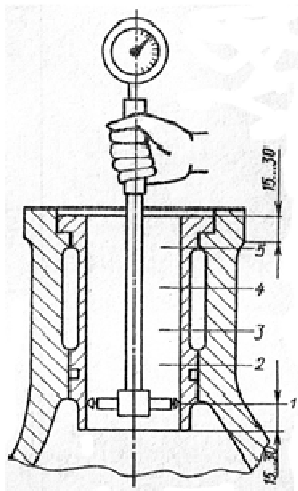
Робоча поверхня (дзеркало) циліндрів зношується нерівномірно. Найбільший знос має місце в зоні зупинки верхнього поршневого кільця при положенні поршня у верхній мертвій точці (В.М.Т).

Одночасно нерівномірність зношування спостерігається і по окружності циліндра, в результаті чого циліндр приймає форму овала з більшою віссю, що розташована у площині, перпендикулярній до вісі колінчатого валу

Дефектацію циліндрів (втулок) починають із зовнішнього огляду і контролю розмірів дзеркала циліндра. Внутрішній діаметр циліндра (втулки) вимірюють за допомогою штихмаса з мікрометричною голівкою або нутроміром з ціною поділки індикатора не більше 0,01 мм.

Вимірювання проводиться за декількома контрольними перерізами по довжині циліндра (рис. 2) по двом взаємно перпендикулярним напрямкам у кожному перерізі. Різниця більшого і меншого діаметрів, виміряних в одному перерізі, характеризує погіршеність форми поверхні циліндра (овальність) у даному перерізі, а різниця діаметрів у різних перерізах по висоті циліндра характеризує погіршеність його форми по висоті (конусність).

Рис. 3.6. Схема контролю розмірів циліндра за допомогою нутроміра



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). Обробку у такий спосіб проводять до повного видалення слідів зносу без дотримання певного розміру або до встановленого ремонтного розміру при умові, що збільшення внутрішнього діаметру (зменшення товщини стінок) циліндра (втулки) при цьому не повинно перевищувати гранично допустимої величини. У протилежному випадку втулку заміняють на нову.

Циліндри, зношені до останнього ремонтного або гранично допустимого для розточування діаметра можуть бути відновлені запресовкою гільзи з наступною її обробкою під номінальний розмір. Спосіб гільзування широко використовується при ремонті циліндрів автотракторних ДВЗ і компресорних циліндрів, де робоча поверхня циліндра виконана безпосередньо у тілі блока циліндрів або корпусі циліндра. Діаметр розточених і остаточно оброблених циліндрів (втулок) силових агрегатів не повинен відрізнятись на одному агрегаті більш ніж на $\pm 0,5$ мм.

Лекція 7

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ І ВУЗЛІВ ПОРШНЕВИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ І ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРИВ

Ремонт колінчатих валів.

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

Колінчаті вали виготовляють із високоякісних вуглецевих сталей марок 30, 40, 45, легованої сталі марки 40Х, а також із високоміцних чавунів, наприклад, ВЧ 50-1,5. У залежності від розмірів і технології виготовлення колінчаті вали можуть бути цільнокованими і складеними. За конструктивно-технологічними ознаками і технологією ремонту колінчаті вали поділяють на п'ять основних груп, які включають колінчаті вали поршневих компресорів і ДВЗ всіх типів:

Основними дефектами колінчатих валів, що виникають під час експлуатації, є: деформація (вигин) вала, тріщини, знос, задири,

забоїни, подряпини і корозія корінних і шатунних шийок, виробітка отворів фланцевих з'єднань і канавок під шпонку, пошкодження різі.

Деформація (вигин) колінчатого вала може відбутись під власною вагою вала у разі неприлягання однієї або декількох корінних шийок до корінних (рамних) підшипників та спільній дії на вал зовнішніх сил і залишкових технологічних напружень у металі, що виникають при виготовленні вала.

Під час роботи колінчатий вал зазнає дію різко змінних за величиною і напрямком згинаючих і скручуючих 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 при аварії в результаті обриву шатунних болтів, руйнування шатуна та перевищення діючих на вал розрахункових напружень.

Тріщини на колінчатих валах частіше всього з'являються на галтелях, щоках, на циліндричній частині шийок. Вали ДВС і компресорів при будь-якій тріщині довжиною 40 мм і більше незалежно від місця її розташування підлягають відбракуванню.

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

- проводиться огляд вала під час зупинки агрегату, перевіряють кріплення болтових з'єднань, нагрів частин вала, наявність видимих поверхневих дефектів;
- перевіряється (без розбирання агрегату) положення вісі вала по розбіжності шік;
- перевіряються зазори в з'єднанні вала з корінними підшипниками і з'єднанні вала з шатунними підшипниками;
- проводиться огляд корінних шийок при знятих верхніх кришках корінних підшипників, перевіряється стан тертьових поверхонь корінних шийок – наявність задирів, подряпин, виробітки циліндричної частини і галтелей;
- проводиться обмірювання корінних шийок на вийнятому з підшипника валі;
- проводиться огляд шатунних шийок після виймання шатунів, перевіряється стан тертьових поверхонь шатунних шийок

– наявність задирів, подряпин, виробітки циліндричної частини і галтелей;

- проводиться обмірювання при знятих шатунах (без підйому валу) шатунних шийок;

- проводиться контроль валу на наявність тріщин.

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

Технологічний процес відновлення колінчатих валів нанесенням плазмових покриттів включає наступні операції:

- механічна обробка (проточування) шийок для виправлення геометричної форми і видалення дефектного шару;

- абразивно-струменева підготовка поверхні шийок під напилювання;

- підігрів поверхні шийок;

- напилювання покриття;

- оплавлення (при використанні самофлюсуючихся матеріалів) нанесеного покриття;

- механічна обробка (шліфування) шийок на номінальний розмір;

- контроль якості покриття.

Для наплавлення використовують вуглецеву сталь або спеціальні порошкові наплавочні дроти. Після наплавлення шийки вала проточують і шліфують під номінальний розмір.

Завершальною операцією ремонту колінчатих валів є вихідний контроль. Основна увага звертається на відповідність 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 колінчатий вал повинен задовольняти всім вимогам, установленим нормативно-технічною документацією.

Ремонт корінних підшипників

Корінні (рамні) підшипники служать опорами колінчатого валу. По характеру навантажень, що сприймаються підшипником, корінні підшипники ковзання поділяють на опорні, призначені для сприймання радіального навантаження, і опорно-упорні, призначені для сприймання радіального та осевого навантаження.

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

При капітальному ремонті корінні підшипники відновлюють перезаливкою антифрикційного сплаву з наступною пригонкою по шийці валу.

Ремонт деталей шатунно-поршневої групи.

Шатунно -поршнева група за кількістю і функціональним призначенням деталей відноситься до найбільш складних вузлів ПГПА і поршневих компресорів. До основних деталей шатунно-поршневої групи відносяться поршні з поршневими кільцями, поршневі пальці, шатуни з підшипниками верхньої та нижньої головки, а в крейцкопфних агрегатах – крейцкопф, шток і сальникове ущільнення.

Поршні підлягають відбракуванню і заміні в наступних випадках:

- при виході в результаті зношування діаметра направляючої (тронкової) частини поршня і зазору між дзеркалом циліндра і направляючою поршня за межі гранично-допустимих для даного агрегату величин;
- на тілі поршня виявлені тріщини, величина, напрямок і розташування яких можуть привести до руйнування;
- на боковій поверхні поршня є глибокі задири, які не можуть бути усунені шліфуванням у межах допуску на розмір поршня;
- для усунення пошкодження канавок під поршневі кільця необхідна проточка, яка викличе зменшення ширини перемичок

між канавками більш ніж на 20% її початкової величини;

- при розточці циліндра на збільшений ремонтний діаметр;
- прогоріло дно поршня.

Зниження пружності за умови рівномірного зношування кільця по діаметру і збільшенні зазора в замку у межах встановленого допуску не повинно перевищувати 30%.

Заміна поршневих кілець проводиться також при розточці канавок при ремонті поршня і заміні поршня після розточки циліндра. Специфіка ремонту потужних ПГПА в умовах компресорної станції полягає в тому, що розмір ремонтних поршневих кілець визначається 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. В якості матеріалу для поршневих кілець частіше всього використовують сірий чавун.

Поршневі пальці зношуються по посадочним поверхням під підшипник (втулку) головки шатуна і під отвори поршня під поршневий палець. Дефектацію поршневих пальців проводять обмірюванням їх розмірів з точністю до 0,01 мм з одночасним обмірюванням спряжених з ними отворів поршня під поршневий палець і отворів підшипника (втулки) верхньої головки шатуна. Зношені по діаметру поршневі пальці за умови відсутності тріщин при ремонті можуть бути відновлені до номінального розміру.

Шатун – найбільш складна і важконавантажена деталь шатунно-поршневої групи. У залежності від конструкції агрегату шатуни поділяються на головні та причепні, а за конструктивним виконанням – з невід’ємною та від’ємною нижньою головкою.

Основними дефектами шатунів, що виникають під час експлуатації і підлягають усуненню при ремонті, є наступні:

- вигин і скручування стрижня шатуна;
- знос отворів під вкладиші підшипників і втулку нижньої та верхньої головок шатуна;
- наклеп від ударних навантажень і знос площин роз’ємів та опорних площин під головки шатунних болтів і гайки;
- пошкодження поверхонь, зміна розмірів та форми шатунних болтів і отворів під шатунні болти;

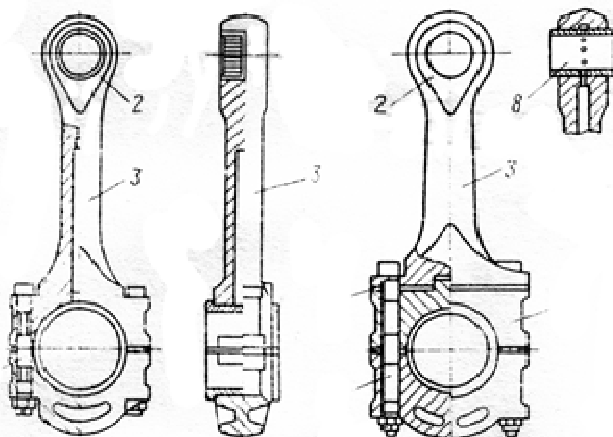


Рис. 3. Конструкція шатунів з від'ємною нижньою головкою: 1 – шатунний болт; 2 – верхня головка шатуна; 3 – стрижень шатуна; 4 – вкладиші підшипника нижньої головки шатуна; 5 – прокладка; 6 – нижня головка шатуна; 7 – підшипник (втулка) верхньої головки шатуна

– знос, задири, руйнування підшипників верхньої та нижньої головки шатуна.

Ремонт деталей газорозподільчого механізму.

Несправності газорозподільчого механізму ДВЗ поршневих компресорних агрегатів, що виникають під час експлуатації і підлягають усуненню при ремонті, частіше всього пов'язані зі зносом і пошкодженням деталей клапанного комплексу, сідел клапанів і розподільчого валу.

Найбільш характерним дефектом клапанів і сідел клапанів є знос ущільнюючих фасок, внаслідок чого порушується щільність прилягання клапана до сідла. Дефекти, пов'язані з прогоранням, характерні для випускних клапанів, через які з високою швидкістю і при температурі $\sim 900^{\circ}\text{C} \dots 1000^{\circ}\text{C}$ із циліндрів відводяться продукти згорання, що викликає газову корозію металу. Крім цього у клапанів зношується циліндрична поверхня стрижня клапана у парі з напрямною втулкою, можуть виникати тріщини на тарілці та стрижні клапана.

При невеликому зносі ущільнюючих фасок нещільність

прилягання клапана до сідла може бути усунена притиранням тарілки клапана до сідла. При великих зносах виявлені на робочій поверхні раковин, глибоких подряпин, слідів прогару фаски ремонтують, відновлюючи їх геометричну форму, ширину фаски та її розташування на сідлі і тарілці клапана.

Ремонт ущільнюючих фасок на клапанних сідлах проводиться фрезеруванням або шліфуванням із наступним притиранням взаємно з клапаном.

Основні дефекти розподільчих валів – знос опорних шийок і робочих поверхонь кулачків (кулачкових шайб), змінання і знос шпонкових пазів, вигин.

Вигин розподільчого валу усувають правкою в холодному стані або з місцевим підігрівом. Після правки вал перевіряється на наявність тріщин і биття шийок.

Зношені опорні шийки розподільчого вала шліфують до видалення слідів зносу і доведення по овальності та конусності до величин, що не перевищують установлений допуск. Зношені до граничного розміру шийки можуть бути відновлені наплавкою з наступним шліфуванням до номінального діаметра.

Кулачки розподільчого валу в процесі роботи зношуються нерівномірно. Найбільше зношується профільна, набігаюча частина робочої поверхні кулачка. У результаті зміни профілю і висоти кулачка порушується режим роботи циліндра: зменшується висота підйому клапана, зміщується в сторону запізнення моменту початку і максимального відкриття клапана, зменшується загальний час відкриття клапана.

При ремонті розподільчих валів профіль і розміри кулачків відновлюють електродуговою наплавкою з наступним шліфуванням на копіювально-шліфувальних станках.

Лекція 8

РЕМОНТ СИСТЕМИ ТУРБОНАДДУВУ

Для наддуву повітря в циліндри ДВЗ силових агрегатів ПГПА в якості нагнітача застосовують турбокомпресори. З турбокомпресором в конструктивному і газодинамічному зв'язку знаходяться циліндри силового агрегату, газовипускні і повітряні трубопроводи, очищувач і охолоджувач повітря, які разом з

турбокомпресором утворюють систему турбонаддуву (рис. 3.27).

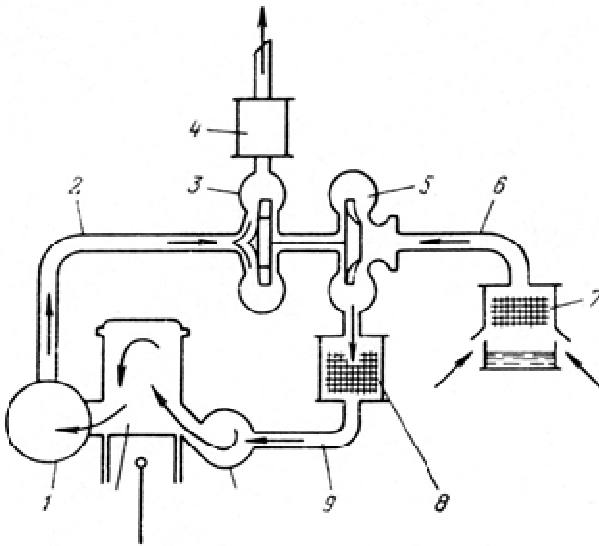


Рис. 4. Принципова схема системи турбонаддуву ДВЗ: 1 – вихлопний колектор; 2 – вихлопний трубопровід; 3 – газова турбіна; 4 – глушник; 5 – компресор; 6 – всмоктувальний трубопровід; 7 – очищувач повітря; 8 – охолоджувач повітря; 9 – колектор

Турбокомпресор конструктивно і за умовами роботи є найбільш складним вузлом системи турбонаддуву. Робота турбокомпресора характеризується великою частотою обертання ротора, що обумовлює підвищені вимоги до його динамічної урівноваженості, технічного стану всіх деталей ротора і підшипників. Несвоєчасне усунення несправностей, які викликають порушення динамічної урівноваженості ротора, може стати причиною відмови турбокомпресора.

Порушення нормальної роботи і відмова турбокомпресора часто виникає через закоксування і відкладення нагару та інших продуктів неповного згорання паливно-мастильних матеріалів у проточному тракті турбіни, на лопатках соплового апарату, лопатках і робочих колесах турбіни і компресора, у лабіринтових ущільненнях та на інших деталях.

Нерівномірне відкладення нагару на деталях ротора порушує

його динамічну врівноваженість, викликає збільшення рівня 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 пиломастильних забруднень у проточному тракті і приймальному отворі компресора. По вказаним причинам всі названі елементи турбокомпресорів при ремонті підлягають ретельному очищенню і промиванню.

продування; 10 – силовий циліндр

До найбільш характерних дефектів турбокомпресорів, що можуть виникати в процесі експлуатації, також відносяться:

- місцеві тріщини, свищі, сліди перегріву і деформація базових площин корпусу газової турбіни і компресора, тріщини корпусу підшипника;

- знос, подряпини, задири шийок вала ротора і підшипників ковзання;

- механічні пошкодження, згин, тріщини, корозійне руйнування поверхні, пошкодження різи вала ротора;

- ослаблення посадки колеса компресора на валу ротора, биття шийок вала і торцеве биття колеса компресора і газової турбіни;

- механічні пошкодження, згин, газова корозія, тріщини в хвостовиках робочих лопаток газової турбіни;

- деформація, обриви і тріщини на кромках, риски, подряпини, забоїни на робочих лопатках компресора;

- знос і руйнування елементів лабіринтових та кільцевих ущільнень;

- тріщини, забоїни, ерозійне зношування, корозія лопаток і короблення стикуючої 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 в 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, проводиться очистка і промивка проточних трактів турбіни та компресора, водяних та мастильних

порожнин, усуваються дрібні дефекти, які не потребують тривалої зупинки агрегату.

Операції по розбиранню і складанню виконуються у послідовності, встановленій для кожного типу турбокомпресора керівництвом з ремонту або інструкцією з його експлуатації заводу-виробника. Загальною вимогою при цьому є те, щоб при виконанні 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 розташування при подальшому складанні перевіряються і при необхідності поновлюються мітки на деталях, взаємне розташування яких в складальних одиницях регламентоване.

До деталей турбокомпресорів, що найбільш швидко зношуються, відносяться підшипники ротора. Підшипники замінюють на нові після відпрацювання встановленого заводом-виробником терміну служби незалежно від їх технічного стану. Заміна підшипників проводиться також у разі виявлення недопустимих по технічним вимогам на дефектацію дефектів.

Кулькові підшипники кочення відбраковують і замінюють на нові при наявності тріщин, деформації внутрішнього кільця та видимому зносі канавок в обоймах.

Корпуси турбокомпресорів оглядають і піддають дефектоскопічному контролю на наявність тріщин, деформації базових площин і гідравлічному випробуванню на герметичність.

Дефектація вала ротора турбокомпресора проводиться у зібраному стані з робочими колесами турбіни і компресора. Деформацію вала ротора, биття шийок вала і биття дисків газової турбіни і робочого колеса компресора перевіряються за допомогою індикаторів часового типу при обертанні ротора, який установлюють для цього в центрах токарного верстата або спеціального прилаштування за схемою, наведеною на рис. 3.28. Одночасно перевіряється надійність посадки колеса компресора на валу ротора, лопаток турбіни на диску, площина вихідних перерізів міжлопаткових каналів турбіни.

Вал ротора, диск робочого колеса турбіни і робоче колесо компресора піддаються огляду і дефектоскопічному контролю на наявність тріщин, слідів задівань робочого колеса компресора за

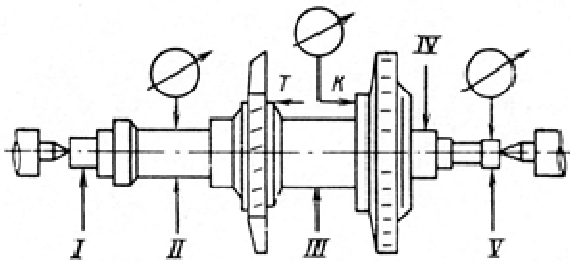


Рис. 5. Схема контролю ротора турбокомпресора: 1 – вал ротора; 2 – вимірювальний індикатор часового типу; 3 – колесо турбіни; 4 – колесо компресора; 5 – центри токарного верстата; I-V – місця замірів биття вала; Т,К – місця заміру торцевого биття відповідно колеса турбіни і колеса компресора

корпус. При виявленні тріщин зазначені деталі бракують. Перевіряється також цілісність лабіринтових ущільнень гребінцевого типу на валу ротора і робочому колесі компресора. Погнуті гребінці виправляють. Гребінці, що не піддаються правці або з послабленням зачеканки в пазу, замінюють новими. Після установки і зачеканки нові витки підрізають спеціальним різцем на токарному верстаті на діаметр, при якому забезпечується встановлений зазор δ між торцем витків і запресованою в корпус втулкою.

Найбільш навантаженими і відповідальними деталями ротора є робочі лопатки турбіни, пошкодження та руйнування яких частіше всього стає причиною відмови турбокомпресора. При дефектації лопатки підлягають огляду. Тріщини і раковини від корозії не допускаються. У робочих колесах із знімними лопатками лопатки з такими дефектами замінюють на нові. У робочих колесах цілісної конструкції, де лопатки відлиті разом із колесом або приварені до диску, дозволяється одну-дві дефектні лопатки обрізати повністю або частково.

Відремонтований і складений ротор після ремонту перевіряється на динамічну врівноваженість і при необхідності піддається динамічному балансуванню. Значення дисбалансу, якого необхідно досягти при динамічному балансуванні ротора для конкретної марки турбокомпресора, зазначається у паспорті.

Перед складанням турбокомпресора всі деталі та вузли промивають гасом, протирають і продувають стисненим повітрям. У турбокомпресорів із підшипниками ковзання в процесі складання ретельному контролю на повноту контакту підлягає спряження опорно-упорного підшипника з відповідними упорними елементами на валу ротора.

Після складання турбокомпресора перевіряється рукою легкість обертання ротора. Випробування капітально відремонтованого турбокомпресора проводиться безпосередньо на двигуні на різних режимах роботи двигуна: на малих обертах, номінальному режимі і роботі з перевантаженням. Контроль роботи турбокомпресора проводиться за частотою обертання ротора, тиском повітря, що наддувається, тиском і температурою випускних газів на вході у газову турбіну, тиском і температурою мастила, температурою охолоджуючої води.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Дайте характеристику ремонтної технологічності ПГПА і ПК. Назвіть основні складові частини ПГПА, основні їх експлуатаційні дефекти та причини їхнього виникнення.

2. Назвіть типові дефекти фундаментальних рам ПГПА, охарактеризуйте послідовність та зміст операцій їх defeкації при ремонті.

3. Які вимоги установлені ТУ на ремонт фундаментальних рам ПГПА

4. Назвіть типові дефекти циліндрів, (гільз циліндрів) поршневих компресорних агрегатів. Поясніть причини їхнього виникнення.

5. Наведіть схему і поясніть метод контролю розмірів циліндра. Охарактеризуйте способи ремонту циліндрів (циліндрових втулок, гільз).

6. Наведіть типові дефекти колінчатих валів і поясніть причини їхнього виникнення.

7. Приведіть послідовність контролю технологічного стану колінчатих валів при ремонті. Поясніть сутність процесу контролю основних параметрів колінчатого валу.

8. Охарактеризуйте загальний технологічний процес ремонту колінчатих валів. Приведіть операційну схему

технологічного процесу їх ремонту.

9. Наведіть типові дефекти поршнів і поршневих кілець силових і компресорних циліндрів ПГПА. Назвіть основні причини відбракування поршнів і поршневих кілець при ремонті.

10. Охарактеризуйте процес ремонту поршнів і заміни поршневих кілець при ремонті.

11. Наведіть типові дефекти поршневих пальців і охарактеризуйте процес їх дефектації, умови відбракування і способи відновлення.

13. Назвіть основні елементи шатунів, основні їх дефекти та методи контролю при ремонті.

14. Охарактеризуйте процес ремонту основних елементів шатунів.

15. Назвіть характерні дефекти поршневих штоків, ПГПА і ПК і охарактеризуйте процес їх ремонту.

16. Назвіть характерні дефекти і охарактеризуйте процес ремонту клапанів газорозподільного механізму ДВЗ ПГПА.

17. Наведіть характерні дефекти і охарактеризуйте процес ремонту розподільчих валів.

18. Наведіть характерні дефекти і охарактеризуйте процес ремонту кришок силових циліндрів ПГПА.

19. Наведіть характерні дефекти турбокомпресорів системи турбонаддуву силових агрегатів ПГПА і охарактеризуйте процес їх капітального ремонту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобільні газонаповнювальні компресорні станції: Підручник /Г.О.Биков, К.І.Капітанчук, М.С.Кулик, І.О.Орлов; за заг.ред.М.С.Кулика. – К.:Книжне вид-во НАУ, 2006.- 292 с.
2. Арянин Б.В. Статическая и динамическая балансировка роторов газовых турбин. – М.: Машиностроение, 1967. – 68 с.
3. Бронштейн Л.С. Ремонт стационарной газотурбинной установки. – Л.: «Недра», 1987. – 143 с.
4. Виноградов Н.Н.,Труб В.Г. Ремонт газотурбинной установки. Изд. 2 – е, перераб. и доп. – Л.: «Недра», 1974. -160 с.
5. Волошин Н.П., Попов В.Я., Тартаковский И.Б. Капитальный ремонт быстроходных дизелей. – М. : Машиностроение, 1971. – 480 с.
6. Эксплуатация редукторов газоперекачивающих агрегатов - Л.Г. Циханович, В.Ф.Новыков, Н.И.Мызин, Ю.П. Чудинов. – М. : «Недра», 1986. – 215 с.
7. Кузнецов Б.В. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания. Часть 2 – я. – М.: Изд-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1951. -324 с.
8. Луговец Ю.И. Производство авиационных двигателей: Учеб.пособие. – К.:КМУГА, 1996. – 88 с.
9. Михалин Г.И. Справочник мастера по ремонту стационарных дизелей. Изд 2 – е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 232 е.
10. Положення про організацію технічного обслуговування та ремонту газоперекачувальних агрегатів. – К.: Укртросгаз, 2008. – 25 с.
11. Ревзин Б.С. Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты. – М.: «Недра», 1986. – 215 с.
12. Ремонт машин/ И.Е.Ульман, Г.А.Тонн, И.М.Герштейн и др. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.:«Колос», 1976. – 448 с.
13. Ремонт машин: підручник для студ. і викладчив вищ.навч.закл /О.І.Сідашенко, О.А.Науменко, А.Я.Поліський та інш. – К.: Урожай, 1994. – 276 с.
14. Ремонт повітряних суден та авіаційних двигунів / А.П.Кудрін, Г.М.Зайвенко,Г.А.Волосович, В.Д.Хижко. – К.: НАУ, 2002. – 492 с.

15. Сборка авиационных газотурбинных двигателей / В.С.Соколов, Л.К.Николенко, Д.Е.Смирнов, Т.А.Душина.- М.:Машиностроение, 1969. – 344 с.
16. Спиридонов Ю.Н., Рукавишников Н.Ф. Ремонт судовых дизелей. Изд. 4 – е, перераб. и доп. –М.: Транспорт, 1989. – 288 с.
17. Справочник мастера по ремонту ГПА ГТК -10Л. Часть 2. Разборка – сборка турбоблока. – М.: Министерство газовой промышленности, 1981 – 99 с.
18. Терентьев А.Н., Седых З.С., Дубинский В.Г. Надежность газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. – М: «Недра», 1979. – 207 с.
19. Технология ремонта машин и оборудования/ И.С.Левитский, А.П.Смелов, В.А.Степанов и др./Под. ред.. И.С. Левитского, - 2 – е изд., перераб. и доп. –М.: «КОЛОС», 1975. – 560 с.
20. Храпач Г.К. Монтаж и ремонт компрессоров. – М.: «Недра», 1983. – 300с.
21. Храпач Г.К. Надежность работы поршневых газоперекачивающих агрегатов. – М.: Недра», 1978. -192 с.
22. Ястебов Н.А., Конданов А.И., Спектор Б.А. Техническое обслуживание и ремонт компрессоров. – М.: Машиностроение, 1991. – 240 с.