УДК 622.692.4

АНАЛІЗ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

О.В. Іванов

ІФНТУНГ, 76019, м.Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15, тел. (03422) 49358,
e-mail: informatik@nung.edu.ua

Розглядаються системи технічного обслуговування і планових ремонтів, а саме поточного і капітального, наводиться опис завдань та функцій ремонтного обслуговування. Наведено опис форм організації ремонтів, зокрема централізованої, децентралізованої та змішаної. Розглянуто методи організації ремонтів, а саме післяоглядового, періодичного та планово-попереджувального. Наведено способи організації ремонтів, а саме загально-знеособлений, агрегатно-знеособлений та індивідуальний. Описано регламент технічного обслуговування, проекти ремонтних робіт і технологічна документація. По кожному елементу технічного обслуговування вказуються переваги і недоліки. Досліджуються існуючі стратегії обслуговування об'єктів газотранспортної системи, зокрема методи календарного планування, обслуговування за напрацюванням, обслуговування за реальним станом, пасивного обслуговування. Оцінюється ефективність стратегій обслуговування технологічного обладнання об'єктів газотранспортної системи.

Об'єктом дослідження є лінійні ділянки і компресорні станції системи газопроводів.

Метою дослідження є аналіз обслуговування технологічного обладнання магістральних газопроводів, розробка стратегій раціонального планування процесу обслуговування елементів газотранспортного комплексу та дослідження переваги однієї стратегії обслуговування щодо іншої.

Ключові слова: стратегії обслуговування, ремонт, ГПА, надійність, оптимізація.

Рассматриваются системы технического обслуживания и плановых ремонтов, а именно текущего и капитального, описаны задачи и функции ремонтного обслуживания. Приведено описание форм организации ремонтов, в частности централизованной, децентрализованной и смешанной. Рассмотрены методы организации ремонтов, а именно послесмотрового, периодического и планово-предупредительного. Приведены способы организации ремонтов; общеобезличенный, агрегатно-обезличенный и индивидуальный. Описан регламент технического обслуживания, проекты ремонтных работ и технологическая документация. Указаны преимущества и недостатки каждого элемента технического обслуживания. Исследуются существующие стратегии обслуживания объектов газотранспортной системы, в частности методы календарного планирования, обслуживание по наработке, обслуживание по реальному состоянию, пассивное обслуживание. Оценивается эффективность стратегий обслуживания технологического оборудования объектов газотранспортной системы.

Объектом исследования являются линейные участки и компрессорные станции системы газопроводов.

Целью исследования является анализ обслуживания технологического оборудования магистральных газопроводов, разработка стратегий рационального планирования процесса обслуживания элементов газотранспортного комплекса и исследования преимущества одной стратегии обслуживания относительно другой.

Ключевые слова: стратегии обслуживания, ремонт, ГПА, надежность, оптимизация.

This research is dedicated to the technological systems exploration maintenance, namely scheduled repairs and overhauls, and provides the description of the repair service aims and functions. Centralized, decentralized and mixed forms of repair management are described in this research. Such methods of repair management as post-examination repairs, scheduled repairs, and scheduled anticipation repairs are also examined in the paper. In this research three ways of repair management are examined, namely the full-replacement, unit-replacement, and individual way of repair. This research also provides the description of the technological maintenance regulations, projects of technical operations, and other technical documentation. Pros and cons of every technological maintenance element are also described in the research. Possible strategies of maintenance of gas transport system objects, such as calendar planning strategies, maintenance due to the performance period, maintenance according to the real condition of the system and its passive maintenance, are considered in this research.

The main subjects of this research are the exploration of linear sections (areas) and compressor stations of the pipeline system.

This research's aim is to analyze the maintenance of manufacturing equipment of main gas pipelines, develop strategies of rational planning of maintenance of gas transport complex elements, and to define the advantages of one strategy of maintenance over the other.

Keywords: maintenance strategy, repair, gas pumping unit, reliability, optimization.

Вступ

Основний обсяг експортних поставок природного газу з Росії й Середньої Азії (близько 75%) здійснюється в країни Європи через територію України. Усвідомлюючи важливість забезпечення Європейського континенту енергоносіями, українська сторона приділяє значну увагу підтримці газотранспортної системи (ГТС) на високому технічному рівні.

З метою збереження конкурентоспроможності й привабливості ГТС України для експортерів газу розроблено й впроваджуються програми реконструкції компресорних станцій, лінійної частини, газорозподільних і газовимі-

рювальних станцій. Дані програми покликані підтримати параметри газотранспортної системи України на сучасному світовому рівні. Така роль ГТС України висуває до неї жорсткі за твердістю вимоги щодо надійності й безпеки її функціонування. Системні відмови ГТС України можуть привести до зриву поставок російського й середньоазіатського природного газу в Західну Європу з непередбачуваними політичними й економічними наслідками.

Проблеми підвищення надійності й ефективності експлуатації газоперекачувальних агрегатів (ГПА) тісно пов'язані із завданням зниження виробничих витрат на проведення ремонтно-відбудовчих заходів. Значне підвищення вартості ремонтно-відбудовчих робіт і запасних частин диктує необхідність впровадження нових сучасних технологій технічного обслуговування обладнання компресорних станцій (КС). За цих умов різко зростає необхідність у наукових розробках,спрямованих на вирішення нерозв'язаних завдань, пов'язаних з удосконалюванням методів і засобів проведення ремонту газоперекачувального обладнання.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Для більшості технологічних елементів системи газопостачання – допоміжного обладнання на компресорній станції, блоків редукування і регулювання газу на газорозподільних пунктах, арматури, приладів і пристроїв автоматики – застосовують стратегію обслуговування, засновану на календарному плануванні. Що ж стосуються систем технічного обслуговування газоперекачуючих агрегатів, то найбільш широко застосовують стратегію, засновану на проведенні регламентованих профілактичних робіт у міру досягнення заданого наробітку. При експлуатації обладнання систем газопостачання, хоча і відомий (регламентований) наробіток, під час якого проводяться попереджувальні відбудовні роботи, заздалегідь невідомий календарний момент часу, коли наробіток досягне заданого значення.

Формування цілей статті

Для того, щоб заощадити матеріальні і енергетичні ресурси, оптимізувати процес технічного обслуговування, потрібно забезпечити раціональну експлуатацію основного технологічного обладнання. Для цього необхідно удосконалити ремонтні організації, які здійснюють технічне обслуговування. Напрямками такого удосконалення є: подальша спеціалізація по окремих видах ремонтних робіт, вивільнення підприємств основного виробництва від організацій капітальних і середніх ремонтів; виготовлення запасних частин, нестандартного обладнання, а також зміна стратегій проведення технічного обслуговування і ремонтних робіт.

Аналіз літератури по даній темі

На даний час у вітчизняній і зарубіжній літературі [1-4] наводяться дані по параметрах надійності і раціональному плановому обслуговуванню ГПА. Деякі вчені [5] розробили моделі і концепції ефективного технічного обслуговування газоперекачуючих агрегатів.

Проблема надійності також займає провідне місце в основних міжнародних документах – Європейській енергетичній хартії і Директиві Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу стосовно спільних правил для внутрішнього ринку природного газу.

Але всі вони не є систематизованими і в них немає чіткого формулювання стратегії обслуговування технологічного обладнання магістральних газопроводів.

Завдання та функції ремонтного обслуговування

Ремонтне господарство створюється на підприємстві для того, щоб забезпечити за мінімальних витрат раціональну експлуатацію його основних виробничих фондів. Відповідно до цього основними завданнями ремонтного господарства є:

– здійснення технічного обслуговування та ремонту основних виробничих фондів;

– монтаж нового, придбаного або виготовленого самим підприємством обладнання;

– модернізація обладнання, що експлуатується;

– виготовлення запасних частин і вузлів (в тому числі і для модернізації обладнання), організація їх зберігання;

– скорочення часу простоїв обладнання в ремонті та витрат на його проведення.

Для ефективного вирішення поставлених завдань за ремонтною службою закріплюються виконання таких функцій:

– планування, облік та контроль виконаних робіт;

– контроль правильності експлуатації обладнання;

– облік руху (переміщення) обладнання; контроль за станом зберігання обладнання;

– інвентаризація обладнання;

– технічна підготовка ремонтних робіт;

– звітність про виконання робіт.

В умовах підприємств нафтогазового комплексу ремонтне господарство входить переважно до складу баз виробничого обслуговування (БВО). При цьому формування цехів здійснюється за принципом спеціалізації. Залежно від обсягів виробництва склад ремонтних цехів може дещо змінюватися, але здебільшого витримується така структура. В бурових підприємствах виділяються: прокатно-ремонтний цех бурового обладнання (ПРЦБО), прокатно-ремонтний цех електрообладнання та електропостачання (ПРЦЕОЕП) прокатно-ремонтний цех труб і трубопроводів (ПРЦТ) До складу ремонтного господарства нафтогазовидобувних підприємств входять: прокатно-ремонтний цех експлуатаційного обладнання (ПРЦЕО), прокатно-ремонтний цех електрообладнання і електропостачання (ПРЦЕОЕП), цех підземного і капітального ремонту свердловин (ЦПКРС).

На інших (наприклад, будівельно-монтажних, машинобудівних) підприємствах нафтога-

зового комплексу можливі інші організаційні форми ремонтної служби: ремонтно-механічні цехи, механічні майстерні тощо.

Незалежно від виду ремонтованого обладнання та його кількості ремонтні роботи проводяться з використанням різних систем ремонтів, форм і методів їх організації та способів виконання.

Системи ремонтів

В процесі виробничого використання окремі частини засобів праці (машин, верстатів, механізмів) зношуються і поступово втрачають свою здатність виконувати належні їм функції. Відновлення їх працездатності та експлуатаційних властивостей досягається шляхом ремонту, організація якого повинна бути пов'язана з раціональною організацією та доглядом за обладнанням. Основою для цього на промислових підприємствах є система технічного обслуговування та ремонту основних фондів.

Під системою технічного обслуговування і планових ремонтів (ТО і ПР) розуміють сукупність запланованих заходів щодо догляду, нагляду та ремонту обладнання. Система ТО і ПР включає технічне обслуговування , поточний ремонт (ПР) та капітальний ремонт (КР).

Технічне обслуговування – комплекс заходів чи операцій щодо підтримання працездатності та справності виробу при його використанні за призначенням, при очікуванні, зберіганні та транспортуванні. Воно проводиться з метою прогресуючого зношування деталей і сполучень.

До складу ТО входить контроль технічного стану, очищення, змащування, заміна окремих складових частин або їх регулювання з метою попередження пошкоджень, а також частина робіт по усуненню пошкоджень.

Слід розрізняти періодичні та сезонні ТО. Періодичне ТО виконується через встановлені в експлуатаційних документах інтервалу часу. Сезонне ТО проводиться з метою підготовки виробу до використання в сезонно-літніх умовах. Сезонне ТО проводиться тільки для виробів, що використовуються при істотних змінах навколишнього середовища протягом року.

ТО обладнання по об'єктах, що обслуговуються експлуатаційним персоналом, проводиться силами цього персоналу, а на об’єктах, де постійний персонал відсутній, проводиться силами комплексних бригад ремонтників бази виробничого обслуговування.

Комплекс робіт при ТО регламентується інструкціями з експлуатації, які розробляють заводи-виготовлювачі обладнання. Поточний ремонт здійснюється в процесі експлуатації з метою гарантованого забезпечення працездатності обладнання. При ПР проводиться часткове розбирання обладнання, ремонт окремих вузлів або заміна зношених деталей, монтаж, регулювання та випробування згідно з інструкцією з експлуатації. Ті вузли, що вимагають ремонту, замінюють заздалегідь відремонтованими із резерву бази виробничого обслуговування (БВО).

ПР на місці експлуатації здійснюється силами комплексних бригад БВО, а за необхідності залучається і експлуатаційний персонал. ПР, що вимагають застосування спеціальної оснастки та обладнання, проводяться на БВО, чи центральних БВО.

КР проводиться з метою відновлення працездатності та ресурсу обладнання. При КР проводиться повна розбирання обладнання, промивання та дефектація деталей та вузлів, ремонт, збирання, регулювання, випробування під навантаженням та фарбування. КР проводиться зазвичай на центральних БВО об’єднань або на спеціалізованих ремонтно-механічних заводах. Обладнання відправляється на КР згідно з планом-графіком ремонтів.

Система ремонтів на потребу також може зустрічатись на практиці. Її суть полягає в тому, що ремонт обладнання проводиться тільки тоді, коли цього вимагає його технічний стан, коли дальше експлуатація стає неможливою через зношеність. Так система має ряд недоліків, що знижує її ефективність та розповсюдження. Серед них слід виділити: відсутність закінченої системи планування ремонту обладнання, відсутність профілактичних заходів, що попереджували б інтенсивний знос деталей, прогресивне погіршення в процесі експлуатації стану обладнання та його технічної продуктивності, зменшення ступеня надійності та довговічності обладнання в результаті інтенсивного зношення деталей, невизначеність термінів зупинки обладнання та ремонт, що не дає можливості планувати ремонтні роботи.

Тому таку систему ремонтів не можна рекомендувати для широкого використання. Використовувати її можна тільки у виняткових випадках, коли ніякого замінного фондообладнання та запасних частин на підприємстві немає, і коли це стосується допоміжних видів обладнання, зупинка яких на ремонт не може негативно позначитись на роботі підприємства.

Форми організації ремонтів

Залежно від конкретних умов виробництва (наявність ремонтної бази, віддаленість від спеціалізованих ремонтних баз тощо) організація ремонтних робіт може здійснюватись в трьох формах: централізованій, децентралізованій та змішаній.

При централізованій формі організації ремонтів, централізованій формі управління ремонтним господарством всі види ремонтних робіт та виготовлення запасних частин проводиться на спеціалізованих ремонтних базах, ремонтно-механічних заводах, центральних ремонтно-механічних майстернях, центральних БВО. При цьому спеціалізовані ремонтні бригади проводять як ремонти, так і міжремонтне обслуговування.

Переваги цієї форми:

– ефективне застосування передової технології та сучасних досягнень практики організації ремонтних робіт;

– рівномірне розміщення ремонтних баз по найважливіших районах;

– повне і рівномірне завантаження ремонтних баз незалежно від погодних умов та пори року;

– нормальні умови щодо підвищення кваліфікації робітників;

– підвищення спеціалізації та кооперування по виготовленню деталей вузлів, виконанню окремих технологічних операцій;

– підвищення ПП та зниження собівартості ремонтних та інших робіт;

– скорочення планових термінів простою обладнання в ремонті.

Отже, централізована форма організації ремонтів дає можливість краще організовувати робочі місця, оснастити їх необхідним обладнанням, що забезпечить проведення ремонту на високому технічному рівні.

Але дана форма має два досить істотні недоліки. Це великі затрати часу та грошових коштів на доставку обладнання на ремонтну базу, неможливість проведення ремонтів великогабаритного обладнання в закритих приміщеннях. Можна зробити висновок, що цю форму доцільно використовувати, коли ремонтні бази розміщенні неподалік та коли підприємство має належний фонд запасного обладнання.

При децентралізованій формі організації ремонтів всі види ремонтного обслуговування, включаючи і виготовлення необхідних, запасних частин, проводяться силами і технічними засобами власної ремонтної бази, тобто силами окремих цехів. Особливо важливі роботи виконуються на спеціалізованих ремонтних базах (централізована форма).

Порівняно з централізованою дана форма має ряд недоліків: необхідність розміщення ремонтних засобів по окремих об'єктах, відсутність кваліфікованого керівництва та матеріально-технічного постачання, низький рівень спеціалізації ремонтних робітників, низький коефіцієнт використання верстатного парку та іншого ремонтного обладнання, зниження якості робіт. Ці недоліки звужують сферу використання даної форми організації ремонтів.

Найчастіше цю форму можна використати при значних віддалях між підприємством та ремонтними базами, тому така форма є найхарактернішою для геологорозвідувальних і бурових підприємств, що працюють в нових або віддалених районах.

При змішаній формі організації ремонтів різні види ремонтного обслуговування виконуються по-різному. Капітальні ремонти зазвичай, проводяться на спеціалізованих ремонтних балів (централізована форма), а технічне обслуговування та поточні ремонти-безпосередньо в цехах (децентралізована форма).

Даній формі притаманні всі недоліки децентралізованої форми і тому використовується на крупних та середніх підприємствах, що мають міцну ремонтну базу. Крім того, її можна використовувати і в інших підприємствах як проміжний варіант при переході до централізованої форми організації ремонтів.

Методи організації ремонтів

В залежності від масштабів робіт, видів використовуваного обладнання та місцевих конкретних умов ремонт обладнання може бути виконаний за одним з таких методів:

1. Метод післяоглядового ремонту. Суть даного методу ремонту полягає в тому, що обладнання підлягає періодичним оглядам, за регламентами яких визначається термін і вид чергового ремонту. Періодичність оглядів встановлюється, виходячи з орієнтованих строків служби деталей і вузлів обладнання. В результаті оглядів складається відомості дефектів, що включають детальні відомості про ступінь зносу вузлів, а також опис виявлених несправностей і перелік робіт для їх усунення. Ці дані є основою для планування обсягів та термінів проведення ремонтних робіт. Строки між двома плановими оглядами є непостійними і встановлюються в залежності від складності обладнання, його технічного стану та річного графіку завантаження. Цей метод організації ремонту обладнання має ряд істотних недоліків, головні з них: неможливість планування ремонтів та завантаження ремонтних баз на тривалий період часу; суб'єктивність технічного стану машин, обладнання; індивідуальний підхід до організації ремонтів; труднощі в визначенні необхідної кількості робочої сили, матеріалів, інструментів, оснастки. Цей метод використовується дуже рідко. Здебільшого його можна зустріти при ремонті нестандартного спеціального, нового обладнання, яке, до того ж, використовується в індивідуальному порядку.

2. Метод періодичних ремонтів. Основні види ремонтних робіт при цьому методі проводяться в точній послідовності. Обсяг і порядок послідовності ремонтів визначається тривалістю служби змінних деталей та вузлів. За строками служби деталі та вузли кожної машини, кожного верстата, кожного виду обладнання класифікуються і групуються. В залежності від середнього періоду часу їх служби встановлюють термін та обсяг ремонтних робіт. При кожному черговому ремонті всі вузли і деталі, що підлягають ремонту, уважно оглядають, зношені частини замінюють, а ті, що ще придатні до роботи, встановлюють знову. При цьому для організації ремонту важливим є своєчасне та якісне встановлення змінних та запасних частин. Головною перевагою даного ремонту обладнання є його економічність та можливість досить детального планування наступних видів ремонтів і їх фізичних обсягів. Цей метод найхарактерніший для універсального обладнання, що широко використовується у всіх підрозділах підприємства.

3. Метод планово-попереджувальних ремонтів. Даний метод, на відміну від двох попередніх, базується на обов'язковому періодичному плановому оновленні обладнання шляхом заміни частини деталей та вузлів незалежно від їх технічного стану. Головне в цьому методі – його профілактичний характер, що дає змогу значно продовжити строки служби обладнання; зберегти високу якість його роботи, а також

прискорити затрати на планові ремонти. В основі даного методу лежить проведення різних видів ремонтного обслуговування через точні, заздалегідь визначенні періоди часу протягом ремонтного циклу. Під ремонтним циклом розуміють період часу між двома капітальними ремонтами (для діючого обладнання) або період часу від ремонту введення в експлуатацію обладнання до першого капремонту (для нового обладнання). Ремонтний цикл поділяється на міжремонтні періоди, тривалість яких визначається строком служби змінних деталей. Тривалість циклу та міжремонтних періодів визначається системою ТО і ПР.

Із перелічених методів останній є найпрогресивнішим і характеризується такими позитивними рисами: система профілактичних заходів дає можливість уникнути непланових зупинок; з'являється можливість точного планування ремонтів та завантаження ремонтних баз на весь плановий період; точного визначення потреби в робочій силі, матеріалах, інструменті; забезпечується високий рівень спеціалізації ремонтних бригад та використання прогресивних способів ремонту обладнання; підвищується загальна ефективність ремонту за рахунок зростання ПП, повного використання ремонтного обладнання, раціонального використання матеріальних ресурсів.

Метод планово-попереджувальних ремонтів найкращий для обладнання, що працює у сталому режимі. Також використовують при ремонтах обладнання, від безперебійної роботи яких залежить безперервність технологічних процесів та безпека людей. Найчастіше зустрічаються різні комбінації всіх трьох видів.

Способи організації ремонтів

Залежно від кількості однотипного обладнання та технічної оснащеності ремонтних баз використовуються різні способи ремонту обладнання:

1.Індивідуальний спосіб ремонту.

При цьому способі обладнання ремонтує одна комплексна бригада, що складається з робітників високої кваліфікації. При цьому кожна одиниця обладнання підлягає розбиранню на окремі вузли і деталі, які в процесі ремонтних робіт знеособлюються , тобто обладнання збирають з тих же відремонтованих частин, з яких воно складалось до ремонту. Цей спосіб не має великого поширення через такі недоліки:

1) значний час простою обладнання в ремонті, оскільки багато часу витрачається на ремонт та виготовлення окремих змінних частин та деталей;

2) відсутність гарантій високої точності підготовки та монтажу деталей, вузлів і механізмів в умовах обмеженого часу на ремонт;

3) необхідність високої кваліфікації робітників, які забезпечували б виконання будь-яких видів робіт, що виникають під часу ремонту;

Виходячи з цього, індивідуальний спосіб ремонту використовується найчастіше при ремонті простих видів обладнання та невеликій його кількості, а також при відсутності підмінного фонду обладнання. Такий спосіб ремонту можна зустріти в геологорозвідувальних операціях.

2. Агрегатно-знеособлений спосіб ремонту.

При цьому способі ремонту весь комплекс ремонтних робіт ділиться на окремі складові частини, кожна з яких є повністю закінченим процесом ремонту агрегату чи вузла. Іншими словами, машину розбирають на окремі агрегати, що ремонтуються окремо.

Використання підготовлених складальних одиниць дає можливість в багатьох випадках значно скоротити простої обладнання, які пов'язані з виконанням ремонтних робіт. Найбільшу шкоду виробництву наносять простої технологічного обладнання в непланових ремонтах. Причиною таких ремонтів зазвичай є випадкові відмови через вихід з ладу окремих деталей чи вузлів. Тому використання підготовлених ремонтних вузлів для непланових ремонтів такого обладнання особливо ефективне. Висока ефективність даного способу ремонту зумовлена наступними перевагами:

– раціональним використанням робочої сили за кваліфікацією;

– високою спеціалізацією ремонтних бригад, що забезпечують ріст ПП;

– економією робочого часу на проведення ремонту;

– поліпшення якості та зниження вартості ремонтних робіт;

Часто вузловий спосіб поєднується з індивідуальним. В такому поєднанні він досить часто використовується при капітальному ремонті сильно завантаженого обладнання. Що стосується обладнання не унікального чи особливо важливого для виробництва , то використання вузлового способу не завжди буде економічно виправданим.

3. Загально-знеособлений спосіб ремонту.

На відміну від агрегатно-знеособленого способу, даний спосіб характеризується повним знеособленням не тільки вузлів, але й окремих деталей. Машину, що поступила в ремонт, повністю розбирають, всі деталі підлягають дефектуванню. При цьому ті деталі, які ще придатні для використання, передають на склад, а решту або ремонтують або здають в металобрухт. Слюсарно-збірна бригада проводить зборку машин із знеособлених деталей, що поступають із складу.

Загально-знеособлений спосіб ремонту використовують на крупних ремонтних базах, що проводять ремонт великої кількості однотипного обладнання із взаємозамінними деталями. В умовах нафтогазової промисловості він використовується на центральних БВО та спеціалізованих ремонтно-механічних заводах. Даний спосіб ремонту є найекономнішим із трьох названих. Це пояснюється тим, що при цьому значно скорочується час простоїв в ремонті, підвищується ПП і якість робіт, знижується їх вартість.

Таблиця 1 – Об'єми робіт при проведенні ТО 4, середнього й капітального ремонту ГПА

Роботи	Вид ремонту
Осьовий компресор і турбіна	
Розкриття , розбирання й промивання вузлів і деталей	СР, КР
Виявлення дефектів у вузлах і деталях	СР, КР
Перевірка зазорів у підшипниках ущільненнях, проточній частині	СР, КР
Ремонт підшипників і мастилозахисних ущільнень	СР, КР
Ремонт роторів з відновленням шийок і упорних дисків	СР, КР
Перелопачування робочих і напрямних лопаток	КР
Балансування роторів	КР
Ремонт циліндрів і обойм	КР
Ремонт повітряних і газових ущільнень	СР, КР
Перевірка систем охолодження лопаток, дисків ТВД і СТ	СР, КР
Ремонт теплоізоляції турбіни	КР
Ремонт валоповоротного пристрою (ВПУ)	КР
Ремонт турбодетандера	КР
Розбирання, очищення й ремонт камери згоряння	ТО4, СР, КР
Нагнітач	
Перевірка центрування роторів нагнітача й СТ	СР, КР
Розбирання, очищення й промивання деталей	ТО4, СР, КР
Виявлення дефектів підшипників, шийок і упорного диска	ТО4, СР, КР
Дефектоскопія колеса, торцевого й газового ущільнень, балансування ротора	СР, КР
Допоміжне устаткування	
Ремонт регенераторів	КР
Ремонт мастилоохолоджувачів	КР
Ревізія мастильного бака, чищення мастилопроводів	КР
Прокачування системи змащування	СР, КР
Ревізія насосів мастилозмащування й ущільнення	СР, КР
Ревізія поплавкової камери й акумулятора мастила	СР, КР
Ревізія запірних арматур	КР
Ревізія повітрозабірної камери	СР, КР
Перевірка й налагодження системи вентиляції й місцевих витяжок	ТО4, СР, КР
Перевірка й налагодження системи відсмоктування парів мастила з картерів підшипників і рами мастильного бака	ТО4, СР, КР

Регламент технічного обслуговування

На компресорній станції діє регламент технічного обслуговування, який передбачає проведення комплексу робіт з підтримки агрегату в працездатному стані протягом установленого заводом-виготовлювачем моторесурса.

Регламент передбачає проведення таких видів робіт:

– технічне обслуговування працюючих агрегатів (ТО 1-3) або тих, що перебувають в резерві (ТО 1-5); включає технічні огляди, перевірки стану, контроль і вимір параметрів і інші види робіт залежно від часу наробітку або знаходження в резерві;

– ревізію камери згоряння й нагнітача (ТО 4);

– середній і капітальний ремонти.

При середньому ремонті обов'язкова дефектоскопія вузлів, що відробили експлуатаційний ресурс, і деталей із заміною або ремонтом зношених і ушкоджених. Середній ремонт проводять між капітальними для усунення витоків мастила й газу через демонтаж корпусів, ущільнення, фланці трубопроводів і т.д. , причин підвищеної вібрації й інших явно виражених несправностей. Крім того, необхідність у середньому ремонті виникає для попередження схованих відмов спрацьованого й утомного характеру. Обсяг робіт при середньому ремонті остаточно визначається тільки після розкриття й проведення дефектоскопії. Цілком можливо, що агрегат, зупинений для проведення середнього ремонту, буде ремонтуватися в обсязі капітального.

У табл. 1 наведено об'єми робіт при проведенні ТО 4, середнього й капітального ремонту ГПА.

Періодичність технічного обслуговування й ремонту ГПА наведена в табл. 2.

Таблиця 2 – Періодичність технічного обслуговування і ремонту ГПА

Види ТО	Напрацювання, год.	Час, дні	Число запусків
У випадку використання			
ТО 1	24 + 1	—	
ТО 2	700 + 100	—	
ТО 3	2000 + 200	—	
ТО 4	6000 + 200	—	
В резерві			
ТО 5.1	—	7 + 2	
ТО 5.2	—	14 + 3	
ТО 5.3	—	30 + 5	
Планові ремонти			
Середній	12000 + 500	—	40
Капітальний	25000 + 1000	—	80

Проекти виробництва ремонтних робіт і технологічна документація

Обслуговування діючих електроустановок, проведення в них оперативних переключень, організація й виконання ремонтних, монтажних або налагоджувальних робіт і випробовувань на ГП здійснюється спеціально підготовленим електротехнічним персоналом, що перебуває в складі служби енергетика газового промисла.

Підготовленість до ремонту багато в чому визначає його якість і тривалість. До зупинки агрегату для його висновку в плановий ремонт, експлуатаційний і ремонтний персонал спільно проводять обстеження технічного стану агрегату й на підставі його результатів, а також виявленого під час міжремонтного періоду несправностей складається попередня дефектна відомість.

До програми обстеження входять: огляд агрегату й систем підготовки мастила, циклового повітря; вимір робочих параметрів ГПА; визначення наявної потужності; питомої витрати мастила; віброобстеження агрегату; вимірювання температури корпусів. Передремонтне обстеження на працюючому агрегаті дає змогу виявити також несправності, які важко або взагалі неможливо виявити після зупинки й розкриття агрегату. Крім того, результати обстеження необхідні надалі для оцінки якості ремонту.

Наступним важливим підготовчим заходом є визначення номенклатури деталей і вузлів, що вимагають заміни, організація їхнього одержання до початку ремонтів, а також подача попередньої заявки на ремонтно-відбудовчі роботи в РММ.

Ремонтний персонал повинен проаналізувати технічну документацію минулих ремонтів, вивчити документацію по намічуваним до впровадження інформаційним листам. Виявлені при цьому обстеженні дефекти й додаткові роботи з модернізації встаткування повинні бути враховані при визначенні майбутнього обсягу робіт і складанні сіткового графіка ремонту.

До висновку агрегату в ремонт повинна бути підготовлена документація, укомплектований інструмент, пристосування, підготовлені робочі місця, перевірено стан підйомно-транспортних засобів, виконані заходи щодо техніки безпеки. Перед початком робіт необхідно перевірити стан майданчиків для укладання деталей і вузлів агрегату. Підготовленість робочих місць і розміщення встаткування повинні забезпечувати зручність огляду й ремонту.

Створення нормальних умов роботи, що сприяють підвищенню продуктивності праці, як обов'язкові заходи включає забезпечення робочих місць освітленням та підтримку оптимального температурного режиму й рівня шуму, що не перевищує 85дб. Перед початком робіт проводять інструктаж з техніки безпеки, ознайомлення й обговорення обсягів і строків майбутніх робіт. Бригаду ділять на ланки й призначають відповідальних виконавців.

Ремонти стаціонарних і авіаційних агрегатів за організацією відрізняється між собою. Ремонт стаціонарних ГПА здійснюється безпосередньо на КС у машинному залі або на окремому, спеціально обладнаному майданчику. Хоча в ряді випадків, ремонт великих складальних вузлів, роторів, вузлів підшипників може здійснюватися на заводах-виготовлювачах ГПА або на спеціальних ремонтних базах.

Ремонт авіаційних газотурбінних установок здійснюється, як правило, в умовах заводів-виготовлювачів або на спеціалізованій ремонтній базі з організацією своєрідного обмінного фонду двигунів.

При відправленні на завод окремих вузлів агрегату, що обслуговує персонал КС, відповідальний за організацію ремонту ГПА організовує згідно до вимог відповідної інструкції необхідне пакування устаткування для відправлення його на ремонтну базу або завод-виготовлювач.

Стратегії обслуговування об'єктів газотранспортної системи

Одним з найважливіших показників функціонуючої газотранспортної системи є надійність її функціонування. Тут під надійністю [6] будемо розуміти властивість об'єкта зберігати в

часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування. Надійність є комплексною властивістю, що характеризується такими одиничними показниками: безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність і збереженість.

Для забезпечення надійності роботи ГТС використовують методи підвищення показників надійності елементів технологічного обладнання ГТС за рахунок планування й проведення профілактичних ремонтів, введення в експлуатацію більше надійного й ефективного технологічного устаткування шляхом його своєчасної реконструкції, модернізації й заміни.

Для розроблення методів оцінювання технічного стану ГПА широко використовуються параметричні методи, що ґрунтуються на зміні окремих параметрів, а також на встановленні залежностей між відхиленнями параметрів і несправностями, пошкодженнями відповідних елементів конструкції. Їх використовують для контролю стану проточної частини осьових, відцентрових машин, виявлення негерметичностей ущільнень тощо.

Як діагностичні параметрі використовують:

– тиск та температуру газу;
– температуру підшипників;
– тиск мастила;
– рівень вібрації.

Ще один шлях підвищення надійності – поліпшення фізико-механічних властивостей матеріалів елементів машин і їх конструкції. Ці можливості можуть реалізовуватися на етапі проектування і розробки машини чи її складової частини. Застосування зносостійких матеріалів, створення умов, що зменшують енергію, яка витрачається на тертя і зношення складових частин, використання поліпшених ущільнень, що фільтрують елементи і різко знижують швидкість зношування, збільшують середній ресурс складових частин. Відповідно скорочується число відмов, а далі і число ремонтів машин, загальна трудомісткість, тривалість і вартість ремонтних робіт.

Збільшуючи наробіток між відмовленнями, можна знизити частоту технічного обслуговування, виключити ряд регламентованих операції, тобто знизити трудомісткість, тривалість і вартість ремонтних робіт.

Іншою можливістю керування технічним станом і надійністю машин є зміна динаміки структурних параметрів елементів. Призначаючи оптимальні відхилення структурних параметрів, технічного стану, змінюючи міжконтрольний наробіток, підвищуючи ступінь відновлення вихідних характеристик при технічному обслуговуванні і ремонті, завчасно змінюючи складові частини, що мають великі швидкості зношування, збільшують наробіток між відмовленнями, зменшують середню швидкість зміни параметрів стану машини. Ці заходи уже виконують на етапі проектування.

Система технічного обслуговування і ремонту як сукупність засобів, документації і виконавців, необхідних для підтримки і відновлення надійності й ефективності роботи машин, регламентована певними правилами, положеннями, рішеннями. Серед численних рішень існують методи, називані стратегіями. Стратегія технічного обслуговування і ремонту може бути за потреби після відмовлення регламентована в залежності від наробітку (терміну служби); за станом (за результатами технічного діагностування, контролю).

Для більшості технологічних елементів системи газопостачання – допоміжного обладнання на компресорній станції, блоків редукування і регулювання газу на газорозподільних пунктах, арматури, приладів і пристроїв автоматики – використовують стратегію обслуговування, засновану на календарному плануванні. Аварійні відмовлення, що відбуваються у між профілактичних періодах, як правило, не є причиною для систематичного перепланування періоду планово-попереджувальних заходів. Тому дана стратегія є сталою.

Аварійні ремонти основного устаткування систем газопостачання, відповідно до основних задач трубопровідного транспорту газу, при якісній організації обслуговування зводяться до термінованих операцій ремонту чи заміни елемента, блоку, вузла, що відмовив. Оскільки основне обладнання систем газопостачання відноситься до складних технічних систем і разом з відповідними допоміжним обладнанням і системою автоматики складається з великого числа окремих елементів і вузлів, то його характеристики надійності можна розглянути в ряді випадків як суперпозицію значного числа характеристик випадкових потоків несправностей складових частин. Тому припускають, що аварійні ремонти і заміни елементів устаткування системи газопостачання, що відмовили, хоча і відновлюють його працездатність, але не відбивають на характеристиках надійності об'єкта, що обслуговується загалом.

Розглянута стратегія обслуговування і ремонту полягає в тому, що повне відновлення працездатності обладнання системи газопостачання, що обслуговується, виробляється в заздалегідь призначених календарних моментах часу, незалежно від числа аварійних відмов за цей період. В міру виникнення відмовлення обладнання виконують аварійні ремонти, спрямовані на відновлення працездатності шляхом заміни чи ремонту елемента, блоку чи вузда, що відмовив. Дану стратегію позначимо як стратегію I. Вона зображена на рисунку 1.

Існує інша стратегія обслуговування, заснована на методах календарного планування, яку позначимо як «стратегія II». Модель стратегії II відрізняється від попередньої тим, що в ній робиться припущення про повне відновлення характеристик надійності в результаті проведення планових і аварійних ремонтів і перепланування планових ремонтів після кожного аварійного відмовлення.

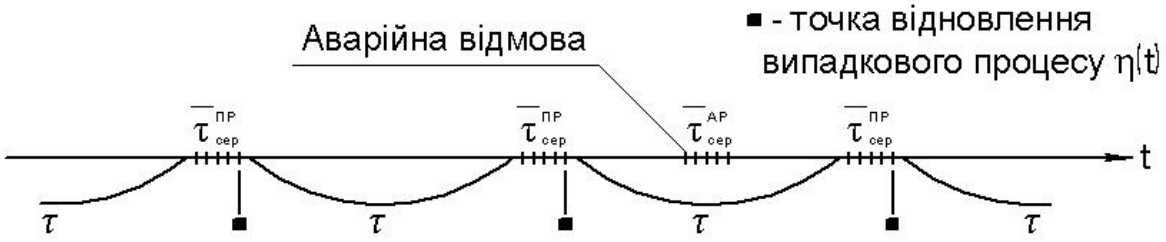

Рисунок 1 – Стратегія обслуговування, заснована на методах планування попереджувальних ремонтів після досягнення заданого наробітку

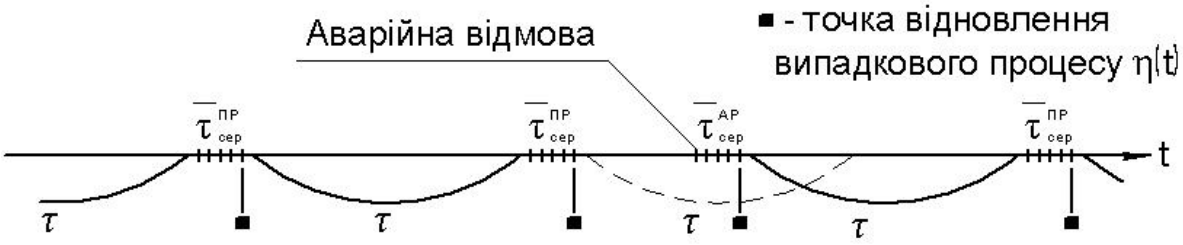

Рисунок 2 – Стратегія обслуговування і ремонту обладнання, заснована на методі календарного планування з перепланування після кожного аварійного відмовлення

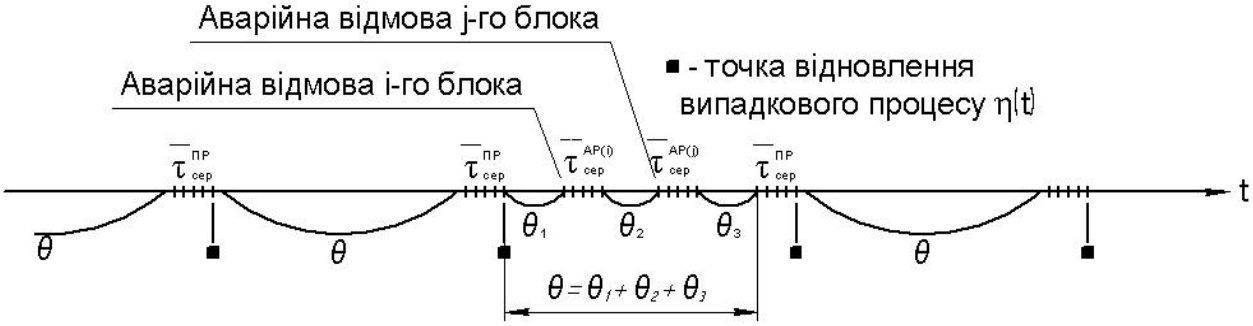

Рисунок 3 – Стратегія обслуговування і ремонту обладнання, заснована на методах планування попереджувальних ремонтів по досягненню заданого наробітку

Перше з допущень обмежує застосування стратегії I до обладнання систем газопостачання, а друге – припускає наявність ускладнень під час планування ремонтів у системі технічного обслуговування систем газопостачання.

Стратегія II зображена на рисунку 2.

До теперішнього часу найбільш широку реалізацію одержали стратегії технічного обслуговування, засновані на проведенні регламентованих профілактичних робіт у міру досягнення заданого наробітку конкретного обладнання систем газопостачання. В основному це відноситься до системи технічного обслуговування ГПА на компресорних станціях.

З метою дослідження і порівняльного аналізу розглянутих стратегій обслуговування розглянемо формалізацію досить загальної стратегії обслуговування, заснованої на методах планування реставраційних робіт по досягненні заданого наробітку, яку можна застосовувати до основного обладнання систем газопостачання. Цю стратегію позначимо як стратегію III, яка зображена на рисунку 3.

Припустимо, що обладнання системи обслуговуваного газопостачання цілком відновлюється при досягненні заданого наробітку, незалежно від числа відмов за цей період; у міру виникнення відмов проводяться аварійні ремонти експлуатованого обладнання, спрямовані на відновлення працездатності шляхом заміни (включення резерву) чи ремонту агрегату, блоку чи вузла, що відмовив.

При експлуатації обладнання систем газопостачання, хоча і відомий (регламентований) наробіток, при якому проводяться попереджувальні відбудовні роботи, заздалегідь невідомий календарний момент часу, коли наробіток досягне заданого значення. З цього погляду попереджувальні ремонти обладнання системи газопостачання є позаплановими, незважаючи на сталі традиції в практиці відносити їх до планових.

Відомо, що вихід з ладу конструктивних елементів обладнання систем газопостачання – випадкова подія, що визначається здебільшого конкретними експлуатаційними умовами. Розглянемо стратегію обслуговування і ремонту обладнання систем газопостачання, при якому існує більш високий рівень інформації про об'єкт обслуговування, чим при стратегіях I –III. Дану стратегію позначимо як стратегія IV. Повне відновлення систем газопостачання

досягається при визначеному технічному стані, ідентифікованому шляхом періодичного контролю; аварійні ремонти відбуваються в міру виникнення відмов.

Об'єкт, що обслуговується, розглядається як складна система з можливостями функціонування на багатьох рівнях ефективності. Для об'єктів систем газопостачання це може виражатися ступенем відповідності визначальних технологічних параметрів вимогам нормативно-технічної документації, ймовірністю відмови, пов'язаними з цими витратами.

Ідентифікація технічного стану обладнання систем газопостачання пов'язана зі значними труднощами через його складність, з одного боку, і розмаїттям та різнохарактерністю його експлуатаційних показників, що характеризують, – з іншого. Але для деяких основних технологічних об'єктів системи газопостачання, що є складними резервованими підсистемами, технічний стан може бути природним шляхом визначено через кількість технологічних елементів, що відмовили. Такий підхід доцільний, оскільки нормальне функціонування основних резервованих об'єктів визначається, як правило, кількістю і місцем працездатних агрегатів і блоків у загальному технологічному режимі. Ця обставина буде все в більшому ступені визначальною у міру введення комплексної автоматизації газотранспортних систем.

Бувають випадки, коли проведення планових попереджувальних ремонтів недоцільне, тому що вони можуть погіршити показники якості функціонування системи. Тоді стратегія I вироджується у пасивну стратегію обслуговування (позначимо її V), що полягає в проведенні тільки аварійних ремонтів обладнання, що відмовило, на об'єктах системи газопостачання в міру виникнення відмов.

Висновки

На підставі аналізу розглянутих стратегій обслуговування обладнання системи газопостачання отримані умови переваги однієї стратегії обслуговування щодо іншої.

1. При обслуговуванні основного обладнання відповідно до стратегії II передбачається більш часте повне відновлення характеристик надійності обладнання системи газопостачання , що обслуговується. Але практична неприйнятність застосування стратегії обслуговування II до основного обладнання робить її неправомірною з метою оптимізації режимів обслуговування і призначення термінів ремонту на об'єктах системи газопостачання.

2. Для високонадійного обладнання системи газопостачання і при нетривалих аваріях у випадках відмовлення, стратегії обслуговування I і III виявляється з близькими значеннями показників ефективності обслуговування та ремонту.

Література

1 Еремин Н.В. Компрессорные станции магистральных трубопроводов / Н.В. Еремин, О.А. Степанов. – М.: Недра, 1995. – 230 с.

2 Маньшин Г.Г. Управление режимами профилактик сложных систем / Г.Г. Маньшин. – М.: Наука и техника, 1976.

3 Грудз В.Я. Обслуживание газотранспортных систем./ В.Я. Грудз, Д.Ф. Тымкив, Е.И. Яковлев. – Киев.: УМКВО, 1991.- 159 с.

4 Байхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математичекий поход; пер. с нем. / Ф.Байхельт, П.Франкен. – М.:Радио и связь, 1998. – 392 с.

5 Носков С.В. Алгоритмизация задачи оптимального управления системой технического обслуживания газоперекачивающих агрегатов. / С.В. Носков , В.А. Чичугин // Алгоритмизация и моделирование процессов разработки нефтегазовых месторождений: Сб. науч. тр. – Тюмень: "Нефтегазовый университет", 2007. – Вып. 3. – С. 68-73.

6 Надежность и эффективность в технике: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин; под. ред.. Ушакова И.А. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 02.02.12
Рекомендована до друку професором ***Грудзом В.Я.***