

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПАРАМЕТРИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРОМЕХАНІЧНИХ АГРЕГАТІВ

Гідравлічні системи (ГС) є важливим компонентом сучасних літальних апаратів (ЛА) та їх двигунів. Вони призначені для керування й передавання потужності в ЛА за допомогою рідини під тиском. До складу ГС ЛА входять такі агрегати, як гідравлічні насоси, гідромотори, виконавчі механізми, гідравлічні акумулятори. ГС авіаційного двигуна є також дуже важливими для керування польотом. Вони використовуються для керування кроком гвинта, реактивним соплом, реверсивним пристроєм та іншими елементами двигунів. Ці системи також включають вузли, аналогічні до тих, які використовуються в основній ГС ЛА. Важливим компонентом, що забезпечує функціонування силової установки ЛА, є також паливна система, яка складається з паливних баків, насосів, фільтрів, зворотних і запобіжних клапанів, агрегатів дозування палива.

Безпека польоту значною мірою забезпечується високими показниками надійності систем ЛА, які безпосередньо залежать від ефективності технічного обслуговування й ремонту. Відмова будь-якої функціональної частини агрегату ГС спричиняє значне ускладнення умов польоту або виникнення аварійних ситуацій. Для забезпечення працездатності агрегату ГС у межах міжремонтного ресурсу й терміну служби із заданою ймовірністю безвідмовної роботи вкрай важливо виконувати своєчасне технічне обслуговування й ремонт до того, як несправності, що розвиваються, переростуть у повномасштабні збої, запобігаючи простоям і підвищуючи загальну надійність. У поточний час найбільш ефективним є обслуговування й ремонт за технічним станом, які дозволяють скоротити кількість технологічних операцій, зменшити вартість ремонтного комплексу деталей і знизити витрати, пов'язані з простоями.

У цій доповіді обговорюються методи параметричного діагностування й локалізації дефектів агрегатів ГС й інших систем, які використовуються на різних етапах життєвого циклу. Описано основні дефекти агрегатів ГС, наведено приклади застосування алгоритмів діагностування в складі комплексних систем керування технічним станом ЛА.

На основі характеру діагностованих дефектів, досвіду використання алгоритмів діагностування, а також вимог діючих стандартів і аналізу наукових публікацій сформовано основні вимоги до методів діагностування агрегатів гідравлічної й паливної систем повітряного судна. З метою систематизації наявних робіт запропоновано класифікацію алгоритмів параметричного діагностування. Описано основні особливості й відмінності алгоритмів діагностування, оснований на методах ідентифікації математичної моделі об'єкту, й алгоритмів діагностування в просторі вимірюваних параметрів. Проаналізовано методи формування діагностичних моделей гідравлічних агрегатів, таких як модель у просторі станів, модель Хаммерштейна, модель Вольтерра, ARX модель, матриця коефіцієнтів впливу. Наведено аналіз використання таких алгоритмів ідентифікації дефектів, як фільтр розділених різниць (DDF), сітка радіальних базисних функцій RBF, метод косинусної відстані.

В представлених методах роботах використовується широкий спектр різних алгоритмів діагностування ГС. В умовах відсутності великого масиву емпіричних даних, які відображають проявлення дефектів, що розглядаються, основою всіх методик є нелінійна ММ ГС, яка спроможна відобразити фізику робочих процесів на достатньому для діагностування рівні. Для зручності діагностування методом параметричної ідентифікації або методом класифікації

в просторі параметрів станів у кожній із проаналізованих робіт використовується вельми складній математичний апарат, який дозволяє перетворити нелінійну ММ ГС до форми, зручної для застосування алгоритмів локалізації несправностей. Однак жоден з методів, що оглядаються, не дає уявлення про ефективність роботи алгоритмів класифікації станів в умовах наявності обмеженої кількості вимірюваних параметрів робочого процесу.

У роботах, пов'язаних із дослідженням алгоритмів класифікації станів агрегатів ГС у просторі параметрів стану, не даються ймовірнісні оцінки приналежності поточного стану виробу до того чи іншого класу, що значно ускладнює процес постановки діагнозу в разі отримання близьких оцінок приналежності поточного стану до різних дефектів. У свою чергу, наведені оцінки ефективності діагностування мають вельми суб'єктивний характер, оскільки жоден із методів не надає критеріїв якості діагностування, таких як вірогідності діагнозів.

Розглянутий метод діагностування проточної частини ГТД дає ймовірнісні оцінки стану, в ряді робіт подається методологія визначення якості діагностування. Однак цей алгоритм базується на абсолютно іншій ММ досліджуваного виробу, яка описує інші фізичні процеси. Також повністю відрізняється склад діагностованих параметрів стану, параметрів робочого процесу, а також характер взаємозв'язків між ними.

Відповідно, для виконання перелічених функцій інтегральних систем оцінювання технічного стану, ураховуючи складність фізичної природи дефектів, що виникають в агрегатах ГС, і недоліки наявних методів діагностування, можна сформулювати основні задачі розробки алгоритмів діагностування для складних гідравлічних агрегатів, наприклад, паливного регулятора:

- Розроблення нелінійної динамічної всережимної гідромеханічної ММ агрегату, здатної повною мірою відтворювати всі режими роботи виробу, на яких виконується контроль параметрів.

- Розроблення методики лінеаризації нелінійної ММ паливного регулятора для зручності її використання з метою діагностування. Для цього методу має бути виконано оцінку похибок лінеаризації в області застосування лінійної діагностичної моделі.

- Розроблення алгоритму діагностування несправностей агрегату на базі його лінійної діагностичної ММ, який є здатним ефективно локалізувати несправності в умовах наявності обмеженої кількості вимірюваних параметрів робочого процесу. При цьому алгоритм має оперувати ймовірнісними оцінками технічного стану виробу, за допомогою яких можна визначити показники достовірності діагностування. Для цього алгоритму має бути оцінено показники його ефективності з використанням тестових вибірок. Реальну ефективність розробленого алгоритму можна оцінити за результатами діагностування, отриманими під час проведення натурних досліджень у процесі виробництва, ремонту чи експлуатації.