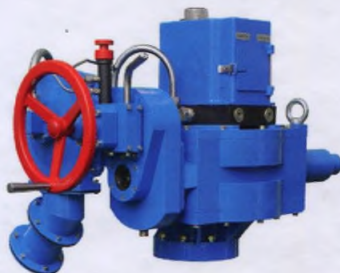


62-82(075)
Н17

П.М. АНДРЕНКО, А.Ю. ЛЕБЕДЕВ,
О.В. ДМИТРИЄНКО, М.С. СВИНАРЕНКО

НАДІЙНІСТЬ, ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ГІДРО- І ПНЕВМОПРИВОДІВ

Навчальний посібник
для студентів напрямку підготовки «Прикладна механіка»
За редакцією проф. Андренка П.М.



Харків 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

П. М. АНДРЕНКО, А. Ю. ЛЕБЕДЄВ, О. В. ДМИТРІЄНКО, М. С. СВИНАРЕНКО

**НАДІЙНІСТЬ, ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ГІДРО- І ПНЕВМОПРИВОДІВ**

Навчальний посібник

**для студентів напрямку підготовки «Прикладна механіка»
За редакцією проф. Андrenка П. М.**

Рекомендовано Вченою радою НТУ «ХП»

Харків
НТУ «ХП»
2018

Рецензенти :

А. Ф. Луговський, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри прикладної гідраеромеханіки та механотроніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»;
А. І. Панченко, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри мобільних енергетичних засобів, Таврійський державний агротехнологічний університет

Рекомендовано Вченою радою Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» як навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Прикладна механіка», протокол № 2 від 23.02.2018 р.

Андренко П. М.

А65 Надійність, технічне діагностування та експлуатація гідро- і пневмоприводів : навч. посіб. / П. М. Андренко, А. Ю. Лебедев, О. В. Дмитрієнко, М. С. Свинаренко ; під ред. проф. П. М. Андřenка. - Харків : ФОП Панов А. М., 2018. - 520 с.

ISBN 978-617-7541-61-4

Описано методи прикладної теорії надійності систем гідро- і пневмоприводів та основи їх технічного діагностування. Розглянуто фізичні та аналітичні моделі відмов, методи розрахунку і прогнозування показників надійності та їх зв'язок з економічною ефективністю. Наведено методика прогнозування зміни технічного стану систем гідро- і пневмоприводів в процесі експлуатації. Висвітлено організацію технічного обслуговування та експлуатації. Запропоновано рекомендації щодо оптимізації контролю їх технічного стану, регенерації і фільтрації робочих рідин, зменшення шуму та вібрації.

Для студентів напряму «Прикладна механіка», а також може бути корисним для аспірантів та інженерно-технічного персоналу.

Іл. 126. Табл. 70. Бібліогр. 51 назв.

УДК 62-85. 681.587

ISBN 978-617-7541-61-4

© П. М. Андренко, А. Ю. Лебедев,
О. В. Дмитрієнко,
М. С. Свинаренко, 2018
© НТУ «ХПІ», 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДУ	12
Запитання для самоконтролю.....	27
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ. ВІДМОВИ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИВОДУ.....	28
2.1. Надійність гідро- і пневмоприводів.....	28
2.2. Зв'язок надійності з економічною ефективністю.....	33
2.3. Показники надійності.....	43
2.4. Класифікація відмов.....	46
2.5. Фактори, які визначають надійність гідроприводу.....	49
2.6. Основні причини несправності агрегатів приводу.....	59
2.7. Моделі відмов.....	61
Запитання для самоконтролю.....	73
РОЗДІЛ 3. ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДІВ.....	75
3.1. Показники надійності невідновних приводів.....	75
3.2. Показники надійності відновних приводів.....	79
3.3. Джерела інформації про надійність приводу. Критерії узгодженості статистик.....	83
3.4. Методи оцінки розподілень.....	88
3.5. Наближене визначення законів розподілу.....	94
3.6. Оцінка кореляційних моментів та коефіцієнтів регресії.....	96
Запитання для самоконтролю.....	98
РОЗДІЛ 4. ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИВОДУ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ.....	100
4.1. Загальні задачі розрахунку показників і контролю надійності.....	100
4.2. Загальні рівняння надійності приводу.....	102
4.3. Метод неперевищень або «здатність витривалості — навантаження».....	105
4.4. Статистичний коефіцієнт запасу працездатності.....	108
4.5. Умови працездатності приводу.....	109
4.6. Статистична міцність (надійність за міцністю).....	111
4.7. Імовірність безвідмовної роботи при дії знакозмінного навантаження.....	113
4.8. Коефіцієнт запасу довговічності.....	115

4.9. Метод структурних схем.....	116
Запитання для самоконтролю.....	129
РОЗДІЛ 5. ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИВОДІВ.....	130
5.1. Задачі та методи прогнозування.....	130
5.2. Модель зміни надійності приводу в період доопрацювання та виробництва.....	132
5.3. Прогнозування надійності приводу в процесі експлуатації.....	138
5.4. Прогнозування характеристик приводу методом марківської апроксимації.....	140
5.5. Прогнозування надійності приводу методом експертних оцінок.....	145
5.6. Визначення параметричних запасів працездатності.....	152
Запитання для самоконтролю.....	160
РОЗДІЛ 6. ОСНОВИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРОПРИВОДІВ.....	162
6.1. Задачі технічного діагностування.....	162
6.2. Види технічного стану гідроприводів.....	163
6.3. Види технічного діагностування.....	165
6.4. Діагностичні параметри гідроприводів.....	166
6.4.1 <i>Вибір діагностичних параметрів</i>	171
6.5. Властивості діагностичних ознак.....	173
6.6. Діагностичні моделі гідравлічних приводів.....	184
6.6.1. <i>Аналітичні моделі</i>	184
6.6.2. <i>Структурно-функціональні моделі</i>	186
6.6.3. <i>Логічні моделі</i>	190
6.6.4. <i>Ієрархічні моделі</i>	193
6.6.5. <i>Графи причинно-наслідкових зв'язків</i>	198
Запитання для самоконтролю.....	199
Розділ 7. МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОПРИВОДІВ.....	201
7.1. Методи нормованих параметрів.....	203
7.1.1. <i>Часовий метод</i>	203
7.1.2. <i>Статопараметричний метод</i>	203
7.1.3. <i>Силовий метод</i>	204
7.1.4. <i>Метод еталонних модулів</i>	205
7.2. Методи еталонних залежностей.....	209

7.2.1. Метод амплітудно-фазових характеристик.....	209
7.2.2. Метод перехідних характеристик.....	211
7.2.3. Метод еталонних осцилограм.....	211
7.2.4. Метод порівняння і накладання осцилограм.....	214
7.3. Методи діагностування за параметрами робочої рідини.....	214
7.3.1. Методи та засоби контролю технічного стану робочої рідини.....	215
7.3.2. Методи діагностування гідравлічних приводів за параметрами робочої рідини.....	221
7.3.3. Агрегат миттєвого діагностування якості робочої рідини гідропроводу Fluid Control Unit FCU фірми HYDAC International GmbH.....	222
7.4. Віброакустичні методи діагностування.....	230
7.4.1. Вібраційні методи діагностування гідравлічних агрегатів.....	230
7.4.2. Засоби діагностування гідравлічних агрегатів за параметрами вібрацій.....	234
7.5. Термодинамічні методи діагностування.....	239
Запитання для самоконтролю.....	244
8. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОПРИВОДІВ.....	246
8.1. Метод Байєса.....	247
8.2. Метод послідовного аналізу.....	252
8.3. Методи статистичних рішень.....	254
8.3.1. Метод мінімального ризику.....	257
8.3.2. Метод мінімальної кількості хибних рішень.....	260
8.3.3. Метод мінімаксу.....	261
8.3.4. Метод Неймана - Пірсона.....	263
8.3.5. Метод найбільшої правдоподібності.....	265
8.4. Вибір комплексу ознак для діагностування гідропроводу за методом Байєса.....	266
8.5. Вибір граничних значень діагностичних параметрів гідропроводів методами статистичних рішень.....	271
8.6. Статистичні рішення при наявності зони невизначеності.....	277
Запитання для самоконтролю.....	282
РОЗДІЛ 9. СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРОПРИВОДІВ.....	284

9.1. Засоби технічного діагностування.....	284
9.2. Вимірювально-діагностичне обладнання фірми PARKER	288
9.3. Структура систем технічного діагностування.....	299
9.3.1. <i>Задачі вбудованих систем діагностування</i>	
<i>гідроприводів</i>	301
9.3.2. <i>Структурно-функціональна схема мікропроцесорної</i>	
<i>вбудованої системи діагностування гідроприводів</i>	307
9.4. Визначення повноти контролю та глибини пошуку	
відмови.....	310
9.5. Прогнозування зміни технічного стану гідроприводів	
машин при експлуатації.....	315
9.5.1. Методи регресивного аналізу.....	316
9.5.1. <i>Методи регресивного аналізу</i>	317
9.5.2. <i>Динамічна модель зміни параметра стану</i>	323
9.5.3. <i>Прогнозування процесу зношення</i>	326
9.5.4. <i>Прогнозування зміни подачі насоса</i>	329
9.5.5. <i>Прогнозування залишкового ресурсу</i>	332
Запитання для самоконтролю.....	333
РОЗДІЛ 10. МЕТОДИ РЕЗЕРВУВАННЯ ПРИВОДІВ.....	336
10.1. Ефективність роздільного резервування.....	340
10.2. Загальне резервування.....	343
10.3. Ефективність загального резервування.....	346
10.4. Оптимальне резервування.....	350
Запитання для самоконтролю.....	352
РОЗДІЛ 11. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ГІДРОПРИВОДІВ.....	353
11.1. Технічне обслуговування гідроприводів.....	354
11.1.1. <i>Вимоги до монтажу та пробного пуску гідроприводу</i>	354
11.1.2. <i>Технічне обслуговування гідроприводів</i>	356
11.1.3. <i>Ремонт гідроприводу</i>	357
11.2. Технічне обслуговування робочої рідини.....	358
11.2.1. <i>Вплив забрудненості робочої рідини на спрацювання</i>	360
11.2.2. <i>Вплив в'язкості робочої рідини на експлуатаційні</i>	
<i>характеристики гідравлічних систем</i>	362
11.2.3. <i>Старіння робочих рідин</i>	366
11.2.4. <i>Вибір вогнестійких робочих рідин</i>	370
11.2.5. <i>Усунення кавітації рідини</i>	374

11.3. Регенерація робочих рідин.....	375
11.3.1. Установа для регенерації рідини в ємностях гідросистем.....	377
11.3.2. Стабілізація якості робочої рідини.....	380
11.4. Очищення деталей та вузлів гідросистем.....	381
11.4.1. Промивання трубопроводів.....	382
11.4.2. Технологічне очищення гідросистем.....	388
11.4.3. Гідродинамічне очищення.....	390
11.4.4. Контроль якості очищення деталей від механічних домішок.....	394
11.5. Ущільнення.....	395
11.5.1. Ущільнення для з'єднань зі зворотно-поступаль- ним рухом.....	399
11.5.2. Ущільнення для з'єднань з обертальним рухом.....	402
11.5.3. Ущільнення для нерухомих з'єднань.....	408
11.6. Методи зниження рівня коливань та шуму в гідроприводах.....	411
11.6.1. Усунення коливань трубопроводів.....	418
11.6.2. Пасивні методи захисту від вібрацій.....	421
11.7. Вимоги до конструкції гідробака.....	426
11.8. Обкатка гідромашин при прийнятно-здавальних випробуваннях.....	433
11.9. Оптимізація режимів технічного обслуговування та діагно- стування гідроприводів машин.....	442
11.9.1. Моделювання процесів відновлення елементів гідроприводу.....	443
11.9.2. Визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування та діагностування гідравлічних приводів.....	445
11.10. Заходи безпеки та охорона праці.....	451
Запитання для самоконтролю.....	453
РОЗДІЛ 12. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПНЕВМАТИЧНИХ ПРИВОДІВ ТА ПРИСТРОЇВ.....	455
12.1. Монтаж пневматичних пристроїв та систем.....	455
12.1.1. Монтаж трубопроводів.....	455
12.1.2. Монтаж пристроїв очищення повітря та масло- розпилювачів.....	458
12.1.3. Монтаж пневмоциліндрів.....	459

12.1.4. Монтаж пневматорів.....	461
12.1.5. Монтаж пневмоапаратури.....	461
12.2. Технічне обслуговування пневматичних пристроїв, приводів та систем.....	462
12.2.1. Забруднювачі стисненого повітря.....	462
12.2.2. Контроль забруднення стисненого повітря.....	466
12.2.3. Обслуговування пристроїв очищення.....	466
12.2.4. Обслуговування мастильних пристроїв.....	469
12.2.5. Обслуговування пневмоапаратури та пневмодвигунів.....	471
12.2.6. Обслуговування трубопроводів.....	472
12.2.7. Контроль герметичності пневмопристроїв.....	474
12.2.8. Зниження рівня шуму та виносу масляних аерозолів під час роботи пневмоприводів.....	475
12.2.9. Організація технічного обслуговування пневообладнання.....	477
12.3. Ремонт пневматичних пристроїв та приводів.....	481
12.3.1. Можливі несправності пневмопристроїв.....	483
Запитання для самоконтролю.....	484
ДОДАТКИ.....	487
Додаток А. Типові несправності в гідроприводі і способи їх усунення.....	487
Додаток Б. Значення квантилів нормального розподілення.....	490
Додаток В. Інтенсивності відмов деяких гідравлічних агрегатів та елементів.....	491
Додаток Д. 1. Значення функції нормального розподілення.....	495
Додаток Д.2. Приблизний обсяг робіт при періодичному огляді, поточному, середньому та капітальному ремонтах.....	495
Додаток Ж. Характерні несправності пневмоапаратів і методи їх усунення.....	498
Додаток К Приклад інструкції з монтажу і технічного обслуговування пневматичних приводів та пристроїв.....	511
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	515