

УДК.629.083

ТЕОРЕТИКО-ФІЗИЧНИЙ ПІДХІД ДО ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ТЕХНІЧНИЙ СТАН АГРЕГАТИВ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Аулін В.В., к.ф.-м.н. професор, , Лисенко С.В., к.т.н., доцент,
Голуб Д.В., к.т.н., доцент, Гриньків А.В., аспірант,
(Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград)

Мартиненко О.Д., к.т.н., доцент*

* (Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)

Запропоновано теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан об'єкту, який формується з використанням основних законів інформації та інформаційному трактуванні фізичних законів. Дано зв'язок діагностичної інформації з інформаційною ентропією для визначення діагностичної цінності обстеження технічного стану мобільної сільськогосподарської техніки. Обґрунтовано вибір критеріїв інформативності на основі даного підходу.

Постановка проблеми Важливим пріоритетним напрямком в області вдосконалення структури і логічної організації експлуатаційно-технологічної діагностики технічного стану агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки (МСГТ) направлених на ефективність раннього виявлення їх відмов, стратегій технічного обслуговування і ремонту (ТОР) є інформативне забезпечення діагностичного моніторингу. При цьому безпечність і ефективність використання МСГТ в значній степені визначається експлуатаційною надійністю, закладеної при їх проектуванні і виробництві, методами і засобами діагностики технічного стану та якістю отриманої інформації по показникам безвідмовності, довговічності та збережуваності [1].

В процесі функціонування агрегатів МСГТ, їх технічні стани підлягають безперервним змінам, які виявляються фізичними методами та підлягають інформаційним законам при перебігу сукупності процесів. Згідно другого закону термодинаміки впорядковані системи, до яких відносяться всі технічні системи, мають тенденцію самостійно руйнуватися з часом в процесі експлуатації, тобто втрачати впорядкованість закладену в них при виготовленні. Ця тенденція проявляється при сумісній дії сукупності дезорганізуючих факторів, які не можуть бути враховані при проектуванні і виготовленні, а отже процеси зміни технічного стану агрегатів МСГТ нерегулярні і випадкові, а їх наслідки неочікувані [2]. В зв'язку з цим мають місце випадки необґрунтованого знімання деталей і агрегатів з експлуатації або більш негативне - це пропуск їх дефектів через неправильно поставлений діагноз, що, як правило, пов'язані з похибками

отримання та обробки діагностичної інформації. Також до кінця не розкрито оптимальний вибір та інформаційний потенціал контрольованих параметрів, які містять важливу інформацію про стан технічного об'єкту. Під інформаційним потенціалом будемо розуміти недовикористану можливість інформаційної значимості як контрольованих параметрів, так і діагностичного моніторингу, системно-спрямованого підходу до інформаційного забезпечення про технічний стан агрегатів і МСГТ в цілому та прогнозування їх ресурсу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аспекти сутності інформаційних потоків відображені в роботах В.М. Волькенштейна [3], П.П.Пархоменка[4], але в них не розглянуто конкретні, прикладні задачі й не наведено тлумачення теоретико-фізичного підходу, щодо інформаційного забезпечення стану технічного об'єкту при діагностуванні. Деякі теоретичні основи інформаційного забезпечення процесів діагностування технічних об'єктів, на прикладі літальних апаратів і авіадвигунів, дано О.Ф.Машошиним [5]. Ним враховано імовірнісне тлумачення отриманої діагностичної інформації та враховано ентропію К.Шенона [6].

Академік В.А.Котельников [7], розглядаючи питання про квантування електричних сигналів, сформулював "теорему відліку", тим самим створивши основи теорії інформації, інформаційної надійності та кількісного підходу до інформаційних процесів. Зв'язок інформаційної надійності і ентропії з використанням теорії чутливості (сенсетивів) відображені, в роботах проф. А.Г. Кузьменка [8]. Важливим, як зазначає проф. А.Г. Кузьменко [9], при вирішенні питань діагностичного моніторингу є оцінювання інформаційної ентропії надійності стану технічного об'єкту. З цією метою він використовує теорію чутливості (сенсетивів) [10].

А.Л. Аліфанов, розробляючи метод прогнозування працездатності транспортних засобів, використовує попередньо отриману інформації про технічний стан їх агрегатів [2] для призначення термінів технічного обслуговування і ремонту (ТОР).

В зв'язку з цим важливо ще на ранніх етапах експлуатації МСГТ використовувати сучасні підходи до діагностики і планування стратегії проведення ТОР, одним з яких є підвищення достовірності діагнозу агрегатів і МСГТ в цілому на основі оптимального вибору методів діагностики з урахуванням інформаційного потенціалу контрольованих параметрів.

Метою роботи є з'ясування сутності та використання теоретико-фізичного підходу до інформаційного моніторингу та вибору критеріїв інформативності про технічний стан агрегатів МСГТ.

Виклад основного матеріалу. Теоретико-фізичного підходу до діагностичної інформації технічного стану об'єкта має дві складові: теоретичний та фізичний. Аналіз теоретичного підходу до інформації свідчить, що математичне відображення її кількості, введене Р. Хартлі і узагальнене К.Шеноном – копіюють відому формулу Л. Больцмана для фізичної ентропії системи. Це обумовлює трактування процесів, що визначають стан технічного

об'єкта, накопичену інформацію та зв'язок її з показниками надійності з фізичної точки зору. Врахування уявлень П. Лапласа, Р. Майєра, Д. Джоуля, Г. Гельмгольца, С. Карно, Р. Клаузіуса, Дж. Томпсона, Дж. Гіббса, Л. Больцмана, Дж. Максвелла, Л. Сцилларда та інших фізиків та теоретично-інформаційні дослідження [11] приводять до переосмислення фізичного підходу (положень термодинаміки і статистичної фізики) [3], які в теорії інформації розширюються до рангу загальносистемних моделей. Л. Бриллюєн [11], на основі негентропічного принципу обґрунтував зв'язок кількості інформації з фізичною ентропією, що обумовило можливість побудови статистичної рівноважної і нерівноважної термодинаміки з використанням теорії інформації [12], а також побудови термодинамічної теорії інформаційних процесів, в якій відображені зв'язки між інформаційними і фізичними (енергетичними) характеристиками.

Дослідження А.Н.Колмогорова та М.М.Бонгарда [13] в теорії інформації [14], свідчать про перспективність технічних систем, як об'єктів діагностування різними методами, але інформаційний обмін при цьому є найважливішою характеристикою поведінки будь-якого технічного об'єкту, в тому числі і МСГТ. Таким чином, можна здійснити діагностику агрегатів та МСГТ в цілому на основі теорії інформації, використавши її для забезпечення процесів визначення їх станів. При цьому слід враховувати, теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації технічного стану об'єкт, врахувавши закони, які визначають інформаційну сторону взаємодії (рис.1) та трактування інформаційної сутності фізичних законів і понять

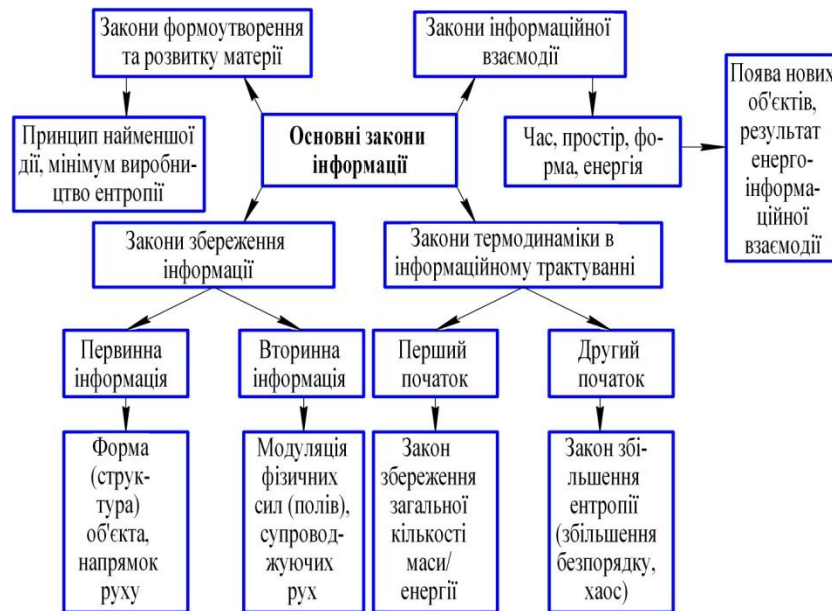


Рисунок 1 – Структура теоретико-фізичного підходу до трактування інформації, її законів та їх сутностей.

Згідно зазначеного підходу інформація зберігає своє значення в незмінному вигляді поки залишається в незмінному вигляді, сам її носій [11]. Це складає сутність закону збереження інформації як прояву однієї з її

найважливіших властивостей: незалежність інформації від часу. Інформація як нематеріальна сторона об'єкта, не може існувати сама по собі без об'єкта, поділяючись на первинну і вторинну інформацію за шкалою часу. При цьому вторинна інформація, як правило, переважає зі збільшенням тривалості функціонування об'єкту, але при цьому зберігається незмінність сумарної інформації.

Виходячи з цього при інформаційній взаємодії спрямованість змін процесів і станів технічних об'єктів забезпечує мінімум дисипації енергії, а згідно теореми І. Пригожина [15] стаціонарному стану відповідає мінімум виробництва ентропії [12]. Зазначимо, що принцип мінімуму дисипації енергії є універсальним законом інформаційної взаємодії [3].

У теоретико-фізичному підході досліджень інформаційних процесів [4,16,6] можна виділити методи визначення цінної інформації, яка сприяє досягненню мети, щодо працездатного стану МСГТ. Якщо при цьому ймовірність велика, то цінність інформації визначається за критерієм мінімізації витрат на її отримання. Якщо ж досягнення мети мало ймовірне, то мірою цінності інформації може служити деяка функція, що визначається відношенням ймовірності досягнення мети після і до отримання інформації [17].

Інформація, що отримується системою діагностики D про технічний об'єкт S , характеризує його стан. Якщо метою діагностування є отримання інформації про час можливої відмови технічного об'єкту, то отриманий інформаційний критерій може бути узагальненим показником його залишкової працездатності. При цьому важливим завданням є вибір найбільш суттєвих діагностичних параметрів, який може бути здійснений за допомогою інформаційних оцінок в загальній схемі реалізацій інформаційного моніторингу стану агрегатів і МСГТ в цілому (рис.2). Оскільки певні симптоми і їх комбінації адекватно характеризують технічний стан об'єкту, то розглядають дві залежні системи: технічний стан об'єкту і системи діагностичних ознак.

Проста діагностична ознака результату обстеження, може бути подана одним з двох символів або двійковим числом (наприклад, 1 і 0; «так і ні»; «+» і «-» і т.п.). З точки зору теорії інформації просту ознаку результату стеження за станом технічного об'єкта можна розглядати, як систему, що має один з двох можливих станів. Для цілей діагностики область можливих значень вимірюваного параметра часто розбивається на інтервали і характерною при цьому є наявність параметра в цьому інтервалі, а результат кількісного обстеження може розглядатися, як ознака, що приймає декілька можливих станів. Результатом обстеження може бути складна ознакою розряду m , якщо він відображений одним з m символів. Однорозрядна ознака ($m=1$) має тільки один можливий стан і не несе діагностичної інформації, а отже слід виключити з розгляду. Дворозрядна ознака ($m=2$) має два можливі стани. Ці стани альтернативні, оскільки реалізується тільки один з них. Очевидно, що вона може бути замінена простою ознакою, наприклад, D_j . Трирозрядна ознака ($m=3$) має три можливі значення і т.д..

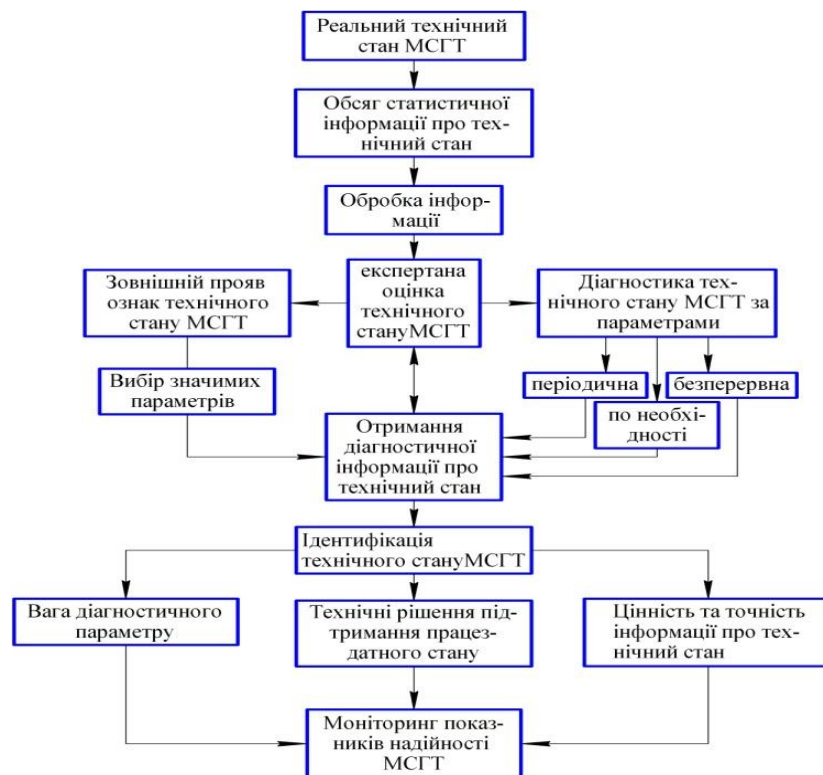


Рисунок 2 - Загальна схема реалізації інформаційного моніторингу МСГТ

З точки зору теорії інформації в процесі діагностування спостерігають ознаки D , що визначають стан S . Отримувана інформація зменшує ентропію $H(S)$ системи j , об'єкта станом S :

$$JA(D) = H(S) - H(S/D), \quad (1)$$

де $H(S/D)$ - повна умовна ентропія технічного об'єкта S відносно ознака D , яка характеризує міру невизначеності системи (об'єкта) S , що залишається після того, як система ознак D повністю визначилася.

У загальному випадку ознака D_j m -го розряду має m можливих альтернативних значень $D_{1j}, D_{2j}, \dots, D_{mj}$. Якщо виявлено, що ознака D має для стану об'єкта значення D_{js} , то це значення є реалізацією ознаки D_j . В якості діагностичної ваги реалізації D_j для стану системи (технічного об'єкта) S_i приймають величину:

$$Z_{Si}(D_{js}) = \log_2 \left[\frac{P\left(\frac{D_{js}}{S_i}\right)}{P(D_{js})} \right], \quad (2)$$

де $P(D_{js}/S_i)$ - ймовірність появи ознаки D_{js} в реалізації ознак D для об'єкта, що має стан S_i ; $P(D_{js})$ - ймовірність появи значень D_{js} для усієї сукупності досліджуваних станів об'єкта. Величина $Z_{Ai}(D_{js})$ є діагностичною вагою реалізації і показником цінності інформації та інформаційною мірою ознаки. По формулі (10) розраховують діагностичну вагу реалізацій дворозрядних параметрів по двох

можливих станах об'єкта. Діагностичною цінністю обстеження за ознакою D_j для стану S_i вважають величину інформації, внесена ознакою D_j для визначення стану S_i . Для m - розрядної ознаки діагностична вага реалізації ознаки D_j для стану об'єкта S_i дорівнює:

$$Z_{S_i}(D_j) = \sum_{i=1}^m P\left(\frac{D_{js}}{S_i}\right) \cdot Z_{S_i}(D_{js}) \quad (3)$$

Діагностична цінність обстеження простої дворозрядної ознаки дорівнює:

$$Z_{S_i}(D_j) = 2 \cdot P\left(\frac{D_j}{S_i}\right) \cdot \log_2 \left[\frac{P\left(\frac{D_j}{S_i}\right)}{P(D_j)} \right] \quad (4)$$

Зазначимо, що реалізації однієї і тієї ж діагностичної ознаки в загальному випадку не рівнозначні по їх вкладу в інформацію про різні стани технічного об'єкта. Діагностична цінність обстеження враховує усі можливі реалізації ознаки і являє собою математичне очікування величини інформації, що вноситься окремими реалізаціями. З цієї точки зору формула (12) визначає діагностичну цінність обстежень для вибраних станів об'єкта. Діагностична цінність обстежень D_j для певного стану не показує загальної діагностичної цінності ознаки D_j для усього об'єкта. Обстеження, що має невелику цінність для одного стану, може мати значну цінність для іншого, а тому слід розглядати загальну діагностичну цінність обстеження за ознакою D_j усієї сукупності станів об'єкта, що діагностується, як очікуване (середнє) значення інформації, яке може бути внесене обстеженням в різні, заздалегідь невідомі, діагнози:

$$Z_S(J_{D_j}) = \sum_{i=1}^n P(D_i) \cdot Z_{S_i}(D_j) \quad (5)$$

Вона може бути використана не лише для оцінки ефективності обстеження, але і для доцільності вибору величини діагностичних інтервалів. При визначенні комбінації ознак, за допомогою яких вибрана їх сукупність, або була б віднесена до одного з можливих станів об'єкту, складається алгоритм на основі формули Байєса:

$$P\left(\frac{S_i}{D}\right) = \frac{P(S_i) \cdot P\left(\frac{D}{S_i}\right)}{\sum_{i=1}^n P(S_s) \cdot P\left(\frac{D}{S_s}\right)} \quad (6)$$

де $P(S_i/D)$ – ймовірність стану S_i за наявності комплексу ознак D ; $P(S_i)$ - апріорна ймовірність стану S_i ; $P(D/S_i)$ - ймовірність появи комплексу ознак D при стані об'єкту S_i . В процесі реалізації інформаційного моніторингу технічного стану агрегатів МСГТ в цілому встановлюється зв'язок між сукупністю діагностичних ознак, що відповідає набору станів технічного об'єкта. Який може визначатися кількістю інформації, що отримується системою діагностування залежно від призначення цієї інформації за змістом. В той час значимість параметрів діагностування також визначається по кількості

отриманої інформації. Цінність обстеження агрегатів і МСГТ в цілому визначається мірою ймовірності їх станів по контрольованих діагностичних параметрах, а не по ймовірності відмов.

Для реалізації розглянутих принципів необхідно простір можливих технічних станів агрегатів і МСГТ в цілому розробити на деяку детерміновану сукупність, що викликає певні труднощі в силу безперервності зміни їх станів і відповідної сукупності діагностичних параметрів. Зазначені раціональні уявлення про, зменшення невизначеності при отриманні тих або інших відомостей про технічний стан агрегатів МСГТ складають основу теоретико-фізичного підходу до інформації та кількісної її оцінки.

Вибір критеріїв інформативності стану об'єкта є початком для прогнозування технічного стану агрегатів. З розглянутих положень теоретико-фізичного підходу до діагностичної інформації, ентропії, що характеризує фундаментальну властивість невизначеності складних систем, (технічних об'єктів), можна використати різні види ентропії (термодинамічна, статистична та інформаційна) при оцінці їх стану (рис.3).

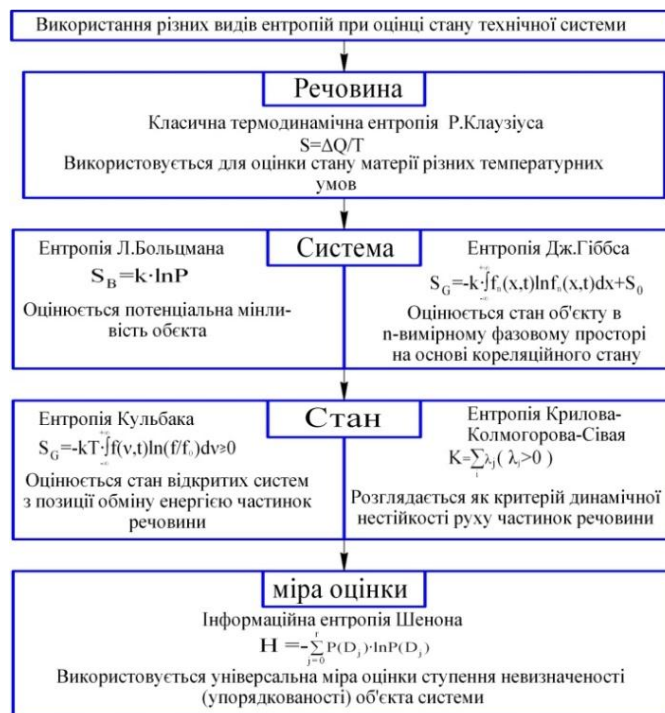


Рисунок 3 – Вплив різних видів ентропії на оцінку станів технічної системи (об'єкта)

Розглядаючи статистичні і динамічні процеси з інформаційної точки зору використовується функціональний і поведінковий опис відкритої технічної системи, що взаємодіє із зовнішнім середовищем. При функціональному підході вивчають внутрішній устрій системи і з'ясовують, які функції виконують ті або інші її підсистеми, а при поведінковому - способи її взаємодії із зовнішнім середовищем, закономірності її реакцій на ті або інші зовнішні дії [4].

Розвиток теорії інформації обумовлений уявленнями про різні системи, як про орієнтовані графи - блок-схеми, що складаються з елементів, сполучених між собою стійкими зв'язками; термодинамічну інформацію розглядають, як "наповнювач" цих блок-елементів. Якщо вважати, інформацію як універсальну міра складності і гетерогенності будь-яких технічних систем, аналіз кодів, каналів зв'язку і шумів, які є компонентами теоретико-фізичного підходу, як загально наукової методології діагностичного моніторингу технічного стану.

Для оцінки інформативності конкретних діагностичних ознак, необхідно зробити вибір інформаційного критерію з урахуванням зміни інформаційної ентропії даного технічного об'єкта (рис.4).

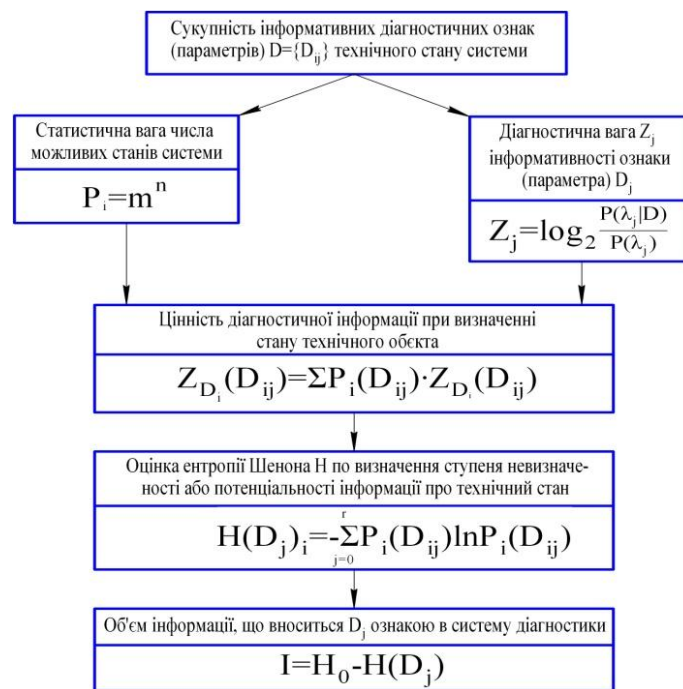


Рисунок 4 - Алгоритм вибору критеріїв інформативності про стан технічного об'єкта.

Висновки

1. Запропоновано теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації технічного стану об'єкта, який поєднує теоретичне тлумачення інформації, її основні закони та інформаційне трактування фізичних законів і термінів при діагностуванні.

2. Розглянуто зв'язок інформації про технічний стан об'єктів з різними тлумаченнями ентропії. Особлива увага приділяється інформаційній ентропії К.Шенона.

3. На прикладі МСГТ представлена загальна схема отримання діагностичної інформації про технічний стан її агрегатів та реалізації інформаційного моніторингу.

4. Наведено зв'язок діагностичної ваги реалізації ознак різних розрядів при визначенні технічного стану об'єкта та діагностична цінність його обстеження певною діагностичною ознакою.

5. Розроблено алгоритм вибору критеріїв інформативності діагностичних параметрів про стан технічного об'єкта.

Список літератури:

1. Надійність сільськогосподарської техніки/ М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В. Аулін та інші) За заг. ред.М.І.Черновола – Кіровоград: КОД, 2010. – 320с.
2. Алифанов А.Л. Методические основы прогнозирования потребности в ремонтах агрегатов и автомобилей для обеспечения работоспособности автомобильного парка северного региона : дис. ... доктора техн. наук: 05.22.10/Алифанов Аскольд Леонидович. – К., 1999. – 340с.
3. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация./ М.В. Волькенштейн – М.:Наука, 1986. - 192с.
4. Пархоменко П.П. Основы технической диагностики: (Оптимизация процессов диагностирования, аппаратные средства)/ П.П.Пархоменко, Б.С.Согомонян. - М.: Энергоатомиздат. – 1981. – 320с.
5. Машошин О.Ф. Диагностика авиационной техники. /О.Ф.Машошин. – М.: МГТУ ГА. - 2007. – 141с.
6. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. Под ред. Р.Л.Добрушина, О.Б.Лупанова. – М.: Изд-во иностр. литер., 1963 - 839с.
7. Котельников В. А. Теория потенциальной помехоустойчивости /В.А.Котельников. –М.: Радио и связь. - 1956. - 152 с.
8. Кузьменко А.Г. Теоретическая и экспериментальная трибология. В 12т. Т.7 Надежность узлов трения по прочности и износу: монография/ А.Г.Кузьменко. – Хмельницкий: ХНУ, 2011. – 391с.
9. Кузьменко А.Г. Теория сенсетивов и ее приложения /А.Г.Кузьменко//Проблемы трибологии. – 2001.- №1. – С.63-104.
10. Томович Р. Общая теория чувствительности/ Р.Томович, М.Вукобратович. Пер. с сербского и с англ. – М.: Советское радио, 1972. – 240с.
- 11.Климонтович Ю.Л. Статистическая теория открытых систем т1./ Ю.Л.Климонтович – М.: ТОО "Яснус", 1995 - 624с.
- 12.Вентцель Е.С. Теория вероятностей./ Вентцель Е.С. – М.: Наука, 1969 – 576с.
- 13.Бонгард М.М. Проблема узнавания/ М.М.Бонгард – М.: Наука, 1967. - 321с.
- 14.Килин С.Я. Квантовая информация./Килин С.Я.// Успехи Физических Наук. — 1999. — Т. 169. — С. 507—527.
- 15.Пригожин И. Время, хаос, квант: пер. с англ. / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Прогресс, 1994. – 272 с.
- 16.Стратонович Р.Л. Теория информации./Р.Л.Стратонович–М.:Сов.радио,1975 - 424с.

17.Кадомцев Б.Б. Динамика и информация./ Б.Б.Кадомцев – М.: Ред.журн УФН, 1999 – 396с.

Аннотация

Теоретико-физический подход к диагностической информации о техническом состоянии агрегатов мобильной сельскохозяйственной техники

Аулин В.В., Гриньков А.В., Лысенко С.В., Голуб Д.В., Мартыненко А.Д.

Совершенствование стратегии технической эксплуатации мобильной сельхозтехники-ственной техники приобрело в настоящее время особое значение, основой этого является экономическое и максимально полное использование ресурса деталей и агрегатов транспортных машин в сложных условиях работы. Определение реального ресурса деталей и переход на более сложную и эффективную стратегию эксплуатации по техническому состоянию, возможно за счет диагностики технического состояния мобильной сельскохозяйственной техники это качественный скачок в обеспечение надежности на более длительном промежутке времени.

Диагностика очень распространена в технике, однако существует проблема со сложностью системы и возможностью правильно и целесообразно устанавливать диагноз агрегатов, а на базе этих диагнозов правильно определять техническое состояние системы и затем про-водить технические действия по поддержанию заданного уровня надежности техники. Также существует проблема с неполным использованием диагностической информации, соз-ет проблемы с неточно установленным диагнозом.

Для решения этих проблем предложено теоретико-физический подход к диагностической информации о техническом состоянии объекта, основанный на ис-зовании основных законов информации и информационной трактовки физических законов. Дано связь диагностической информации с информационной энтропией для определения диагностической ценности обследования технического состояния мобильной сель-ственной техники. Обоснован выбор критериев информативности на основе данного подхода.

Abstract

Theoretic-physical approach to diagnostic information about the technical condition of the mobile agricultural machinery

Aulin Victor, Hrynkiv Andrey, Lysenko Sergey, Golub Dmitri, Martynenko

Improvement of strategies technical operation of mobile agricultural machinery now has become special significance is basis of economic and most complete resource usage parts

and assemblies transportation vehicles in difficult conditions. Definition of real resource of details and the transition to a more complex and effective strategy for exploitation technical condition possibly by diagnosis of technical condition mobile agricultural machinery is a qualitative leap in ensuring reliability for a longer period of time.

Diagnostics is widespread in the technique, but there is a problem with the system complexity and the possibility properly diagnosis and appropriate set of units, and based on these diagnoses correctly determine the technical condition of the system and then carry out technical actions for the maintenance a given level of reliability technician. There is also the problem incomplete used of diagnostic information that creates a problems accurately diagnosed.

To solve these problems proposed theoretical and physical approach to diagnostic information about the technical condition of the object is which formed using the basic laws of information and information interpretation of physical laws. The given connection diagnostic information with the information entropy to determine the diagnostic value of inspection of technical condition of mobile agricultural machinery. The selection criteria based on the information content of this approach.