

УДК 621.438

Д.М. Барановський<sup>1</sup>, канд.техн.наук, О.Ю. Жулай<sup>2</sup>

1-Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського, м.Кременчук, Україна;

2-Кіровоградський національний технічний університет, м.Кіровоград, Україна

## АНАЛІЗ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛІВ

*Проанализированы основные элементы существующих систем мониторинга технического состояния дизелей. К преимуществам следует отнести возможность получать информацию о техническом состоянии, условиях использования дизелей и о процессах потери и возобновления ресурсных характеристик. Основными недостатками является их общая сложность, необходимость привлечения исполнителей высокой квалификации, недостаточная обработка заранее определенных параметров, тогда как в эксплуатации наблюдается проявление взаимосвязанных отказов.*

*The basic elements of the existent systems of monitoring of the technical state of diesels are analyzed. To advantages it follows to deliver possibility to get information about the technical state, terms of the use of diesels and about the processes of loss and renewal of resource descriptions. Their general complication, necessity of bringing of performers of high qualification in, is the basic failing, insufficient treatment of beforehand definite parameters, while in exploitation there is the display of associate refusals.*

### Вступ.

Можливість підтримання та підвищення прийнятної надійності дизелів засобів транспорту (ЗТ) на сучасному етапі розвитку технологій технічного сервісу забезпечується, в більшості випадків, на основі системного підходу. Процес досягнення певних параметрів надійності триває протягом всього життєвого циклу об'єкта. Звичайно методи забезпечення надійності характерні для кожної стадії життєвого циклу. Вихід на необхідний рівень проектної надійності характеризується заходами щодо визначення найбільш вагомих факторів впливу, виразу їх в числовому вимірі; підбору потрібних матеріалів, що забезпечать необхідний запас міцності; застосування конструкцій, які виключають або знижують негативний взаємовплив окремих елементів; загального підвищення живучості систем і т.п. Технологічна надійність забезпечується, як правило, стабілізацією технологічних процесів виробництва. Основним методом забезпечення експлуатаційної надійності є правильна організація системи технічного обслуговування та ремонту (ТОР) на основі вибраних стратегій [1-5].

### Актуальність проблеми.

Розвиток методів та засобів діагностування технічних об'єктів дозволяє реалізувати комплексний підхід визначення технічного стану на постійній основі. При цьому, необхідно враховувати велику кількість діагностованих технічних об'єктів і їх параметрів відповідно; нестандартизованість, практичну відмінність по глибині виявлення інформації про технічний стан. Деякі елементи системи ТОР можна і необхідно автоматизувати. Організація постійного контролю технічного стану вимагає високого рівня культури виробництва та кваліфікації персоналу.

Результатом запропонованих заходів має бути вирішення питання отримання достовірної та достатньої інформації в певному систематизованому виді. Обґрунтування використання системи отримання, збору, опрацювання та використання даних повинне ґрунтуватись на чітко визначених критеріях індивідуальних для кожного об'єкту дослідження. Тобто, наприклад, стосовно дизелів засобів транспорту, доцільно використовувати систему, що забезпечить найбільше вихідної інформації для аналізу. Використання цієї інформації значно залежить від обраної стратегії ТОР, наявного парку техніки та технічного стану конкретного об'єкту (дизеля).

**Мета роботи** – провести аналіз систем моніторингу технічного стану дизелів за діагностичною інформацією.

### Реалізація системи ТОР дизелів ЗТ за технічним станом.

Згідно існуючої на сьогодні класифікації, планування терміну та номенклатури технічних дій спостерігається два підходи: з постійним періодом між обслуговуваннями, розрахованим по деяких усереднених для партії ідентичних виробів показникам – планово-попереджувальна стратегія (обслуговування по нормативу), і змінним періодом, визначуваним на основі оцінки фактичного стану виробу – адаптивна стратегія (обслуговування по фактичному стану). В даний час спостерігається стійка перевага другому підходу [1, 6-12].

Створення стратегії обслуговування по фактичному стану вимагає вирішення цілого комплексу задач:

- вибір необхідної і достатньої кількості параметрів, що адекватно описують стан об'єкту, встановлення області допустимих значень цих параметрів, що забезпечують нормальне функціонування об'єкту;
- вибір методу і засобів вимірювання визначальних параметрів;
- побудова аналітичних моделей деградаційних змін параметрів зміни технічного стану при експлуатації об'єктів;
- оцінка кількісних показників експлуатаційної надійності при обраній стратегії ТОР.
- розробка алгоритму прогнозування стану об'єкту на заданий інтервал часу або до досягнення певного критичного значення параметрів технічного стану;

- розробка алгоритму ухвалення рішення про продовження експлуатації об'єкту або зняття його з експлуатації для ТОР, можливо автоматизовано або за допомогою експертних систем;

Звичайно, існує стратегія обслуговування, що не регламентує терміни проведення виконання операцій технічного сервісу взагалі, яка ґрунтується лише на остаточних показниках надійності – стратегія ТОР до відмови. Вона, застосовується, як правило, для систем з високим рівнем надійності або з високим ступенем резервування, вихід з ладу якої не вплине на загальну безпеку, або для найбільш ненадійних елементів вартість заміни яких незначна.

В умовах реального використання техніки, зокрема засобів транспорту, інженерній службі підприємства або обслуговуючої організації доводиться брати до уваги вимоги експлуатанта, якого цікавлять не усереднені показники надійності техніки, а безвідмовність конкретної одиниці власного парку машин. Саме тому, були здійснені спроби нормувати показники надійності для кожного виробу партії [2-5]. Але ця спроба не дала позитивних результатів, оскільки не давала змоги оцінити надійність досліджуваного об'єкту, використовуючи лише статистичні методи. Напівемпіричні підходи до забезпечення надійності перестали задовольняти вимогам практики, пов'язаним з необхідністю зменшення маси і габаритів апаратури, скороченням термінів проектування і упровадження зразків нової техніки [1, 2].

Визначити можливість реалізації запропонованого підходу можна розглянувши найпростішу модель “міцність-навантаження”. Відповідно до моделі відмова певного елемента виникає, коли навантаження перевищує його міцність, при цьому навантаження визначається дією на об'єкт, а міцність характеризує його здатність чинити опір впливам. Через нестабільність виробництва і умов експлуатації техніки міцність і навантаження є випадковими величинами. При суцільному безперервному контролі виробу параметри його міцності перестають бути випадковими і мають конкретні значення для кожного виробу на кожний момент часу. Якщо при цьому і навантаження на виріб стабілізовано, відмова перестає бути випадковою подією.

Отримання виразу зміни стану за діагностичними параметрами на основі постійного або періодичного контролю дозволяє достовірно, з певною (можливо наперед визначеною) ймовірністю засвідчувати найменші прояви технічного стану об'єктів. Дана інформація складає собою масив даних, різних за важливістю, одиницями виміру, величиною. Це ставить певні труднощі при обробці та співставленні, вирішення яких покладається на експертні системи або спеціально розроблених автоматизований алгоритм виконання пошукових та реагуючих дій.

#### **Інформаційне забезпечення систем ТОР дизелів засобів транспорту.**

Важливого значення набуває поняття інформаційного забезпечення всіх етапів життєвого циклу техніки, зокрема дизелів засобів транспорту сільськогосподарського виробництва. Виходячи з аналізу поняття, можна дати визначення – інформаційне забезпечення (ІЗ) - це засоби і способи збору, накопичення, обробки і використання даних про процеси розробки і експлуатації систем, результатів аналізу відмов і дефектів, даних про зміну документації, порушення стабільності виробництва, зриви термінів і інші чинники відхилення від запланованого ходу розробки і застосування техніки, а також дані по вжитим заходів попередження, контролю і захисту від наслідків цих відхилень [1].

Разом з терміном “інформаційне забезпечення” потребують уточнення поняття “аналіз технічного стану” та “моніторинг технічного стану”.

Згідно ГОСТ 30848-2003 (ІСО 13380:2002) “Діагностування машин по робочим характеристикам. Загальні положення”, аналіз технічного стану – виявлення сутності, закономірностей, тенденцій, причин процесів деградації машин на основі моніторингу технічного стану з метою прогнозування, планування, корекції, управління й прийняття рішень.

Моніторинг технічного стану – вияв і збір інформації (знань) і даних спостережень, характеризуючих технічний стан машини. Звичайно, в практиці виявлення виду технічного стану дизелів ЗТ розуміють отримання достовірної інформації, вчасно та в достатньому обсязі.

Вирішення даного питання, стосовно дизелів ЗТ, досягається застосуванням стратегій діагностування, ТОР при забезпеченні надійності двигунів на основі системного підходу інформаційного забезпечення на основі систем моніторингу технічного стану. Моніторинг включає, з одного боку, інформацію про технічний стан дизелів ЗТ для оцінки досягнутого рівня надійності і прийняття стратегічних рішень конструктором, чи виробником, а з іншого боку – для забезпечення працездатного стану при виконанні машиною технологічних операцій [7].

Класичним прикладом системи моніторингу технічного стану є система “Аналіз видів, наслідків і критичності відмов” (АВНКВ) (англ. Failure mode and effects analysis – FMEA), що представляє комбінацію методів якісного аналізу можливих видів і наслідків відмов (АМНВ) і кількісного аналізу критичності відмов (АКВ). В АМНВ тяжкість наслідків відмов оцінюють якісно з урахуванням наступних чинників: можливого збитку персоналу (загибель, травми); екологічного і (або) матеріального збитку; впливи на якість функціонування виробу; швидкості розвитку несприятливих наслідків відмов [1].

Для порівняльної оцінки відмов по тяжкості їх наслідків і складання переліків критичних відмов можливо введення категорій тяжкості наслідків відмов, що характеризуються певними поєднаннями перерахованих чинників.

Кількісний аналіз критичності відмов проводять з використанням критеріїв, що враховують оцінку наслідків, очікувану вірогідність виникнення і швидкість розвитку відмови даного вигляду.

Приймаючи до уваги можливість визначення технічного стану на сучасному етапі розвитку автомобільної техніки, в процесі експлуатації, технічного обслуговування і різних видах ремонту технічна діагностика одержала своє логічне продовження у вигляді розвитку автоматизованих систем контролю та бортових електронних засобів діагностики (БЕЗД) [12]. Штатні модулі діагностики дозволяють контролювати параметри майже всіх електронних систем ЗТ, включаючи комплексну систему управління двигуном. Однак, наявні штатні бортові системи, виготовлені, такими відомими виробниками електронного обладнання як BOSCH, MATCO, ZECA, RIMBEX.INT та

іншими, не дозволяють повною мірою продіагностувати механізми двигуна, зокрема, саму підкладну зносу і несправностям циліндро-поршневу групу (ЦПГ) дизеля [9].

Існуючі на сьогодні розрахункові та інструментальні методи оцінки термомеханічного навантаження деталей реалізовані найбільш повно для діагностики стану матеріалу транспортних магістралей хімічної, газо- і нафтопереробної промисловості [7] та в авіації, особливо для авіаційних двигунів [10]. Фірма «Боїнг» вважає обслуговування по фактичному стану технологією XXI століття.

Напрацьовано великий обсяг експериментальних даних стосовно механічних властивостей і довговічності сучасних конструкційних матеріалів, розроблено різні математичні моделі їх руйнування. Розроблені методи створення математичних моделей робочого процесу авіаційних двигунів. В експлуатації з'явилися серійні газотурбінні двигуни (ГТД) нового покоління, що мають підвищений рівень контролепридатності. Бортові електронно-обчислювальні машини характеризуються високою швидкістю обробки інформації, що дозволяє реалізовувати складні розрахункові методики. Все це визначає ґрунтовні передумови створення автоматизованих систем безперервного контролю залишкового ресурсу авіаційних ГТД, зокрема стимулює дослідження, спрямовані на розробку методології побудови, алгоритмічного і програмного забезпечень таких автоматизованих систем [10].

На жаль в інших галузях, наприклад для дизелів засобів транспорту дорожніх або сільськогосподарського виробництва (автомобілі, трактори інша дорожня техніка), аналогічного прогресу по впровадженню бортових систем діагностування не спостерігається. Роботи в даному напрямі ведуться, але на сьогодні недіагностованими в динаміці або на вимогу при експлуатації залишаються більше половини показників роботи техніки.

Важливим моментом є визначення реального технічного стану кривошипно-шатунного механізму (КШМ), зокрема ЦПГ та герметичності клапанів газорозподільного механізму (ГРМ), що пов'язано перш за все, з труднощами при постановці технічного діагнозу. Розгляд існуючих розробок, де досліджується дана проблема, дозволяє стверджувати: відомі методи і засоби діагностики не дають повної інформації про технічний стан ЦПГ та ГРМ, внаслідок недостатньої достовірності та (або) розбіжності результатів діагностування, що потребує переходу до поглибленого дослідження.

Найбільш поширеними, доступними, але не завжди достовірними (близько 50% ймовірність отриманих даних), залишаються методи технічної діагностики ЦПГ, що дають загальну оцінку за допомогою різних засобів діагностування: компресометра, компресографа, приладу К-69М, мотор тестера. Звичайно будувати системи моніторингу технічного стану використовуючи лише дані методи, методики та обладнання недоцільно.

Відповідно до ГОСТ 23435-79 визначена номенклатура структурних параметрів, які перевіряються: зазор між циліндром і поршнем, зазор у стиках поршневих кілець, зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки, герметичність клапана. Отримана сукупність діагностичних параметрів, виявлена експериментально, має включати найбільш вагомому інформацію про тиск картерних газів, темп наростання компресії й різницю компресії між циліндрами. Остаточна множина суттєвих діагностичних параметрів має містити дані про температуру рідини системи охолодження, кут відкриття та характеристики робочої суміші, частоту обертання колінчастого вала тощо. Звичайно, бажано отримати певну структуровану сукупність параметрів найбільш вагомих діагностичних параметрів [2, 13, 14].

Стосовно систем моніторингу технічного стану дизелів засобів транспорту згідно ГОСТ-30848-2003, відомо, що на даний момент, вони в повному обсязі практично не реалізовані. Наприклад система TOP техніки корпорації Caterpillar Inc., стосовно дизелів, передбачає періодичне визначення технічного стану (моніторинг) за крапельною пробою моторної оливи. Існують системи, в яких досліджується найбільш доступні параметри технічного стану. Такий підхід, поряд з низькою вартістю робіт, все ж робить можливим пропуск або несвоєчасне виявлення небезпечних змін. Тому при необхідності варто застосовувати більш точні, і як правило, складніші та дорожчі методи отримання інформації.

Не дивлячись на загальну технічну та економічну ефективність методів більш високого порядку, їх застосування, обмежене дотепер порівняно незначною номенклатурою відносно простих виробів. На сьогодні немає перехідної стратегії, достатньо повної робочої стратегії для запобігання відмов, відсутні теоретичні передумови виключення ризику відмов і відповідні методичні рекомендації по використанню сучасних засобів математичного аналізу і обробки результатів. Дотепер немає техніко-економічного аналізу по елементах, для яких упровадження методів забезпечення безвідмовності найбільш економічно доцільно. В результаті для таких технічних об'єктів, як, наприклад, дизелів засобів транспорту, відмови яких найбільш вартісні, як по прямим затратам, так і від простою, проблема до теперішнього часу не вирішена.

#### **Висновки.**

Аналіз наявних систем моніторингу технічного стану засобів транспорту дозволив виявити основні їх переваги та недоліки. До переваг слід віднести можливість отримувати інформацію про технічний стан техніки та умови її використання до початку експлуатації, постійно отримувати достовірну інформацію про процеси втрачання та відновлення ресурсних характеристик об'єкту, а отже, вчасно та в достатній мірі здійснювати корегуючі дії, тобто керувати технічним станом об'єкту. Основними недоліками існуючих систем моніторингу технічного стану засобів транспорту є їх загальна складність (методологія, обладнання), необхідність залучення виконавців високої кваліфікації, недостатня опрацьованість, "заточеність" під наперед визначений перелік параметрів, тоді як в експлуатації найбільше спостерігається взаємопов'язаних відмов.

#### **Список літератури**

1. Александровская Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / Александровская Л.Н., Афанасьев А.П., Лисов А.А. – М.: Логос, 2003. – 208 с.
2. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования [Михлин В. М., Накуров Д.Н., Ронимин К.С., Ленкуев О.С.] – М.: Информагротех, 1995. – 156 с.
3. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / Михлин В.Н. – М.: Колос, 1984. – 335 с.

4. Михлин В. М. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования / В. М. Михлин; и др. – М.: Информагротех, 1995. – 228 с.
5. Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту України / Міністерство транспорту України. – К., 1994. – 36 с.
6. Бажинов А.В. Научные основы оценки ресурса силовых агрегатов транспортных машин с учетом условий эксплуатации. Дис... докт. техн. наук: 05.22.20 / Бажинов А.В. – Харьков, 2001. – 324 с.
7. Полянський О.С. Формування властивостей надійності автотракторних двигунів у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації. Дис... докт. техн. наук: 05.22.20 / Полянський О.С. Харків 2004. – 381 с.
8. Бондаренко А.Ю. Мониторинг состояния сварных соединений для прогнозирования остаточного ресурса магистральных нефтепроводов. // Техн. диагностика и неразрушаемый контроль. – №1. – 2003. – С. 20-24.
9. Сараєва І.Ю. Удосконалення процесу діагностування циліндро-поршневої групи та герметичності клапанів бензинового двигуна автомобіля. Дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Харків, 2006. – 262 с.
10. Якушенко О.С. Автоматизований моніторинг залишкового ресурсу авіаційних ГТД в експлуатації за критерієм пошкодження робочих лопаток турбіни. Дис... канд. техн. наук: 05.22.14 / Київ, 1999. – 161 с.
11. Мазепа В.О. Обґрунтування експлуатаційних вимог до підбору та експлуатації моторних олиव по технічному стану в засобів транспорту. Дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Київ, 2007. – 144 с.
12. Шипильовський Р.Б., Архипов В.С.. Перспективи розвитку діагностики технічного стану тракторів на основі бортових електронних засобів. "Тракторы и сельскохозяйственные машины". – № 7. – 2004. – 325 с.
13. Сухарев Э.А. Эксплуатационная надежность машин. Теория, методология, моделирование: Учебное пособие / Э.А. Сухарев – Ровно, НУВХП, 2006. – 192 с.
14. Черепанов С.С. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве (основы научной организации) / С.С. Черепанов. – М.: Колос, 1978. – 278 с.

---

УДК 678.057

О.С. Сахаров, д-р техн.наук, В.І. Сівецький, канд.техн.наук, О.Л. Сокольський канд.техн.наук,  
Н.М. Нікітенко, студ., М.С. Кушнір, студ., А.А. Лизогубенко, студ.  
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ МОДЕЛЬНИХ НЕНЬЮТОНІВСЬКИХ РІДИН

---

*Разработана математическая модель массообмена при течении вязких жидкостей. Проведено численное моделирование с использованием метода конечных элементов задачи смешения вязких жидкостей в зазоре между двумя цилиндрами, один из которых вращается. Приведены некоторые закономерности распределения скоростей и концентраций.*

*The mathematical model of mass-transfer at the flow of viscid liquid is developed. The numeral design with the use of finite elements method of task of mixing of viscid liquids in a gap between two cylinders, one of which is revolved is modeled. Some conformities to the law of distributing of speeds and concentrations are resulted.*

---

### Вступ

При виробництві і переробці полімерних матеріалів у більшості випадків в полімер доводиться вводити такі добавки, як стабілізатори, наповнювачі, барвники, пластифікатори та інші речовини. Для ефективного проведення цих процесів важливо знати основні закономірності процесів змішування.

Змішування високов'язких рідин є наслідком деформації зсуву, у результаті якого відбувається збільшення поверхні поділу компонентів і перетворення первісного їхнього розподілу у випадковий неупорядкований розподіл.

Відомі принципи моделювання процесів змішування дають адекватні результати в каналах елементарної форми за спрощених умов, але не дають змоги аналітично розрахувати параметри течії та змішування в каналах складної форми, якими є канали реальних змішувальних пристроїв.

В той же час актуальною є задача розрахунку параметрів течії та показників ефективності змішування при використанні різних типів змішувачів, а також оптимізації їх конструкцій.

### Постановка задачі

Основне призначення змішувального обладнання – забезпечення одержуваної термопластичної композиції необхідної якості змішування, яка пов'язана з кількісним описом стану суміші. У більшості випадків кожний з розподілених у матриці компонентів суміші можна уявити як множину умовних частинок певного розміру.