

# КОМУНІКАЦІЇ (ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ІН.)

УДК 621.438

В.В. Аулін, к. ф.-м. н.

О.Ю. Жулай

## ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛІВ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Кіровоградський національний технічний університет, [Aulin52@mail.ru](mailto:Aulin52@mail.ru), [Zhulai80@yandex.ru](mailto:Zhulai80@yandex.ru)

*Розглянуто специфіку використання існуючих систем інформаційного забезпечення зміни технічного стану транспортних засобів. Проаналізовано доцільність використання пропонованого поетапного підходу до отримання необхідної інформації стосовно зміни технічного стану дизелів засобів транспорту.*

**Ключові слова:** засоби транспорту, дизелі, технічне обслуговування, ремонт, планово-попереджувальна стратегія, адаптивна стратегія, ресурс, надійність.

### Актуальність проблеми

Підтримання техніки в сучасних умовах виробництва вимагає значних трудових та матеріальних затрат. Техніка стає все більш складною і енергонасиченою, обладнана допоміжними системами. До її експлуатації та обслуговування персонал допускається лише після навчання. Поряд з високими показниками виробництва, це призводить до зниження економічної ефективності її використання. Умови застосування засобів транспорту (ЗТ) зумовлює їх вихідну надійність та можливість виконання певних завдань.

Звичайно транспорт надзвичайно важлива галузь економіки будь-якої країни, а в умовах окремого підприємства може мати вирішальну роль. Що стосується підприємств сільськогосподарського виробництва (СГВ) деякі транспортні операції суміщаються з виконанням технологічних. Відсутність або поломка одиниці техніки робить неможливим виконання всього технологічного процесу.

Щоб утримати техніку в працездатному стані і зберегти її економічну ефективність, необхідно застосовувати певний комплекс технічних дій, при чому враховуючи специфіку використання ЗТ сільськогосподарського виробництва (терміни проведення, повноту виконання операцій технічного обслуговування, ремонту, профілактичних заміन і т.д.) [1-7]. Підтримання працездатного стану техніки на сьогодні реалізується на основі трьох найбільш повно окреслених стратегій технічного обслуговування та ремонту (ТОР): до відмови, планово-попереджувальна (ППС) та адаптивна (АС). Кожна з них має певні переваги і недоліки, свою область застосування. При реалізації цих стратегій на особливу увагу заслуговує методологічний підхід до інформаційного забезпечення кожної з них.

**Мета роботи** – виявити доцільність використання існуючих систем інформаційного забезпечення зміни технічного стану дизелів ЗТ згідно стратегій ТОР.

### Аналіз систем інформаційного забезпечення дизелів засобів транспорту

При експлуатації дизелів ЗТ спостерігається значна динаміка зміни діагностичних параметрів. Реєстрація та їх аналіз при роботі дизелів на постійній основі дає можливість говорити про керування їх технічним станом.

Сучасний стан розвитку методів та засобів діагностики дозволяє реалізувати постійний технічний нагляд на основі інформаційного забезпечення. При цьому можуть бути застосовані різні підходи які в своїй основі умовно можна поділити на статистичні та динамічні. Під визначенням поняття інформаційного забезпечення будемо розуміти: засоби і способи збору, накопичення, обробки і використання даних про процеси розробки і експлуатації систем, результати аналізу відмов і дефектів, дані про зміну документації, порушення стабільності виробництва, зриви термінів і інші чинники відхилень від запланованого ходу розробки і застосування техніки, а також дані по вжитим заходам попередження, контролю і захисту від наслідків цих відхилень [3].

Говорячи про інформаційне забезпечення дизелів ЗТ найчастіше мають на увазі певну експертну систему отримання, обробки й аналізу бази даних, отриманої протягом певного періоду. Звичайно, найбільш достовірні результати можна отримати якщо застосовувати

постійний контроль наперед визначених параметрів, тобто за даними моніторингу.

На сучасному етапі розвитку забезпечення надійності складних технічних об'єктів стратегії ТОР важко уявити без спеціальних приладів (вбудованих в об'єкт діагностування або зовнішніх), що надають масив інформації про їх робочі параметри.

Насамперед, на автоматизовані штатні системи реєстрації, контролю та регулювання робочих параметрів стану та взаємопов'язані з ними бортові електронні засоби діагностики покладена функція підтримки працездатного стану технічних об'єктів. Труднощі, на даному етапі визначення виду технічного стану, представляє необхідність апроксимації випадкових величин значень параметрів, як правило, в цифрових вимірах [9]. При цьому описати зміну параметрів або бажаний закон розподілу функцій їх зміни в експлуатації досить проблематично. Управління робочими факторами, в більшості випадків, здійснюють через електронні засоби керування, а при регулюванні механічної частини маємо певні труднощі. Через штатні модулі комплексної систем управління (в таму числі і двигуном) та діагностики, що дозволяють контролювати параметри майже всіх електронних систем ЗТ, виконуються не всі операції контролю. За свідченнями Сараєвої І.Ю., Якушенка О.С. [8, 10, 11] наявні бортові електронні засоби діагностування (БЕЗД), виготовлені, навіть такими відомими виробниками електронного обладнання як BOSCH, MATCO, RIMBEX.INT, ZECA та ін., не дозволяють найбільш повно та достовірно продіагностувати механізми двигуна. Особливо це стосується деталей систем, що лімітують надійність дизеля, зокрема кривошипно-шатунного механізму, з великим впливом циліндро-поршневої групи, газорозподільного механізму, системи живлення тощо.

Існуючі системи моніторингу ґрунтуються, як правило, на дослідженні одного або певної невеликої групи параметрів, що не завжди дає змогу вчасно виявити і відреагувати на негативні зміни в технічному стані об'єкта. Деякі відмови мають вид аварійних, хоча їх досить легко виявити на початкових етапах. З іншого боку надзвичайно велика група досліджуваних параметрів непотрібно ускладнює процес моніторингу, збільшує трудові та часові затрати, а отже знижує оперативність реагування.

Для досягнення компромісу необхідно враховувати найбільш значимі на даному етапі експлуатації об'єкта фактори впливу. Бажаний результат можна отримати при застосуванні системного підходу.

### Теоретичне обґрунтування вибору показників забезпечення надійності дизелів засобів транспорту

Оскільки 80...90% деталей дизелів виходять із ладу через зношування [7, 12-14], яке має імовірнісну природу, то можна вважати, що діагностичні параметри їх технічного стану змінюються на основі закономірностей випадкових функцій сумарного спрацювання елементів дизеля як технічної системи. Зазначимо, що для одного об'єкта сукупність діагностичної інформації на даному рівні подається як вектор діагностичних параметрів, а для сукупності рівнів - матрицею діагностичних параметрів [1].

Вектор діагностичних параметрів дизеля ЗТ, отриманий різними способами в певний момент часу на даному рівні отримання інформації має вигляд:

$$D_j = (D_{1j}, D_{2j}, \dots, D_{(n-1)j}, D_{nj}). \quad (1)$$

Матрицю системи діагностичних параметрів, одержаних на рівнях  $j = \overline{1, m}$ , можна записати наступним чином:

$$D(t) = \{D_{ij}\} = \begin{pmatrix} D_{11}, \dots, D_{1j}, D_{1m} \\ D_{21}, \dots, D_{2j}, D_{2m} \\ \dots, \dots, \dots \\ D_{i1}, \dots, D_{ij}, D_{in} \\ D_{n1}, \dots, D_{nj}, D_{nm} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де  $n$  – число (номер) діагностичних параметрів, що приймаються до уваги, при визначенні технічного стану дизеля;  $m$  – кількість (множина) імовірних значень  $i$ -го діагностичного параметру,  $i = \overline{1, n}$ ;  $j = \overline{1, m}$ .

Кожний діагностичний параметр в свою чергу є також випадковою величиною, яка змінюється з напрацюванням дизеля ЗТ, тобто сукупність діагностичних параметрів можна розглядати не тільки як сукупність реалізацій, а і як сукупність випадкових функцій, що змінюються з часом.

Для зазначених станів життєвого циклу можна побудувати розмічену схему станів дизеля з можливими переходами між ними (рис. 1).

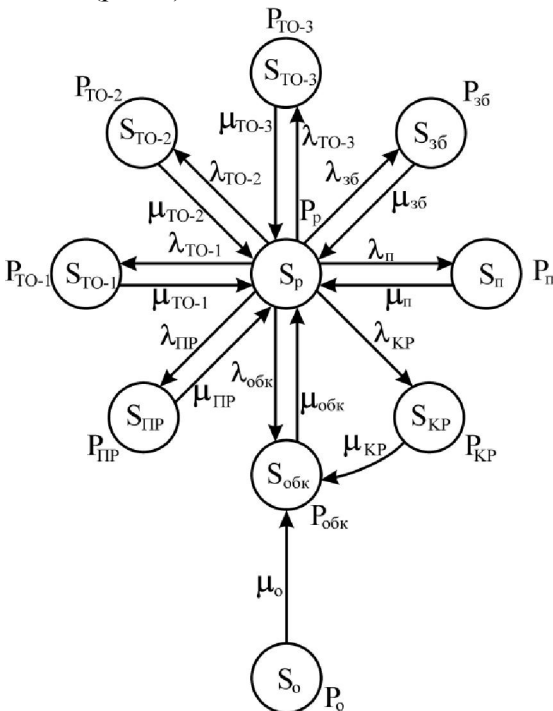


Рис. 1. Розмічена схема станів дизеля ЗТ.

Позначення можливих станів дизелів ЗТ наведено в кружках, а переходи із стану в стан стрілками, біля яких зазначено інтенсивність потоку відмов чи відновлення. У кожному технічному стані дизель може знаходитися з певною ймовірністю:

- $P_o$  - імовірність знаходження дизеля ЗТ у початковому стані;
- $P_p$  - імовірність знаходження дизеля ЗТ у робочому стані;
- $P_{ТО-1}$  - імовірність необхідності проведення ТО-1;
- $P_{ТО-2}$  - імовірність необхідності проведення ТО-2;
- $P_{ТО-3}$  - імовірність необхідності проведення ТО-3;
- $P_{пр}$  - імовірність необхідності проведення пр;
- $P_{кр}$  - імовірність необхідності проведення кр;
- $P_{Зб}$  - імовірність забезпечення працездатного стану при збереженні;
- $P_n$  - імовірність знаходження в працездатному стані при простой.

Потік ймовірностей станів дизелів дорівнює добутку інтенсивності потоку відмов та відновлення на імовірність стану:  $P_i \lambda_i$  та  $P_i \mu_i$ .

При неусталеному процесі зміни технічного стану дизеля імовірнісні характеристики стадій його життєвого циклу залежать від часу, а інтенсивності вхідних і вихідних потоків корелюють між собою з урахуванням ймовірності знаходження дизеля в конкретній стадії життєвого циклу.

При цьому систему змін і переходів станів можна описати, згідно розміченому графу стану дизеля машини, наступними диференціальними рівняннями:

$$\frac{dP_o(t)}{dt} = P_o(t)\mu_o ; \tag{3}$$

$$\frac{dP_{обк}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{обк} - P_{обк}(t)\lambda_{обк} ; \tag{4}$$

$$\frac{dP_{TO-1}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{TO-1} - P_{TO-1}(t)\lambda_{TO-1}; \quad (5)$$

$$\frac{dP_{TO-2}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{TO-2} - P_{TO-2}(t)\lambda_{TO-2}; \quad (6)$$

$$\frac{dP_{TO-3}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{TO-3} - P_{TO-3}(t)\lambda_{TO-3}; \quad (7)$$

$$\frac{dP_{3\phi}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{3\phi} - P_{3\phi}(t)\lambda_{3\phi}; \quad (8)$$

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = P_p(t)\mu_n - P_n(t)\lambda_n; \quad (9)$$

$$\frac{dP_{PP}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{PP} - P_{PP}(t)\lambda_{PP}; \quad (10)$$

$$\frac{dP_{KP}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{KP} + P_{обк}(t)\mu_{обк} - P_{обк}(t)\lambda_{обк}. \quad (11)$$

Використовуючи пакети прикладних програм на ПЕОМ (*Mathcad*), за допомогою функції *rkfixed* ( $P, t_o, t_l, N, D$ ), і початкових умов, можна за базою експериментальних даних оцінити ймовірність певних технічних дій для покращення технічного стану дизеля за допомогою диференціального рівняння:

$$\begin{aligned} \frac{dP_p(t)}{dt} = & P_p(t)\mu_o + P_{обк}(t)\mu_{обк} + P_{KP}(t)(\mu_{KP} - \lambda_{KP}) + P_{PP}(t)(\mu_{PP} - \lambda_{PP}) + \\ & + P_{TO-1}(t)(\mu_{TO-1} - \lambda_{TO-1}) + P_{TO-2}(t)(\mu_{TO-2} - \lambda_{TO-2}) + P_{TO-3}(t)(\mu_{TO-3} - \lambda_{TO-3}) + \\ & + P_{3\phi}(t)(\mu_{3\phi} - \lambda_{3\phi}) + P_n(t)(\mu_n - \lambda_n) \end{aligned} \quad (12)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (3-10) отримаємо її розв'язок:

$$\begin{aligned} P_p = & \frac{P_o\mu_o^2t_o - P_{обк}t_{обк}(\mu_{обк}\lambda_{обк} - \mu_{кр}\lambda_{обк} + \lambda_{обк}\lambda_{кр} + \mu_{кр} - \lambda_{кр}) -}{2t_p - \mu_{обк}^2t_{обк} - \mu_{кр}t_{кр}(\mu_{кр} - \lambda_{кр}) -} \\ & - \frac{P_{np}\lambda_{np}t_{np}(\mu_{np} - \lambda_{np}) - P_{TO-1}\lambda_{TO-1}t_{TO-1}(\mu_{TO-1} - \lambda_{TO-1}) -}{- \mu_{np}t_{np}(\mu_{np} - \lambda_{np}) - \mu_{TO-1}t_p(\mu_{TO-1} - \lambda_{TO-1}) -} \\ & - \frac{P_{TO-2}\lambda_{TO-2}t_{TO-2}(\mu_{TO-2} - \lambda_{TO-2}) - P_{TO-3}\lambda_{TO-3}t_{TO-3}(\mu_{TO-3} - \lambda_{TO-3}) -}{- \mu_{TO-2}t_p(\mu_{TO-2} - \lambda_{TO-2}) - \mu_{TO-3}t_p(\mu_{TO-3} - \lambda_{TO-3}) -} \\ & - \frac{P_{3\phi}\lambda_{3\phi}t_{3\phi}(\mu_{3\phi} - \lambda_{3\phi}) - P_n\lambda_nt_n(\mu_n - \lambda_n)}{- \mu_{3\phi}t_p(\mu_{3\phi} - \lambda_{3\phi}) - \mu_nt_p(\mu_n - \lambda_n)} \end{aligned} \quad (13)$$

Цей розв'язок містить характеристики станів дизеля ЗТ і сукупність залишкових ресурсів: до КР:

$$\overline{t_p} = \frac{\sum P_{кр_i} k_i}{(P_p\mu_{кр} + P_{обк}(\mu_{обк} - \lambda_{обк}))\sum k_i}. \quad (14)$$

після проведення ТО-1 до КР:

$$\overline{t_{TO-1}} = \frac{\sum P_{TO-1_i} k_i}{(P_p\mu_{TO-1} - P_{TO-1}\lambda_{TO-1})\sum k_i}. \quad (15)$$

після проведення ТО-2 до КР:

$$\overline{t_{TO-2}} = \frac{\sum P_{TO-2_i} k_i}{(P_p\mu_{TO-2} - P_{TO-2}\lambda_{TO-2})\sum k_i}. \quad (16)$$

після проведення ТО-3 до КР:

$$\overline{t_{TO-3}} = \frac{\sum P_{TO-3_i} k_i}{(P_p\mu_{TO-3} - P_{TO-3}\lambda_{TO-3})\sum k_i}. \quad (17)$$

після проведення ПР до КР:

$$\overline{t_{PP}} = \frac{\sum P_{np_i} k_i}{(P_p \mu_{np} - P_{np} \lambda_{np}) \sum k_i} \quad (18)$$

Врахувавши імовірність знаходження дизелів ЗТ у робочому стані можна уточнити коефіцієнти технічної готовності та використання парку:

$$K_{\Gamma} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p_i} \cdot m}{m_{\text{заг}}} \quad (19)$$

$$K_{TB} = K_{\Gamma} - \sum P_{TO-1}^i m_{TO-1} - \sum P_{TO-2}^i m_{TO-2} - \sum P_{TO-3}^i m_{TO-3} - \sum P_{PP}^i m_{PP} \quad (20)$$

де  $m$  - кількість одиниць техніки у справному стані;

$m_{TO-1}$  - кількість одиниць техніки у справному стані після проведення операцій ТО-1;

$m_{TO-2}$  - кількість одиниць техніки у справному стані після проведення операцій ТО-2;

$m_{TO-3}$  - кількість одиниць техніки у справному стані після проведення операцій ТО-3;

$m_{PP}$  - кількість одиниць техніки у справному стані після проведення технологічних операцій PP;

$i$  - відповідна одиниця техніки;

$m_{\text{заг}}$  - загальна кількість одиниць техніки.

### Особливості інформаційного забезпечення при різних стратегіях ТОР

Початковий рівень інформаційного забезпечення передбачає використання органів відчуття, програмні методи - значно залежить від кваліфікації робітника. Говорячи про найпростіші операції щоденного (щозмінного) технічного обслуговування при ППС і АС важко визначити будь-які відмінності в результатах.

Умовно розділимо кваліфікацію виконавців робіт на 3 ступеня: професіонал, фахівець, початківець. Можемо бачити, що для професіонала відмінності у необхідності проведення робіт ЩО майже немає, різниця стає помітною при виконанні робіт фахівцем і початківцем. Це можна пояснити більш високим ступенем інформаційного забезпечення при виконанні робіт при АС.

Результати проведення робіт при моніторингу представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати проведення робіт при моніторингу за різними стратегіями ТОР

Кваліфікація виконавців робіт	Категорія несправностей	Стратегія ТОР	Імовірна похибка	Повнота виконання робіт ЩО, %	Усунення відмов	Невиконання робіт ЩО, днів (змін)
Професіонал	Прості	ППС	0	80...100	+	1...3
		АС	0	80...100	+	1...3
	Складні	ППС	0...5	80...100	+	1...3
		АС	0...5	80...100	+	1...3
Фахівець	Прості	ППС	0	95...100	+	1...2
		АС	0	90...100	+	1...2
	Складні	ППС	0...20	95...100	+/-	1...2
		АС	0...15	85...100	+	1...2
Початківець	Прості	ППС	5...7	100	+	1
		АС	4...5	90...100	+	1
	Складні	ППС	5...20	100	+/-	1
		АС	5...10	95...100	+	1

Повне або часткове невиконання робітниками своїх обов'язків веде до адміністративної відповідальності. Але, при високій впевненості фахівця в нормальному технічному стані дизеля, роботи ЩО коректуються у бік зменшення.

Можна бачити, що початківець має більшу ймовірність похибки, що змушує його проводити роботи ЩО щоденно (щозмінно) в повному обсязі.

Вищенаведене свідчить про те, що нормативну базу проведення робіт ЩО можна переглянути та прийти до оптимальних рішень.

Велике значення має факт знаходження одиниці техніки, а отже і дизеля, в роботі минулий період (день, зміна) чи на стоянці. Від цього, багато в чому, будуть залежати норми проведення ЩО.

Значний розкид значень коефіцієнта готовності по маркам двигунів обумовлюється їх вихідними та динамічними параметрами: конструктивними, технологічними, суттєвою різницею в напрацюванні за одиницю часу, якістю обслуговування, паливно-мастильних матеріалів застосованих при експлуатації, умовами та інтенсивністю використання. Але визначальний вплив на готовність техніки вносить людський фактор, як при виготовленні, так і утриманні.

Результати оцінки коефіцієнтів готовності парку машин наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Коефіцієнт готовності досліджуваного парку машин господарств при використанні ППС і АС**

Господарство	Парк машин, двигуни, кількість			Стратегії ТОР ЗТ	
				ППС	Адаптивна
				Коефіцієнт технічного використання, $K_{ТВ}$	
ТОВ “СВК Україна”	КамАЗ	КамАЗ-740	4	0,63	0,75
	Т-150/Т-150К	СМД-60/62	4	0,65	0,77
	Т-150/Т-150К	ЯМЗ-236	2	0,7	0,78
	МТЗ-80/82, 1025	Д-240	6	0,71	0,82
	Беларус-1025	Д-245	2	0,72	0,81
ТОВ “Зерновик”	КамАЗ	КамАЗ-740	2	0,69	0,76
	Т-150/Т-150К	СМД-60/62	5	0,68	0,79
	Т-150/Т-150К	ЯМЗ-236	4	0,71	0,77

Можна бачити, що коефіцієнт готовності при АС вище в 1,12...1,32 рази в порівнянні з ППС.

Теоретичні розрахунки показують менший розкид значень коефіцієнту технічного використання, як для АС, так і для ППС в порівнянні з розкидом значень коефіцієнта готовності. Та все ж, коефіцієнт технічного використання, при застосуванні АС дещо більше, ніж при ППС.

Так, в господарстві ТОВ “СВК Україна” Добровеличківського району Кіровоградської області (автомобілі КАМАЗ-5320 держ. № ВА 4646АО; КАМАЗ-5320 держ. № ВА 4437АО; КАМАЗ-55102 держ. № ВА 4438АО; КАМАЗ-55102 держ. № ВА 4436АО; трактори Т-150К (з двигуном СМД-60): держ. № 96-57 ФД; держ. № 36-62 ФГ; держ. № 022-56 КЕ; держ. № 03733ВА; трактори Т-150К (з двигуном ЯМЗ-236): держ. № 07980 ВА; держ. № 07978 ВА; тракторах МТЗ-80 (з двигуном Д-240): держ. № 07967 ВА; держ. № 07960 ВА; держ. № 07961 ВА; держ. № 07962 ВА; держ. № 07955 ВА; держ. № 07954 ВА; трактори: Беларус-1025, держ. № 07287 ВА; держ. № 05156 ВА) він був в межах 0,46...0,53, а при АС – 0,52...0,60.

Для господарства ТОВ “Зерновик” Новоукраїнського району Кіровоградської області (автомобілі КАМАЗ-5320 держ. № ВА 9302АН; КАМАЗ-55102 держ. № ВА 2919АК; трактори Т-150К (з двигуном СМД-60): держ. № 2544 ФД; держ. № 5226 ФГ; держ. № 02255 КЕ; держ. № 02287 КЕ; держ. № 02288КЕ; тракторах Т-150К (з двигуном ЯМЗ-236): держ. № 9656 ФД; держ. № 9256 ФД; держ. № 03378 ВА; держ. № Т0089), при ППС – 0,48...0,55, при АС – 0,55...0,61.

Коефіцієнт технічного використання досліджуваного парку ЗТ визначених господарств представлено в табл. 3.

Таблиця 3

**Коефіцієнт технічного використання досліджуваного парку машин господарств при використанні ППС і АС**

Господарство	Парк машин, двигуни, кількість			Стратегії ТОР ЗТ	
				ППС	Адаптивна
				Коефіцієнт технічного використання, $K_{ТВ}$	
ТОВ “СВК Україна”	КамАЗ	КамАЗ-740	4	0,51	0,58
	Т-150/Т-150К	СМД-60/62	4	0,46	0,52
	Т-150/Т-150К	ЯМЗ-236	2	0,51	0,57
	МТЗ-80/82, 1025	Д-240	6	0,53	0,60
	Беларус-1025	Д-245	2	0,48	0,53
ТОВ “Зерновик”	КамАЗ	КамАЗ-740	2	0,55	0,61
	Т-150/Т-150К	СМД-60/62	5	0,48	0,55
	Т-150/Т-150К	ЯМЗ-236	4	0,52	0,59

Різниця величин значень коефіцієнту технічного використання, звичайно, залежить від коефіцієнту готовності. Але на відміну від останнього, визначальний вплив на зміну коефіцієнту технічного використання вносять організаційно-технічні заходи, пов'язані з питаннями оптимального використання наявного парку машин для конкретних транспортних та інших робіт.

### Висновки

Виконання певних дій стосовно визначення динаміки зміни технічного стану дизелів ЗТ на основі систем інформаційного забезпечення дозволяє використовувати переваги кожної із стратегій ТОР, здійснюючи при необхідності перехід між ними. При цьому можливим є підхід поелементного обслуговування дизелів у чітко визначений час, зручний для власника техніки, звичайно з врахування економічної та технологічної доцільності.

### Список літературних джерел

1. Александровская Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев, А.А. Лисов - М.: Логос, 2003.- 208с.
2. Бажинов А.В. Научные основы оценки ресурса силовых агрегатов транспортных машин с учетом условий эксплуатации. Дис. докт. техн. наук: 05.22.20 / А.В. Бажинов - Харьков 2001., 324с.
3. Полянський О.С. Формування властивостей надійності автотракторних двигунів у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації. Дис... докт. техн. наук: 05.22.20 / О.С. Полянський. Харків 2004., 381с.
4. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования [В.М. Михлин, Д.Н. Накуров, К.С. Ронимин, О.С. Ленкуев] - М.: Информагротех, 1995. – 156с.
5. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М Михлин - М.: Колос, 1984. - 335с.
6. Михлин В.М. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования / В.М. Михлин; и др. - М.: Информагротех, 1995.
7. Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту України / Міністерство транспорту України. – К., 1994. – 36с.
8. Р.Б. Шипильовський, В.С. Архипов. Перспективи розвитку діагностики технічного стану тракторів на основі бортових електронних засобів. "Тракторы и сельскохозяйственные машины", 2004.- № 7.
9. Бондаренко А.Ю. Мониторинг состояния сварных соединений для прогнозирования остаточного ресурса магистральных нефтепроводов. / А.Ю. Бондаренко // Техн. диагностика и неразрушаемый контроль. -№1.- 2003.-С.20-24.
- 10.Сараєва І.Ю. Удосконалення процесу діагностування циліндро-поршневої групи та герметичності клапанів бензинового двигуна автомобіля. Дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / І.Ю. Сараєва. - Харків, 2006., 262с.
- 11.Якушенко О.С. Автоматизований моніторинг залишкового ресурсу авіаційних ГТД в експлуатації за критерієм пошкодження робочих лопаток турбіни. Дис. канд. техн. наук: 05.22.14 / О.С. Якушенко. - Київ, 1999., 161с.
- 12.Мазепа В.О. Обґрунтування експлуатаційних вимог до підбору та експлуатації моторних олив по технічному стану в засобах транспорту. Дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / В.О. Мазепа - Київ, 2007., 144с.
- 13.Сухарев Э.А. Эксплуатационная надежность машин. Теория, методология, моделирование: Учебное пособие / Сухарев Э.А. – Ровно, НУВХП, 2006. – 192с.
- 14.Черепанов С.С. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве (основы научной организации) / Черепанов С.С. - М.: Колос, 1978.- 278с.