

Проаналізовано можливості підвищення та прогнозування експлуатаційної надійності дизелів засобів транспорту (ЗТ) в АПК при планово-попереджувальній та адаптивній стратегіях технічного обслуговування та ремонту (ТОР)

Ключові слова: дизелі, засоби транспорту, планово-попереджувальна стратегія ТОР, адаптивна стратегія ТОР, ресурс, надійність, прогнозування

Проанализированы возможности повышения и прогнозирования эксплуатационной надежности дизелей транспортных средств (ТС) в АПК при планово-предупредительной и адаптивной стратегиях технического обслуживания и ремонта (ТОР)

Ключевые слова: дизели, транспортные средства, планово-предупредительная стратегия ТОР, адаптивная стратегия ТОР, ресурс, надежность, прогнозирование

Possibilities of rise and prognostication of operating reliability of diesels of facilities of transport are analyzed in APC at planned-preventive and adaptive strategies of technical service and repair (TSR)

Keywords: diesels, facilities of transport, planned-preventive strategy TSR, adaptive strategy the TSR, resource, reliability, prognostication

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ДИЗЕЛІВ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ТА ЙОГО РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ

Д. Н. Барановский

Кандидат технических наук, старший преподаватель*

Контактный тел.: 8 (095) 253-20-73

E-mail: denisbaranovskiy@mail.ru

А. Ю. Жулай

Магистр, ассистент*

Контактный тел.: 8 (095) 345-68-01

E-mail: Zhulai80@yandex.ru

*Кафедра эксплуатации и ремонта машин
Кировоградский национальный технический
университет

пр. Университетский, 8, г. Кировоград, Украина,
25006

1. Вступ

Засоби транспорту задіяні в АПК є ознакою, неодмінним етапом технологічного процесу виробництва сільськогосподарської продукції. Працездатність техніки визначається можливістю вчасно та в повному обсязі виконувати поставлені перед нею задачі, щодо гарантованого і якісного здійснення операцій транспортного процесу. Вирішальною часткою загальної надійності техніки є забезпечення раціонального використання ресурсу її силових агрегатів.

Жорсткі умови експлуатації ЗТ АПК приводять до того, що, ресурс їх силових агрегатів складає 26...47% від ресурсу двигунів, встановлених на техніці, що працює в інших галузях [1, 2]. Двигуни які набули найбільшого застосування в ЗТ АПК – в основному дизелі. Експлуатація дизелів транспортних засобів в реальних умовах сільськогосподарського виробництва збільшує знос деталей в 2,0...4,9 рази в порівнянні з їх використанням в умовах експлуатації автотранспорту [3, 4]. В сучасних умовах важливого значення

набуває система використання засобів транспорту [5], в якій формується багатолікий сектор технічного сервісу, щоб через її ефективне використання забезпечити стабільно високе виробництво якісної продукції.

2. Мета роботи

Дослідити та спрогнозувати зміну технічного стану дизелів ЗТ сільськогосподарського виробництва за діагностичними параметрами при планово-попереджувальній та адаптивній стратегіях технічного обслуговування та ремонту.

3. Математичне моделювання зміни технічного стану дизелів ЗТ в системі керування їх експлуатаційною надійністю

Будь-яка технічна система протягом терміну свого існування може перебувати в різних стадіях життєво-

го циклу: в стані поставки (в початковому стані); на обслуговуванні; в справному робочому стані; на черговому технічному обслуговуванні (ТО-1, ТО-2, для тракторів - ТО-3); на поточному ремонті; на капітальному ремонті; на зберіганні; в справному неробочому стані (простій).

Перехід з одного життєвого циклу в інших відбувається стрибкоподібно, тобто є випадковим процесом [5, 6]. Оскільки імовірність перебування машини в певній стадії життєвого циклу однозначно визначається попереднім станом, то сукупність усіх зазначених станів є ланцюгом Маркова для випадкового процесу з випадковим станом і безперервним плином часу, тобто послідовність залежних станів [7].

Переходи з одного технічного стану S в інший відбувається під дією певних потоків подій: відмов чи відновлень. Позначимо інтенсивність потоку відмов через λ , а інтенсивність потоку відновлень технічного стану - μ .

Позначення можливих станів технічної системи на рис. 1. наведено в кружках, а переходи із стану в стан стрілками, біля яких зазначено інтенсивність потоку відмов чи відновлення.

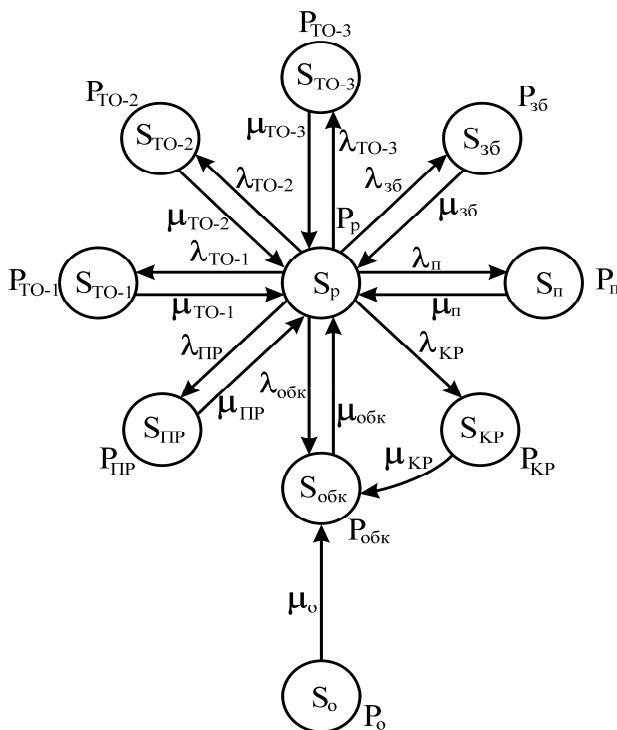


Рис. 1. Розмічена схема стану дизеля машини

В кожному технічному стані система може знаходитися з певною ймовірністю: P_0 - імовірність знаходження ТЗ в початковому стані; P_p - імовірність знаходження ТЗ в 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 в системі дорівнює добутку інтенсивності потоку на імовірність стану, тобто ці добутки мають вигляд: $P\lambda_i, P\mu_i$.

При неусталеному процесі зміни технічного стану системи імовірнісні характеристики стадій її життєвого циклу залежать від часу, а інтенсивності вхідних і вихідних потоків корелюють між собою з урахуванням ймовірності знаходження системи в конкретній стадії життєвого циклу. При цьому систему змін і переходів станів можна описати, згідно розміченому графу стану дизеля машини, наступними диференціальними рівняннями [7]:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = P_0(t)\mu_0; \tag{1}$$

$$\frac{dP_{обк}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{обк} - P_{обк}(t)\lambda_{обк}; \tag{2}$$

$$\frac{dP_{ТО-1}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{ТО-1} - P_{ТО-1}(t)\lambda_{ТО-1}; \tag{3}$$

$$\frac{dP_{ТО-2}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{ТО-2} - P_{ТО-2}(t)\lambda_{ТО-2}; \tag{4}$$

$$\frac{dP_{ТО-3}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{ТО-3} - P_{ТО-3}(t)\lambda_{ТО-3}; \tag{5}$$

$$\frac{dP_{зб}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{зб} - P_{зб}(t)\lambda_{зб}; \tag{6}$$

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = P_p(t)\mu_n - P_n(t)\lambda_n; \tag{7}$$

$$\frac{dP_{ПР}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{ПР} - P_{ПР}(t)\lambda_{ПР}; \tag{8}$$

$$\frac{dP_{КР}(t)}{dt} = P_p(t)\mu_{КР} + P_{обк}(t)\mu_{обк} - P_{КР}(t)\lambda_{КР}. \tag{9}$$

Використовуючи пакети прикладних програм на ПЕОМ (Mathcad), за допомогою функції rkfixed (P, t_0, t_1, N, D), і початкових умов, можна за базою експериментальних даних оцінити ймовірність певних технічних дій для покращення технічного стану дизеля.

$$\begin{aligned} \frac{dP_p(t)}{dt} = & P_p(t)\mu_0 + P_{обк}(t)\mu_{обк} + \\ & + P_{КР}(t)(\mu_{КР} - \lambda_{КР}) + P_{ПР}(t)(\mu_{ПР} - \lambda_{ПР}) + \\ & + P_{ТО-1}(t)(\mu_{ТО-1} - \lambda_{ТО-1}) + P_{ТО-2}(t)(\mu_{ТО-2} - \lambda_{ТО-2}) + \\ & + P_{ТО-3}(t)(\mu_{ТО-3} - \lambda_{ТО-3}) + \\ & + P_{зб}(t)(\mu_{зб} - \lambda_{зб}) + P_n(t)(\mu_n - \lambda_n) \end{aligned} \tag{10}$$

$$P_p = \frac{P_o \mu_o^2 t_o - P_{обк} t_{обк} (\mu_{обк} \lambda_{обк} - \mu_{кр} \lambda_{обк} + \lambda_{обк} \lambda_{кр} + \mu_{кр} - \lambda_{кр}) - \frac{2}{t_p} - \mu_{обк}^2 t_{обк} - \mu_{кр} t_{кр} (\mu_{кр} - \lambda_{кр}) - \frac{-P_{np} \lambda_{np} t_{np} (\mu_{np} - \lambda_{np}) - P_{TO-1} \lambda_{TO-1} t_{TO-1} (\mu_{TO-1} - \lambda_{TO-1}) - \frac{-\mu_{np} t_{np} (\mu_{np} - \lambda_{np}) - \mu_{TO-1} t_p (\mu_{TO-1} - \lambda_{TO-1}) - \frac{-P_{TO-2} \lambda_{TO-2} t_{TO-2} (\mu_{TO-2} - \lambda_{TO-2}) - P_{TO-3} \lambda_{TO-3} t_{TO-3} (\mu_{TO-3} - \lambda_{TO-3}) - \frac{-\mu_{TO-2} t_p (\mu_{TO-2} - \lambda_{TO-2}) - \mu_{TO-3} t_p (\mu_{TO-3} - \lambda_{TO-3}) - \frac{-P_{зб} \lambda_{зб} t_{зб} (\mu_{зб} - \lambda_{зб}) - P_n \lambda_n t_n (\mu_n - \lambda_n) - \frac{-\mu_{зб} t_p (\mu_{зб} - \lambda_{зб}) - \mu_n t_p (\mu_n - \lambda_n)}{}}}}}}{}}}} \quad (11)$$

Розв'язуючи систему рівнянь отримаємо її розв'язок:

Отримані розв'язки дають можливість оцінити коефіцієнти технічної готовності та використання [8]:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \cdot m \sum_{i=1}^n t_{pi}}{m_{зар} \cdot t_{зал}}; \quad (12)$$

$$K_{ТВ} = K_T - \sum_{TO-1}^i P_{TO-1}^i \cdot m_{TO-1} - \sum_{TO-2}^i P_{TO-2}^i \cdot m_{TO-2} - \sum_{TO-3}^i P_{TO-3}^i \cdot m_{TO-3} - \sum_{ПР}^i P_{ПР}^i \cdot m_{ПР} \quad (13)$$

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;

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

i - відповідна одиниця техніки;

$m_{зар}$ - загальна кількість одиниць техніки.

Виходячи з вищевказаного залишковий ресурс знаходимо за виразом:

$$t_{зал} = \left(\frac{D(t)}{\beta} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\left(\frac{D_{пр}}{D(t)} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right). \quad (14)$$

Тоді залишковий ресурс до КР розраховуємо за формулою:

$$t_p^{сер} = \frac{\sum P_{kpi} k_i}{(P_p \mu_{кр} + P_{обк} (\mu_{обк} - \lambda_{обк})) \sum k_i}. \quad (15)$$

Залишковий ресурс після проведення ТО-1 до КР:

$$t_{TO-1}^{сер} = \frac{\sum P_{TO-1} k_i}{(P_p \mu_{TO-1} - P_{TO-1} \lambda_{TO-1}) \sum k_i}. \quad (16)$$

Залишковий ресурс після проведення ТО-2 до КР:

$$t_{TO-2}^{сер} = \frac{\sum P_{TO-2} k_i}{(P_p \mu_{TO-2} - P_{TO-2} \lambda_{TO-2}) \sum k_i}. \quad (17)$$

Залишковий ресурс після проведення ТО-3 до КР:

$$t_{TO-3}^{сер} = \frac{\sum P_{TO-3} k_i}{(P_p \mu_{TO-3} - P_{TO-3} \lambda_{TO-3}) \sum k_i}. \quad (18)$$

Залишковий ресурс після проведення ПР до КР:

$$t_{np}^{сер} = \frac{\sum P_{npi} k_i}{(P_p \mu_{np} - P_{np} \lambda_{np}) \sum k_i}. \quad (19)$$

4. Експлуатаційні дослідження зміни технічного стану дизелів ЗТ

На основі вищевказаного порядку оцінки та прогнозування необхідності виконання певних технічних дій було проведено ряд експериментальних досліджень по порівняльному аналізу витрачання ресурсу дизелями ЗТ сільськогосподарського виробництва на ряді агропідприємств Кіровоградської області при ППС і АС. Дані по залишковому ресурсу зведено до табл. 1 та 2.

Таблиця 1

Ресурсні параметри технічного стану досліджуваних дизелів ЗТ при проведенні заходів в ППС по відповідних районах Кіровоградської області за 2005-2008рр.

Парк ТЗ по досліджуваним районам	Марка дизеля	$t_p^{сер}$, мото-год.	P_p	$t_{TO-1}^{сер}$, мото-год.	$t_{TO-2}^{сер}$, мото-год.	$t_{TO-3}^{сер}$, мото-год.	$t_{np}^{сер}$, мото-год.	$t_{зал}^{сер}$, %	$t_{залП}^{сер}$, %.	$t_{залПП}^{сер}$, %
Добровеличківський	КаМАЗ-740	9840	0,95	9800	9750	-	7850	0,81	2,2	14,8
	ЯМЗ-236	9560	0,93	9520	9470	-	7630	0,62	1,9	15,6
	Д-240	8570	0,98	8530	8490	8470	6240	0,74	2,1	16,4
Ново-український	СМД-60/62	11223	0,96	11200	11150	11130	9830	0,55	1,8	15,8
	КаМАЗ-740	9680	0,97	9620	9570	-	8150	0,63	1,9	15,0
	ЯМЗ-236	9670	0,95	9630	9580	-	8250	0,58	2,1	16,2
	Д-240	8580	0,93	8520	8480	8460	6840	0,62	2,3	15,7
	СМД-60/62	11350	0,95	11310	11270	11250	9520	0,71	2,4	15,2
Новоархангельський	КаМАЗ-740	9850	0,94	9800	9760	-	7820	0,72	2,3	15,8
	ЯМЗ-236	9780	0,97	9730	9700	-	7430	0,78	2,5	16,1
	Д-240	8530	0,98	8490	8450	8430	6560	0,68	2,0	16,5
	СМД-60/62	11290	0,95	11210	11210	11190	9840	0,60	1,8	16,0

Таблиця 2

Ресурсні параметри технічного стану досліджуваних дизелів ЗТ при проведенні заходів в АС по відповідних районах Кіровоградської області за 2005-2008рр.

Парк ТЗ по досліджуваним районам	Марка дизеля	$t_{p}^{сер}$, мото-год.	P_p	$t_{ТО-1}^{сер}$, мото-год.	$t_{ТО-2}^{сер}$, мото-год.	$t_{ТО-3}^{сер}$, мото-год.	$t_{np}^{сер}$, мото-год.	$t_{залI}^{сер}$, %	$t_{залII}^{сер}$, %	$t_{залIII}^{сер}$, %
Добровеличківський	КамАЗ-740	11180	0,95	11120	11065	-	10250	0,72	2,5	19,6
	ЯМЗ-236	10970	0,93	10900	10830	-	9850	0,74	2,2	20,4
	Д-240	9630	0,98	9570	9515	9385	7125	0,81	2,4	21,2
	СМД-60/62	12350	0,96	12290	12220	12130	10245	0,63	2,1	20,5
Новоукраїнський	КамАЗ-740	11255	0,97	11195	11165	-	9635	0,66	2,2	19,8
	ЯМЗ-236	11820	0,95	11760	11685	-	9835	0,64	2,4	21,0
	Д-240	10840	0,93	10785	10705	10625	9140	0,67	2,6	20,3
	СМД-60/62	12245	0,95	12185	12105	12025	10180	0,82	2,7	19,9
Новоархангельський	КамАЗ-740	11355	0,94	11310	11235	-	9980	0,80	2,6	20,1
	ЯМЗ-236	11050	0,97	10985	10915	-	9765	0,81	2,7	20,9
	Д-240	10340	0,98	10265	10185	10110	9020	0,73	2,3	21,3
	СМД-60/62	12650	0,95	12595	12530	12470	10060	0,77	2,1	20,8

Примітка: $t_{залI}^{сер}$ - залишковий ресурс до відмови I рівня, $t_{залII}^{сер}$ - залишковий ресурс до відмови II рівня, $t_{залIII}^{сер}$ - залишковий ресурс до відмови III рівня

З аналізу даних, представлених у табл. 1 та 2 можна зазначити, що при застосуванні адаптивної стратегії ТОР технічний стан дизелів ЗТ знаходиться на більш високому рівні. При цьому, ресурс дизелів ЗТ при АС більше на 12...22% в порівнянні з ППС. При проведенні технічних заходів, величина залишкового ресурсу при АС збільшується в 1,13...1,26 рази, а кількість відмов III-го рівня зменшується в 1,29...1,36 рази в порівнянні із заходами, проведеними при ППС. Середній ресурс до I та II-го рівня відмов майже не змінюється.

Приклади отриманих результатів втручання в "життєвий" цикл дизелів КамАЗ-740 ТОВ "Зерновик" за 2007-2008рр. представлени в табл. 3.

Таблиця 3

Результати застосування технічних дій системи діагностичного моніторингу

Параметри дослідження	Група відмов		
	I	II	III
Залишковий ресурс, %	0,9	2,2	17,2
Дії, направлені на подовження ресурсу	Проведення непланового ТО-1	Проведення непланового ТО-2, ТО-3	Проведення незапланованого ПР
Величина подовження залишкового ресурсу, мото-год.	89,68	197,30	914,23

Отже, можна стверджувати, що при виникненні відмов I, II, III-го рівня, необхідно позапланово провести конкретні технічні дії з переліку номерних ТО та ремонтних операцій, що дозволить досягти високої стабільності показників технічного стану в прийнятних межах та

продовжувати величину залишкового ресурсу дизелів ЗТ. Встановлено, що за умови вчасного проведення технічних дій при експлуатації дизелів КамАЗ-740 ТОВ "Зерновик" за 2007-2008рр. величина залишкового ресурсу підвищується на 4...27%.

5. Висновки

При застосуванні АС ТОР технічний стан дизелів ЗТ знаходиться на більш високому рівні. При цьому, ресурс дизелів ЗТ при АС більше на 12...22% в порівнянні з ППС. При проведенні технічних заходів, величина залишкового ресурсу при АС збільшується в 1,13...1,26 рази, а кількість відмов III-го рівня зменшується в 1,29...1,36 рази в порівнянні із заходами, проведеними при ППС. Середній ресурс до I та II-го рівня відмов майже не змінюється.

Комплекс технічних дій, направлених на недопущення відмов доводить про необхідність застосування системи діагностичного моніторингу, для досягнення високої стабільності показників технічного стану, продовжувати величину залишкового ресурсу дизелів ЗТ та отримання граничних умов експлуатації техніки, виходячи з її реального технічного стану.

Література

1. Афанасьев Л.Л. Автомобильные перевозки / Афанасьев Л.Л., Цукерберг С.М. М., Транспорт, 1970. – 263с.
2. Транспорт на селе [Эмм В.А., Вонт М.И., Ростаж М.К., Лунев К.М.]. – Ставрополь, 1974.
3. Баскин В.Н. Эксплуатационные факторы и долговечность двигателей внутреннего сгорания / Баскин В.Н., Сафонов В.В. // Вестник Саратовского гос. аграрного ун-та им. Н.И. Вавилова. №4, 2003.- С. 35-38.

4. Черепанов С.С. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве (основы научной организации) / Черепанов С.С. - М.: Колос, 1978. - 278с.
5. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / Михлин В.Н. - М.: Колос, 1984. - 335с.
6. Саркисян С.А. Теория прогнозирования и принятия решений / Саркисян С.А. - М. Высш. шк., 1977. - 215с.
7. Сухарев Э.А. Методы моделирования и оптимизации механических систем машин и оборудования: Учебное пособие / Сухарев Э.А. – Ровно, НУВХП, 2008. – 194с.
8. Жулай О.Ю. Функції зміни та область розподілу граничних значень діагностичних параметрів технічного стану силових агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки / О.Ю. Жулай // Вісник Тернопільського держ. техн. ун-ту. – Том.12. - №1. - 2007. – С. 92-97.
9. Черновол М.І. Методика застосування системи діагностичного моніторингу технічного стану дизелів при різних стратегіях ТОiP засобів транспорту / М.І. Черновол, В.В. Аулін, О.Ю. Жулай, В.Я. Чабанний // Вісник Інженерної академії України – К.: ІАУ, 2008. – Вип. №2. С. 50-55.

УДК 621.332.3

ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ДИЗЕЛІВ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

В роботі показано, що необхідно проводити прогнозування ресурсу дизелів по вирішальним трибосистемам. Якісне прискорення періоду припрацювання трибосистем дизелів з забезпеченням вчасного проведення технічного обслуговування, дає можливість подовжити ресурсу на 25...40 % у порівнянні із запланованим

Ключові слова: ресурс, дизелі, трибосистеми, засоби транспорту

В работе показано, что необходимо проводить прогнозирование ресурса дизелей по решающим трибосистемам. Качественное ускорение периода приработки трибосистем дизелей с обеспечением своевременного проведения технического обслуживания даёт возможность продлить ресурс на 25...40 % по сравнению с запланированным

Ключевые слова: ресурс, дизели, трибосистемы, средства транспорта

It is shown in work that It is necessary to conduct prognostication of resource of diesels on deciding tribosystems. High-quality acceleration of period of earning of tribosystems diesels extra money with providing of the timely conducting of technical service enables to prolong a resource on 25...40 % on comparison with planned

Keywords: resource, diesels, tribosystems, facilities of transport

Д. Н. Барановский
Кандидат технических наук
Старший преподаватель
Кафедра эксплуатации и ремонта машин
Кировоградский национальный технический университет
пр. Университетский, 8, г. Кировоград, Украина,
25006
Контактный тел.: 8 (095) 253-20-73
E-mail: denisbaranovskiy@mail.ru

1. Вступ

Технічний стан агрегатів та вузлів і необхідність їх ремонту визначають по величині зносу основних трибосполучень і деталей. Для дизелів засобів транспорту (ЗТ), однією з вирішальних трибосистем (ТС) є циліндр-кільце-поршень. Якщо прийняти знос всіх сполучень дизеля за 1, то сумарний знос циліндро-

поршневої групи (ЦПГ) і кривошипно-шатунного механізму (КШМ) складає 0,75...0,85, а на решту сполучень припадає 0,15...0,25. Тому в процесі експлуатації дизелів ЗТ, дуже важливо знати залишковий ресурс його вирішальних ТС. Таким чином, прогнозування залишкового ресурсу дизеля зводиться до прогнозування ресурсу основних ТС, які можна розглядати як індикатори відмови.