УДК 621.43д DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.148.2014.71939

ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ НОРМАТИВОВ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Канд. техн. наук А.В. Дунаев

ПІДХОДИ ДО ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВІВ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛІВ

Канд. техн. наук А.В. Дунаєв

APPROACHES TO A SUBSTANTIATION OF NORMS DIAGNOSTIC PARAMETERS FOR TRACTOR DIESEL ENGINES

Cand. of techn. sciences A.V. Dunaev

Изложено обоснование нормативов диагностических параметров по теории управления надежностью машин проф. Михлина В.М. В 80-х гг. такие исследования прекратились, нормативная документация израсходована и возникла необходимость обобщения реализованных подходов к широкому применению. Приведены общие приемы к обоснованию допускаемых значений топливно-энергетических показателей автотракторных дизелей, ресурсного параметра цилиндро-поршневой группы, давления масла, нормативы химмотологического, спектрального анализа масел.

Ключевые слова: *диагностирование, параметр, норма.*

Викладено обґрунтування нормативів діагностичних параметрів з теорії управління надійністю машин проф. Міхліна В.М. У 80-х рр. такі дослідження припинилися, нормативна документація витрачена і виникла необхідність узагальнення реалізованих підходів до широкого застосування. Наведено загальні прийоми до обґрунтування допустимих значень паливно-енергетичних показників автотракторних дизелів, ресурсного параметра циліндро-поршневої групи, тиску масла, нормативи хіммотологічний, спектрального аналізу масел.

Ключові слова: *діагностування, параметр, норма.*

Abstract: *The results of substantiation of norms of diagnostic parameters automotive internal combustion engine, according to the theory of reliability control of machines from Professor Mihlin V.M. Since the late 80's. these studies have stopped, normative documentation is spent, comes a new technique and it is necessary to generalize the previously realized approaches for wide application. So the methods for substantiation of permissible values of fuel and energy performance diesel engines, resource parameters of the cylinder-piston group (CPG), oil pressure, regulations " khimmotology " and spectral analysis of oils.*

Regulations state CPG engines justified flow crankcase and cylinder compression. A residual resource of the individual cylinders is determined by a simple original schedules for the petrol engine with a compression ratio of 8 - 12 and diesel engines with a compression ratio of 13.5 - 17 for the parameters of the residual and full vacuum, for compression.

Limit oil pressure at idle heated ice - 0,02 MPa. Instead of the norm of waste oils is proposed to determine the feasibility of repair CPG techno-economically, if the cost of its replacement commensurate with the losses from the increase of the oil, fuel and from the reduction of performance machine.

It is advisable to make broader use of organoleptic diagnostics, monitoring of oils "drop test", the opacity of exhaust gases in the acceleration diesel visually: without grains soot. And renovation of the declined territories performance of worn units compositions KARAT-5.

Keywords: *diagnosis, parameter, the rate.f*

1. Обоснование допускаемых значений топливно-энергетических показателей. На основании методик оптимизации допускаемых значений диагностических параметров проф. Михлина В.М. [1, 2] для эффективной мощности дизелей (относительно номинальных величин) можно принимать:

$$N_{едоп} = (0{,}96\text{-}1{,}05)N_{еном} \quad (1)$$

для новых и отремонтированных дизелей со свободным впуском и

$$N_{едоп} = (0{,}93\text{-}1{,}05)N_{еном}\ , \quad (2)$$

$$N_{едоп} = (0{,}92\text{-}1{,}05)N_{еном} \quad (3)$$

для новых и отремонтированных дизелей с турбонаддувом.

Аналогичным образом для допускаемых значений удельного g_e и полного $G_т$ расхода топлива автотракторных дизелей можно принимать [2]:

$$g_{едоп} = 1{,}065g_{еном}, \quad (4)$$

$$G_{тдоп} = 1{,}065g_{еном}\cdot N_{ефакт} \text{ при } N_{ефакт} < N_{еном}, \quad (5)$$

$$G_{т\ доп} = 1{,}065G_{т\ ном} \quad \text{при } N_{е\ факт} \geq N_{е\ ном}. \quad (6)$$

2. Допускаемые значения параметров ЦПГ дизелей:

А. ***По расходу картерных газов*** [2-7].

По данным SAE 70-х гг. принято, что номинальное значение расхода газов $Q_{кг}$, прорывающихся из камеры сгорания в картерное пространство, должно быть не более 0,1 от рабочего объема ДВС:

$$Q_{кг\ ном} = 0{,}1Vh, \text{ л/с, или } Q_{кг\ нои} = 6{,}0Vh, \text{ л/мин}, \quad (7)$$

Полученные нами данные эксплуатационных испытаний отечественных автотракторных дизелей (Д-21, Д-37, Д-50, Д-144, Д-65, Д-240, СМД-62, ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б, КамАЗ-740) близки к этому:

$$Q_{кгном}=8\cdot 10^{-7}(N_{еном})^3 - 0{,}0004(N_{еном})^2+0{,}345N_{еном}+3{,}4 \quad (8)$$

Отсюда значения $Q_{кг\ доп}$ аналогично [1] можно находить:

$$Q_{кг\ доп} = К_{доп}\ 6{,}0Vh, \text{ л/мин}, \quad (9)$$

где $К_{доп}$ – множитель, учитывающий увеличение расхода газов до допускаемого значения [1, с. 166-174].

Б. По значениям компрессии в цилиндрах ДВС [2-7].

Использовано уравнение сжатия двухатомных газов [6, с. 97]:

$$P_к = P_а\cdot \varepsilon^{\eta 1}\cdot(1 - \Delta Q_в)^{\eta 1}, \text{ откуда} \quad (10)$$

$$P_{к\ пред} = 0{,}93\cdot \varepsilon^{1,32}\cdot(1 - 0{,}50)^{1,32} \text{ для предельного значения компрессии,} \quad (11)$$

$$P_{к\ доп} = 0{,}97\cdot \varepsilon^{1,32}\cdot(1 - 0{,}35)^{1,32} \text{ для допускаемого значения,} \quad (12)$$

$$P_{к\ доп} = 0{,}985\cdot \varepsilon^{1,32}\cdot(1 - 0{,}05)^{1,32} \text{ для номинального значения,} \quad (13)$$

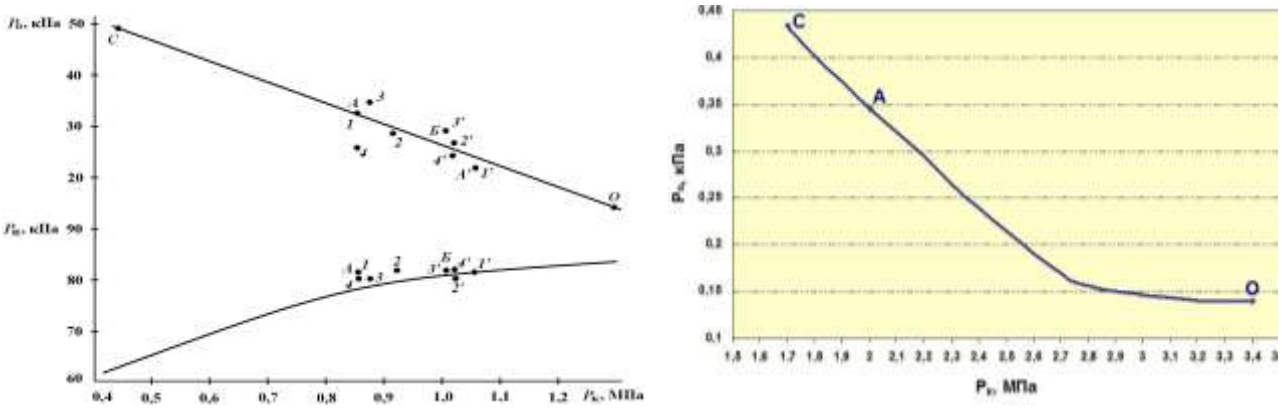
где $P_а$ - давление конца такта впуска в камере сгорания (КС) (0,90-0,95 кгс/см^2), η^1 – показатель политрпы сжатия на пусковых оборотах дизеля (1,32), $\Delta Q_в$ – доля утечек из КС (по данным НАТИ предельное значение 50 %, допускаемое 35 %, а номинальное - 5 %). Результаты расчетов даны в табл. 1.

Таблица 1

Нормативные значения компрессии для автотракторных ДВС

Абсолютное давление на впуске, ата, кгс/см^2	Значения компрессии, кгс/см^2, в зависимости от степени сжатия							
	8	9,0	9,5	13,5	15	16	16,5	17
Минимальное (предельное) давление сжатия в цилиндрах								
0,93; утечки 50 %	**6.22**	**7.27**	**7.81**	**12.42**	**14.27**	**15.54**	**16.18**	**16.83**
Допускаемое давление сжатия в цилиндрах								
0,97; утечки 35 %	**8,81**	**10,29**	**11,06**	**17,58**	**20,21**	**22,00**	**22,92**	**23,83**
Максимальное (номинальное) давление сжатия в цилиндрах								
0,985; утечки 5 %	**14,54**	**16,99**	**18,25**	**29,01**	**33,35**	**36,31**	**37,82**	**39,32**
Двигатели	ДВС ВАЗ и другие бензиновые			транпорт-ные дизели	СМД-60/ 62	Д-240, Д-245, Д-260	ЯМЗ, Д-144	КамА З-740

В. Остаточный ресурс отдельных цилиндров автотракторных ДВС предлагается [2, 4] определять по графикам (рис. 1).



а б

Рис. 1. Графики определения остаточного ресурса цилиндров:
а – бензиновых ДВС со степенью сжатия 8 – 12 и б – дизелей со степенью сжатия 13,5 – 17
по параметрам: P_o и $P_п$ вакуум в цилиндрах остаточный и полный, кПа;
Рк – компрессия в цилиндрах, МПа

Остаточный ресурс каждого цилиндра оценивается по формуле:

$$\mathbf{T_{ост} = T_{контр}(L_{AC}/L_{OA})}, \qquad (14)$$

где $T_{контр}$ - наработка ДВС на момент контроля (мото-ч, тыс. км пробега); L_{AC} - длина линии, например, на рис. 1,а от точки А момента диагностирования до точки С предельного состояния ЦПГ, а L_{OA} - длина линии от точки О номинального состояния до точки А или Б момента диагностирования ЦПГ.

Г. Величины расхода моторного масла на угар $g_м$ предлагается нормировать по технико-экономическому принципу для типовых условий использования ДВС. Исходное положение: суммарные затраты от перерасхода масла (свыше 0,5 % от расхода топлива) с потерями от перерасхода топлива и снижения мощности ДВС в межремонтном периоде должны быть не более сумарных затрат на замену ЦПГ. Иными словами: ремонтировать ЦПГ тогда, когда стоимость ремонта соразмерна потерям от перерасходов масла, топлива и снижения призводительности машины за сезон её работы [2].

3. Предельное значение давления моторного масла. Это давление в главной масляной магистрали прогретых авторакторных дизелей на минимальной частоте вращения холостого хода по данным к.т.н. Бельских В.И. – 0,2 кгс/см^2 (0,02 МПа) [8].

4. Нормативные показатели смазочных масел. Их предлагается принимать по данным табл. 2 и 3 [9-11].

Простые средства контроля ресурсных параметров ДВС привены в табл. 4.

Из методов диагностирования агрегатов машин в рядовых предприятиях целесообразно развивать органолептические, в т.ч. экспресс-контроль масел по «капельной пробе» [2, 13], а дымность ОГ контролировать визуально: при свободном разгоне коленчатого вала дизеля она не должна быть чрезмерной, без крупинок сажи и при работе дизеля на холостом ходу – не заметной. А для восстановления работоспособности изношенных агрегатов целесообразно шире использовать ремонтно-восстановительные составы КАРАТ-М, КАРАТ-5 [14, 15], широко апробированных с 2005 г. в России и в Китае.

Таблица 2

Нормативы химмотологических параметров масел

Параметры масел	Дизельные				Трансмиссионные		
	Ном	Доп	Пред	ПЛ	Ном	Доп	Пред
Температура вспышки, *°С*	>205	>185	>170	170	По паспорту	90 % от пасп.	80 % от пасп.
Содержание воды, %	следы	<0,15	< 0,3	0,5	следы	<0,3	<0,5
Моюще-диспергирующие свойства, *баллы*	0	<3	<6	-	1-2	3-4	<6
Вязкость при 100 °С, в % от паспортных значений	По паспорту	80-120	75-135	75-135	По паспорту	90-130	80-150

То же определено и для гидравлических масел.

Примечания: Ном – номинальные значения для свежих масел, **Доп** – допускаемые на межконтрольный период, **Пред** – браковочные для безусловной смены масла, **ПЛ** - предельные - по корпорации Лубризол

Таблица 3

Нормативы спектрального анализа масел для автотракторной техники [12]

Параметры масел	Нормативные значения параметров масел, ppm:							
	Дизельные				Трансмиссионные			
	Ном	Доп	Пред	ПЛ	Ном	Доп	Пред	ПЛ
Содержание металлов: Fe (200)*	3-5	50	65	100	3-5	150	200	500
Cr (30)*	0,3	3,5	5,5	25	0,5	5-10	25	10
Al (200)*	2	15	25	30	3	5	15	100
Si (200)*	3-5	20	25	20	3	35	50	40
Pb (200)*	0,5	5	15	40	-	-	-	300
Cu (200)*	-	10-15	20-25	50	-	30	50	300
Sn (30)*	-	1,5	2,0	25	-	1	2	20
Ni (30)*	-	1,5	1,8	10	-	15	25	20
Mo** (30)	-	1,5*	2,0*	-	-	5	15	-

Примечание: * пределы измерения установкой МФС-7; ** для масел без молибдена

Таблица 4

Средства контроля ресурсных параметров автотракторных ДВС [2]

№	Средства	Шифр, марка	Объект контроля
1	Анализатор герметичности цилиндров двигателя*	КИ-5973-ГОСНИТИ	Сопряжения гильза-кольца-поршень, клапан-гнездо отдельных цилиндров
2	Индикатор расхода газов*	КИ-17999-ГОСНИТИ	ЦПГ при работе ДВС (интегральная оценка)
3	Прибор для контроля ЦПГ	ПТ-1 или SMC-new	Сопряжения гильза-кольца-поршень, клапан-гнездо, при продувке сжатым воздухом
4	Компрессиметр*	КИ-28125-ГОСНИТИ	Цилиндры при прокрутке ДВС пусковым устройством
5	Устройства контроля низкого давления*	КИ-28132-ГОСНИТИ	Системы смазки, топливоподачи, пневмосистема и наддув воздуха
6	Механотестер топливной аппаратуры	МТА (МГАУ)	Форсунки, нагнетательные клапаны секций ТНВД

Список использованных источников

1. Михлин, В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники [Текст] / В.М. Михлин. – М.: Колос, 1984. – 336 с.

2. Дунаев, А.В. Развитие диагностирования машин. Тракторы и автомобили [Текст] / А.В. Дунаев // Lambert Academic Publishing. 2013. – 308 p.

3. Выбор методов и средств диагностирования цилиндро-поршневой группы автотракторных двигателей внутреннего сгорания [Текст] // РВМ. – 2012. – № 8. – С. 10-14.

4. Экспресс-оценка остаточного ресурса ЦПГ двигателей внутреннего сгорания [Текст] // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 6. – С. 34-37.

5. Скибневский, К.Ю., Технология диагностирования колесных тракторов [Текст] / К.Ю. Скибневский, А.В. Дунаев. – 2-е изд. – М.: ОТЭИ ГОСНИТИ, 1981. – 140 с.

6. Терских, И.П. Диагностика технического состояния тракторов [Текст]: учеб. пособие / И.П. Терских. – Иркутск: ИСХИ, 1976. – 158 с.

7. Терских, И.П. Обзор методов и средств диагностирования цилиндро-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания [Текст] / И.П. Терских, В.А. Раков. – Иркутск: ИСХИ, 1986. – 96 с.

8. Бельских, В.И. Техническая диагностика тракторов [Текст] / В.И. Бельских. – М.: Колос, 1973. – 373 с.

9. Дунаев, А.В. Технология экспресс-контроля моторного масла автотракторных двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А.В. Дунаев // Горный журнал. – 2008. – № 9. – С. 118-119.

10. Дунаев, А.В. Эксплуатационный контроль масел при диагностировании дизелей самосвалов БелАЗ [Текст] / А.В. Дунаев, Б. Нарантуяа // Горный журнал. – 2007. – № 9. – С. 73-78.

11. Дунаев, А.В. Опыт использования моторных масел в автотракторных ДВС [Текст] / А.В. Дунаев // РВМ. – 2012. – № 7. – С. 21-24.

12. Дунаев, А.В. Опыт нормирования и контроля качества моторных масел с использованием установки МФС-7М [Текст] / А.В. Дунаев // Горный журнал. – 2008. – № 2. – С. 69-73.

13. Дунаев, А.В. Диагностирование двигателей внутреннего сгорания и планирование их ремонта на основании качественных признаков технического состояния [Текст] / А.В. Дунаев // Труды ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 2012. – Т. 112, ч. 1. – С. 172-177.

14. Нетрадиционная триботехника для безремонтного восстановления соп-ряжений трения узлов и агрегатов [Текст] // Горный журнал. – 2013. – № 3. – С. 85-87.

15. Дунаев, А.В. Нетрадиционная триботехника. Модификация поверхностей трения [Текст] / А.В. Дунаев //Lambert Academic Publishing. 2013. 270 p.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.П. Ремарчук

Дунаєв А.В., канд. техн. наук, старш.наук.співроб., завідуючий лабораторією триботехніки Федерального державного бюджетного наукового закладу «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка», м. Москва. Тел. +7 (499) 174-81-71; E-mail:dunaev135@mail.ru.

Dunaev A.V., candidate of technical Sciences, senior research fellow, head. lab. tri-botekhnika Federal State Budgetary Institution “The All-Russian Research Institute for the Agricultural Machines and Harvesters Engineering Technology and Servi-ces». Moscow. Phone +7 (499) 174-81-71; E-mail:dunaev135@mail.ru.