Из этой таблицы видно, что все требования к усилителю выполняются.

2. При выполнении данной работы был полезен предыдущий опыт авторов [7-10].

1. Румянцев К.Е. Приём и обработка сигналов. – М.; «Академия». 2004. – 528с.
2. Ровдо А.А. Схемотехника усилительных каскадов на биполярных транзисторах – М.; Издат. дом «Додэка – XXI». 2002. – 256с.
3. Pieter L.D. Abrie. Design of RF and Microwave Amplifiers and Oscillators. Boston, London. Artech House Publishers. 2009. – 480 p.
4. Devendra K. Misra. Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design. John Wiley & Sons, Inc. 2001. – 632 p.
5. Полупроводниковые приборы. Транзисторы малой мощности. Справочник. Под ред. А.В. Голомедова. – М.; Радио и связь, 1994.- 384 с.
6. Обзор – 103. Измеритель комплексных коэффициентов передачи. Руководство по эксплуатации РЭ 6687-028-21477812-2004. 95 с.
7. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Мамченко С.О., Пустовалов А.И. Два малошумящих усилителя. Инженерный вестник Дона, 2018, №1 URL:ivdon.ru/gu/magazine/archive/n1y2018/4731
8. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Зиновьев С.С., Сальный И.А. Усилитель дециметрового диапазона. Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL:ivdon.ru/gu/magazine/archive/n4y2017/4405
9. Зикий А.Н., Пустовалов А.И., Сальный И.А. Ограничительные свойства серийных малошумящих усилителей. Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL:ivdon.ru/gu/magazine/archive/n4y2016/3774
10. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Власенко Д.В. Экспериментальное исследование усилителя мощности сантиметрового диапазона. Вопросы специальной радиоэлектроники, серия Общие вопросы радиоэлектроники. 2013, №1, с.136-139

Исаенко В.Д., Исаенко А.В., Исаенко П.В.

**Три уровня технического обслуживания системы защиты дизелей
от абразивного износа**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Томск)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-189

idsp: 000001:lj-10-2018-189

Общеизвестно, что технический ресурс ДВС автотранспортных средств (АТС) существенно отличается от назначенного изготовителем в силу корректировки реальными условиями эксплуатации. Одним из основных факторов снижения ресурса является низкая работоспособность системы защиты двигателя от абразивного изнашивания (СЗДАИ) его сопряженных деталей.

Многолетний опыт эксплуатации АТС свидетельствует о сложившейся практике проведения технического обслуживания (ТО) СЗДАИ, включая контроль работоспособности систем очистки воздуха (СОВ) и масла (СОМ) по одному из трех уровней.

Первый уровень – рядовой с применением органолептических методов оценки пользователя. Например, контроль работоспособности СОВ дизелей КамАЗ ведется по сигнализатору запыленности картонного фильтроэлемента (КФЭ), по его визуальному осмотру на предмет механических повреждений (вмятин кожуха, погнутостей или отрыва крышек). Целостность фильтрующей шторы КФЭ проверяют в лучшем случае по лучу света от источника, помещенного в полость внутреннего кожуха. Для очистки КФЭ от осевшей пыли продувают воздухом, в худшем случае – обстукивают его о колесо автомобиля. При видимой пригодности используют КФЭ повторно. Контроль работоспособности СОМ проверяют по количеству отложений в роторе масляного центробежного очистителя (центрифуги), если он имеется, и легкости его вращения от руки. Центрифугу очищают, промывают и устанавливают на место. Бумажные фильтроэлементы тонкой очистки (ФТО) масла меняют на новые без каких-либо

проверок качества проклейки крышек к фильтрующей шторе и ее целостности. Фильтроэлементы грубой очистки (ФГО) либо меняют на новые, либо промывают и используют повторно. Моторное масло на качественные показатели, кроме как по внешним признакам, не проверяют и меняют на свежее без предварительной промывки системы смазки. Иногда заправляют дизель маслом не рекомендуемой для него марки.

При всем при этом график постановки автомобиля на ТО часто нарушается.

Второй уровень – классический, предусматривающий регулярное обслуживание дизелей с запланированной периодичностью по наработке и контроль работоспособности СОВ и СОМ по рекомендациям завода-изготовителя и Положения о ТО и ТР подвижного состава, допускающий промывку КФЭ с повторным использованием [1; 2]. Работы выполняются обслуживающим персоналом эксплуатирующих АТП или на СТО.

Третий уровень – углубленный, когда пользователь проводит ТО дизеля не только в объеме второго уровня, но и пользуются услугами диагностов-химмотологов, оценивающих не только работоспособность СОВ и СОМ по параметрам работающего масла, но и техническое состояние дизеля на предмет изнашивания его базовых деталей, обеспечивающих ресурс [3; 4].

На рисунке представлен характерный вид состояния агрегатов очистки воздуха и масла дизелей, наблюдаемого при ТО в реальных условиях эксплуатации.

Рисунок. Типичный вид неисправностей систем защиты дизелей от абразивного изнашивания: а) картонные воздушные фильтроэлементы: сквозные щели в местах изгиба шторы; истлевание шторы деформация металлического перфорированного каркаса; б) масляные фильтроэлементы: 1 – сквозные радиальные щели; 2 – участок с оторванными гофрами при искусственном отрыве крышки от шторы; 3 – непроклеенные участки; 4 – деформация картона обечайки крышки; в) крепление ротора центрифуги

В табл. 1 представлена статистическая оценка неисправностей СОВ.

Таблица 1

Характерные неисправности системы очистки воздуха дизелей КамАЗ

Виды неисправностей	Объем выборки				Наработка на отказ, км/отк	Интенсивность (параметр потока) отказов, отк/10 ³ км
	в эксплуатации		новые			
	кол-во	%	кол-во	%		
Нарушение герметичности воздушного тракта	84	33,5	18	12,0	2286	24,4
Сквозные отверстия в фильтрующей шторе	45	17,9	–	–	1890	25,31
Тонкий картон	–	–	23	15,3	–	–
Некачественное склеивание крышки со шторой	10	4,0	12	8,0	–	0,78
Истлевание шторы	36	14,3	–	–	3481	11,2
Деформация КФЭ	12	4,8	–	–	10740	1,5
Слабое крепление стяжных хомутов	6	2,4	–	–	20400	0,29
Всего проверено, шт.	251	100	150	100		
С неисправностью, шт.	193		53			
Вероятность отказа. %		77		35,5		

Тщательный анализ происхождения неисправностей указал на их субъективную и объективную природу. Например, нарушение герметичности тракта связано с дефектами стяжных хомутов и патрубков. Порывы картона размером от 3...5 до 17 мм (а порой и на всю высоту) происходят по причине тонкости шторы (около 0,15 мм против 0,5±0,1 мм по ТУ 81-04-533-78). Вследствие «дыхания» дизеля и пульсации воздуха картон в этих местах разрывается до указанных размеров.

Как и СОВ, СОМ также имеет неисправности технологического и эксплуатационного характера. Например, из проверенных 55 новых фильтроэлементов 12 (22%) оказались со слабо прикрепленными крышками, на отрыв которых потребовалось усилие в 50...100 Н. Из 114 извлеченных из ФТОМ во время проведения плановых ТО фильтроэлементов 28 (25%) оказались с оторванными обеими крышками, 18 (16%) – с одной, а на отрыв 24 (21%) крышек потребовалось не более 50 Н.

Неисправности технологического характера масляной центрифуги представлены в табл. 2.

Безответственное отношение обслуживающего персонала к своим обязанностям приводит к смятию гайки крепления ротора, сопряженное со сложностью его разборки и дальнейшей работы с переполненными шламовыми отложениями, что приводит к их смыву обратно в картер дизеля.

Таблица 2

Результаты измерения некоторых контрольных параметров масляной центрифуги

Параметры	По ТУ или чертежу	Фактическое состояние центрифуг				
		с заводского конвейера ^{x)}			снятые с автомобилей ^{xx)}	
		1	2	3	4	5
Зазоры в верхнем подшипнике скольжения, мм	0,035-0,052	0,035	0,05	0,04	0,046	0,06
Зазоры в нижнем подшипнике скольжения, мм	0,063-0,070	0,075	0,085	0,095	0,113	0,17
Размер щели направляющего аппарата, мм×мм	7×1,7	7×1,7	6,9×1,7	7×1,7	7×2,0	7×1,7
Начало открытия перепускного клапана, МПа	0,60-0,65	0,615	0,627	0,310	0,64	0,62
Расход масла через ротор при $\Delta p = 0,5$ МПа, м ³ /с×10 ⁻⁴	2,7-3,0	3,02	2,81	4,98	3,65	2,87

х) Центрифуги № 1, 2, 3 отобраны методом случайной выборки на ЛААЗе;
 хх) Нарботка автомобилей КамАЗ с центрифугами № 4, 5 составляет 19602 км и 87270 км соответственно.

Оценка эксплуатационной надежности масляных центрифуг представлена в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика надежности центрифуги дизелей КамАЗ-740 в эксплуатации

Неисправность центрифуги	Выборка		Наработка на отказ, км/отк	Интенсивность (параметр потока) отказов, отк/10 ³ км
	кол-во	%		
Ротор переполнен отложениями	54	13	–	–
Погнут ось	21	5	20320	1,6
Смяты грани гайки крепления ротора	77	19,2	15020	7,8
Отсутствует кольцо подшипника качения	14	3,5	18730	1,3
Неправильно установлен колпак ротора	67	16,7	9470	10,5
Прослаблена посадка верхнего подшипника скольжения	4	1,1	37860	0,16
Неправильно установлен подшипник качения	29	7,2	7300	6,02
Износ подшипников скольжения	21	6,0	25250	1,95
Всего:				
проверено	400	100		
с неисправностями	287			
Вероятность отказа		71,6		

Полагая, что циркулирующее по системе моторное масло и агрегаты его очистки являются некоторым аккумулятором (накопителем) продуктов загрязнения и износа, для оценки эффективности (работоспособности) описанных уровней контроля СЗДАИ были приняты концентрации элементов Si и Al, как индикаторы загрязнения СОМ, инициирующего абразивный износ и элементы Fe, Cr, Sn, Cu, Pb – как индикаторы износа, содержащиеся в пробах моторных масел, периодически отбираемых на пробегах между очередными ТО-2.

Исследования выполнены в ПО «Томскстройтранс» на автомобилях КамАЗ с дизелями Евро-0. Автомобили этого класса до сих пор масштабно эксплуатируются в народном хозяйстве страны, несмотря на существенный прогресс в области создания дизелей нового поколения. Физико-химические и спектральный анализы проб выполнялись в аккредитованном испытательном центре Томского Государственного Архитектурно-Строительного Университета (ТГАСУ).

Собранный статистический материал обобщен с помощью известных методов теории вероятности.

Табл. 4 содержит сведения о математическом ожидании продуктов износа и загрязнение моторного масла в зависимости от уровня ТО СЗДАИ.

Таблица 4

Средние значения концентрации химических элементов в моторном масле дизелей в процессе эксплуатации

Уровень ТО	Химический элемент, ×10 ⁻³ , %								
	Fe	Cr	Al	Si	Sn	Cu	Pb	Ba	Ca
I	15,78	0,46	2,80	3,3	0,05	0,75	0,96	236	209
II	3,43	0,13	1,12	1,31	0,05	0,69	0,34	183	190
III	1,10	0,07	0,59	0,85	0,03	0,35	0,15	196	200

Снижение, раз	II/I	4,6	3,5	2,5	2,5	1,0	1,1	2,8	1,3	1,1
	III/I	14,3	6,6	4,7	3,9	1,7	2,1	6,4	1,2	1,04
	III/II	3,1	1,8	1,9	1,5	1,7	2,0	2,3	0,9	0,9

Учитывая, что элементы Si и Al, содержащиеся в системе смазки, являются и продуктами загрязнения, попадающими извне в двигатель, и продуктами износа поршней и вкладышей, в целях дифференцирования полученных результатов был применен метод последовательного исключения и пропорционального разделения, позволивший подсчитать доли их концентраций, поступающих с воздухом (дв) и от износа (ди). Также выведены показатели для относительной оценки износа поршней (Ип), поршневых колец (Ипк), гильз цилиндров (Игц) и вкладышей (Ивк) [5].

Результаты расчетов представлены в табл. 5 в зависимости от уровня ТО СЗДАИ.

Таблица 5

Изменение оценочных показателей загрязнения масла и износа дизелей в зависимости от уровня технического контроля систем очистки воздуха и масла

Уровень ТО		Показатели							
		двAl	диAl	двSi	диSi	Игц	Ипк	Ип	Ивк
I		0,23	0,77	0,85	0,15	5,62	34,3	0,77	0,29
II		0,24	0,76	0,85	0,15	3,08	26,4	0,67	0,26
III		0,29	0,71	0,88	0,12	1,57	15,71	0,56	0,18
Снижение, раз	III/I	–	–	–	–	3,58	2,18	1,37	1,61
	III/II	–	–	–	–	1,82	1,30	1,17	1,11
	III/III	–	–	–	–	1,96	1,68	1,19	1,44

Таким образом, результаты выполненной работы свидетельствуют о том, что при равновероятном распределении продуктов загрязнения и износа (Al и Si) наблюдается явное преимущество работоспособности систем очистки воздуха и масла при их регулярном контроле II уровня и еще значительно при III уровне. Так, концентрация Fe и Сг как индикаторов износа ЦПГ, при визуальном контроле в 3,5-4,6 и 6,6-14,3 раза выше, чем при заводском контроле и при контроле по параметрам масла соответственно. Подобная ситуация наблюдается и по концентрации элементов, входящих в состав подшипников и втулок скольжения. Концентрация бария и кальция, как элементов присадки в масле, не зависит от уровня контроля.

С учетом представленных результатов можно предположить, что, несмотря на качественный скачок в двигателестроении по выпуску современных дизелей класса Евро и разработке к ним эффективных горюче-смазочных материалов, в рядовой эксплуатации автомобилей всегда найдется масса причин, приводящих к снижению надежности трущихся деталей двигателей внутреннего сгорания. Отсюда следует вывод о необходимости регулярного контроля дизелей по параметрам работающего масла.

1. Барун, В.Н. Автомобили КамАЗ: Техническое обслуживание и ремонт / В.Н. Барун, Р.А. Азаматов, В.А. Трынов и др. – М. : Транспорт, 1984. – 251 с.
2. Положение о техническом обслуживании и текущем ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – М. : Транспорт, 1986. – 70 с.
3. Временное положение о службе диагностирования технического состояния автомобильных дизельных двигателей по параметрам работающего картерного масла. – М. : НАМИ, 1981. – 42 с.
4. Соколов, А.И. Изменение качества масла и долговечность автомобильных двигателей / А.И. Соколов. – Томск : Изд-во ТГУ, 1976. – 122 с.
5. Исаенко, В.Д. Анализ надежности систем защиты автомобильных дизелей от абразивного изнашивания и разработка мер, направленных на ее повышение. [Текст] : дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : 05.22.10 / Исаенко Виктор Дмитриевич. – Томск, 1983. – 219 с.