

УДК 656

Е.В. Агеев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

А.В. Щербаков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: oooru46@mail.ru)

Ю.Г. Алехин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова» (Курск, Россия) (e-mail: alekhin.iurij@yandex.ru)

С.А. Грашков, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова» (Курск, Россия) (e-mail: rigii46@mail.ru)

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЕТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНДСКОПИИ

Двигатель автомобиля является наиболее сложным и важным агрегатом автомобиля. От его технического состояния зависят многие технические, экономические и экологические показатели работы автомобиля. Поэтому разработка совершенных методов диагностирования технического состояния механизмов и систем двигателя представляет важное практическое значение. Из общего количества неисправностей большая часть и трудоемкость приходится на цилиндропоршневую группу (ЦПГ).

Целью настоящей работы являлось повышение информативности процесса диагностирования двигателей переднеприводных автомобилей ВАЗ за счет использования технической эндоскопии.

Для получения информации об уровне технического состояния целесообразно разбирать исправный агрегат или узел, так как, во-первых, это связано со значительными трудовыми затратами, и, во-вторых, что главное, каждая разборка и нарушение взаимного положения приработавшихся деталей приводят к сокращению остаточного ресурса на 30 – 40 %.

Использование технического эндоскопа для получения информации об уровне технического состояния ЦПГ предоставляет уникальные возможности для визуальной диагностики.

За счет использования технического эндоскопа впервые появилась возможность при диагностировании ЦПГ двигателей внутреннего сгорания перейти к оценке конструктивных параметров технического состояния, таких как: состояние сетки хона, наличия рисок, задиров, царапин, что ранее можно было выполнить только путем разборки автомобилей. В целом, техническая эндоскопия повышает информативность процесса диагностирования цилиндропоршневой группы.

Использование технического эндоскопа открывает уникальные возможности для оперативной оценки технического состояния диагностируемого объекта с целью сокращения времени при выявлении и последующего устранения неисправностей.

Ключевые слова: *двигатель автомобиля, техническое состояние, технический эндоскоп, информативность.*

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-1-18-26

Ссылка для цитирования: Повышение информативности процесса диагностирования двигателей автомобилей за счет технической эндоскопии / Е.В. Агеев, А.В. Щербаков, Ю.Г. Алехин, С.А. Грашков // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 22, № 1(76). С. 18-26.

Двигатель автомобиля является наиболее сложным и важным агрегатом автомобиля. От его технического состояния зависят многие технические, экономические и экологические показатели работы автомобиля. Поэтому разработка совершенных методов диагностирования технического состояния механизмов и

систем двигателя представляет важное практическое значение. Из общего количества неисправностей большая часть и трудоемкость приходится на цилиндропоршневую группу (ЦПГ) [1-10].

Применяемые в настоящее время средства диагностирования технического состояния ЦПГ обладают относительно

низкой информативностью, поскольку позволяют судить о ее техническом состоянии только по косвенным показателям (компрессии, расход топлива и масла, шум и т.п.). Для устранения этих недостатков предлагается к использованию технический эндоскоп. Однако в настоящее время технические эндоскопы на сервисных предприятиях практически не используются, поскольку отсутствует четкий алгоритм их применения и обработки полученной информации. Целесообразность решения этих вопросов с более высоким уровнем качества определила основные направления исследования.

Выбором рациональных методов и средств диагностирования двигателей начали заниматься с появлением промышленных методов технического обслуживания и ремонта. В результате выполненных работ предложен ряд методов и средств, позволяющих оценить техническое состояние двигателей в процессе эксплуатации и ремонта автомобилей. Однако в трудах этих ученых недостаточно рассматриваются вопросы визуальных методов диагностирования и их связи с техническим состоянием двигателей.

Целью настоящей работы являлось повышение информативности процесса диагностирования двигателей переднеприводных автомобилей ВАЗ за счет использования технической эндоскопии.

Необходимость диагностирования технического состояния цилиндров может возникнуть, когда появляются внешние признаки износа цилиндра или деталей шатунно-поршневой группы. В качестве таких проявлений могут быть: стуки в двигателе, пониженное давление в системе смазки, низкая компрессия, высокий расход масла (более 0,7 л. на 1 тыс. км).

Цилиндрам двигателей автомобилей ВАЗ с определенным классом, подбирается поршень соответствующего класса. Подбором поршней добиваются зазора 0,03-0,05 мм между поверхностями поршня и цилиндра.

Существует определение, где ресурс двигателя определяется, как пробег до прихода в непригодное для нормальной эксплуатации состояние, не устраняемое регулировкой. Техническая документация на автомобиль не содержит к чему-либо обязывающих производителя данных о ресурсе двигателя. Во многом это обусловлено тем, что ресурс двигателя зависит от нескольких факторов: качества комплектующих, качества сборки и от выполнения всех технических требований, связанных с эксплуатацией автомобиля. Выполнение или не выполнение этих условий приводит к тому, что ресурс является очень условной характеристикой. В зависимости от условий эксплуатации двигателя и соблюдения технических требований, необходимость капитального ремонта двигателя может возникнуть после 120 - 250 тыс. км. пробега автомобиля. Однако есть примеры, когда эти сроки могут сильно отличаться как в большую, так и в меньшую сторону.

Определение износа цилиндров производится путем замера диаметров на уровне нескольких поясов, во взаимно перпендикулярных направлениях. На поверхности цилиндра, на расстоянии не более 5 мм от верхней плоскости блока, находится зона, где износ отсутствует, а размер соответствует номинальному диаметру цилиндра. Если на одном из контрольных участков, будут выявлены отклонения номинального диаметра, превышающие 0,25 мм, то необходимо произвести расточку цилиндров блока с по-

следующим их хонингованием до ближайшего ремонтного размера.

Для увеличения сроков эксплуатации блоков определены два ремонтных размера. Каждый ремонтный размер отличается от предыдущего размера на 0,4 мм.

Ремонтным размерам цилиндров подбираются ремонтные размеры поршней соответствующего класса. В итоге, добиваются величины зазора в 0,03-0,05 мм между цилиндром и поршнем. Слишком маленький, как и слишком большой зазор, могут привести к повышенному износу.

Для блоков цилиндров мод.21126, мод.11194 ремонтные размеры цилиндров не определены. После хонингования поверхностей цилиндров, осуществляется

контроль диаметра. По результатам замера присваивается класс цилиндра. Для блоков: ВАЗ 21083, ВАЗ 2110, ВАЗ 2112, ВАЗ 11183, ВАЗ 21114, ВАЗ 11193 - определены пять размерных групп. Классы размеров обозначаются буквами: А, В, С, D, Е . К блокам 11194 и 21126 предъявляются более высокие требования к точности изготовления. Для цилиндров этих блоков определены только три класса: А, В, С. Буквенное обозначение класса цилиндра наносится на нижнюю плоскость блока, напротив каждого цилиндра. Для каждого номинального диаметра цилиндра приняты свои размерные классы.

Изменение диаметра цилиндра двигателя ВАЗ от пробега автомобиля представлено на рисунке 1.

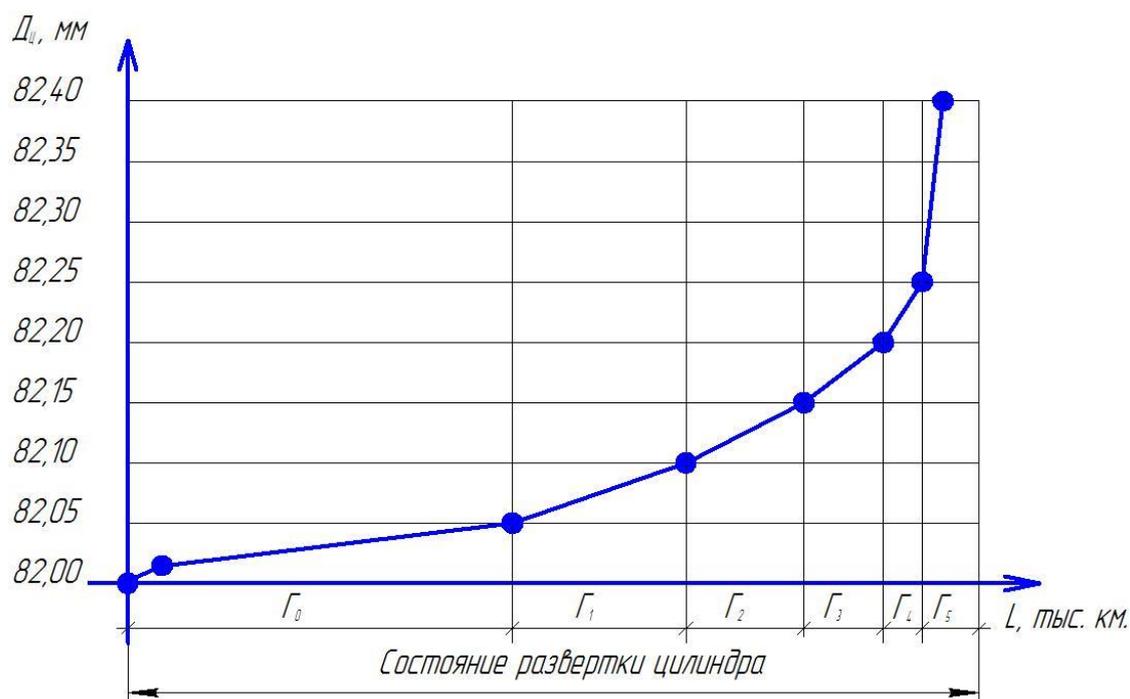


Рис. 1. Изменение диаметра цилиндра двигателя ВАЗ от пробега автомобиля

Однако для получения информации об уровне технического состояния не целесообразно разбирать исправный агрегат или узел, так как, во-первых, это связано со значительными трудовыми затратами,

и, во-вторых, что главное, каждая разборка и нарушение взаимного положения приработавшихся деталей приводят к сокращению остаточного ресурса на 30-40% (рис. 2).

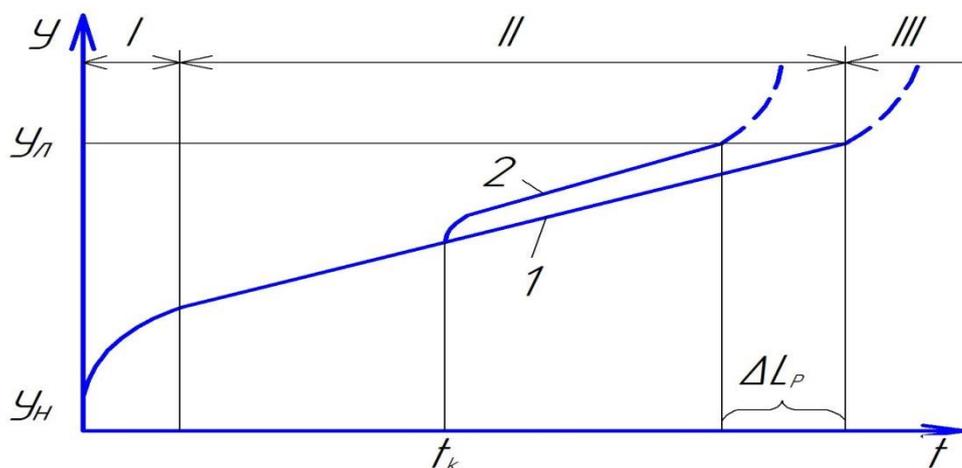


Рис. 2. Кривая изменения интенсивности изнашивания двух сопряженных деталей: 1 – без разборки; 2 – после разборки; I – зона приработки; II – зона нормальной работы; III – зона интенсивного изнашивания; ΔL_p – снижение ресурса из-за разборки

Техническое состояние двигателя автомобиля (ЦПГ) определяется совокупностью изменяющихся свойств его элементов, характеризующихся текущим значением диагностических параметров S_i . По мере увеличения наработки l, t (рис. 2) диагностические параметры изменяются от номинальных S_n , свойственных новому двигателю, до предельных S_p , при которых дальнейшая эксплуатация двигателя по техническим, конструктивным, экономическим, экологическим или другим причинам недопустима. По практическим соображениям внутри зоны работоспособности необходимо выделить так называемую предотказную зону упреждения (ЗУ), в начале которой (при $l = l_y$) диагностический параметр достигает своего предельно допустимого $S_{пд}$ значения. Попадание диагностического параметра в эту зону свидетельствует о приближении отказа и необходимости принять профилактические меры по его предупреждению, т. е. по поддержанию работоспособности.

Общая динамика изменения диагностического параметра определяется следующим образом:

$$S_i = [S_n \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow \dots \rightarrow S_{пд} \rightarrow S_p].$$

Использование технического эндоскопа для получения информации об уровне технического состояния ЦПГ предоставляет уникальные возможности для визуальной диагностики [11-15].

В качестве примера использования возможностей технического эндоскопа (рис. 3) представлены картинки ЦПГ двигателей после 280000 км пробега (рис. 4). Необходимость проведения диагностирования данного двигателя обусловлена повышенным расходом масла и потерей мощности двигателем.

С помощью эндоскопа были получены наглядные картинки технического состояния камеры сгорания цилиндров двигателя. Визуально были исследованы поршень, стенки блока цилиндров, седла впускных и выпускных клапанов. По результатам проведенного диагностирования было установлено, что причиной повышенного расхода масла и потери мощности двигателем является наличие продольных глубоких рисок, задиров, царапин и раковин, и сделано заключение о необходимости выполнения расточки цилиндров под следующий ремонтный размер.



Рис. 3. Изображение диагностического комплекса

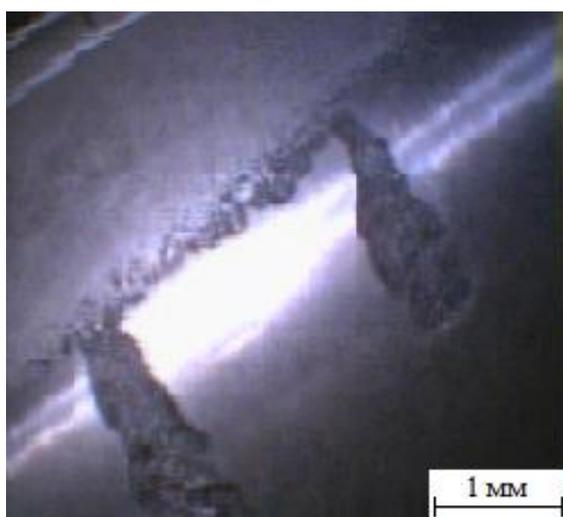


Рис. 4. Изображение стенки цилиндра двигателя, полученное с помощью технического эндоскопа

За счет использования технического эндоскопа впервые появилась возможность при диагностировании ЦПГ ДВС перейти к оценке конструктивных параметров технического состояния, таких как: состояние сетки хона, наличия рисок, задиров, царапин, что ранее можно было выполнить только путем разборки автомобилей. В целом, техническая эндоско-

пия повышает информативность процесса диагностирования ЦПГ.

Для описания технического состояния двигателя автомобиля предлагается к использованию аппарат марковских случайных процессов. В соответствии с которым, работоспособность двигателя автомобиля в будущем зависит только от его фактического технического состояния, к которому двигатель автомобиля

может прийти по-разному. Использование технического эндоскопа позволяет определить возможные состояния двигателя автомобиля – S_1, S_2, S_3 и S_4 , т.е. это марковский случайный процесс с дискретным состоянием, который выражается в том, что система скачком переходит из одного состояния в другое: $S_K \rightarrow S_{K+1}$ (рис. 5). На графе у стрелок указаны вероятности перехода. Для марковского процесса с дискретным состоянием и непрерывным временем рассматривались плотности вероятностей λ переходов системы за время Δt из состояния S_i в состояние S_j :

$$\lambda_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}, \quad (1)$$

где P_{ij} – вероятность того, что за Δt двигатель автомобиля перейдет из состояния S_i в состояние S_j .

При малом Δt $P_{ij}(\Delta t) \approx \lambda_{ij}\Delta t$. Имея данные по плотностям вероятностей переходов λ_{ij} , рассчитывались вероятности всех состояний двигателя автомобиля в разные моменты времени, т. е. определялись вероятности первого состояния $P_1(t)$, второго $P_2(t)$ и т. д. Эти вероятности определялись из системы дифференциальных уравнений А.Н. Колмогорова.

Система уравнений для размеченного графа состояний (рис. 5):

$$\frac{dP_1}{dt} = -(\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14})P_1 + \lambda_{21}P_2 + \lambda_{41}P_4; \quad (2)$$

$$\frac{dP_2}{dt} = \lambda_{12}P_1 + \lambda_{32}P_3 - \lambda_{21}P_2; \quad (3)$$

$$\frac{dP_3}{dt} = \lambda_{13}P_1 - (\lambda_{32} + \lambda_{34})P_3; \quad (4)$$

$$\frac{dP_4}{dt} = \lambda_{14}P_1 + \lambda_{34}P_3 - \lambda_{41}P_4. \quad (5)$$



Рис. 5. Размеченный граф состояний двигателя автомобиля для марковского процесса с непрерывным временем

В уравнении для краткости опущены индексы t , т. е. вместо $P_1(t)$ записано P_1 и т. д. Предельные состояния (при $t \rightarrow \infty$), когда $P_i = \text{const}$, определялись из приведенной системы уравнений, у которых левые части приравнивались к нулю, и условия, при которых $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1$.

Таким образом, использование технической эндоскопии дает возможность

определить финальные вероятности, которые характеризуют среднее время пребывания двигателя автомобиля в соответствующих состояниях – S_1, S_2, S_3 и S_4 .

Выводы

1. За счет использования технического эндоскопа впервые появилась возмож-

ность при диагностировании ЦПГ ДВС перейти к оценке конструктивных параметров технического состояния, таких как: состояние сетки хона, наличия рисок, задиров, царапин, трещин, язв, раковин, отверстий, что ранее можно было выполнить только путем разборки агрегата. В целом, техническая эндоскопия повышает информативность процесса диагностирования ЦПГ.

2. Выявлена корреляционная связь между эндоскопическим изображением ЦПГ и его техническим состоянием. Результаты экспериментальных исследований позволили разработать новый метод диагностирования автомобильных двигателей. Использование технического эндоскопа открывает уникальные возможности для оперативной оценки технического состояния диагностируемого объекта с целью сокращения времени при выявлении и последующем устранении неисправностей.

Список литературы

1. Опанович В.А., Карпиевич Ю.Д., Грибко Г.П. Диагностирование технического состояния автомобилей // Наука и техника. 2010. № 5. С. 49-53.

2. Повышение готовности пожарных автомобилей за счет внедрения методов диагностирования двигателей по анализу параметров картерного масла / А.С. Первалов, М.А. Рассохин, М.А. Жилин, В.Н. Сащенко // Техносферная безопасность. 2015. № 4 (9). С. 50-54.

3. Гребенников А.С., Гребенников С.А., Куверин И.Ю. Динамический метод диагностирования элементов автомобиля // Мир транспорта и технологических машин. 2016. № 1 (52). С. 24-31.

4. Махонин А.С. Результаты экспериментальных исследований средств диагностирования мощностных показателей дизелей автомобилей семейства КАМАЗ

// Мир транспорта и технологических машин. 2015. № 4 (51). С. 52-59.

5. Медведев П.Н., Комаров Р.Н. Проектирование и оснащение поста диагностирования легковых автомобилей // Центральный научный вестник. 2016. Т. 1. № 6 (6). С. 7-8.

6. Зотов С.В., Мезин И.Ю., Касаткина Е.Г. Анализ современных методов диагностирования ДВС автомобилей // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2016. Т. 1, № 1. С. 247-250.

7. Иванов А.С., Лянденбургский В.В., Рыбакова Л.А. Тактика технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей на основе встроенного диагностирования // Нива Поволжья. 2014. № 3 (32). С. 55-61.

8. Диагностирование двигателя грузового автомобиля на основе технологии ODX / С.В. Плетнев, Ю.В. Крюков, А.В. Ференец, А.А. Шевченко // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2014. № 2. С. 58-61.

9. Мелешин В.В. Алгоритм работы комплекса диагностирования технического состояния автомобиля // Автомобильная промышленность. 2014. № 6. С. 36-40.

10. Совершенствование встроенной системы диагностирования автомобилей КАМАЗ с использованием мониторинга технического состояния транспортных средств / В.В. Мелешин, В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, Л.А. Рыбакова // Автотранспортное предприятие. 2014. № 1. С. 51-54.

11. Агеев Е.В., Севостьянов А.Л., Кудрявцев А.Л. Повышение качества диагностики двигателей автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. 2011. № 3 (34). С. 24-27.

12. Агеев Е.В., Севостьянов А.Л., Кудрявцев А.Л. Алгоритм диагностики цилиндропоршневой группы с применением технического эндоскопа // Мир

транспорта и технологических машин. 2012. № 1 (36). С. 116–122.

13. Агеев Е.В., Севостьянов А.Л., Кудрявцев А.Л. Повышение эффективности эксплуатации автомобильных двигателей за счет использования технической эндоскопии // Мир транспорта и технологических машин. 2013. № 3 (42). С. 31-39.

14. Ageev E.V., Altukhov A.Yu., Shcherbakov A.V., Novikov A.N. Informativeness Increasing of Internal Combustion Engines Diagnosis Due to Technical Endoscope. Jour-

nal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12. Is. 4. Page No.: 1028-1030.

15. Исследование взаимосвязей коэффициента технической готовности с организацией технического обслуживания и ремонта автомобилей / Е.В. Агеева, С.В. Пикалов, И.П. Емельянов, Е.В. Агеев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2015. № 1 (58). С. 36-43.

Поступила в редакцию 08.12.17

UDC 656

E. V. Ageev, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

A. V. Shcherbakov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: oooru46@mail.ru)

YU. G. Alekhin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, FGBOU VO "Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov" (Kursk, Russia) (e-mail: alekhin.iurij@yandex.ru)

S. A. Grashcow, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, FGBOU VO "Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov" (Kursk, Russia) (e-mail: rigii46@mail.ru)

INCREASING OF THE INFORMATIVE VALUE OF AUTOMOBILE ENGINE DIAGNOSTICS BY MEANS OF TECHNICAL ENDOSCOPY

Car engine is the most complex and important unit of a car. A lot of technical, economic and environmental automobile performance depend on it. Therefore, the development of advanced methods for diagnosing the technical state of engine mechanisms and systems is of great practical importance. The most part and labor intensity of the total number of malfunctions accounts for the cylinder-piston group (GPG).

The purpose of this work was to increase the informative value of the process of diagnosing the engines of VAZ front-wheel drive vehicles by using technical endoscopy.

To obtain information about the level of technical condition, it is not advisable to disassemble a unit or assembly in a good operation condition, since, first, it is associated with considerable labor costs, and second, and what is important, each disassembly and change of the mutual position of the used parts leads to the reduction of the residual life by 30 - 40%.

Using a technical endoscope to obtain information about the technical state of the GPG provides unique opportunities for visual diagnostics.

Due to the use of a technical endoscope, it became for the first time possible to proceed while diagnosing internal combustion engine GPG to the evaluation of design parameters of the technical state, such as: the state of the hone net, grooves, scoring, scratches, which could only be performed before by automobile disassembly. In general, technical endoscopy increases the informative value of the process of cylinder-piston group diagnosing.

The use of a technical endoscope reveals unique possibilities for an operative assessment of the technical condition of the object being diagnosed in order to shorten the time of detection and subsequent elimination of malfunctions.

Key words: automobile engine, technical condition, endoscope, information value.

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-1-18-26

For citation: Ageev E. V., Shcherbakov A. V., Alekhin Yu. G., Grashcow S. A. Increasing of the Informativeness of Automobile Engine Diagnostics by Means Of Technical Endoscopy. Proceedings of the Southwest State University, 2018, vol. 22, no. 1(76), pp. 18-26 (in Russ.).

Reference

1. Opanovich V.A., Karpievich Yu.D., Gribko G.P. Diagnostirovanie texnicheskogo sostoyaniya avtomobilej. Nauka i tehnika, 2010, no. 5, pp. 49-53.

2. Perevalov A.S., Rassoxin M.A., Zhilin M.A., Sashhenko V.N. Povyshenie gotovnosti pozharnyx avtomobilej za schet vnedreniya metodov diagnostirovaniya dvigatelej po analizu parametrov karternogo masla. Texnosfernaya bezopasnost, 2015, no. 4 (9), pp. 50-54.

3. Grebennikov A.S., Grebennikov S.A., Kuverin I.Yu. Dinamicheskij metod diagnostirovaniya elementov avtomobilya. Mir transporta i texnologicheskix mashin, 2016, no. 1 (52), pp. 24-31.

4. Maxonin, A.S. Rezultaty eksperimentalnyx issledovanij sredstv diagnostirovaniya moshhnostnyx pokazatelej dizelej avtomobilej semejstva KAMAZ. Mir transporta i texnologicheskix mashin, 2015, no. 4 (51), pp. 52-59.

5. Medvedev P.N., Komarov R.N. Proektirovanie i osnashhenie posta diagnostirovaniya legkovyx avtomobilej. Centralnyj nauchnyj vestnik, 2016, vol. 1, no. 6 (6), pp. 7-8.

6. Zotov S.V., Mezin I.Yu., Kasatkina E.G. Analiz sovremennyx metodov diagnostirovaniya DVS avtomobilej. Aktualnye problemy sovremennoj nauki, texniki i obrazovaniya, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 247-250.

7. Ivanov A.S., Lyandenburskij V.V., Rybakova L.A. Taktika texnicheskogo obsluzhivaniya i tekushhego remonta avtomobilej na osnove vstroennogo diagnostirovaniya. Niva Povolzh'ja, 2014, no. 3 (32), pp. 55-61.

8. Pletnev S.V., Kryukov Yu.V., Ferenc A.V., Shevchenko A.A. Diagnostirovanie dvigatelya gruzovogo avtomobilya na osnove texnologii ODX. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo texnich-

eskogo universiteta im. A.N. Tupoleva, 2014, no. 2, pp. 58-61.

9. Meleshin V.V. Algoritm raboty kompleksa diagnostirovaniya texnicheskogo sostoyaniya avtomobilya. Avtomobilnaya promyshlennost, 2014, no. 6, pp. 36-40.

10. Meleshin V.V., Lyandenburskij V.V., Rodionov Yu.V., Rybakova L.A. Sovershenstvovanie vstroennoj sistemy diagnostirovaniya avtomobilej KAMAZ s ispolzovaniem monitoringa texnicheskogo sostoyaniya transportnyx sredstv. Avtotransportnoe predpriyatie, 2014, no. 1, pp. 51-54.

11. Ageev E.V., Sevostyanov A.L., Kudryavcev A.L. Povyshenie kachestva diagnostiki dvigatelej avtomobilej. Mir transporta i texnologicheskix mashin, 2011, no. 3 (34), pp. 24-27.

12. Ageev E.V., Sevostyanov A.L., Kudryavcev A.L. Algoritm diagnostiki cilindroporshnevoj grupy s primeneniem texnicheskogo endoskopa. Mir transporta i texnologicheskix mashin, 2012, no. 1 (36), pp. 116-122.

13. Ageev E.V., Sevostyanov A.L., Kudryavcev A.L. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii avtomobilnyx dvigatelej za schet ispolzovaniya texnicheskoy endoskopii. Mir transporta i texnologicheskix mashin, 2013, no. 3 (42), pp. 31-39.

14. Ageev E.V., Altukhov A.Yu., Scherbakov A.V., Novikov A.N. Informativeness Increasing of Internal Combustion Engines Diagnosis Due to Technical Endoscope. Journal of Engineering and Applied Sciences, 2017, vol.: 12. Iss.: 4, pp. 1028-1030.

15. Ageeva E.V., Pikalov S.V., Emeljanov I.P., Ageev E.V. Issledovanie vzaimosvyazey koefficienta texnicheskoy gotovnosti s organizaciej texnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobilej. Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2015, no. 1 (58), pp. 36-43.