DOI: 10.15593/24111678/2018.03.01

УДК 656.13

М.Г. Бояршинов, Н.В. Лобов, Н.И. Кузнецов, А.О. Мартемьянов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет Пермь, Россия

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЯ В УСЛОВИЯХ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Рассматривается проблема образования повышенного количества конденсата в системе выпуска отработанных газов автомобиля при пониженной температуре окружающего воздуха. Поскольку тепловой режим системы выпуска является основным фактором, определяющим образование конденсата, выполнено экспериментальное исследование зависимости от времени температуры элементов системы выпуска отработанных газов легкового автомобиля при различных отрицательных температурах окружающего воздуха и режимах работы обогревателя салона автомобиля. Для проведения натурного эксперимента создан измерительный стенд и разработана методика исследования. Проведена оценка систематических погрешностей термопар. Результаты поверки оборудования в дальнейшем учитывались при проведении наблюдений. Выполнены синхронные измерения температуры охлаждающей жидкости и элементов выпускной системы легкового автомобиля, частоты вращения коленчатого вала. Экспериментальное исследование выполнялось на режиме холостого хода работы автомобильного двигателя. Представлены зависимости изменения температуры системы выпуска отработанных газов от времени, температуры окружающего воздуха и режима работы обогревателя салона при прогреве двигателя в течение 30-минутного периода холостой работы автомобильного двигателя. Описаны особенности изменения температуры при прогреве автомобильного двигателя в условиях пониженной температуры, влияние режима работы обогревателя салона на значения температуры элементов системы выпуска отработанных газов, температуру охлаждающей жидкости, частоту вращения вала двигателя. Отмечается наличие максимумов температурных кривых при нагреве элементов системы выпуска отработанных газов перед выходом на стационарный тепловой режим. Предполагается продолжить исследование температурных режимов элементов системы выпуска отработанных газов при движении в городских условиях и на загородных трассах.

Ключевые слова: отработанные газы, система выпуска, температурный режим, конденсат.

M.G. Boyarshinov, N.V. Lobov, N.I. Kuznetsov, A.O. Martemyanov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

TEMPERATURE MODE OF CAR EXHAUST SYSTEM AT LOW TEMPERATURES

The problem of formation of the increased amount of condensate in the system of the car exhaust system at the lowered air temperature has been considered. The thermal mode of the exhaust system is the major factor defining formation of condensate. Experimental investigation of the dependence on time of the temperature of exhaust system elements is executed at various negative temperatures of the air and different operating modes of the interior heater. For carrying out a natural experiment the measuring stand was created and the technique of conducting a research was developed. An assessment of systematic errors of thermocouples is carried out. The results of the equipment checking were further used during the observations. Synchronous measurements of the temperature of cooling liquid and elements of the exhaust system and of the rotating speed of the crankshaft are executed. The experimental study was carried out at idle run of the automobile engine. Change of temperature of elements of the exhaust system as dependencies of time, temperatures of environmental air and the operating mode of the interior heater are presented at warming up of the automobile engine during the 30-minute period of idle run. Peculiarities of change of temperature at warming up of the automobile engine in the conditions of lowered temperature, the influence of an operating mode of the interior heater on the values of the exhaust system elements' temperature, temperature of cooling liquid, frequency of rotation of a crankshaft of the engine are described. Presence of maxima of temperature curves when heating elements of the exhaust system before the stabilization of the thermal mode is noted. It is planned to continue a research of temperature conditions of the exhaust system's elements in city conditions and on country roads.

Keywords: exhaust gases, exhaust system, temperature mode, condensate.

Введение

В условиях современного мегаполиса эксплуатация автомобилей характеризуется частыми короткими поездками, многочасовым движением в заторах, длительной работой двигателя на холостом ходу и т.д. Практика показывает, что в таких условиях продолжительная работа двигателя не обеспечивает достаточный прогрев элементов и узлов системы выпуска отработанных газов: система выпуска не в состоянии прогреться до номинальных температур, ее стенки остаются холодными по сравнению с нагретым движущимся газом и, как следствие, на них конденсируется влага [1–4]. Таким образом, при длительной работе двигателя на холостом ходу возможно накопление конденсата в системе выпуска отработанных газов автомобиля [1]. Как следствие, в холодное время года при температуре воздуха ниже 0 °С возможны замораживание конденсата в системе выпуска, образование ледяной пробки (рис. 1) и проблемы с запуском двигателя.

Рис. 1. Образование ледяной пробки при замораживании конденсата в системе выпуска отработанных газов автомобиля

В руководстве по эксплуатации автомобилей Volkswagen [5, 6] указывается, что двигатель не может прогреться при работе на холостом ходу, поэтому движение следует начинать сразу же после его запуска, избегая повышенных оборотов вала двигателя. В этом случае примерно через 4 км пути двигатель достигает рабочей температуры, и расход топлива нормализуется; состояние эксплуатационной нормы автомобиля достигается после пробега около 20 км. Таким образом, что для нормальной эксплуатации автомобиля следует избегать поездок на короткие расстояния.

В руководстве по эксплуатации автомобилей Nissan [7] рекомендуется дать двигателю после запуска поработать на холостом ходу примерно 30 с. Начальный отрезок пути следует двигаться с умеренной скоростью, особенно в холодную погоду.

В инструкции по эксплуатации автомобилей Opel [8] отмечается, что при низкой температуре окружающего воздуха двигателю не следует работать на холостом ходу более 5 мин, иначе возможно повреждение двигателя.

На сервисных предприятиях Пермского края в осенне-зимний период отмечаются неоднократные обращения в связи возникновением рассматриваемой проблемы. Аналогичная проблема фиксируется в других городах Урала и Сибири и широко обсуждается на интернет-форумах¹.

¹ http://www.owen.ru/catalog/modul_vvoda_analogovih_signalov_owen_mv110_8a/33502416;
<https://www.drive2.ru/l/455441;>
[http://www.touran-club.ru/f/obslugivanie/8070-kondensat-v-glushitele-zamerz/;](http://www.touran-club.ru/f/obslugivanie/8070-kondensat-v-glushitele-zamerz/)
<http://www.oldmerin.net/board/index.php?showtopic=41640;>
<https://www.drive2.ru/l/466033227186832009;>
[http://vwts.ru/forum/index.php?showtopic=155700.](http://vwts.ru/forum/index.php?showtopic=155700)

Конденсат образуется вследствие разности температур стенок системы выпуска, имеющих температуру, близкую к температуре окружающего воздуха, и проходящих через нее горячих отработанных газов. В составе последних имеется вода, находящаяся в парообразном состоянии, которая образуется при сгорании топлива (до 1,45 кг на 1 кг сгоревшего топлива [4]), а также поступает в двигатель с воздухом из атмосферы (до 0,34 кг на 1 кг сгоревшего топлива [4]). При охлаждении отработанного газа образующийся избыток воды осаждается на относительно холодные стенки системы выпуска и накапливается внутри нее.

Очевидно, что накопление конденсата не происходит в случае прогрева стенок системы выпуска отработанных газов до рабочих температур; это способствует испарению накопившегося конденсата и уносу образовавшегося пара с потоком отработанных газов из выпускного тракта. Требуемый прогрев достигается при поездках на продолжительные расстояния, а также на скоростных участках, когда двигатель автомобиля работает при достаточной нагрузке, сопровождающейся выбросом отработанных газов, содержащих воду в парообразном состоянии, из выпускной системы.

Поскольку основной причиной образования конденсата внутри системы выпуска является разность температур отработанных газов и стенок газоотводных каналов, выполнен ряд экспериментов по определению температуры элементов системы выпускного тракта во время прогрева двигателя при его работе на холостом ходу.

Измерение температуры элементов выпускной системы производилось с использованием специального оборудования, схема коммутации которого представлена на рис. 2.

Рис. 2. Схема подключения датчиков температуры и коммутации измерительного оборудования, использованного при определении температуры элементов системы выпуска отработанных газов

Модуль ввода аналоговых сигналов ОВЕН МВ110-8А (рис. 2, поз. А) предназначен для считывания и преобразования электрического сигнала с датчиков измерения температуры в градусы Цельсия; технические характеристики модуля приведены в табл. 1.

Автоматический преобразователь интерфейсов USB/RS-485 ОВЕН АС4 (рис. 2, поз. Б) осуществляет связь между модулем ввода МВ 110-8А и персональным компьютером (рис. 2, поз. В), который используется для сбора, хранения, преобразования, отображения результатов экспериментального исследования.

Измерение температуры элементов выпускной системы отработанных газов выполняется термопарами (рис. 2, поз. 1–6) с рабочим диапазоном измеряемых температур от -50 до $+500$ °С.

Для работы с модулем ввода MB 110-8A используется программное обеспечение SCADA OwenProcessManager (OPM), выполняющее: в реальном времени обмен данными с устройствами ОВЕН, подключенными через преобразователи интерфейсов ОВЕН АС4; обработку информации в реальном времени; отображение информации на экране монитора в удобной и понятной форме; ведение в режиме реального времени базы данных с технологической информацией; запуск аварийной сигнализации и управление тревожными сообщениями; подготовку и генерирование отчетов о ходе технологического процесса; установку связи с внешними приложениями.

Таблица 1

Технические характеристики модуля ввода MB 110-8A [12]

Количество аналоговых входов	8
Типы поддерживаемых унифицированных сигналов	0...5 мА, 0(4)...20 мА, ±50 мВ, 0...1 В
Характеристики аналоговых входов:	
Предел основной приведенной погрешности для термоэлектрических преобразователей, %	±0,5
Разрядность АЦП, бит	16
Время опроса одного входа термопары, с	не более 0,6

Оценка погрешности измерения температуры термопарами (чувствительными термоэлементами) производилась при одновременном погружении всех чувствительных элементов и эталонного термометра в емкость, содержащую 1 л воды, с выдержкой по времени, достаточной для установления общих для всех термопар тепловых условий. В качестве эталонного прибора использовался электронный медицинский термометр ThermoVal Basic фирмы Paul Hartmann AG [9]. Полученные значения температуры представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты многократного измерения температуры чувствительными термоэлементами и эталонным термометром

Номер термоэлемента	Номер измерения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эталонный термометр	38,30	37,70	37,20	36,60	35,90	35,40	34,70	34,40	34,00	33,70
1	34,90	34,70	35,30	35,30	34,80	34,70	34,30	34,20	33,90	33,60
2	34,90	34,60	35,00	35,40	35,20	35,00	34,50	34,40	34,10	33,70
3	35,80	35,00	35,00	34,90	34,70	34,40	34,40	34,10	33,90	33,20
4	35,60	34,90	34,80	34,90	34,60	34,10	33,70	33,50	33,20	33,00
5	35,00	34,20	34,50	34,50	33,30	33,90	33,50	33,50	33,30	33,00
6	38,00	37,70	36,90	36,40	35,70	35,00	34,70	34,20	33,80	33,70

В табл. 3 приведены отклонения показаний чувствительных термоэлементов от показаний эталонного термометра, средние погрешности каждого термоэлемента и значения среднеквадратичных отклонений². Полученные оценки использованы для корректировки показаний

² http://www.upk-progress.ru/o_kompanii/.

термоэлементов при проведении измерений температур элементов выпускной системы отработанных газов.

В табл. 4 указаны условия проведения экспериментов по измерению температуры элементов выпускной системы отработанных газов в зависимости от времени, температуры окружающего воздуха и режима работы обогревателя салона при работе двигателя на холостом ходу.

Таблица 3

Отклонения показаний термоэлементов от показаний эталонного термометра

Номер термо-элемента	Номер измерения										Средняя погрешность	Средне-квадратичное отклонение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	-3,40	-1,22	-1,90	-1,30	-1,10	-0,70	-0,40	-0,20	-0,10	-0,10	-1,22	5,27
2	-3,40	-1,11	-2,20	-1,20	-0,70	-0,40	-0,20	0,00	0,10	0,00	-1,11	5,31
3	-2,50	-1,29	-2,20	-1,70	-1,20	-1,00	-0,70	-0,30	-0,10	-0,50	-1,29	4,95
4	-2,70	-1,56	-2,40	-1,70	-1,30	-1,30	-1,00	-0,90	-0,80	-0,70	-1,56	5,49
5	-3,30	-1,92	-2,70	-2,10	-2,60	-1,50	-1,20	-0,90	-0,70	-0,70	-1,92	6,86
6	-0,30	-0,18	-0,30	-0,20	-0,20	-0,40	0,00	-0,20	-0,20	0,00	-0,18	0,71

Таблица 4

Условия проведения экспериментальных исследований температуры элементов выпускной системы при различных температурах окружающего воздуха и режимах обогрева салона автомобиля

Номер эксперимента	Температура окружающего воздуха, °C	Влажность воздуха, %	Режим работы обогревателя салона
1	+9	40	3/7
2	+4	36	3/7
3	0	37	3/7
4	-4	62	1/7
5	-4	70	6/7
6	-5	89	3/7
7	-5	55	6/7
8	-8	60	1/7
9	-8	60	3/7
10	-9	82	1/7
11	-9	63	0/7
12	-9	63	4/7
13	-9	65	7/7
14	-10	60	1/7
15	-12	70	1/7
16	-12	80	4/7
17	-12	70	6/7
18	-15	75	4/7
19	-17	84	1/7
20	-21	77	1/7
21	-23	71	1/7

Экспериментальное исследование состояла в запуске «холодного» двигателя, температура которого (как и температура системы выпуска) равна температуре окружающего воздуха, и его работе на режиме холостого хода в течение 30 мин. Опыт практической эксплуатации показывает, что в большинстве случаев этого времени достаточно для прогрева двигателя до рабочей температуры. Одновременно с измерением температуры элементов системы выпуска отработанных газов регистрировалась частота вращения коленчатого вала двигателя и температура охлаждающей жидкости двигателя.

Экспериментальное исследование проводилось для элементов системы выпуска отработанных газов автомобиля Toyota Camry в кузове V50, состоящей (рис. 3) из выпускного коллектора (поз. А), который одновременно выполняет функцию каталитического нейтрализатора, средней части системы выпуска, дополнительного катализатора и переднего глушителя (поз. Б), промежуточной трубы (поз. В) и заднего глушителя (поз. Г). Термопары 1–4 (см. рис. 3) установлены на внешней поверхности системы выпуска. Термопары 5 и 6 установлены внутри системы выпуска для измерения температуры отработавших газов.

Рис. 3. Схема размещения термодатчиков в системе выпуска отработанных газов

Запись показаний термодатчиков выполнялась при различных температурах окружающего воздуха и различных режимах работы обогревателя салона (см. табл. 4): обозначение 1/7 соответствует первому из 7 режимов работы обогревателя салона при минимальной частоте вращения вентилятора; обозначение 7/7 соответствует максимальной частоте вращения вентилятора, обозначение 0/7 – выключенному вентилятору.

Результаты измерения температуры элементов системы выпуска отработанных газов в зависимости от времени для некоторых температур окружающего воздуха представлены на рис. 4.

Приведенные результаты показывают, что при всех температурах окружающего воздуха распределение температуры различных элементов системы выпуска отработанных газов носит однотипный характер. Все кривые имеют интенсивный подъем в начальной стадии работы двигателя и равномерный выход на установившиеся значения в конце рассматриваемого 30-минутного отрезка времени. При этом наблюдается последовательное понижение температуры от места расположения 1-го термоэлемента к последнему, что вполне соответствует физическому представлению об охлаждении отработанного газа по мере его продвижения от выпускного коллектора (наибольшая температура наружной стенки 140–160 °С) к заднему глушителю (температура 38–42 °С).

Наблюдается повышение температуры в области расположения 1-го термоэлемента, т.е. вблизи от выпускного коллектора; имеют место локальные максимумы температуры: 161 °С при температуре окружающего воздуха –4 °С и 172 °С при температуре окружающего воздуха –8 °С (рис. 4, кривые 1). В дальнейшем, при выходе на стационарный режим работы двигателя температура в этой зоне снижается до 126 °С и 124 °С соответственно. Подобный эффект, но в меньшей степени, имеет место в области размещения 2-го термоэлемента, причем здесь наблюдается сдвиг по времени появления локальных максимумов температуры на 5–6 мин относительно времени появления максимальной температуры в области размещения 1-го термоэлемента.

Рис. 4. Зависимость от времени температуры системы выпуска отработанных газов при работе двигателя на холостом ходу при температуре окружающего воздуха -4°C (а), -8°C (б) и -21°C (в); номера термоэлементов – поз. 1–6

В области размещения 3-го и последующих термоэлементов отмеченный эффект в виде локальных максимумов также присутствует, хотя выражен значительно слабее. Кроме того, практически отсутствует сдвиг по времени относительных максимумов температуры на 2-й кривой, т.е. локальные максимумы в этих зонах проявляются практически синхронно.

Появление локальных максимумов температуры в области расположения 1-го и 2-го термоэлемента объясняется тем, что на рассматриваемом автомобиле установлен трехкомпонентный каталитический нейтрализатор отработанных газов.

Известно, что в процессе сгорания топливовоздушной смеси в бензиновых двигателях внутреннего сгорания образуются три основных токсичных компонента [10]: углеводороды (C_xH_y), оксид углерода (CO) и оксиды азота (NO_x). Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор служит для преобразования этих загрязняющих веществ в нетоксичные компоненты. Продуктами такого преобразования являются водяные пары (H_2O), диоксид углерода (CO_2) и азот (N_2). Преобразование токсичных компонентов осуществляется в две стадии. Первоначально происходит окисление оксида углерода и углеводородов. Кислород, необходимый для процесса окисления, содержится в отработанных газах в виде остаточного кислорода вследствие неполного сгорания топлива или захватывается у оксидов азота, количество которых при этом уменьшается.

Реакции нейтрализации загрязняющих веществ в присутствии катализатора начинаются при температуре примерно 250°C . Химические преобразования наиболее эффективны в диапазоне температур от 400 до 800°C . При температуре катализатора до 250°C реакции нейтрали-

зации загрязняющих веществ практически отсутствуют, поэтому электронным блоком управления двигателя применяется специальный алгоритм прогрева двигателя и каталитического нейтрализатора в первые минуты после запуска двигателя. Для прогрева катализатора используется большой впрыск топлива, что приводит к увеличению температуры отработанных газов и, соответственно, более быстрому прогреву катализатора и всей системы выпуска. Побочный эффект – значительный расход топлива и более высокие обороты двигателя в течение первых минут его работы. После того как этап прогрева каталитического нейтрализатора завершается, происходит снижение оборотов двигателя и падение температуры поверхности в области расположения 1-го и 2-го термоэлементов. Это, возможно, основная причина проявления локальных максимумов температуры поверхности системы выпуска отработанных газов автомобиля.

Другая возможная причина наличия локальных максимумов температуры поверхности системы выпуска отработанных газов заключается в том, что когда каталитический нейтрализатор прогрет до рабочих температур, в нем происходят химические эндотермические реакции восстановления оксидов азота с поглощением тепла. При экзотермических реакциях окисления оксидов углерода и углеводородов, напротив, имеет место выделение тепла. Таким образом, химические процессы нейтрализации загрязняющих веществ влияют на температуру отработанных газов и, соответственно, на тепловое состояние элементов системы выпуска отработанных газов: уходящие из каталитического нейтрализатора газы содержат большее количество термической энергии, чем отработанные газы, выходящие из цилиндров двигателя.

Рис. 5. Динамика остывания стенки глушителя (поз. 6 на рис. 3) при температуре окружающей среды -3°C

На остывание системы выпуска до температуры окружающей среды требуется от 3 до 4 ч, в зависимости от температуры окружающего воздуха. Результаты измерения зависимости температуры остывающих элементов системы выпуска отработанных газов после прогрева двигателя до температуры окружающего воздуха, равной -3°C , представлены на рис. 5.

Влияние режима работы обогревателя салона на температуру элементов системы выпуска отработанных газов при одинаковой температуре окружающего воздуха -9°C (см. табл. 4, поз. 4–6) показано на рис. 6. Следует отметить наличие и в этих случаях локальных максимумов

температуры, подобных описанным ранее, при различных режимах работы обогревателя салона. Из сравнения кривых, представленных на рис. 6, следует, что повышение числа оборотов вентилятора обогревателя салона приводит к повышению температуры элементов системы выпуска отработанных газов: в зоне расположения 1-го термоэлемента температура повышается со 128°C при выключенном обогревателе и скорости вращения вала двигателя 700 об/мин до 190°C при режиме работы обогревателя 7/7 и скорости вращения вала двигателя 900 об/мин; в зоне расположения 2-го термоэлемента – с 80°C до 147°C , в зоне расположения 3-го термоэлемента – с 66°C до 124°C при тех же режимах обогрева салона.

Для объяснения такой зависимости следует обратиться к рис. 7 и 8, на которых приведены зависимости от времени температуры охлаждающей жидкости и частоты вращения вала двигателя при режимах работы обогревателя салона 4/7 и 7/7 и температуре окружающего воздуха -9°C .

Рис. 6. Зависимость от времени температуры элементов системы выпуска отработанных газов при работе двигателя на холостом ходу и режимах работы обогревателя салона 0/7 (*а*), 4/7 (*б*) и 7/7 (*в*); температура окружающего воздуха -9°C ; номера термозащитных элементов – поз. 1–6

Рис. 7. Зависимость от времени температуры охлаждающей жидкости при режимах работы обогревателя салона 4/7 (*а*) и 7/7 (*б*) и температуре окружающего воздуха -9°C

Рис. 8. Зависимость от времени частоты вращения вала двигателя при режимах работы обогревателя салона 4/7 (а) и 7/7 (б) и температуре окружающего воздуха -9°C

Из сравнения представленных на рис. 6–8 кривых следует, что в рассматриваемом интервале времени работы двигателя на холостом ходу при более высоких оборотах вентилятора обогревателя салона температура охлаждающей жидкости имеет более низкие значения: при режиме работы обогревателя 4/7 охлаждающая жидкость прогревается до 90°C , тогда как при режиме работы обогревателя 7/7 – до 68°C . Это означает, что повышение числа оборотов вентилятора обогревателя салона приводит к более продолжительному по времени выходу двигателя на рабочий тепловой режим.

Более поздний выход двигателя на рабочий тепловой режим объясняется тем, что циркулирующая охлаждающая жидкость, нагревая воздух в салоне автомобиля, охлаждается в радиаторе обогревателя, тем самым замедляя прогрев самого двигателя. В частности, при увеличении скорости вращения вентилятора обогревателя салона отбор тепла у охлаждающей жидкости в радиаторе обогревателя происходит интенсивнее и, соответственно, прогрев двигателя даже при повышенных оборотах холостого хода происходит медленнее.

Вместе с тем при повышенных оборотах двигателя за тот же промежуток времени через выпускную систему автомобиля проходит больший объем горячих отработавших газов, интенсивно нагревающих элементы выпускной системы, что приводит к повышенным значениям температуры поверхности элементов выпускной системы. Таким образом, установлена связь повышения температуры поверхности элементов системы выпуска при увеличении числа оборотов вентилятора обогревателя салона.

Следует отметить, что, поскольку увеличение скорости вращения вентилятора отопителя салона приводит к увеличению продолжительности прогрева двигателя автомобиля до рабочей температуры, на современных автомобилях предусмотрена возможность отключения вентилятора отопителя салона в первые минуты запуска двигателя при пониженных температурах окружающей среды, что способствует более своевременному выходу двигателя на рабочий тепловой режим.

Выводы

Выполнено экспериментальное исследование по определению температуры элементов системы выпуска отработанных газов на начальном этапе работы автомобильного двигателя при пониженных температурах. В результате экспериментального исследования установлено, что имеют место локальные максимумы температуры в начальный неустойчивый период работы двигателя автомобиля; интенсивная работа обогревателя салона автомобиля приводит к понижению температуры охлаждающей жидкости и повышению числа оборотов вала двигателя в стационарном режиме; увеличение скорости работы вентилятора обогревателя салона способствует повышению температуры элементов системы выпуска и одновременно к увеличению времени прогрева двигателя; понижение температуры окружающего воздуха приводит к замедлению прогрева двигателя автомобиля и одновременно к возрастанию температуры элементов системы выпуска.

Список литературы

1. Кузнецов Н.И., Петухов М.Ю., Щелудяков А.М. Об особенностях запуска двигателя легкового автомобиля в современном мегаполисе при низких температурах окружающей среды // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 1. – С. 137–143.
2. Condensate-free technology. Longer life. – URL: <http://www.ernst-hagen.de/html-en/produkte-serienschalldaempfer-kondensatfrei.php> (дата обращения: 13.05.2015).
3. Кузнецов Н.И., Петухов М.Ю., Хазиев А.А. Разработка рекомендаций по эксплуатации автомобилей в условиях мегаполиса // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. по материалам 72-й науч.-метод. и науч.-исслед. конф. МАДИ. – М.: Изд-во Моск. автом.-дор. гос. техн. ун-та, 2014. – С. 227–233.
4. Лаушкин А.В., Хазиев А.А. Причины обводнения моторного масла в эксплуатации // Вестник МАДИ. – 2012. – Вып. № 1(28). – С. 63–67.
5. Audi Q7. Инструкция по эксплуатации. – Audi AG: 2005. – 409 с.
6. Audi A6. Инструкция по эксплуатации. Audi AG: Betriebsanleitung russisch 5.05 261.561.4F2.75, 2005. – 405 с.
7. Руководство по эксплуатации NISSAN QASHQAI, публикационный номер OM11USR-0J10R1R, 2011. – 285 с. – URL: http://www.nissan-moscow.ru/upload/pdf/J10__qq.pdf (дата обращения: 14.05.2015).
8. Opel Astra. Инструкция по эксплуатации. ADAM OPEL AG: Rüsselsheim, 2014. – 429 с.
9. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат (Ленингр. отд-ние), 1991. – 304 с.
10. Системы управления бензиновыми двигателями: пер. с нем. Первое русское издание. – М.: За рулем, 2005. – 432 с.

References

1. Kuznetsov N.I., Petukhov M.Iu., Shcheludiakov A.M. Ob osobennostiakh zapuska dvigatel'ia legkovogo avtomobilia v sovremennom megapolise pri nizkikh temperaturakh okruzhaiushchei sredy [On peculiarities of the launch of the car engine in the modern metropolis at low ambient temperatures]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Ohrana okruzhajushhej sredy, transport, bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, Perm, 2012, no. 1, pp. 137–143. DOI: 10.15593/24111678
2. Condensate-free technology. Longer life, available at: <http://www.ernst-hagen.de/html-en/produkte-serienschalldaempfer-kondensatfrei.php> (accessed 13.05.2015).
3. Kuznetsov N.I., Petukhov M.Iu., Khaziev A.A. Razrabotka rekomendatsii po ekspluatatsii avtomobilei v usloviakh megapolisa [Development of recommendations on the operation of vehicles in a metropolis]. *Problemy tekhnicheskoi*

ekspluatatsii i avtoservisa podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta. Moscow, Moskovskii avtomobil'no-dorozhnyi gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2014, pp. 227-233.

4. Laushkin A.V., Khaziev A.A. Prichiny obvodneniia motornogo masla v ekspluatatsii [Causes of Engine Oil in flooding operation]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta*, Moscow, 2012, iss. 1 (28), pp. 63-67.

5. Audi Q7. Instruksija po `ekspluatatsii [Audi Q7. User's manual]. Audi AG: 2005, 409 p.

6. Audi A6. Instruksija po `ekspluatatsii [Audi A6. User's manual]. Audi AG 5.05 261.561.4F2.75, 2005, 405 p.

7. Rukovodstvo po `ekspluatatsii NISSAN QASHQAI [NISSAN QASHQAI Operating Manual] publikatsionnyi nomer OM11USR-0J10R1R, 2011, 285 s available at: http://www.nissan-moscow.ru/upload/pdf/J10__qq.pdf (accessed 14.03.2018).

8. Opel Astra. Instruksija po `ekspluatatsii. [Opel Astra. User's manual] ADAM OPEL AG: Rüsselsheim, 2014, 429 p.

9. Novitskij P.V., Zograf I.A. Otsenka pogreshnostej rezul'tatov izmerenij [Estimation of errors in measurement results] `Energoatomizdat. Leningr. otd-nie, 1991, 304 p.

10. Bosch. Sistemy upravlenija benzinovymi dvigateljami [Bosch. Control systems of petrol engines] Perevod s nemetskogo. Pervoe russkoe izdanie. Moscow, Za rulem, 2005, 432 p.

Получено 24.07.2018

Об авторах

Бояршинов Михаил Геннадьевич (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и технологические машины» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: atm@pstu.ru).

Лобов Николай Владимирович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», проректор по учебной работе Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: lobov@pstu.ru).

Кузнецов Никита Игоревич (Пермь, Россия) – аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: atm@pstu.ru).

Мартемьянов Антон Олегович (Пермь, Россия) – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: atm@pstu.ru).

About the authors

Mikhail G. Boyarshinov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Automobiles and Technological Machines, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: atm@pstu.ru).

Nikolay V. Lobov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automobiles and Technological Machines, Vice-Rector for Academic Affairs, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: lobov@pstu.ru).

Nikita I. Kuznetsov (Perm, Russian Federation) – Postgraduate Student, Department of Automobiles and Technological Machines, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: atm@pstu.ru).

Anton O. Martemyanov (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: atm@pstu.ru).