

15. Galyshev Iu.V. i dr. Zamknutyte sistemy upravleniia povorotom gusenichnykh mashin. Closed-loop control system for tracked vehicle steering. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ser.: Nauka i obrazovanie*, Saint Petersburg state polytechnic university, Saint-Petersburg, 2014, no 3 (202), pp. 201-208.

16. Dobretsov R.Iu. Uchet energeticheskikh parametrov mekhanizmov povorota pri kompleksnoi otsenke poter' moshchnosti v shassi transportnykh gusenichnykh mashin, *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU, seriia «Nauka i obrazovanie»*, no 1, 2011, p. 122-128.

17. Dobretsov R.Iu. Povорот bystrokhodnoi gusenichnoi mashiny: opredelenie parametrov energoeffektivnosti shassi. *APZiB. BTiV. Trudy XLIII nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 2015, Tom 3, Moscow, Izdanie FGBU «RARAN», pp. 103-111.

18. Galyshev Iu.V., Dobretsov R.Iu., Porshnev G.P., Khudorozhkov S.I. Issledovaniia i razrabotki uchenykh SPbGPU v oblasti oboronnoi tekhniki (po materialam IX-i mezhdunarodnoi vystavki

vooruzheniia, voennoi tekhniki i boepripasov), *«Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU»*, seriia *«Nauka i obrazovanie»*, 2014, no 1. pp. 26-32.

19. Smirnov G.A. *Teoriia dvizheniia kolesnykh mashin* [Motion theory for wheeled vehicles], 2-e izd, Moscow, Mashinostroenie, 1990. 352 p.

Дидиков Роман Александрович (Россия, Санкт-Петербург,) – аспирант кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: Didikovr@yahoo.com).

Didikov Roman Aleksandrovich (Russian Federation, Saint Petersburg,) – postgraduate student, Department of Vehicles and engine units engineering, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia; e-mail: Didikovr@yahoo.com).

УДК 629.027

ДЕГАЗАЦИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АМОРТИЗАТОРА

О.Л. Маломыжев¹, А.Г. Семенов², В.В. Скутельник¹

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ)

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)

Аннотация. Проведен анализ причин, вызывающих снижение эффективности работы гидравлических амортизаторов подвески автомобилей, в результате которого, разработана новая технология их изготовления. Способ изготовления гидравлического амортизатора заключается в заправке амортизатора маслом в качестве рабочей жидкости с предварительными, до его герметизации, мерами по снижению газовыделения из масла в процессе работы амортизатора. Непосредственно перед заправкой масло дегазируют, нагрев его до температуры выше максимальной рабочей и ниже температуры вспышки, в частности до: $T = (70-80)^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) АМГ-10 (ГОСТ 6794-75); $T = (100-130)^\circ\text{C}$ для амортизаторных жидкостей (масел) МГП-12 (ТУ 38.301-29-40-97, славол-АЖ) и ГРЖ-12 (ТУ 0253-048-0567-924-96); $T = (130-145)^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) MOTUL Shock Oil Factory Line VI 400; $T = (130-150)^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) АЖ-12Т (ГОСТ 23008-78). Герметизацию амортизатора осуществляют до остывания масла в нем, по крайней мере, до максимальной рабочей температуры. Технический результат реализации предложения – повышение эффективности и ремонтнопригодности амортизатора.

Ключевые слова: наземный транспорт, ходовая часть, подвеска, плавность хода, гидравлический амортизатор, газовыделение, дегазация масла.

Введение

Плавность хода автомобилей, управляемость, сцепление шин с дорожным покрытием в значительной мере зависят от гидравлических амортизаторов подвески [1] и эффективности их работы. Так при недостаточной эффективности работы амортизаторов, обусловленных их неисправностью, либо несовершенством

конструкции, возникает вероятность отрыва от дорожного покрытия (подпрыгивание колес).

Основную функцию, амортизатор выполняет на ходе отдачи (при вытягивании штока). При этом в полости цилиндра возникает значительное снижение давления, которое обуславливает возникновение в масле газовых пузырьков, вследствие выхода

растворенного в масле газа и легких фракций углеводородов в свободное состояние. Процесс возникновения в масле газовых пузырьков объясняется в работе [2] и описывается формулой

$$\rho_{см} = \begin{cases} \frac{\rho_m}{1 + KRT_i \left(\frac{P_p}{P_i} e^{\frac{B}{T_p}} - e^{\frac{B}{T_i}} \right)}, & \text{при } P_i < P_p \text{ и } T_i > T_p, \\ \rho_m, & \text{при } P_i \geq P_p \text{ и } T_i \leq T_p \end{cases} \quad (1)$$

где $\rho_{см}$ – плотность газомасляной смеси, кг/м³; ρ_m – плотность масла, кг/м³; K – коэффициент учитывающий растворимость газа в масле от температуры, К; B – коэффициент учитывающий растворимость газа в масле от давления, Па; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T_i – текущее значение температуры, К; P_p и T_p – давление, Па и температура, К равновесной растворимости, соответственно, при которых в масле отсутствуют газовые пузырьки.

При этом, удельное объемное содержание газовой фазы в масле $\Delta V_{г.}$ составит

$$\Delta V_{г.} = \frac{\rho_m}{\rho_{см}} \quad (2)$$

Из формулы (1) видно, что если фактические значения давления P_i и температуры T_i отличаются от P_p и T_p , то в масле возможно возникновение газа в свободном состоянии (газовых пузырьков).

Если гидравлический амортизатор подвески заправлен, а масло при нормальных условиях, т.е. атмосферном давлении 0,1 МПа и температуре окружающей среды 20 °С, то повышение температуры масла выше указанной или снижение давления ниже атмосферного, неизбежно приводит к возникновению в масле газа в свободном состоянии (газовых пузырьков).

При работе амортизатора его температура, а следовательно и температура масла, неизбежно повышаются. На ходе отдачи, при вытягивании штока амортизатора, под поршнем, давление становится значительно ниже 0,1 МПа. Образующийся, при этом газ в свободном состоянии снижает вязкость образовавшейся

газомасляной среды и, кроме того, значительно увеличивает ее объем.

Указанные явления, возникающие при работе гидравлического амортизатора подвески, снижают его эффективность [3]. Для сохранения эффективности работы гидравлических амортизаторов принято заполнять его полости сжатым газом, который обеспечивает повышенное внутреннее давление, вследствие чего, при вытягивании штока, давление под поршнем не может снизиться ниже равновесного. Помимо этого, давление внутри амортизатора настолько велико, что повышение температуры, обусловленное работой амортизатора, не способно вызвать выход газа из растворенного состояния в свободное.

Однако повышенное давление в устройстве сопряжено с большим механическим воздействием на детали, а наличие вполне реальной угрозы разгерметизации амортизатора (с естественным выравниванием давления до атмосферного) снижает его надежность. Кроме того, снижается ремонтпригодность амортизатора (как технологически, так и экономически).

В данной статье предлагается иной, отличный от общепринятых, способ повышения эффективности двухтрубных гидравлических амортизаторов подвески. Его сущность заключается в частичном удалении растворенных в амортизаторном масле газов (дегазации) непосредственно перед заправкой им амортизатора. В результате происходит изменение давления и температуры равновесной растворимости и, следовательно, уменьшение количества газовых пузырьков в амортизаторном масле, а значит – повышение эффективности амортизаторов.

Сжатая формулировка технического предложения (технологии)

Авторы предлагают следующее решение поставленной в п.1 технической задачи (в сравнении с выбранным прототипом [4] и в сжатой формулировке, концентрирующей в себе только его сущность).

В рамках главной совокупности технологических признаков (операций):

в способе изготовления гидравлического амортизатора, при котором амортизатор заправляют маслом в качестве рабочей жидкости и, предприняв меры по снижению газовой выделенности из масла в процессе работы амортизатора, герметизируют его, непосредственно перед заправкой масло дегазируют, нагрев его до температуры выше

максимальной рабочей и ниже температуры вспышки (в открытом тигле), а герметизацию амортизатора осуществляют до остывания масла в нем, по крайней мере, до максимальной рабочей температуры.

В рамках *дополнительных совокупностей технологических признаков (операций)*, наряду с указанной в предыдущем абзаце основной совокупностью:

1) амортизаторную жидкость (масло) марки АМГ-10 перед заправкой амортизатора могут нагревать до температуры (70 – 80) °С (это позволяет в максимально возможной степени ее дегазировать, не допустив при этом ее воспламенения, поскольку температура воспламенения указанной марки составляет 92 °С);

2) амортизаторную жидкость марок МГП-12 и ГРЖ-12 перед заправкой амортизатора могут нагревать до температуры (100 – 130) °С (это позволяет в максимально возможной степени ее дегазировать, не допустив при этом ее воспламенения, поскольку температура воспламенения указанных марок составляет 140 °С);

3) амортизаторную жидкость марки *MOTUL Shock Oil Factory Line VI 400* перед заправкой амортизатора нагревают до температуры (130 – 145) °С (это позволяет в максимально возможной степени ее дегазировать, с запасом при этом ее воспламенения, поскольку температура воспламенения указанной марки составляет 154 °С);

4) амортизаторную жидкость марки АЖ-12Т перед заправкой амортизатора могут нагревать до температуры (130 – 150) °С (это позволяет в максимально возможной степени ее дегазировать, не допустив при этом ее воспламенения, поскольку температура воспламенения указанной марки составляет 165 °С).

Развернутое описание технического предложения

Указанный диапазон принудительного увеличения температуры масла можно считать наиболее эффективным для масел с малой вязкостью, применяемых обычно в автомобильных амортизаторах, например масла АМГ-10, поскольку наиболее энергонапряженные амортизаторы (современных легковых, спортивных автомобилей) рассчитаны на рабочую температуру порядка (40 – 60) °С, для более полной дегазации масла требуется рост температуры, а «сверху» рост температуры ограничен окислением, изменением физико-химических свойств и температурой вспышки (см. табл. 1 [5]).

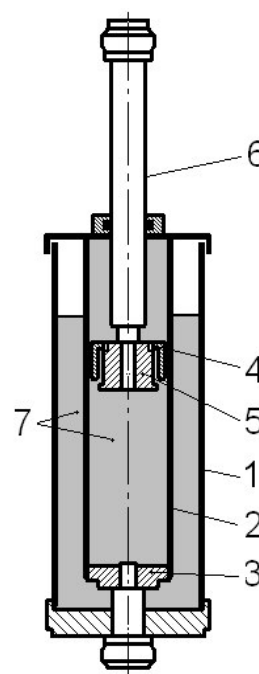


Рис.1. Устройство гидравлического амортизатора

Таблица 1 – Температура вспышки некоторых амортизаторных жидкостей (масел) в открытом тигле

Показатель	Марка амортизаторной жидкости (масла)				
	АЖ-12Т	<i>MOTUL Shock Oil Factory Line VI 400</i>	МГП-12	ГРЖ-12	АМГ-10
Температура вспышки, °С: не ниже	165	154	140	140	92

Для осуществления (промышленной реализации) предлагаемой технологии (способа изготовления гидравлического амортизатора) нет необходимости в разработке каких-либо новых устройств, поскольку предварительный нагрев

заправочного масла до заданной температуры относится к тривиальным легко решаемым техническим задачам. И это особенно ценно.

В качестве иллюстрации для описания способа можно использовать характерную

схему вышеупомянутого двухтрубного телескопического гидроамортизатора [1].

На рисунке показана такая схема, где позициями обозначены:

1 – цилиндрический корпус (резервуар для заправленного в него масла в качестве рабочей жидкости); 2 – рабочий цилиндр; 3 – встроенный в рабочий цилиндр клапан прямого хода (сжатия); 4 – поршень внутри цилиндра; 5 – встроенный в поршень клапан обратного хода (отбоя), 6 – шток; 7 – рабочая жидкость (машинное масло).

В развернутом виде предлагаемая технология (способ) изготовления гидравлического амортизатора заключается в следующем.

Амортизатор

- подготавливают (изготавливают детали, узлы 1-6 и производят их сборку, оставив возможность заправки маслом 7);

- масло 7, отдельно от собранной конструкции 1-6, при начальной температуре T_0 (как правило, при «естественной» температуре окружающей среды) и в объеме не менее заданного заправочного, разогревают любым рациональным в конкретном производстве способом до температуры T выше максимальной рабочей $T_{p\ max}$, но ниже температуры вспышки в открытом тигле.

В частности до: $T = (70 - 80)^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) АМГ-10 (ГОСТ 6794-75); $T = (100 - 130)^\circ\text{C}$ для амортизаторных жидкостей (масел) МГП-12 (ТУ 38.301-29-40-97, славол-АЖ) и ГРЖ-12 (ТУ 0253-048-0567-924-96); $T = (130 - 145)^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) *MOTUL Shock Oil Factory Line VI 400*; $T = (130 - 150)^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) АЖ-12Т (ГОСТ 23008-78), причем с возможностью удаления выделяемых ей (им) газов (составляющих воздуха и др.), то есть с возможностью дегазации;

- амортизатор незамедлительно заправляют нагретым и дегазированным таким образом маслом 7, заливая его в качестве рабочей жидкости в еще не загерметизированный резервуар – полость корпуса 1;

- до остывания масла ниже $T_{p\ max}$, осуществляют герметизацию амортизатора (герметично закрыв, по меньшей мере, заправочное отверстие»).

Указанные операции являются упомянутыми мерами по снижению газовой выделенности из масла в процессе работы амортизатора на эксплуатационном этапе его жизненного цикла.

В свою очередь, хотя бы частично дегазированное масло 8 в герметичном амортизаторе, то есть в условиях отсутствия источника восстановления первичного его газосодержания при естественном остывании, в процессе дросселирования через клапаны 3 и 5 и засасывания в область разрежения под поршнем при отбое, в существенно меньшей степени образует газомасляную смесь.

Соответственно, в меньшей степени уменьшается плотность масла 7, возрастает объем текучей среды и ее неоднородность, изменяется неблагоприятным образом, в итоге, заданная характеристика амортизатора.

В случае разгерметизации амортизатора (нештатная ситуация) разогретое масло 7 в процессе работы амортизатора поглотит газы в составе прорвавшегося внутрь воздуха из окружающей амортизатор среды сообразно рабочей температуре, превратившись, по сути, в «обычный» (базовый) амортизатор – без обоих способов (прототипа и заявляемого).

Эффективность, опытная проверка и оценка технического уровня инновационной научно-технической разработки

Техническим результатом реализации предлагаемой инновации является повышение эффективности и ремонтпригодности амортизатора.

Эффективность предлагаемого способа (и, по-существу, реализуемого с его помощью устройства – гидроамортизатора автомобильного типа) косвенно проверена авторами, с положительным результатом, в упомянутом в преамбуле эксперименте. Поскольку нагрев масла с 20 до 100 °C удаляет из него порядка (10 – 20)% газа, эффективность амортизатора по предварительным оценкам должна повыситься ориентировочно не менее чем на 30-45 %.

Разработка как объект интеллектуальной собственности выполнена на уровне изобретения (что подтверждает мировой уровень новизны, изобретательский уровень и промышленную применимость) и запатентована авторами в 2014-2016 гг. [6]

Заклучение

На основании вышеизложенного можно констатировать, что предлагаемое инновационное техническое (технологическое) решение обозначенной в начале статьи (см. п.1) актуальной задачи в области транспортного машиностроения, может быть рекомендовано к внедрению в

отрасли как новое, эффективное и экономически оправданное. Такое внедрение возможно уже сегодня и не требует организации специального производства и капитальных затрат.

Библиографический список

1. Автомобильные амортизаторы. – Режим доступа: <http://autoustroistvo.ru/hodovaya-chast/amortizator/> (дата обращения – 15.02.2016).
2. Бектемиров, А.С. Исследование параметров растворимости газа в маслах / А.С. Бектемиров, О.Л. Маломыжев, В.В. Скutelник // Вестник ИрГТУ. – 2010. – №5 (45). – С 125-128.
3. Газомасляные и гидравлические амортизаторы. – Режим доступа: <http://inomarka54.ru/avtoshpargalca/licbez-poustroystvu-avtomobilya/gazomaslyanye-i-gidravlicheskie-amortizatory>. (дата обращения – 15.02.2016).
4. Пат. 2500547 С2 (Российская Федерация). В60G 17/00. Способ и устройство для восстановления газомасляного амортизаторов / В.Г. Наумкин. - № 2011154281/11; заявлено 28.12.2011; опубл. 10.12.2013. – Бюл. № 19.
5. Приходько, В.И. Амортизаторные жидкости. – Режим доступа: http://www.auto-uch.info/am_gid.html (Дата обращения 15.02.2016).
6. Пат. 2577443 (Российская Федерация). МПК F16F 5/00, F16F 9/00. Способ изготовления гидравлического амортизатора / О.Л. Маломыжев, А.Г. Семенов. - № 2014146763/11; заявлено 20.11.2014; опубл. 20.03.2016. – Бюл. № 8.

DEGASSING THE WORKING FLUID OF THE HYDRAULIC SHOCK ABSORBER

O.L. Malomyzhev, A.G. Semenov, V.V. Skutelnik

Abstract. The analysis of the reasons causing reduction of effectiveness of the hydraulic suspension shock absorbers of the car which developed the new technology of their production. The Way of the fabrication of the hydraulic shock absorber is concluded in leading-in the shock absorber mask as worker to liquids with preliminary, before his(its) capsulation, measure on reduction of the separation of the gas from butter in process of the functioning(working) the shock absorber. Directly before leading-in from butter delete the gas, heating him(it) before the temperature above maximum worker and below the temperature of the flash, in particular before: $T = (70-80)^\circ\text{C}$ for liquid (the butters) AMG-10 (the GUEST 6794-75); $T = (100-130)^\circ\text{C}$ for liquids MGP-12 (THAT 38.301-29-40-97, slaval-AZH) and GRZH-12 (THAT 0253-048-0567-924-96); $T = (130-145)^\circ\text{C}$ for liquid (the butters) MOTUL Shock Oil Factory Line VI 400; $T = (130-150)^\circ\text{C}$ for liquid (the butters) AZH-12T (the GUEST 23008-78). Encapsulating the shock absorber realize before reduction of the temperature of the butter in him, at least once, before maximum worker. The Technical

result to realization of the offer – increasing to efficiency and maintainability of the shock absorber.

Keywords: overland transport, sought-after part, lavalieri, smothness of the move, hydraulic shock absorber, separation of the gas, removing the gas from butter.

References

1. *Avtomobilnye amortizatory* [Automobile shock-absorbers]. Available at <http://autoustroistvo.ru/hodovaya-chast/amortizator/>
2. Bektemirov A.S., Malomyzhev O.L., Skutelnik V.V. Issledovanie parametrov rastvorimosti gaza v maslakh [Research of parameters of solubility of gas in oils]. *Vestnik IrGTU*, 2010, no 5 (45). Pp. 125-128.
3. *Gazomaslyanye i gidravlicheskie amortizatory* [Gas-oil and hydraulic shock-absorbers]. Available at: <http://inomarka54.ru/avtoshpargalca/licbez-poustroystvu-avtomobilya/gazomaslyanye-i-gidravlicheskie-amortizatory>.
4. Naumkin V.G. Spособ i ustroystvo dlya vosstanovleniya gazomaslyanogo amortizatorov [Way and the device for restoration gas-oil shock-absorbers]. Pat. RF, no 2011154281/11.
5. Prihodko V.I. Amortizatornye zhidkosti [Damping liquids]. Available at: http://www.auto-uch.info/am_gid.html
6. Malomyzhev O.L., Semenov A.G. *Spособ izgotovleniya gidravli-cheskogo amortizatora* [Way of production of the hydraulic shock-absorber]. Pat. RF, no 2014146763/11.

Маломыжев Олег Львович (Россия, г. Иркутск) – кандидат технических наук, доцент., доцент кафедры «Автомобильный транспорт» Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ) (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83, e-mail: olm@bk.ru).

Семенов Александр Георгиевич (Россия, г. Санкт-Петербург) – кандидат технических наук, ст.н.с., доцент и ведущий научный сотрудник кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) (195251 Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: agentnumer007@rambler.ru).

Скutelник Виталий Викторович (Россия, г. Иркутск) – кандидат технических наук, доцент., доцент кафедры «Менеджмент и логистика на транспорте» Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ) E-mail: scutvv@gmail.com.

Malomyzhev Oleg L'vovich – (Russian Federation, Irkutsk) – candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department «Car transport» of the Institute Airmechanical and Transport Irkutsk national research technical university (IRNRTU), (664074, Irkutsk, Lermontov St. 83 e-mail: olm@bk.ru).

Semenov Alexandr Georgievich. (Russian Federation, Saint-Petersburg) – candidate of technical sciences, senior researcher, associate Professor of "Engineering of power plants and vehicles," Institute of Energy and Transport systems of Saint-Petersburg Polytechnic University Peter the Great (Spbpu), (195251 Sankt-Peterbur, of Politekhnikeskaya St., 29, e-mail: agentnumer007@rambler.ru; agentnumer007@yandex.ru).

Skutelinik Vitaly Viktorovich. (Russian Federation, Irkutsk) – candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department «Management and logistics on transport» of the Institute Airmechanical and Transport Irkutsk national research technical university (IRNRTU) (664074, Irkutsk, Lermontov St. 83e-mail: scutvv@gmail.com).

УДК 656.065.36

СООТВЕТСТВИЕ МЕТОДИКИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ РЕАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Н.Г. Певнев, А.В. Залознов
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены особенности конструкции и условий эффективной работы трехкомпонентных нейтрализаторов отработавших газов (ОГ), установленных на автомобилях с бензиновыми двигателями внутреннего сгорания. Показаны возможности работы нейтрализаторов при холодном пуске и прогреве двигателя, выявлен оптимальный режим работы нейтрализатора, при котором он эффективно выполняет свои функции. Проанализирована и описана методика государственных испытаний нейтрализаторов ОГ. Описаны и проанализированы реальные условия зимней эксплуатации автомобилей с бензиновыми двигателями внутреннего сгорания и трехкомпонентными нейтрализаторами ОГ, выявлены отрицательные моменты эксплуатации автомобилей с нейтрализаторами в зимних условиях. Выявлено несоответствие технического регламента реальными условиям эксплуатации автомобилей с нейтрализаторами ОГ применительно к регионам с холодным климатом и к городу Омску, в частности.

Ключевые слова: трехкомпонентный нейтрализатор, методика государственных испытаний, условия эксплуатации автомобилей, температурный режим нейтрализатора, эффективность нейтрализации.

Введение

Автотранспорт является неотъемлемой частью жизнедеятельности человека. Однако непрекращающийся рост автомобильного парка ведет к глобальному загрязнению окружающей среды вредными выбросами автомобильных двигателей.

Снижение вредных выбросов с отработавшими газами двигателей автотранспортных средств является одной из наиболее значимых задач для разработчиков автотранспортных средств. Производители автотранспортной техники обращают особое внимание на разработку систем и устройств, снижающих выброс вредных веществ с отработавшими газами двигателя. Наиболее эффективной и распространенной системой для автомобилей с бензиновым двигателем является бифункциональная система нейтрализации вредных веществ отработавших газов, основным элементом

которой является трехкомпонентный каталитический нейтрализатор.

Описание конструкции и условий работы нейтрализаторов

Каталитическое дожигание компонентов отработавших газов происходит в специальном приборе – каталитическом нейтрализаторе (рис. 1). Нейтрализатор монтируется в системе выпуска отработавших газов автомобиля.

Эффективность действия каталитического нейтрализатора зависит от температуры катализатора, продолжительности контакта токсичных компонентов с поверхностью катализатора, а также от концентрации токсичных компонентов в отработавших газах.

$$\text{Эффективность нейтрализации} = \frac{m_{\text{вход}} - m_{\text{выход}}}{m_{\text{вход}}} \quad (1)$$