

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель
ООО "Издательство Машиностроение"

Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО

Редационный совет

Д.Х. Валеев,
д-р техн. наук
В.М. Вовк,
Министр промышленности
Республики Беларусь
В.А. Волчок
С.М. Гайдар,
д-р техн. наук
Л.В. Грехов,
д-р техн. наук, проф.
В.А. Зорин,
д-р техн. наук
А.М. Иванов,
д-р техн. наук
Н.А. Иващенко,
д-р техн. наук

В.В. Комаров,
канд. техн. наук
В.А. Марков,
д-р техн. наук, проф.
А.Н. Ременцов,
д-р пед. наук, канд. техн. наук
О.Н. Румянцева
А.Ф. Синельников,
канд. техн. наук, проф.
В.С. Устименко,
канд. техн. наук
Х.А. Фасхиев,
д-р техн. наук, проф.
Н.Д. Чайнов,
д-р техн. наук, проф.

Корпункт:
Я.Е. Карповский (г. Минск)

Адрес редакции:
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а
Тел. (499) 268-41-77
E-mail: guzovik@mashin.ru; <http://www.mashin.ru>

Адрес издательства
107076, Москва, Стромынский пер., 4
Тел. (499) 268-38-58

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре.
Регистрационный номер ПИ № ФС77-42764
от 26 ноября 2010 г.

Подписной индекс:
по каталогу "Роспечать" 373409,
по объединенному каталогу
"Пресса России" 39799,
по каталогу "Почта России" 25782

ООО "Издательство Машиностроение",
"Грузовик", 2015

Перепечатка материалов из журнала "Грузовик" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Грузовик" обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель



В НОМЕРЕ:

Конструкция

- 2** Тер-Мкртчян Г. Г. Модифицирование рабочего цикла двигателей внутреннего сгорания. Добавленные такты

Эксплуатация. Ремонт

- 6** Марков В. А. Проблемы использования природного газа в качестве моторного топлива для городского автотранспорта

Практика

- 13** Фадеев И. В., Ременцов А. Н., Садетдинов Ш. В. Повышение противокоррозионных качеств моющих средств с применением амидо-боратных соединений на автомобильном транспорте

- 17** Карелина М. Ю., Гайдар С. М. Исследование эффективности триботехнических препаратов на основе наноматериалов

Транспортный комплекс

- 30** Кочетков А. В., Карнеев С. В. Защитные пластиковые панели барьерных ограждений автомобильных дорог

Исследования. Расчет

- 36** Ковальчук Л. И., Мишачков И. В. Теоретические предпосылки и алгоритмы формирования экспериментально-теоретических моделей токсичных выбросов двигателями внутреннего сгорания с отработавшими газами

- 41** Воробьев С. А., Воробьев С. С., Гончаров Р. А., Тихомиров А. Г. Условия оптимального демпфирования колебаний подвески автомобиля при динамическом воздействии

- 44** Панов Ю. В., Лапиньски К., Павелко М. А., Ефименко А. О. Имитатор системы управления впрыска газа для бензинового двигателя

- 48** Abstracts of articles

КОНСТРУКЦИЯ

УДК 621.43

Г. Г. Тер-Мкртчян, д-р техн. наук, профессор,
ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ"

E-mail: georg@nami.ru

МОДИФИЦИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ. ДОБАВЛЕННЫЕ ТАКТЫ

Рассмотрены возможности модифицирования рабочего цикла двигателей внутреннего сгорания. Дана классификация модифицированных циклов с добавленными тактами. Подробно рассмотрены циклы 5-тактных, 6-тактных и 8-тактных двигателей.

Ключевые слова: модифицированный рабочий цикл, такт, добавленные такты, 5-, 6-, 8-тактные двигатели.

(Рисунки на 2-, 3-, 4-й полосах обложки)

Необходимость повышения топливной экономичности двигателей и непрерывно ужесточающиеся экологические стандарты требуют радикального улучшения показателей рабочего процесса. Совершенствование обычных двух- или четырехтактных циклов, практически не претерпевших изменений за более чем столетнюю историю развития ДВС, при внедрении новых типов гибко управляемых систем топливоподачи и воздухообеспечения оказывается недостаточно эффективным. В этой ситуации могут быть востребованы нетрадиционные модифицированные рабочие циклы ДВС с добавленными тактами. Поясним: рабочий цикл ДВС — периодически повторяющийся ряд последовательных процессов, протекающих в цилиндре двигателя и обуславливающих превращение тепловой (химической) энергии в механическую работу; такт (ход поршня) — часть рабочего цикла (совокупность процессов) происходящая в цилиндре, осуществляемая в интервале перемещения поршня между двумя смежными мертвыми точками (ВМТ и НМТ).

В традиционном цикле присутствуют следующие такты: впуск; сжатие; рабочий ход, состоящий из процессов сгорания и расширения рабочего тела; выпуск — удаление выпускных газов из цилиндра в атмосферу или в турбину турбокомпрессора.

В модифицированном цикле могут присутствовать процессы и такты, отличные от традиционных, или являющиеся их разновидностью.

Вытеснение — удаление выпускных газов или воздуха из одного цилиндра в другой цилиндр двигателя с целью дополнительного расширения.

Расширение — рабочий ход, в котором имеется процесс расширения, но отсутствует процесс сгорания.

Нагнетание — сжатие рабочего тела (как правило воздуха) в одном цилиндре и его перемещение в воздушный ресивер, или использование для наддува другого цилиндра.

Дополнительные такты добавляют к четырем тактам традиционного цикла с целью реализовать продолженное расширение рабочего тела или обеспечить дополнительный отвод и рекуперацию теплоты от деталей цилиндропоршневой группы.

Модифицированные рабочие циклы могут состоять из комбинации нескольких элементарных циклов, отличающихся тактами или используемым рабочим телом. Элементарный цикл начинается с такта впуска и завершается тактом выпуска. Комбинированный цикл, например, состоящий из четырехтактного и двухтактного циклов, обозначается как 4 + 2.

В двигателях с модифицированным циклом рабочим телом кроме продуктов сгорания также могут являться пар, смесь пара с продуктами сгорания, сжатый воздух.

На рис. 1 дана классификация модифицированных рабочих циклов ДВС с добавленными тактами.

Рассмотрим более подробно примеры модификации цикла ДВС с дополнительными тактами, которые добавляют к четырем тактам традиционного цикла с целью реализовать продолженное расширение рабочего тела или обеспечить дополнительный отвод и рекуперацию теплоты от деталей цилиндропоршневой группы.

Пятитактный двигатель

Английская компания Ilmor Engineering, известная своими двигателями для гоночных автомобилей, представила на выставке ЕХРО 2009 в Штутгарте двигатель, названный пятитактным [1]. За основу конструкции двигателя приняты технические решения патента 2003 г. бельгийского изобретателя Герхарда Шмитца (Gerhard Schmitz) [2]. Двигатель имеет добавленный такт рабочего цикла и обеспечивает продолженное расширение. Главной задачей проекта являлось создание бензинового двигателя с высокой удельной мощностью, не уступающего по топливной экономичности дизелям, но лишенного присущего последним недостатка в виде повышенной эмиссии оксидов азота и сажи.

Три цилиндра пятитактного ДВС имеют разный диаметр. Внешние цилиндры высокого давления (ВД) малого диаметра работают по обычному четырехтактному циклу. В среднем цилиндре низкого давления (НД) большого диаметра происходит продолженное расширение газов, которое разработчики и назвали пятым тактом (рис. 2). Рабочий объем цилиндра низкого давления составляет 350 см^3 , а рабочий объем цилиндра высокого давления равен 778 см^3 . Геометрическая степень сжатия, она же степень расширения, в цилиндрах высокого давления равна 8, а степень расширения в цилиндре низкого давления равна 30. При этом общая степень расширения в двигателе составляет 30.

Опытный образец двигателя имеет максимальные мощность и крутящий момент соответственно $96 \text{ кВт}/7000 \text{ мин}^{-1}$ и $166 \text{ Нм}/5000 \text{ мин}^{-1}$. При этом минимальная величина удельного эффективного расхода топлива равна $226 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$, что значительно ниже, чем у лучших современных аналогов. Давление наддува составляет $0,5 \text{ МПа}$.

Двигатель имеет два распределительных вала. Первый вал, обслуживающий цилиндры высокого давления, совершает один оборот за два оборота коленчатого вала так, как это осуществляется в традиционных четырехтактных ДВС. Второй распределительный вал, обслуживающий цилиндр низкого давления, вращается с частотой, равной частоте вращения коленчатого вала.

Рабочий процесс пятитактного двигателя состоит из четырех фаз (рис. 3).

Фаза А. Поршни в цилиндрах ВД движутся от ВМТ к НМТ. Поршень в цилиндре НД движется от НМТ к ВМТ. В первом цилиндре ВД осуществляется выпуск свежего заряда, а во втором цилиндре ВД — рабочий ход (сгорание и предварительное расширение). В цилиндре НД осуществляется выпуск газов.

Фаза	Цилиндр		
	1 (ВД)	2 (НД)	3 (ВД)
А	Впуск	Выпуск	Рабочий ход
В	Сжатие	Расширение	Вытеснение
С	Рабочий ход	Выпуск	Впуск
Д	Вытеснение	Расширение	Сжатие

Фаза В. Поршни в цилиндрах ВД движутся от НМТ к ВМТ. Поршень в цилиндре НД движется от ВМТ к НМТ. В первом цилиндре ВД осуществляется сжатие свежего заряда, а во втором цилиндре ВД — вытеснение выпускных газов в цилиндр НД. В цилиндре НД осуществляется процесс дополнительного расширения выпускных газов из второго цилиндра ВД.

Фаза С. Поршни в цилиндрах ВД движутся от ВМТ к НМТ. Поршень в цилиндре НД движется от НМТ к ВМТ. В первом цилиндре ВД осуществляется рабочий ход (сгорание и предварительное расширение), а во втором цилиндре ВД — выпуск свежего заряда. В цилиндре НД осуществляется выпуск газов.

Фаза Д аналогична **Фазе В**, в которой первый и второй цилиндры ВД меняются местами. Последовательность тактов рабочего цикла дана в таблице.

Таким образом, рабочий цикл пятитактного двигателя осуществляется за два оборота коленчатого вала и состоит из двух групп процессов. Первая группа включает процессы впуска, сгорания и предварительного расширения в первом или втором цилиндрах ВД и выпуск газов из цилиндра НД. Вторая группа включает процессы сжатия и вытеснения выпускных газов в первом или втором цилиндрах ВД и дополнительное расширение выпускных газов в цилиндре НД.

Необходимо отметить, что первые образцы трехцилиндровых двигателей с внешними цилиндрами малого диаметра, работающими по четырехтактному циклу, и внутренним цилиндром большого диаметра, работающим по двухтактному циклу, были изготовлены еще Н. Отто и Р. Дизелем.

Шеститактные двигатели

Шеститактным двигателем называют ДВС, у которого к четырем тактам традиционного цикла добавлены два дополнительных такта. Шеститактные двигатели, как правило, являются однообъемными с совершением всех тактов цикла в одном цилиндре. Во время дополнительных тактов к рабочему телу подводится теплота от нагретых поверхностей камеры сгорания, которая утилизируется на такте расширения.

Одним из первых шеститактных двигателей был двигатель Гриффина (S. Griffin), изготовленный в Англии в 1883 г. В этом двигателе после завершения такта

выпуска отработавших газов происходил такт впуска воздуха без подачи топлива, а затем осуществлялся такт выпуска воздуха. Дополнительные такты обеспечивали снижение температуры элементов камеры сгорания и улучшение очистки цилиндров от остаточных газов, способствуя повышению наполнения.

Существует значительное количество конструкций шеститактных двигателей. Рассмотрим наиболее характерные из них.

Двигатель Кроуэра

Американским инженером Б. Кроуэром (Bruce Crower) разработана конструкция и изготовлены образцы двигателей, в цилиндры которых после завершения такта выпуска подается вода под давлением 15 МПа [3]. Отбирая теплоту от нагретых поверхностей камеры сгорания, вода испаряется. При ходе поршня от ВМТ к НМТ водяной пар, расширяясь, совершает полезную работу (пятый такт — паровой рабочий ход). При ходе поршня от НМТ к ВМТ (шестой такт) осуществляется выпуск отработавшего пара. Отработавший пар поступает в конденсатор, где охлаждается и снова превращается в воду. Последовательность тактов двигателя Кроуэра показана на рис. 4. Строго говоря, цикл двигателя Кроуэра состоит из четырехтактного и двухтактного циклов (4 + 2).

Цикл двигателя Кроуэра отличается от традиционного цикла Отто не только количеством тактов, но и отношением количества рабочих тактов к их общему числу. Так, у цикла Отто это отношение составляет 1 : 4, а у цикла Кроуэра — 1 : 3.

Достоинствами двигателя Кроуэра являются высокая топливная экономичность за счет утилизации теплоты от стенок камеры сгорания и возможность уменьшить габариты элементов системы охлаждения, или вообще от нее отказаться. Кроме того, внутреннее охлаждение позволяет существенно повысить степень сжатия двигателя с искровым зажиганием, что также положительно скажется на топливной экономичности.

Среди недостатков двигателя Кроуэра следует отметить необходимость установки на автомобиле дополнительного оборудования для хранения и конденсации воды. Серьезной проблемой является необходимость предотвращения замерзания воды в зимних условиях эксплуатации. Для изготовления клапанов, поршня и гильзы цилиндра, скорее всего, потребуются специальные нержавеющие материалы.

Технология подачи воды широко применялась во время Второй мировой войны в авиационных двигателях американских и немецких самолетов для их форсирования. Системой впрыска воды оснаща-

лись авиамоторы Daimler Benz серии 605 и BMW 801D для Messerschmitt Bf 109, Junkers Ju 213 A1 для Focke Wulf 190D, Pratt & Whitney J57 для американского B-29 Stratofortress и многие другие. Вода добавлялась в уже готовую смесь, охлаждая ее, и попадала вместе с ней в камеру сгорания. От контакта с раскаленной поверхностью поршня и стенок цилиндра вода мгновенно превращалась в пар, который, расширяясь, увеличивал мощность двигателя. Предварительное охлаждение топливно-воздушной смеси позволяло увеличить ее объем на впрыске и повышало эффективность сгорания топлива. Впоследствии воду заменили специальной смесью, состоящей из равных частей воды и метанола, тем самым увеличив мощность двигателей на 25—30 %.

Двигатель Баюласа

Двигатель Баюласа разработан в компании Bajulaz S. A. (Швейцария). Схема двигателя представлена на рисунке 5 [4, 5].

В двигателе Баюласа реализован рабочий процесс с воспламенением от сжатия. В головке цилиндра размещены камера сгорания 6 и камера нагрева 7, а также четыре клапана, два из которых управляют процессами впуска и выпуска, а два других расположены в каналах, соединяющих цилиндр (надпоршневое пространство) с камерами сгорания и нагрева.

В двигателе Баюласа реализован рабочий процесс с воспламенением от сжатия. В головке цилиндра размещены камера сгорания 6 и камера нагрева 7, а также четыре клапана, два из которых управляют процессами впуска и выпуска, а два других расположены в каналах, соединяющих цилиндр (надпоршневое пространство) с камерами сгорания и нагрева.

Последовательность тактов в двигателе Баюласа дана на рис. 6.

1 — впуск. На такте впуска открыт только впускной клапан, и воздух поступает в цилиндр.

2 — первое сжатие. Во время такта сжатия воздух поступает в камеру нагрева, где нагревается как в процессе сжатия, так и получая тепло от стенки камеры сгорания. В конце такта сжатия осуществляется подача топлива в камеру сгорания, в которой находится воздух, сжатый в предшествующем рабочем цикле.

3 — топливный рабочий ход. Во время топливного рабочего хода при открытом клапане камеры сгорания газы из последней перетекают в цилиндр, в котором расширяются.

4 — выпуск. Отработавшие газы при открытом выпускном клапане удаляются из цилиндра. В связи с тем, что часть теплоты газов передана воздуху в камере нагрева, тепловые потери с отработавшими газами меньше, чем в традиционных четырехтактных двигателях.

5 — воздушный рабочий ход. Нагретый сжатый воздух из камеры нагрева поступают в цилиндр, расширяясь в котором совершают полезную работу.

6 — второе сжатие. Расширившийся воздух снова сжимается, поступая в камеру сгорания для последующего использования в топливном рабочем ходе.

Утилизация теплоты отработавших газов способствует повышению топливной экономичности двигателя Баюласа. Однако он также имеет недостатки, присущие дизелям с разделенными камерами сгорания, такие как потери теплоты из-за увеличенных поверхностей камеры сгорания и невысокие пусковые качества. Кроме того, наличие дополнительных камер и клапанов с индивидуальными законами управления значительно усложняет конструкцию головки цилиндров двигателя.

Двигатель Revelation Power

В канадской компании Revelation Power Technology разработана конструкция и изготовлены образцы восьмитактного двигателя, в двухцилиндровом модуле которого поршень второго (правого) цилиндра движется с запаздыванием на 90° относительно поршня первого (левого) цилиндра [6]. Первый цилиндр оснащен впускным клапаном для подачи топливно-воздушной смеси и перепускным клапаном, соединяющим первый и второй цилиндры. Второй цилиндр имеет впускной клапан для подачи воздуха и выпускной клапан для удаления отработавших газов. Рабочий цикл двигателя осуществляется за два оборота коленчатого вала.

Последовательность тактов рабочего цикла двигателя Revelation Power показана на рис. 7.

Такт 1. Поршень первого цилиндра движется вниз, а поршень второго цилиндра — вверх. В первом цилиндре происходит наполнение топливно-воздушной смесью, а во втором цилиндре — выпуск отработавших газов. По завершении такта 1 поршень второго цилиндра достигает ВМТ, и второй выпускной клапан закрывается.

Такт 2. В первом цилиндре продолжается наполнение, которое завершается при достижении поршня НМТ. Во второй цилиндр начинает поступать воздух, забирая теплоту от стенок цилиндра.

Такт 3. В первом цилиндре завершается наполнение и начинается сжатие топливно-воздушной смеси. Второй цилиндр продолжает наполняться воздухом.

Такт 4. В первом цилиндре завершается сжатие топливно-воздушной смеси. Во втором цилиндре завершается его наполнение воздухом.

Такт 5. В первом цилиндре при нахождении поршня в области ВМТ происходит воспламенение топливно-воздушной смеси от свечи зажигания. Во втором цилиндре начинается сжатие воздуха.

Такт 6. В первом цилиндре происходит расширение газов, а во втором цилиндре завершается сжатие воздуха.

Такт 7. Первый и второй цилиндры сообщаются друг с другом при открытом перепускном клапане, и происходит совместное расширение рабочего тела в двух цилиндрах. Воздух из второго цилиндра разбавляет газы в первом цилиндре.

Такт 8. Отработавшие газы удаляются из первого и второго цилиндров.

Заключение

Двигатели с добавленными тактами имеют потенциал существенного улучшения топливной экономичности как за счет продолженного расширения рабочего тела, так и утилизации теплоты, отведенной от нагретых поверхностей камеры сгорания. Однако увеличение тактности сопряжено с появлением определенных проблем, которые необходимо решать, или, по крайней мере, учитывать.

Добавление дополнительных тактов при прочих равных условиях неизбежно приводит к снижению литровой мощности двигателя. Указанное обстоятельство может быть частично компенсировано за счет наддува. Дополнительные такты требуют внесения изменений в систему газообмена, усложняющих конструкцию двигателя. Использование в двигателе нетрадиционных компонентов рабочего тела, таких как вода, требует изменения номенклатуры материалов и, возможно, конструкции деталей, ограничивающих камеру сгорания.

Поэтому для принятия решений о создании двигателей с дополнительными тактами необходим взвешенный анализ улучшения топливной экономичности, с одной стороны, и возможными издержками, связанными с усложнением конструкции, сопровождающими это улучшение. В любом случае, плата за снижение расхода топлива и улучшение экологических показателей двигателя, обеспечивающая экономическую целесообразность его производства, не должна быть чрезмерно высокой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ailloud C., Delaporte B., Schmitz G., Keromnes A. et al., "Development and Validation of a Five Stroke Engine," SAE Technical Paper 2013-24-0095, 2013, doi:10.4271/2013-24-0095.
2. Пат. 6553977 В2 США, МКИ F02B 33/03. Five-Stroke Internal Combustion Engine / Shmitz G., 2003.
3. Пат. 2007/0022977 А1 США, МКИ F01B29/04. Method and apparatus for operating an internal combustion engine / Crower H. B., 2007.
4. Пат. 4809511 США, МКИ F02B75/02. Internal combustion engine / Bajulaz R., 1989.
5. Материалы сайта www.bajulazsa.com
6. Материалы сайта www.revelationpower.com

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕМОНТ

УДК 621.436

В. А. Марков, д-р техн. наук, проф., Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
E-mail: markov@power.bmstu.ru

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ГОРОДСКОГО АВТОТРАНСПОРТА

Показаны преимущества использования природного газа в качестве моторного топлива. Проведен анализ проблем, возникающих при адаптации дизельных двигателей к работе на природном газе.

Ключевые слова: дизельный двигатель, газодизельный двигатель, дизельное топливо; природный газ, метан, токсичность отработавших газов.

Направления дальнейшего развития энергетических установок с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) во многом зависят от перспектив использования в них различных энергоносителей. В качестве сырьевой базы для получения существующих и перспективных топлив для ДВС могут использоваться как невозобновляемые источники энергии — полезные ископаемые (нефть, газ, уголь и др.), так и возобновляемые ресурсы — растительные масла, животные жиры, биомасса, древесина, сельскохозяйственные и бытовые отходы и др. [1—4].

Широкому распространению топлив растительного и животного происхождения препятствуют неблагоприятные климатические условия Российской Федерации, где более 50 % территории относится к климатической зоне со среднегодовой температурой ниже 0 °С и со средней температурой января ниже –20 °С. В этих условиях получение высоких и стабильных урожаев основных сельскохозяйственных культур, являющихся сырьем для производства биотоплив, становится весьма проблематичным. Поэтому в ближайшей перспективе основным энергетическим ресурсом для производства моторных топлив остаются полезные ископаемые.

На протяжении всего XX века отечественная экономика базировалась на трех основных энергоносителях — нефти, угле и природном газе. В настоящее время доля потребления нефти составляет более 45 %, природного газа — более 25 %, угля и сланцев — менее 25 % [1]. На рис. 1 представлена диаграмма

потребления полезных ископаемых и их запасов, на которой энергетические ресурсы сравниваются в единицах заключенной в них теплоты [1]. Из этих диаграмм следует, что если по разведанным запасам лидирующее положение занимает каменный уголь, то по прогнозируемым запасам преимущество имеет природный газ. Объем потребления нефти весьма значителен, однако ее разведанные и прогнозируемые запасы весьма ограничены.

Природный газ является одним из наиболее перспективных энергоносителей для транспортных средств. Мировая потребность в газе обеспечена на

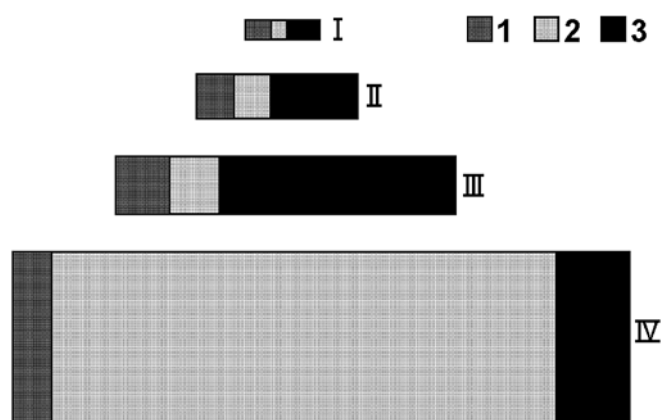


Рис. 1. Диаграмма потребления и мировых запасов нефти (1), природного газа (2) и каменного угля (3):

I — мировое потребление в 1998 г.; II — запасы разработанных месторождений; III — разведанные запасы; IV — прогнозируемые запасы

70 лет разведанными рентабельными запасами, составляющими 136 трлн м³ [5]. При этом среднегодовая мировая добыча природного газа равна примерно 2 трлн м³. Россия обладает 45 % мировых запасов газа, и ее газовая промышленность продолжает динамично развиваться: в 1993 г. доля России в мировой добыче газа составляла 27 %. В 1995 г. объем его добычи составил 585 млрд м³, а к 2010 г. превысил 720 млрд м³. В последние годы ежегодный прирост добычи природного газа составил 2,8—3,0 % (рис. 2). При этом газодобывающий комплекс России продолжает оставаться наиболее динамично развивающейся отраслью, предопределяющей рост национальной экономики.

Одним из основных факторов, предопределяющих целесообразность использования того или иного вида топлива, является все более ужесточающееся требование к токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания [2, 6—8]. Экологическая безопасность автотранспортных средств определяется уровнем концентраций в ОГ нормируемых токсичных компонентов — оксидов азота C_{NO_x} , монооксида углерода C_{CO} , легких несгоревших углеводородов C_{CH_x} , сажи C_C (или твердых частиц), а также оседающих на частичках сажи канцерогенных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в первую очередь наиболее опасного из них — бенз(α)пирена (БП) $C_{20}H_{12}$. Использование в двигателях внутреннего сгорания традиционных нефтяных моторных топлив не всегда позволяет обеспечить требуемые экологические показатели транспортных средств [8]. Более экологически чистыми считаются газообразные моторные топлива. Причем, эти топлива могут сжигаться как в бензиновых двигателях, конвертированных для работы на газе, так и в дизельных двигателях.



Рис. 2. Динамика увеличения добычи природного газа в России

Однако использование этих топлив в дизельных двигателях при высоких степенях сжатия и повышенных коэффициентах избытка воздуха более эффективно, чем в двигателях с принудительным воспламенением. К тому же дизельные двигатели считаются более экологически чистыми [8].

Используемые в дизельных двигателях газовые топлива — природный газ (метан — CH_4) и сжиженный нефтяной газ (пропан — C_3H_8 и его смеси с бутаном C_4H_{10}) при нормальных условиях находятся в газообразном состоянии. Поэтому при работе дизеля на этих топливах отмечается существенное улучшение процесса смесеобразования, поскольку топливо (например, природный газ) и окислитель (воздух) находятся в одном агрегатном состоянии. В результате топливовоздушная смесь оказывается гомогенной и наблюдается ее более полное сгорание по сравнению с дизельным топливом. Более равномерное распределение значений коэффициента избытка воздуха α по объему камеры сгорания сопровождается ликвидацией локальных зон с низким α и высокими температурами сгорания, являющихся основным источником образования оксидов азота NO_x . Это приводит к тому, что при сгорании указанных газовых топливах содержание NO_x в ОГ дизеля снижается в 2,0—2,5 раза (рис. 3) [9].

Поскольку газообразные топлива не содержат высокомолекулярных углеводородов, в том числе и ПАУ, склонных к образованию сажевых частиц в цилиндрах дизельных двигателей, при работе на этих топливах отмечается практически полное отсутствие дымности выхлопа. По этой же причине

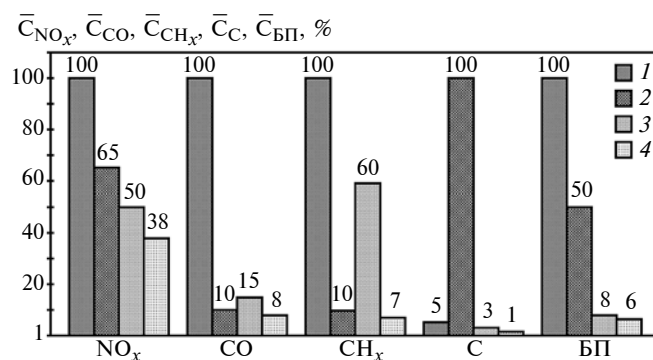


Рис. 3. Относительное содержание токсичных компонентов в ОГ двигателей внутреннего сгорания на номинальном режиме (данные ООО "ВНИИГАЗ"), % (за 100 % приняты показатели бензиновых двигателей, по саже — дизеля, работающего на дизельном топливе):

1 — бензин; 2 — дизельное топливо; 3 — пропан; 4 — природный газ

в ОГ двигателей, работающих на газовых топливах, отмечается очень незначительное содержание одного из наиболее токсичных ПАУ — канцерогенного бенз(α)пирена $C_{20}H_{12}$ (см. рис. 3).

Содержание в ОГ дизельных двигателей, работающих на газовых топливах, монооксида углерода СО находится на уровне его концентрации в бензиновых двигателях. Выброс легких несгоревших углеводородов CH_x двигателя на природном газе также сопоставим с аналогичным показателем бензинового двигателя, и лишь использование сниженного нефтяного газа (пропан-бутана) приводит к заметному росту выброса CH_x с ОГ (см. рис. 3). Таким образом, с экологической точки зрения природный газ (метан) и нефтяной газ (пропан-бутановые смеси) являются более чистыми моторными топливами по сравнению с традиционными моторными топливами — бензином и дизельным топливом (см. рис. 3). Это, в первую очередь, относится к выбросам сажи (С), бенз(α)пирена (БП) и оксидов азота (NO_x). При этом использование природного газа более предпочтительно по сравнению с пропан-бутановыми смесями, что обусловлено значительно более широкой сырьевой базой для получения моторного топлива. К тому же, в соответствии с постановлением Правительства РФ от 15 января 1993 г. № 31 стоимость одного кубометра природного газа для автомобилей не должна превышать 50 % стоимости бензина А-76 (при примерно одинаковом энергосодержании этих количеств газового и жидкого топлив) [10]. Это постановление должно было сделать привлекательным использование природного газа в качестве моторного топлива для городского автотранспорта.

Несмотря на указанные преимущества природного газа как моторного топлива его повсеместного использования не наблюдается. Это объясняется целым комплексом причин, тормозящих внедрение этого вида топлива на городском автотранспорте. Автор работы [10] считает, что одной из основных причин является несоответствие российских стандартов на природный газ, используемый в двигателях внутреннего сгорания, аналогичным международным документам. При этом указывается, что в газомоторном топливе, используемом в отечественных двигателях, содержание метана колеблется в очень широких пределах. С этим можно полностью согласиться, если рассматривать не только традиционный природный газ, но и коксовый метанизированный газ, коксовый обогащенный газ и другие подобные газы. Свойства же традиционного природного газа, поступающего от газораспределительных станций, если он подвергался очистке и метанизации, относительно стабильны.

Следует также отметить, что требования к стабильности состава и свойств моторных топлив должны выполняться для любого вида топлива как жидкого, так и газообразного. Используемые в настоящее время для заправки транспортных средств природным газом автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС) позволяют обеспечить указанную стабильность этих свойств. В отличие от авто- и газозаправочных станций, где моторное топливо только реализуется, АГНКС являются объектами, на которых природный газ, поступающий по подводящему газопроводу, подвергается комплексной обработке. Технологический процесс АГНКС (рис. 4) включает очистку в сепараторе и фильтрах

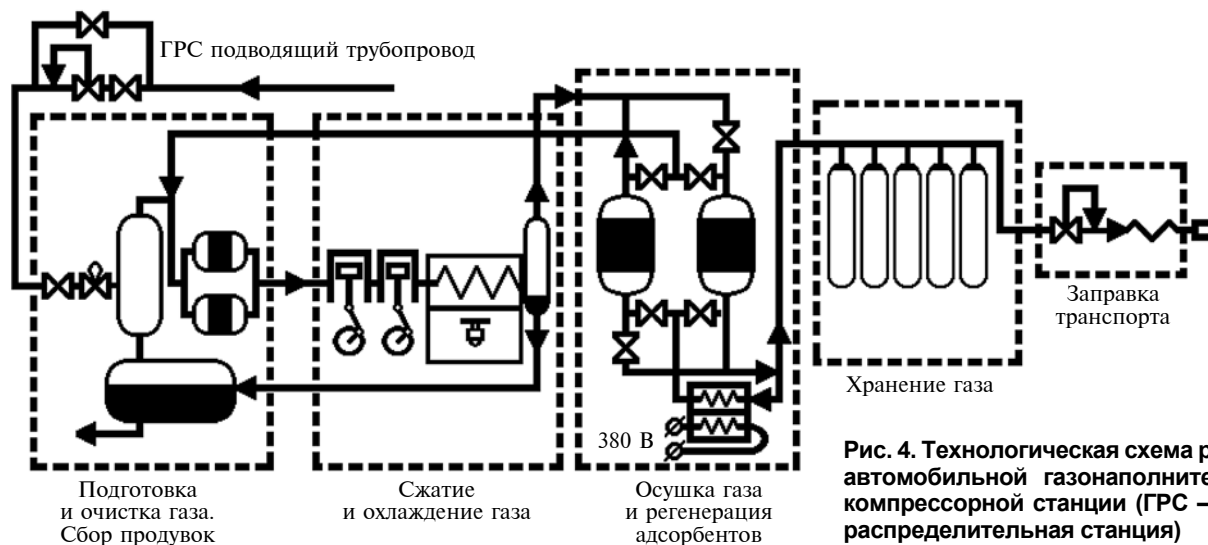


Рис. 4. Технологическая схема работы автомобильной газонаполнительной компрессорной станции (ГРС — газораспределительная станция)

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕМОНТ

Мировой рынок природного газа в качестве моторного топлива по состоянию на ноябрь 2013 г.

Страна	Число АГНКС, ед.	Число ГБА, ед.	ГБА/АГНКС
Китай	5730	3 000 000	524
Пакистан	2997	2 790 000	931
Иран	2074	3 500 000	1688
Аргентина	1932	2 317 201	1199
Бразилия	1805	1 761 050	976
США	1438	250 000	174
Германия	915	96 349	105
Украина	324	388 000	1198
Россия	252	90 000	357
Всего в мире	25 348	19 631 166	774

сырьевого газа от капельной жидкости и механических примесей, компримирование (сжатие) до 20—25 МПа с охлаждением после каждой ступени сжатия компрессорных установок, осушку газа от влаги в блоке осушки, хранение в аккумуляторах при 25 МПа и распределение через газозаправочные колонки при давлении 20 МПа.

Еще одной причиной, сдерживающей широкое применение природного газа как моторного топлива в нашей стране, является недостаточно развитая сеть АГНКС, на что указано и в работе [10]. По состоянию на ноябрь 2013 г. в России было всего 252 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (таблица) [11], что для России с ее обширной территорией явно недостаточно. При этом на одну АГНКС приходилось 357 газобаллонных автомобилей (ГБА), тогда как в Германии этот показатель был равен 105. Необходимо отметить, что существующая сеть АГНКС в настоящее время загружена не полностью, но малочисленность этой сети создает серьезные проблемы для широкого внедрения газомоторного топлива. Как отмечено в работе [10] в такой ситуации водителям приходится ездить на заправку газом за 30—40 км.

К серьезным проблемам, тормозящим внедрение газомоторного топлива на транспорте, является большой вес газобаллонного оборудования, в первую очередь — баллонов с компримированным природным газом. Масса используемых в настоящее время стальных баллонов, в которых природный газ хранится под давлением 200—250 бар и которые обеспечивают пробег транспортного средства 100—200 км, достигает 30–40 % общей массы транспорт-

ного средства. В этих условиях соответственно сокращается грузоподъемность транспортного средства, что приводит к снижению объемов перевозок грузов и нивелируется сниженная цена на природный газ. Эта проблема может быть отчасти решена путем замены тяжелых стальных баллонов аналогичными баллонами, выполненными из более современных материалов (композиты, армирование стекловолокном и др.).

Кардинальным решением является переход от компримированного природного газа (КПГ) к сжиженному природному газу (СПГ) [12, 13]. В этом случае энергоемкость баллонов с СПГ приближается к энергоемкости обычных топливных баков с жидкими нефтяными топливами. Конечно, существуют технические проблемы, сдерживающие использование СПГ в качестве моторного топлива, но они вполне решаемы.

В работе [10] указывается, что существует проблема рационального выбора организации процессов, происходящих в двигателях, переводимых на газомоторное топливо. Разработаны чисто газовый рабочий процесс, газодизельный рабочий процесс и их разновидности [1, 5, 9]. Выбор организации этих процессов должен осуществляться с учетом размерности двигателя (его литража), степени его форсировки, конструктивных особенностей двигателя и его систем, ряда других факторов. При этом нет единого универсального подхода к организации рабочих процессов. На мой взгляд, нерациональным подходом является конвертация уже существующих бензиновых и дизельных двигателей к работе на природном газе. Необходимо разрабатывать двигатели, которые изначально были бы ориентированы на работу на природном газе. Это позволяет получить наилучшие показатели топливной экономичности и токсичности ОГ этих двигателей.

Реализация газодизельного процесса позволяет решить проблему организации воспламенения природного газа в цилиндрах дизельного двигателя за счет запальной дозы дизельного топлива, но этот подход предполагает наличие на транспортном средстве и баллонов с природным газом, и топливного бака с запальным дизельным топливом. Это усложняет конструкцию двигателя и организацию рабочего процесса, создает неудобство заправки транспортного средства двумя видами топлива и

увеличивает его массу. Поэтому часто предпочтение отдается чисто газовому рабочему процессу.

Рассмотрим некоторые новые перспективные решения по организации рабочего процесса чисто газового двигателя [1, 5, 9]. Одним из основных конструктивных параметров газового двигателя, определяющего специфику его рабочего процесса, является степень сжатия, которая выбирается из условия обеспечения бездетонационной работы. При этом эффективность (КПД) термодинамического цикла работы теплового двигателя зависит не столько от степени сжатия, сколько от степени расширения, увеличиваясь с возрастанием последней. Поэтому газовый двигатель, конвертированный из бензинового, как минимум не проигрывает ему по значению эффективного КПД, поскольку имеет степень сжатия (и степень расширения) несколько выше прототипа. При конвертировании дизельного двигателя в газовый ситуация противоположная, поскольку дизельный прототип имеет существенно большую степень сжатия. Таким образом, желательно иметь как можно более высокую степень расширения при ограниченном значении степени сжатия.

Выходом из этой ситуации является реализация в газовом двигателе с наддувом цикла Миллера, в котором за счет раннего закрытия впускного клапана достигаются условия, при которых действительная степень расширения рабочего тела становится больше действительной степени сжатия. В этом случае степень сжатия можно выбирать из условия бездетонационной работы, а степень расширения максимально приблизить до значений в дизельном процессе. Кроме того, за счет расширения свежего заряда от момента закрытия впускного клапана до НМТ и увеличенной продолжительности теплового контакта охлажденного заряда и теплообменных поверхностей удается существенно снизить теплонапряженность деталей цилиндропоршневой группы, что является одной из главных проблем форсированных газовых двигателей. Недостатком такого метода организации рабочего процесса является необходимость получения в турбокомпрессоре более высоких, по сравнению с прототипом, давлений наддува. В противном случае за счет потери части хода поршня, необходимого для наполнения, среднее индикаторное (эффективное) давление будет невысоким. Кроме того, гидродинамическое совер-

шение проточных частей турбокомпрессора должно быть очень высоким, с тем, чтобы не создавать повышенного противодавления в выпускном тракте двигателя.

Примером практической реализации цикла Миллера в газовом двигателе является совместная разработка фирм Mitsubishi и Osaka Gas Co/ Ltd. в которой шестицилиндровый рядный газовый двигатель размерностью $S/D = 18/17$ при мощности $N_e = 280$ кВт и $p_e = 1,2$ МПа имеет степень сжатия $\epsilon_{сж} = 11$ при степени расширения $\epsilon_{рас} = 15$ [14]. При этом за счет такого способа организации рабочего процесса эффективный КПД удалось увеличить с 36 % ($\epsilon_{сж} = \epsilon_{рас}$) до 40 % ($\epsilon_{сж} < \epsilon_{рас}$), т. е. приблизить его к дизельному прототипу. На рис. 5 приведены значения эффективных КПД газовых двигателей, работающих по циклу Миллера, и с традиционным рабочим процессом при использовании стехиометрических и бедных смесей. Из этих данных следует, что двигатели, реализующие цикл Миллера, по эффективности преобразования выделяющейся при сгорании газозвушной смеси теплоты в механическую работу вне конкуренции. По мере уменьшения требуемой заказчиком выходной мощности будут уменьшаться расходы рабочих тел в турбокомпрессоре и, соответственно, необходимые окружные диаметры колес компрессора и турбины, что повлечет за собой снижение их адиабатных КПД. Поэтому использование цикла Миллера в газовых двига-

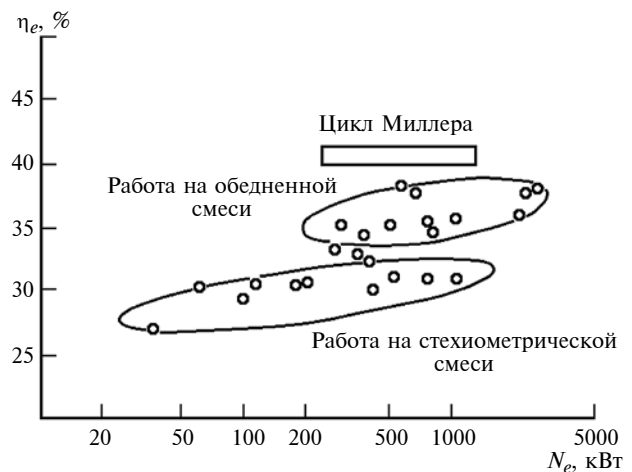


Рис. 5. Области изменения эффективных КПД для различных способов организации рабочего процесса газовых двигателей

телях с наддувом мощностью меньше 120—150 кВт вряд ли целесообразно из-за невысокого в этом случае термодинамического совершенства системы турбонаддува.

Выходные экологические и экономические показатели двигателя могут быть существенно улучшены в случае, если природный газ будет поступать не через впускную систему, а под высоким давлением впрыскиваться непосредственно в цилиндр двигателя. Такой способ организации рабочего процесса получил название DING-технология (Direct Induction Natural Gas) [15, 16]. При этом дроссельное устройство во впускном коллекторе становится не нужным, что повышает наполнение двигателя и снижает работу насосных ходов. Кроме того, такая подача газа позволяет максимально повысить равномерность работы цилиндров с одной стороны, и использовать возможности расслоения заряда в камере сгорания, с другой стороны.

На рис. 6 и 7 показаны области изменения среднего эффективного давления p_e в зависимости от частоты вращения n и соотношение между средним эффективным расходом топлива g_e и концентрацией оксидов азота в ОГ C_{NO_x} для разных способов организации рабочего процесса: работе на стехиометрических смесях, бедных смесях и DING-технологии в сравнении с дизелями. Данные рисунков свидетельствуют о том, DING-технология позволяет решить сразу три задачи: форсировать двигатель по среднему эффективному давлению, повысить КПД и снизить эмиссию оксидов азота.

В качестве примера на рис. 8 приведена характеристика изменения эффективного КПД η_e двухтактного двигателя 6V-92TA фирмы Detroit Diesel [17] размерностью $S/D = 12,7/12,3$ (степень сжатия $\epsilon_{сж} = 17$, мощность $N_e = 224$ кВт при $n = 2100$ мин⁻¹) в зависимости от среднего эффективного давления p_e при разных давлениях впрыскивания газа. Из данных рис. 8 следует, что дизельный двигатель и его газовая модификация имеют близкие показатели при том, что повышение давления впрыскивания от 13,5 МПа до 18,5 МПа практически ничего не меняет в рабочем процессе.

Сдерживающим фактором распространения DING-технологии является необходимость использования высокотехнологичного оборудования, включающего высокобарные газовые форсунки и

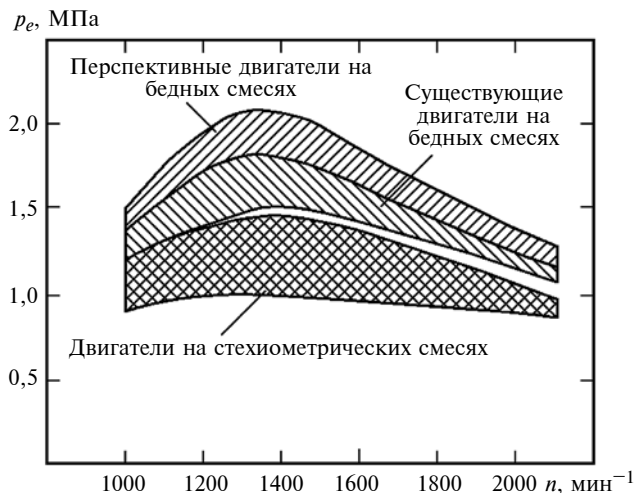


Рис. 6. Внешние скоростные характеристики газовых двигателей при организации рабочего процесса с разной степенью обеднения свежего заряда

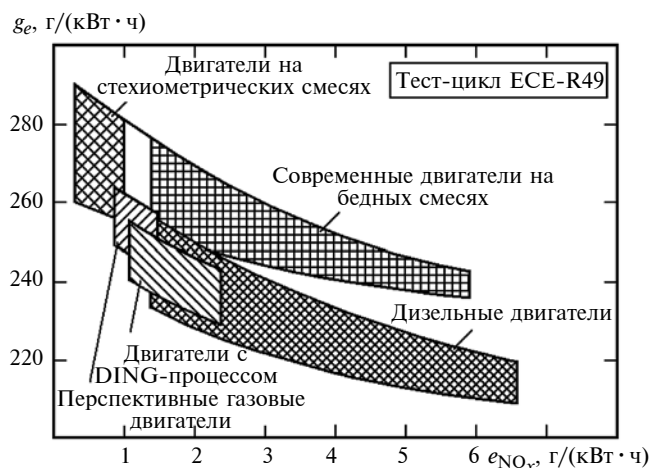


Рис. 7. Зависимость эмиссии NO_x от удельного расхода топлива g_e для различных типов двигателей

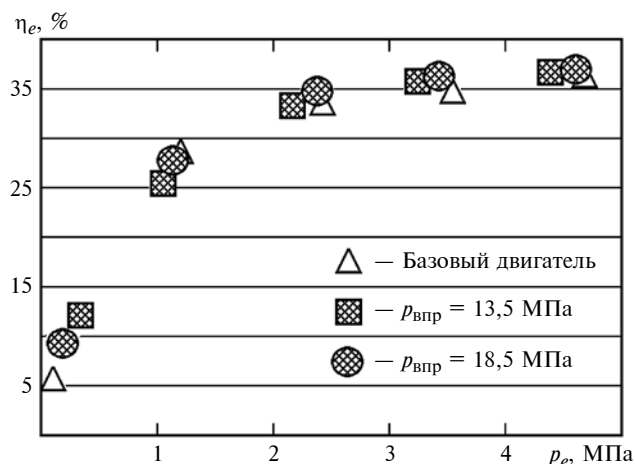


Рис. 8. Зависимость эффективного КПД η_e газового двигателя с непосредственным впрыскиванием природного газа в цилиндр от среднего эффективного давления p_e

систему поддержания требуемого давления перед ними, газовый компрессор переменной производительности, аккумулирующую емкость и микропроцессорную систему управления. Кроме того, топливоздушную смесь необходимо воспламенить от постороннего источника энергии — либо от свечи зажигания (с уменьшенной по сравнению с дизелем степенью сжатия), либо от запальной дозы ДТ (составляющей 1 % в упоминавшемся ранее двигателе 6V-92TA).

Рассмотренные технические решения могут быть использованы при разработке концепции перспективных газовых двигателей, обладающих требуемыми экологическими, экономическими и мощностными показателями. В заключение необходимо отметить, что рассмотренные проблемы, препятствующие широкому использованию природного газа в качестве моторного топлива для городского автотранспорта, вполне преодолимы. Большие запасы природного газа, его сравнительно невысокая цена и имеющиеся технические решения по адаптации двигателей в работе на природном газе создают благоприятные условия для того, чтобы сделать газомоторное топливо одним из основных видов моторного топлива в России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Альтернативные топлива** для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, И. А. Архаров, В. А. Марков и др. Под ред. А.А. Александрова, В. А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. 791 с.
2. **Патрахальцев Н.Н.** Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив. М.: Изд-во РУДН, 2008. 267 с.
3. **Льотко В., Луканин В. Н., Хачиян А. С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. 311 с.
4. **Инновационное развитие** альтернативной энергетики: Часть 1 / В.Ф. Федоренко, Н.Т. Сорокин, Д.С. Буклагин и др. М.: ФГНУ "Росинформгазотех", 2010. 348 с.
5. **Гайворонский А. И., Марков В. А., Илатовский Ю. В.** Использование природного газа и других альтерна-

- тивных топлив в дизельных двигателях. М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007. 480 с.
6. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 376 с.
7. **Кульчицкий А. Р.** Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2000. 256 с.
8. **Нефтяные моторные топлива:** экологические аспекты применения / А.А. Александров, И. А. Архаров, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2014. 691 с.
9. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иващенко Н.А.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Учебное пособие. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2008. 464 с.
10. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 376 с.
11. **Капустин А. А.** Природный газ — топливо для автомобильных ДВС // Грузовик. 2014. № 11. — С. 22—38.
12. **Пронин Е. Н.** Мировой газомоторный рынок // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 1. С. 60—71.
13. **Горбачев С. П.** Эффективность технологий производства СПГ на АГНКС // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. — 2005. — № 2. — С. 42—45.
14. **Кириллов Н. Г.** Сжиженный природный газ как универсальное моторное топливо XXI века: Технология производства и системы долгосрочного хранения: Обзор. Серия "Газификация. Природный газ в качестве моторного топлива. Использование газа". — М.: ИРЦ "Газпром", 2002. — 63 с.
15. **Fukuzawa Y., Kakuhama Y., Shimoda H.** et al. Development of High Efficiency Miller Cycle Gas Engine // Mitsubishi Technical Review. — 2001. — Vol. 38. — № 3. — P. 1—10.
16. **Bartunek B., Hilger U.** Direct Induction Natural Gas (DING): A Diesel-Derived Combustion System for Low Emissions and High Fuel Economy // SAE Technical Paper Series. — 2000. — № 2000-01-2827. — P. 1—12.
17. **Rubas P. J., Paul M. A., Martin G. C.** et al. Methane Jet Penetration in a Direct-Injection Natural Gas Engine // SAE Technical Paper Series. — 1998. — № 980143. — P. 1—12.
18. **Douville B., Ouellette P., Touchette A.** et al. Performance and Emissions of a Two-Stroke Engine Fueled Using High-Pressure Direct Injection of Natural Gas // SAE Technical Paper Series. — 1998. — № 981160. — P. 1—9.

УДК 622.692.4

И. В. Фадеев, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО "Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)", Волжский филиал, г. Чебоксары, e-mail: ivan-fadeev-2012@mail.ru.,

А. Н. Ременцов, д-р пед. наук, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО "Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)", e-mail: rementsov@madi.ru,

Ш. В. Садетдинов, д-р хим. наук, ФГБОУ ВПО "Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)", Волжский филиал, г. Чебоксары.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫХ КАЧЕСТВ МОЮЩИХ СРЕДСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АМИДОБОРАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Методами гравиметрии, снятия потенциодинамических поляризационных кривых и коррозионно-усталостных испытаний показано повышение противокоррозионных свойств технических моющих средств амидоборатными соединениями.

Ключевые слова: техническое моющее средство МЛ 72, амидоборатные соединения, коррозионные испытания.

Актуальность исследования

Современная зачистка топливных автомобильных цистерн от остатков нефтепродуктов предусматривает мойку внутренних поверхностей резервуаров техническими моющими средствами (ТМС). Данная операция является необходимым условием для обеспечения их эксплуатационной надежности и неотъемлемой частью технологического процесса нефтепродуктообеспечения [1].

Основными техническими средствами, применяемыми для зачистки автомобильных цистерн, являются ТМС типа МЛ (МЛ-72, МЛ-52, МЛ-51), горячая техническая вода или горячая вода в смеси с ТМС.

Применение указанных средств не обеспечивает должную защиту от коррозии поверхности резервуара в процессе эксплуатации.

Цели и задачи исследования

Целью данного исследования являлось изучение коррозионной стойкости стали Ст3 в технической воде, в 3-процентном растворе МЛ 72 и в растворе

МЛ 72 без ингибиторов и в присутствии ингибиторов коррозии. С этой целью к растворам добавляли 5 г/л соединений, полученных взаимодействием тетрабората аммония с формамидом и диметилформамидом составов $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ [2] в пересчете на безводную соль.

При реализации поставленной цели решались задачи по изучению влияния амидоборатных соединений:

— на скорость коррозии стали Ст3 в технической воде, 3-процентном растворе МЛ 72 и растворе МЛ 72;

— на коррозионно-электрохимическое поведение стали Ст3 в технической воде, 3-процентном растворе МЛ 7 и растворе МЛ 72;

— на циклическую прочность стали Ст3 в растворе МЛ 72 (состава $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

Методика исследования

Исследования скорости коррозии стали Ст3 в ТМС проводили на лабораторных установках по общепринятым методам исследования коррозии ме-

таллов [4]. Образцы стали Ст3 погружали в 5-процентные растворы амидоборатов, выдерживали в этих растворах 8 ч при перемешивании и температуре 40—50 °С, затем извлекали и оставляли на воздухе на 16 ч. Это составляло один цикл. Проводили 5 циклов испытаний (120 ч), после каждого цикла снимали с установок 3—5 образцов, обрабатывали и взвешивали их на аналитических весах.

Электрохимические измерения проводили на электронном потенциостате П-5848 методами записи изменений потенциала во времени без поляризации и снятием анодных и катодных потенциодинамических поляризационных кривых исследуемого электрода из стали Ст3 в коррозионных средах согласно описанию в [5].

Коррозионно-усталостные испытания образцов из стали Ст3 осуществляли по методике, описанной в [3].

Результаты исследования

Количественную оценку защитных свойств осуществляли по скорости коррозии (ρ , г/м²·ч), измеренной в коррозионных средах, а также по рассчитанным значениям коэффициентов торможения (γ , раз) и степеней защиты (Z , %).

Коррозионные испытания (табл. 1 и рис. 1) показали, что существенной коррозионной активностью по сравнению с МЛ 72 обладает техническая вода. Скорость коррозии стали после 120 ч испытания составила 0,1572 г/м²·ч — в технической воде; 0,1241 г/м²·ч — в 3-процентном растворе МЛ 72 и 0,0278 г/м²·ч — в растворе МЛ 72.

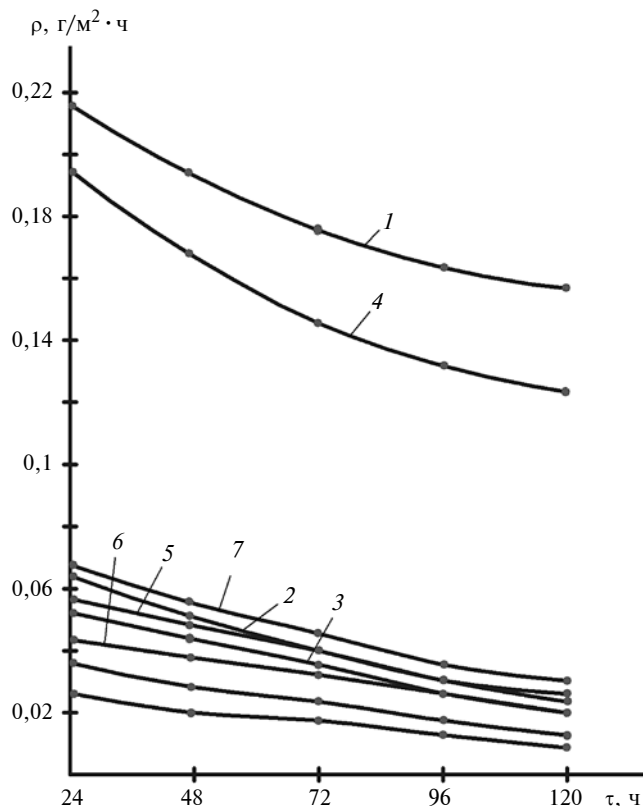


Рис. 1. Изменение скорости коррозии стали Ст3 во времени:

1 — в технической воде; 2 — в технической воде + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 3 — в технической воде + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 4 — в 3-процентном растворе МЛ 72; 5 — в 3-процентном растворе МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 6 — в 3-процентном растворе МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 7 — в МЛ 72; 8 — в МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 9 — в МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Средняя скорость коррозии (ρ , г/м²·ч), коэффициент торможения (γ раз) и степень защиты (Z , %) стали Ст3 за 120 часов испытаний в технической воде, 3-процентном растворе МЛ 72 и растворе МЛ 72 без добавки и с добавкой амидоборатов концентрации 5 г/л

Растворы	ρ , г/м ² ·ч	γ , раз	Z , %
Техническая вода	0,1572	—	—
Техническая вода + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,0264	5,9	82,6
Техническая вода + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,0218	7,2	85,9
3-процентный раствор МЛ 72	0,1241	—	—
3-процентный раствор МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,0238	5,2	80,6
3-процентный раствор МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,0212	5,9	82,1
МЛ 72	0,0278	—	—
МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,0068	4,1	75,6
МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,0052	5,4	81,3

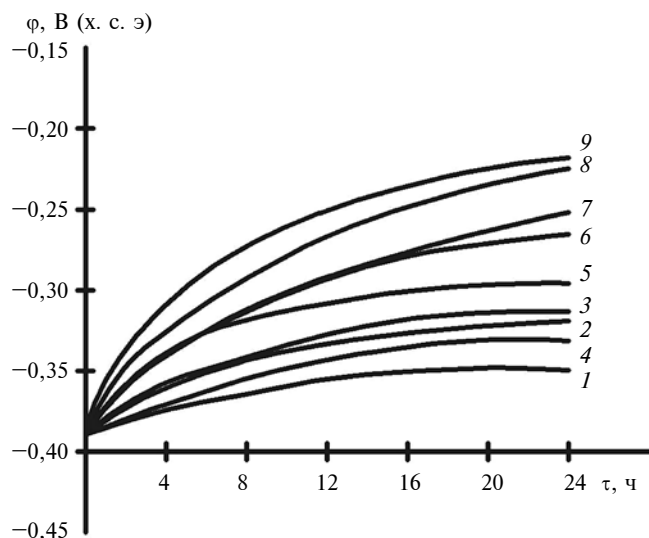


Рис. 2. Изменение стационарного потенциала стали Ст3 во времени:

1 — в технической воде; 2 — в технической воде + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 3 — в технической воде + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 4 — в 3-процентном растворе МЛ 72; 5 — в 3-процентном растворе МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 6 — в 3-процентном растворе МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 7 — в МЛ 72; 8 — в МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 9 — в МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

При введении в техническую воду, в 3-процентный раствор МЛ-72 и в раствор МЛ 72 амидоборатов составов $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ концентрации 5 г/л скорость коррозии стали понижалась и составляла 0,0264; 0,0238; 0,0068 и 0,0218; 0,0212; 0,0052 г/м² · ч соответственно.

Степень защиты колебалась от 75,6 до 85,9 %, а коэффициент торможения — от 4,1 до 7,2 раз.

Информация о пассивирующих свойствах амидоборатов получена путем измерения стационарных потенциалов стали Ст3 (рис. 2). Электродные потенциалы стали во времени в технической воде, 3-процентном растворе МЛ 72 и в растворе МЛ 72 облагораживаются. Введение амидоборатов в изучаемые коррозионные среды приводит к повышению ингибирующего действия растворов.

По истечении 24 ч электродные потенциалы стали в растворах с амидоборатами приобретают более положительные значения по сравнению с потенциалами в исходных растворах.

Методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых проведено сравнительное изучение влияния амидоборатов на коррозионно-электрохимическое поведение стали Ст3 в технической воде, в 3-процентном растворе МЛ 72 и в растворе МЛ 72.

Изучаемые ТМС, содержащие 5 г/л амидоборатов составов $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, характеризуются большей ингибирующей способностью, чем ТМС без указанных присадок.

На рис. 3 приведены анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст3.

В технической воде сталь интенсивно растворяется (кривые 1 и 1'). В присутствии амидоборатов (кривые 2, 3 и 2', 3') потенциалы растворения металла смещены в положительную сторону относительно $E_{\text{кор}}$ в фоновом электролите. Аналогичная картина наблюдается и в ТМС с добавлением амидоборатов. При этом соединение на основе тетрабората аммония и диметилформамида состава $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ характеризуется большей ингибирующей способностью. Результаты электрохимических исследований коррелируют с данными, полученными гравиметрическим методом. Следует отметить, что амидоборатные ингибиторы преимущественно замедляют анодный процесс.

Результаты усталостных и коррозионно-усталостных испытаний в 3-процентном растворе МЛ 72 с добавкой и без добавки амидобората состава

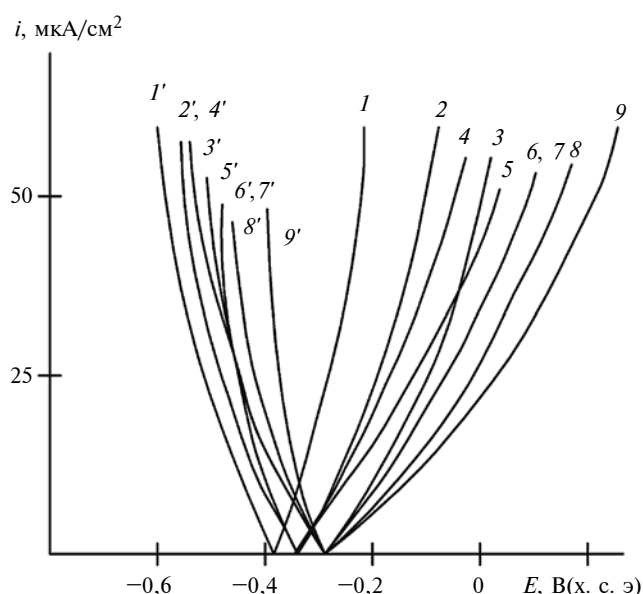


Рис. 3. Анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст3:

1 и 1' — в технической воде; 2 и 2' — в технической воде + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 3 и 3' — в технической воде + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 4 и 4' — в 3-процентном растворе МЛ 72; 5 и 5' — в 3-процентном растворе МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 6 и 6' — в 3-процентном растворе МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 7 и 7' — в МЛ 72; 8 и 8' — в МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONH}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 9 и 9' — в МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

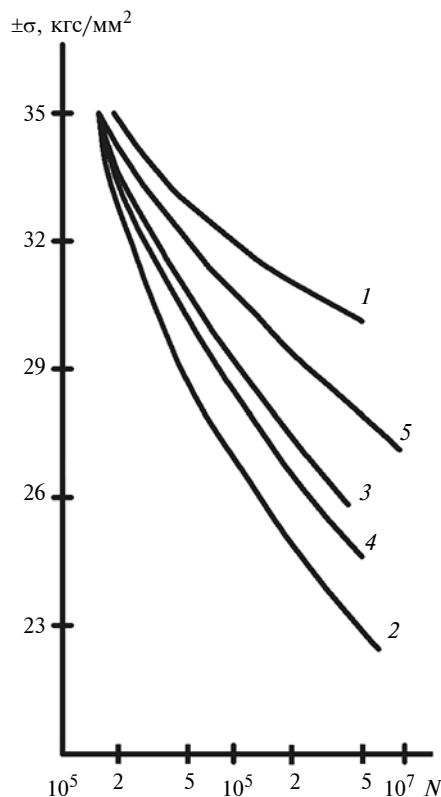


Рис. 4. Кривые усталости и коррозионной усталости стали Ст3:

1 — на воздухе; 2 — в 3-процентном растворе МЛ 72; 3 — в 3-процентном растворе МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{V}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 4 — на воздухе после предварительной выдержки в 3-процентном растворе МЛ 72; 5 — на воздухе после предварительной выдержки в 3-процентном растворе МЛ 72 + 5 г/л $(\text{NH}_4)_2\text{V}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

$(\text{NH}_4)_2\text{V}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ представлены на рис. 4 (кривые 1, 2, 3).

С целью уточнения природы разрушающих факторов, вызывающих уменьшение циклической прочности, снимали усталостные кривые на воздухе после предварительной выдержки металла в коррозионных средах (кривые 4, 5). Приведенные данные указывают на то, что суммарная потеря циклической прочности ($\Delta\delta_N^{\text{с.к}}$) исследуемой стали в 3-процентном растворе МЛ 72 на базе испытания $N = 2 \cdot 10^6$ циклов составляет $5,8 \text{ кгс/мм}^2$ (кривые 1 и 2). Из них $72,4 \%$ приходится на коррозионные поражения ($\Delta\delta_N^{\text{ч.к}} = 4,2 \text{ кгс/мм}^2$) (кривые 1, 2 и 4).

Добавка амидобората в количестве 5 г/л в 3-процентный раствор МЛ 72 увеличивает циклическую прочность стали (сравнить кривые 2 и 3), что обусловлено снижением эффективности действия раз-

рушающих факторов в уменьшении циклической прочности металла (кривые 1, 3, 5). На данной базе испытания амидоборат примерно в равной степени уменьшает разрушающий эффект чисто коррозионных и коррозионно-механических поражений ($\Delta\delta_N^{\text{с.к}} = 2,0 \text{ кгс/мм}^2$, а $\Delta\delta_N^{\text{ч.к}} = 1,4 \text{ кгс/мм}^2$, что составляет 58,8 и 41,2 % от $\Delta\delta_N^{\text{с.к}}$ соответственно).

Результаты коррозионно-усталостных испытаний свидетельствуют о том, что амидобораты, снижая эффективность действия разрушающих факторов в уменьшении циклической прочности, увеличивают коэффициент запаса циклической прочности стали в исследуемой среде.

Заключение

В результате проведенных исследований противокоррозионных свойств ТМС с амидоборатными соединениями установлены следующие закономерности:

1. Присутствие амидоборатов концентрации 5 г/л в изученных ТМС снижает скорость коррозии стали в 6—7 раз, увеличивает коэффициент торможения коррозии в 4—7 раз, степень защиты от коррозии до 86 %.
2. Введение амидоборатов в коррозионные среды повышает ингибирующее действие растворов.
3. Амидобораты, снижая эффективность действия разрушающих факторов в уменьшении циклической прочности, увеличивают коэффициент запаса циклической прочности стали в исследуемой среде. Наиболее эффективным является амидоборат состава $(\text{NH}_4)_2\text{V}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{HCONC}_2\text{H}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Межотраслевые правила к охране труда при эксплуатации нефтебаз, складов ГСМ, стационарных и передвижных АЗС, утверждены постановлением Минтруда РФ от 06.05.2002 г. № 33.
2. Садетдинов Ш. В. Фазовые равновесия в системе $(\text{NH}_4)_2\text{V}_4\text{O}_7\text{—HCONH}_2(\text{HCONC}_2\text{H}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$ при 25°C / Ш. В. Садетдинов, В. Г. Скворцов, А. К. Молодкин, В. М. Акимов, Р. С. Цехонский // Журнал неорганической химии. — 1980. — Том 25. — № 2. 3 С. 553—557.
3. Садетдинов Ш. В. Ингибиторные свойства аминокоррозионного соединения, как присадки к закалочной среде / Ш. В. Садетдинов, Д. С. Богатырев // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития. Сборник материалов 4-й Межрегиональной научно-практической конференции. — Чебоксары: Волжский филиал МАДИ. — 2011. — С. 207.
4. Розенфельд И. Л. Новые методы исследования коррозии металлов / И. Л. Розенфельд. — М.: "Наука", 1973. — С. 202.
5. Фадеев И. В. Коррозия и защита металлов: учеб. пособие / И. В. Фадеев, Ш. В. Садетдинов, С. В. Житарь. — Чебоксары: Волжский филиал МАДИ. 2014. — 110 с.

УДК 629.113.004.67

М. Ю. Карелина, канд. техн. наук, МАДИ, e-mail: karelinamu@mail.ru,

С. М. Гайдар, д-р техн. наук, ФГБОУ ВО РГАУ—МСХА им. К. А. Тимирязева,
e-mail: avtokon93@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Показана возможность использования наноматериалов для улучшения эксплуатационных характеристик двигателей внутреннего сгорания. Дана характеристика "присадок" и "добавок", используемых для создания условий трения в трибосопряжениях. Проведены исследования и показана эффективность использования фторсодержащих поверхностно-активных веществ в качестве антифрикционных и противозносных "добавок" к смазочным материалам в режиме эксплуатации.

Ключевые слова: присадки, добавки, двигатель, токсичность, топливная экономичность, трибосопряжения, фторсодержащие поверхностно-активные вещества.

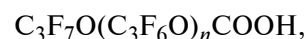
Практика уменьшения трения и изнашивания в различных механизмах и машинах имеет большую историю, начиная с применения жиров и масел, дегтя, талька, графита, молибдена, различных порошков и соединений мягких металлов, многих притирочных составов и продуктов нефтехимии. В 70-х годах прошлого века стало возможным увеличение ресурса работы подвижных соединений путем добавления в масло или топливо специальных составов, представляющих собой сложные соединения. Одни из них были названы добавками, другие присадками.

Под термином "добавка" принято считать продукты различной природы и состава как неорганические, так и органические нерастворяемые в масле, а образующие коллоидный раствор. Для введения такого вида "добавок" (обычно их количество составляло от 0,2 до 10 г) их предварительно эмульгируют в керосине или индустриальном масле для возможности введения малого количества в смазочную систему. Одним из свойств "добавки" является невливание на качественные показатели масла. Масло служит лишь носителем ревитализанта в зону трения.

"Присадка" к маслу — препарат, условно говоря, органической природы, растворимый в масле, вводимый в базовое масло (исходный продукт переработки нефти) для создания товарного смазочного масла. "Присадки", улучшая качество масла, не создают заметного защитного слоя на поверхностях деталей, а "добавки", взаимодействуя с поверхностями деталей, создают защитную пленку размером

от нескольких нанометров до десятков микрон. Отличительным свойством "добавок" от "присадок" является то, что первые не требуют повторного применения, а вторые — каждый раз [1].

Одной из таких "добавок" является препарат "Универсальный модификатор", далее — "Модификатор". Он представляет собой органическое соединение, относящееся к классу поверхностно-активных веществ (ПАВ). Молекула данного ПАВ имеет дифильное строение и имеет вид:



где: $n = 8...30$.

Особенностью дифильных молекул является то, что одна часть молекулы является функциональной группой ($-COOH$), образующей прочную химическую связь молекулы с поверхностью. Вторая часть молекулы — радикал, в состав которого входят атомы фтора, вследствие чего ПАВ не растворяется в углеводородах. Эта часть молекулы имеет цепное строение. Формирование мономолекулярного слоя из таких молекул на поверхности трибосопряжений влияет на условия смазки в машинах и механизмах.

Оценка влияния применения "Модификатора" в качестве "добавки" в масло на токсичность, топливную экономичность и скоростные свойства автомобиля ВАЗ-2105 проводилась при испытании на специализированном роликовом стенде в период пробега до 11 000 км, в том числе в процессе рядовой эксплуатации.

Объект испытаний

"Модификатор универсальный УМ" (ТУ 2229-002-27991970—94) представляет собой эмульсию фторсодержащего поверхностно-активного вещества в индустриальном масле И-12. Модификатор согласно ТУ предназначен для использования в узлах трения с целью снижения трения и увеличения износостойкости в виде "добавки" ко всем видам моторных и трансмиссионных масел, применяемых в системах смазки карбюраторных и дизельных двигателей, коробках передач и дифференциалах автотракторной техники и т. д.

Заправка модификатора на автомобиле осуществлялась по одной упаковке в 100 мл (в каждый агрегат) одновременно — в картер двигателя, коробку передач и задний мост — после предварительной замены старых масел (и масляного фильтра) и одной промывочной заправки.

Сравнительные испытания проводились на автомобиле ВАЗ-2105; пробег 60 100 км; кузов № ХТА210500 (J1142833), гос. № Е 412 ВЕ 77Рус; весовая категория 1136 кг; шины ЕХ-85 RТtype 175/70R13 82S; двигатель ВАЗ-2105; рабочий объем 1,5 л; степень сжатия 9,2; карбюратор ДААЗ 2105-1107010. Система зажигания — бесконтактная. Перед испытаниями были проверены свечи зажигания; отрегулирован холостой ход.

Методика и программа испытаний

Диагностика системы зажигания и регулировка двигателя на холостом ходу, в том числе на содержа-

ние окиси углерода проводилась в соответствии с ГОСТ 17.2.2.03—87 ($n = 900 \text{ мин}^{-1}$; $\text{CO}_{\text{xx}} \leq 1,5 \%$). Угол опережения зажигания при испытании устанавливался по инструкции завода — изготовителя автомобилей.

Оценка токсичности ОГ автомобиля при испытании по методам Правил ЕЭК ООН № 83-01 (испыт. цикл MVEG-A) с пуском двигателя из прогретого состояния.

Оценка изменения содержания окиси углерода и углеводородов на холостом ходу на частотах вращения по ГОСТ 17.2.2.03—87.

Оценка топливной экономичности в городском цикле по ГОСТ 20306—90.

Оценка топливной экономичности автомобиля по усредненному показателю при испытании на постоянных скоростях в 30, 45, 60, 75, 90 км/ч.

Оценка суммарного снижения потерь на трение в двигателе, коробке передач и заднем мосту путем определения времени выбега автомобиля в автоматическом режиме роликового стенда на прямой передаче в интервалах скоростей 90—70 км/ч и 55—30 км/ч по суммарному показателю (тремякратно).

Оценка скоростных свойств автомобиля при разгоне от 30 до 90 км/ч.

Оценка показателей производилась в следующей последовательности:

- а) без присадки;
- б) с присадкой "Модификатора", добавленного в масло после пробега на роликовом стенде в 30, 500, 1000, 1500 км (при продолжении обработки топливной



Рис. 1. Полный цикл испытания автомобиля

ПРАКТИКА

системы "Автоконом", так как установлено, что его длительное воздействие не оказывает влияния на параметры токсичности и экономичности автомобиля);

в) подконтрольные испытания автомобиля в процессе рядовой эксплуатации при пробегах в 6300 и 11 000 км (только с "Модификатором").

В испытаниях применялось следующее оборудование: роликовый стенд фирмы "Цольнер" RPL 510/22 СМб. 8-23/GPM-100; газовый анализатор фирмы "Пирбург" АМА-224; расходомер фирмы "Пирбург".

Полный цикл испытания приведен на рис. 1.

Полный цикл разработан как имитация городского и загородного режима дорожного движения.

Пробы газа при городском цикле собирались суммарно с первого и второго городского цикла и третьего и четвертого городского цикла в соответствии с ГОСТ 41.83—2004.

Городской цикл характеризуется повышенным расходом топлива. Это связано большей интенсивностью изменения скорости автомобиля, также с необходимостью прогрева и работой двигателя во время стоянок на светофорах и в "пробках". Подробный график приведен на рис. 2 и в табл. 1.

Загородный цикл имитирует движение по шоссе и автострадам. Он характеризуется большой плавностью хода и продолжительными интервалами удерживаемой скорости. Скорости близки к крейсерским.

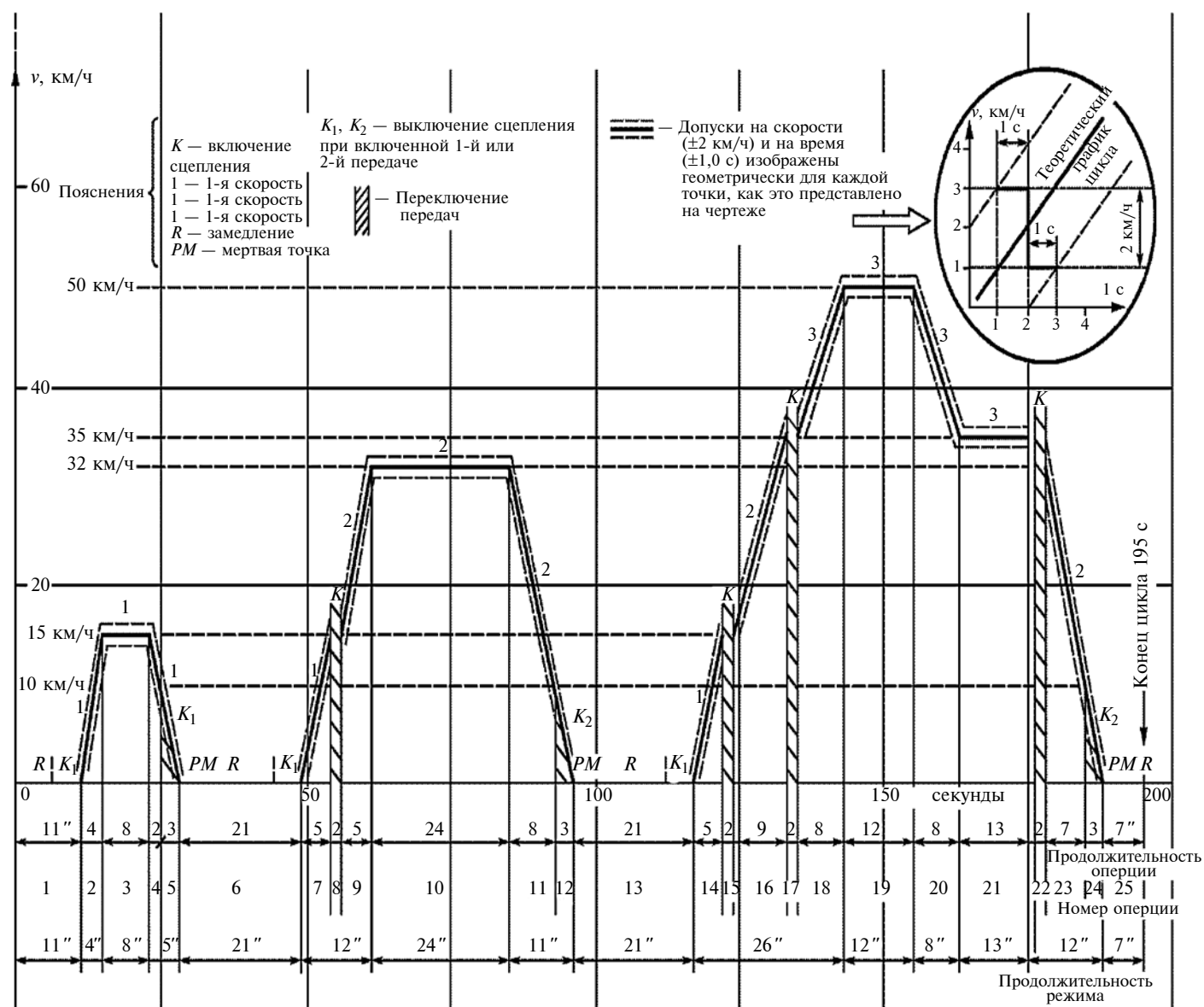


Рис. 2. Городской цикл испытания автомобиля

ПРАКТИКА

Таблица 1

Простой городской испытательный цикл на динамометрическом стенде (первая часть)

Номер операции	Операция	Фаза	Ускорение, м/с ²	Скорость, км/ч	Продолжительность, с		Общая продолжительность (нарастающий итог), с	Используемая передача при наличии механической коробки передач
					операции	фазы		
1	Холостой ход	1	—	—	11	11	11	6 с <i>PM</i> + 5 с <i>K</i> ₁
2	Ускорение	2	1,04	0—15	4	4	15	1
3	Постоянная скорость	3	—	15	9	8	23	1
4	Замедление	4	-0,69	15—10	2	5	25	1
5	Замедление с выключенным сцеплением	4	-0,92	10—0	3		28	<i>K</i> ₁
6	Холостой ход	5	—	—	21	21	49	16 с <i>PM</i> + 5 с <i>K</i> ₁
7	Ускорение	6	0,83	0—15	5	12	54	1
8	Переключение передачи	6	—	—	2		56	—
9	Ускорение	6	0,94	15—32	5		61	2
10	Постоянная скорость	7	—	32	24	24	85	2
11	Замедление	8	-0,75	35—10	8	11	93	2
12	Замедление с выключенным сцеплением	8	-0,92	10—0	3		96	<i>K</i> ₂
13	Холостой ход	9	0—15	0—15	21	—	117	16 с <i>PM</i> + 5 с <i>K</i> ₁
14	Ускорение	10	—	—	5	26	122	1
15	Переключение передачи	10	—	—	2		124	
16	Ускорение	10	0,62	15—35	9		133	2
17	Переключение передачи	10	—	—	2		135	
18	Ускорение	10	0,52	35—50	8		143	3
19	Постоянная скорость	11	—	50	12	12	155	3
20	Замедление	12	-0,52	50—35	8	8	163	3
21	Постоянная скорость	13	—	35	13	13	176	3
22	Переключение передачи	14	—	—	2	12	178	
23	Замедление	14	-0,86	32—10	7		185	2
24	Замедление с выключенным сцеплением	14	-0,92	10—0	3		188	<i>K</i> ₂
25	Холостой ход	15	—	—	7	7	195	7 с <i>PM</i>

Примечание: *PM* — коробка передач в нейтральном положении при включенном сцеплении; *K*₁, *K*₂ — коробка передач при включенной первой или второй передаче с выключенным сцеплением.

ПРАКТИКА

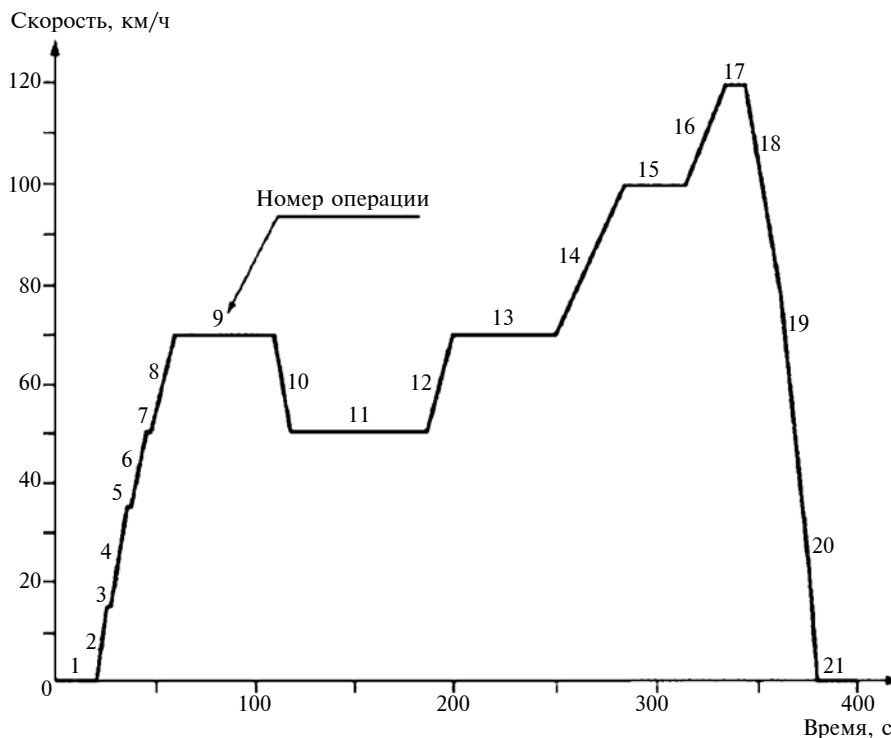


Рис. 3. Загородный цикл испытания автомобиля

Как результат, потребление топлива снижено. Подробный график показан на рис. 3 и в табл. 2.

Результаты испытаний автомобиля с "Модификатором" и без него представлены в табл. 3—9.

Таблица 2

Загородный цикл (вторая часть) испытания типа I

Номер операции	Операция	Фаза	Ускорение, м/с ²	Скорость, км/ч	Продолжительность, с		Общая продолжительность (нарастающий итог), с	Используемая передача при наличии механической коробки передач
					операции	фазы		
1	Холостой ход	1	—	—	20	20	20	$K_1^{1)}$
2	Ускорение		0,83	0—15	5		25	1
3	Переключение передачи		—	—	2		27	—
4	Ускорение		0,62	15—35	9		36	2
5	Переключение передачи	2	—	—	2	41	38	—
6	Ускорение		0,52	35—50	8		46	3
7	Переключение передачи		—	—	2		48	—
8	Ускорение		0,43	50—70	13		61	4
9	Постоянная скорость	3	—	70	50	50	111	5
10	Замедление	4	-0,69	70—50	8	8	119	4 с 5 + 4 с 4
11	Постоянная скорость	5	—	50	69	69	188	4

ПРАКТИКА

Продолжение табл. 2

Номер операции	Операция	Фаза	Ускорение, м/с ²	Скорость, км/ч	Продолжительность, с		Общая продолжительность (нарастающий итог), с	Используемая передача при наличии механической коробки передач
					операции	фазы		
12	Ускорение	6	0,43	50—70	13	13	201	4
13	Постоянная скорость	7	—	70	50	50	251	5
14	Ускорение	8	0,24	70—100	35	35	286	5
15	Постоянная скорость ²⁾	9	—	100	30	30	316	5
16	Ускорение ²⁾	10	0,28	100—120	20	20	336	5
17	Постоянная скорость	11	—	120	10	10	346	5
18	Замедление ²⁾	12	-0,69	120—80	16	34	362	5
19	Замедление ²⁾		-1,04	80—50	8		370	5
20	Замедление с выключенным сцеплением		1,39	50—0	10		380	K_5 ¹⁾
21	Холостой ход	13	—	—	20	20	400	PM ¹⁾

¹⁾ PM - коробка передач в нейтральном положении при включенном сцеплении; K_1, K_5 - коробка передач при включенной первой или пятой передаче с выключенным сцеплением.

²⁾ Если транспортное средство оснащено коробкой передач, имеющей более пяти передач, дополнительные передачи могут быть использованы в соответствии с рекомендациями изготовителя.

Таблица 3

Результаты испытаний без присадки

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Первое испытание						
Первый и второй городской цикл	42,22	3,22	8,53	11,75	9,18	—
Третий и четвертый городской цикл суммарно	46,17	3,62	8,61	12,23	9,13	—
Среднее значение по городскому циклу	43,2	3,47	8,57	12,04	9,16	28,0/27,72
Загородный цикл	28,94	1,97	21,23	23,2	—	
Сумма среднего городского значения и загородного	72,14	5,44	29,8	—		
Приведенное в г/км	6,52	0,48	2,65	3,13		
Второе испытание						
Первый и второй городской цикл	43,97	3,62	7,89	11,51	9,67	

ПРАКТИКА

Продолжение табл. 3

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Третий и четвертый городской цикл суммарно	42,66	3,71	7,8	11,51	9,33	
Среднее значение по городскому циклу	43,32	3,67	7,85	11,52	9,5	28,0/27,72
Загородный цикл	28,5	1,93	21,4	23,33		
Сумма среднего городского значения и загородного	71,82	5,6	29,25	34,85		
Приведенное в г/км	6,4	0,5	2,6	3,1		
В среднем по испытанию						
2 простых городских цикла	43,26	3,57	8,2	11,77	9,53	28,0/27,72
Приведенное в г/км	6,46	0,49	2,63	3,12		

Таблица 4

Результаты испытаний после пробега 30 км с "Модификатором"

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Первое испытание						
Первый и второй городской цикл	39,14	3,14	7,48	10,62	8,64	
Третий и четвертый городской цикл суммарно	44,42	3,27	7,4	10,67	8,49	
Среднее значение по городскому циклу	41,78	3,21	7,44	10,65	8,56	27,3/28,53
Загородный цикл	26,72	1,89	20,78	22,68		
Сумма среднего городского значения и загородного	68,5	5,1	28,22	33,32		
Приведенное в г/км	6,1	0,46	2,51	2,97		
Второе испытание						
Первый и второй городской цикл	42,66	3,19	6,76	9,95	8,34	
Третий и четвертый городской цикл суммарно	39,14	3,14	6,76	9,9	8,29	

ПРАКТИКА

Продолжение табл. 4

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Среднее значение по городскому циклу	40,9	3,17	6,75	9,92	8,31	27,3/28,53
Загородный цикл	26,72	1,89	20,78	22,67		
Сумма среднего городского значения и загородного	67,62	5,05	27,54	32,59		
Приведенное в г/км	6,03	0,45	2,45	2,9		
В среднем по испытанию						
2 простых городских цикла	41,34	3,19	7,09	10,28	8,44	27,3/28,53
Приведенное в г/км	6,07	0,46	2,48	2,94		

Таблица 5

Результаты испытаний после пробега 30 км с "Модификатором"

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Первое испытание						
Первый и второй городской цикл	41,78	3,32	7,4	10,72	8,83	
Третий и четвертый городской цикл суммарно	43,98	3,36	6,68	10,04	8,39	
Среднее значение по городскому циклу	42,88	3,34	7,04	10,38	8,61	27,5/28,84
Загородный цикл	33,17	1,99	20,34	22,33		
Сумма среднего городского значения и загородного	76,05	5,33	27,28	32,71		
Приведенное в г/км	6,78	0,47	2,44	2,91		
Второе испытание						
Первый и второй городской цикл	43,54	3,1	6,36	9,46	8,78	

ПРАКТИКА

Продолжение табл. 5

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Третий и четвертый городской цикл суммарно	41,34	3,03	6,2	9,23	8,49	
Среднее значение по городскому циклу	42,44	3,07	6,28	9,35	8,64	27,5/28,84
Загородный цикл	25,39	1,9	20,09	21,99		
Сумма среднего городского значения и загородного	67,83	4,97	26,37	31,34		
Приведенное в г/км	6,04	0,44	2,35	2,79		
В среднем по испытанию						
2 простых городских цикла	42,66	3,21	6,66	9,87	8,62	27,5/28,84
Приведенное в г/км	6,41	0,46	2,4	2,86		

Таблица 6

Результаты испытаний после пробега 1000 км с "Модификатором"

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Единственное испытание						
Первый и второй городской цикл	41,4	3,3	6,82	10,12	8,69	
Третий и четвертый городской цикл суммарно	42,9	3,27	6,57	9,84	8,31	
Среднее значение по городскому циклу	42,57	3,37	7,07	10,44	8,5	27,5/29,0
Загородный цикл	26,12	1,91	19,35	21,26		
Сумма среднего городского значения и загородного	68,69	5,28	26,42	31,7		
Приведенное в г/км	6,1	0,47	2,35	2,82		

ПРАКТИКА

Таблица 7

Результаты испытаний после пробега 1500 км с "Модификатором"

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Первое испытание						
Первый и второй городской цикл	41,91	3,37	7,32	10,69	8,69	
Третий и четвертый городской цикл суммарно	43,23	3,37	7,07	10,44	8,09	
Среднее значение по городскому циклу	42,57	3,37	7,2	10,57	8,39	27,5/29,3
Загородный цикл	27,02	1,98	18,95	20,93		
Сумма среднего городского значения и загородного	69,59	5,36	26,02	31,38		
Приведенное в г/км	6,8	0,48	2,32	2,8		
Второе испытание						
Первый и второй городской цикл	48,96	3,33	6,15	9,48	8,39	
Третий и четвертый городской цикл суммарно	52,93	3,33	6,07	9,4	8,34	
Среднее значение по городскому циклу	50,94	3,33	6,11	9,44	8,36	27,5/29,3
Загородный цикл	29,7	2,0	18,65	20,65		
Сумма среднего городского значения и загородного	80,64	5,33	24,76	30,09		
Приведенное в г/км	7,19	0,47	2,21	2,68		
В среднем по испытанию						
2 простых городских цикла	46,77	3,35	6,59	9,94	8,38	27,5/29,3
Приведенное в г/км	7,0	0,48	2,27	2,75		

ПРАКТИКА

Таблица 8

Результаты испытаний после пробега 6300 км с "Модификатором"

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	Суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Первое испытание						
Первый и второй городской цикл	62,0	2,31	5,4	7,65	8,14	
Третий и четвертый городской цикл суммарно	62,87	2,58	5,69	8,27	8,19	
Среднее значение по городскому циклу	62,44	2,45	5,51	7,96		
Загородный цикл	41,39	2,02	18,57	20,59		
Сумма среднего городского значения и загородного	103,83	4,47	24,08	28,55		
Приведенное в г/км	9,25	0,39	2,19	2,58		
Второе испытание						
Первый и второй городской цикл	62,0	2,4	5,1	7,5		
Третий и четвертый городской цикл суммарно	58,91	2,49	5,1	7,59		
Среднее значение по городскому циклу	60,45	2,45	5,1	7,55		
Загородный цикл	40,3	2,16	17,77	19,93		
Сумма среднего городского значения и загородного	100,75	4,61	22,87	27,48		
Приведенное в г/км	9,65	0,4	2,15	2,55		
В среднем по испытанию						
2 простых городских цикла	61,45	2,45	5,3	7,75	8,18	
Приведенное в г/км	9,45	0,4	2,17	2,57		

ПРАКТИКА

Таблица 9

Результаты испытаний после пробега 11 000 км с "Модификатором"

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле л/100 км. ГОСТ 20306—90	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
Единственное испытание						
Первый и второй городской цикл	51,0	3,22	7,09	10,31	8,02	
Третий и четвертый городской цикл суммарно	50,6	3,31	7,1	10,41	8,01	
Среднее значение по городскому циклу	50,8	3,27	7,15	10,42		
Загородный цикл	39,5	2,79	26,28	29,07		
Сумма среднего городского значения и загородного	90,32	6,06	33,43	39,49		
Приведенное в г/км	8,05	0,54	2,98	3,52		

Таблица 10

Удельное изменение показателей при применении "Модификатора универсального УМ" в масло при пробеге автомобиля на стенде

Объект испытаний	Выбросы вредных веществ, г				Расход топлива в городском цикле	Время разгона/время выбега, с
	углекислый газ (CO)	остатки топлива и прочие углеводороды (CH)	оксиды азота (NO + NO ₂)	суммарно выбросы углеводородов и оксидов азота (CH + NO + NO ₂)		
30 км	-6,0	-6,1	-5,7	-6,7	-11,4	-2,5/+2,9
500 км	-0,8	-6,1	-8,74	-9,2	-9,4	-1,8/+4,0
1000 км	-5,6	-4,1	-10,6	-10,5	-11,8	-1,8/+4,0
1500 км	+8,4	-2,0	-13,7	-12,7	-12,0	-1,8/+5,7
6300 км	+46,4	-18,4	-17,5	-15,8	-14,1	—
11 000 км	+24,6	-11,1	-13,4	-11,7	-15,9	—

Таблица 11

Компрессия в цилиндрах двигателя при пробеге, км

Номер цилиндра	0	30	500	1000	1500	...6300
Первый	8,5	10,2	10,6	—	10,5	10,7
Второй	11,0	10,7	11,1	—	11,2	11,0
Третий	10,8	9,8	10,5	—	10,4	10,7
Четвертый	9,6	10,5	10,7	—	10,3	10,5
В среднем	10,0	10,3	10,7	—	10,6	10,7

По результатам испытаний была составлена сводная табл. 10, содержащая приведенные значения в процентах. В табл. 11 указана компрессия в цилиндрах двигателя в зависимости от пробега автомобиля.

Выводы

1. Установлено, что добавления "Модификатора" в масло двигателя, коробки передач и заднего моста на автомобиле ВАЗ-2105 приводит к улучшению ра-

боты двигателя и эксплуатационных характеристик автомобиля на обследованных режимах при регулировании CO_{xx} в пределах ГОСТ 17.2.2 03—87. Компрессия в цилиндрах двигателя после пробега 6300 км стала выше в среднем на 0,7 ед.

2. Эффективность применения "Модификатора" на автомобиле при пробеге до 1500 км:

— при испытании по методике Правил ЕЭК ООН № 83-01 с пуском двигателя из прогретого состояния выбросы окиси углерода стали выше на 8,4 %; выбросы углеродов и окислов азота уменьшились на 2,0 и 13,7 %, соответственно;

— при испытании на режимах холостого хода по ГОСТ 17.2.2.03—87 содержание окиси углерода и углеводородов осталось без изменения;

— расход топлива в городском цикле по ГОСТ 20306—90 уменьшился до 12,0 %;

— расход топлива при движении на постоянных скоростях движения (в пределах 30—90 км/ч) по среднему показателю уменьшился до 4,8 %;

— выбег автомобиля увеличился до 5,7 %, что косвенно подтверждает снижение потерь на трение в двигателе и трансмиссии.

3. Эффективность применения "Модификатора" на автомобиле в процессе эксплуатации при пробеге до 11000 км:

— при испытании по методике Правил ЕЭК ООН № 83-01 с пуском двигателя из прогретого состояния выбросы окиси углерода увеличилась на 24,6 %; выбросы углеродов и окислов азота уменьшились на 11,1 и 13,4 %, соответственно;

— при испытании на режимах холостого хода по ГОСТ 17.2.2.03—87 содержание окиси углерода и углеводородов осталось без изменения;

— расход топлива в городском цикле по ГОСТ 20306—90 уменьшился в среднем до 15,9 %;

— расход топлива при движении на постоянных скоростях движения (в пределах 30—90 км/ч) по среднему показателю уменьшился до 23,8 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адигамов Н. Р., Шарифулин С. Н., Антонов В. Н. и др. Перспективы безразборного ремонта с применением специальных добавок в топливо и масло. Грузовик. 2010. № 10. С. 12—15.
2. Гайдар С. М. Применение нанотехнологий для повышения надежности машин и механизмов. Грузовик. 2010. № 10. С. 38—41.
3. Гайдар С. М. Перспективы применения нанотехнологий в двигателестроении. Авиационно-космическая техника и технология. 2009. № 10 (67). С. 12—16.
4. Протокол испытаний № 353/7/3615-3619, 3678, 3687 от 29.10.1994 г. Москва. Испытательный центр автомобильных изделий "НАМИ". 10 с.

ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ
принимает подписку на журнал
«ГРУЗОВИК»
ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА
на 2015 год

Подписавшись в издательстве, вы:

- 1) получаете без задержек журнал с первого номера;
- 2) экономите на стоимости почтовой доставки;
- 3) получаете скидку до 5 %.

Наши реквизиты:

E-mail: realiz@mashin.ru

Тел.: 8 (499) 269-52-98.

Факс: 8 (499) 269-48-97.

Отдел продаж, маркетинга, рекламы

WWW.MASHIN.RU

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

УДК 625.7/8

А. В. Кочетков, д-р техн. наук, профессор, член Президиума Российской академии транспорта, Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
С. В. Карпеев, канд. техн. наук, ООО "Научно-исследовательский центр технического регулирования"
E-mail: soni.81@mail.ru

ЗАЩИТНЫЕ ПЛАСТИКОВЫЕ ПАНЕЛИ БАРЬЕРНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Предлагается применение защитных пластиковых панелей, как инновационный метод нанесения вертикальной разметки на барьерные ограждения с одновременной защитой от атмосферной коррозии металлических ограждений.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения; дорожная разметка; инновации; защитные пластиковые панели; металлические ограждения.

Повышение безопасности дорожного движения на основе совершенствования перечня и методов исследований светотехнических показателей дорожной разметки с учетом требований технического регулирования. Поэтому основная задача повышения безопасности дорожного движения на основе применения новых методов нанесения и нормирования светотехнических и эксплуатационных показателей дорожной разметки является актуальной. Предлагается применение защитных пластиковых панелей, как инновационный метод нанесения вертикальной разметки на барьерные ограждения с одновременной защитой от атмосферной коррозии металлических ограждений.

Вертикальная разметка, наносимая при помощи панелей, полностью соответствует нормативным документам, регламентирующим применение вертикальной разметки.

Были созданы экспериментальные участки вертикальной разметки с применением панелей. Опытные экспериментальные участки были созданы в следующих управлениях автомобильных дорог: "Москва—Минск", "Москва—Санкт-Петербург", "Северо-Запад", "Северный Кавказ".

Защитные пластиковые панели, установленные на металлическое ограждение, значительно улучшают контрастность ограждения по сравнению с

оцинкованным ограждением, что значительно улучшает уровень зрительного восприятия участниками дорожного движения.

От применения новой технологии даже в условиях экспериментального применения достигнута значительная экономия финансовых средств.

В настоящее время в России продолжает оставаться актуальной проблемой высокая аварийность на автомобильных дорогах. Уровень смертности в результате автомобильных аварий составляет более 20 человек на 100 тыс. жителей, что выше, чем в европейских странах. Эта проблема обеспечения безопасности дорожного движения приобрела статус государственной важности. Применительно к автомобильным дорогам под безопасностью дорожного движения следует понимать комплекс инженерно-технических, планировочных и организационных решений и мероприятий, защищающих участников движения от дорожно-транспортных происшествий и их последствий [1].

В соответствии с ГОСТ Р 50597—93 "Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям безопасности дорожного движения" дорожная разметка в процессе эксплуатации должна быть хорошо различима в любое время суток.

Цель с указанием научной работы

Повышение безопасности дорожного движения на основе совершенствования перечня и методов исследований светотехнических показателей дорожной разметки с учетом требований технического регулирования. Поэтому основная задача повышения безопасности дорожного движения на основе применения новых методов нанесения и нормирования светотехнических и эксплуатационных показателей дорожной разметки является актуальной.

Постановка задачи

Предлагается применение защитных пластиковых панелей, как инновационный метод нанесения вертикальной разметки на барьерные ограждения с одновременной защитой от атмосферной коррозии металлических ограждений.

Результаты

Разработанные защитные пластиковые панели служат для создания вертикальной разметки по ГОСТ Р 51256—99 и ГОСТ Р 52289—2004, на металлическом барьерном ограждении, изготовленном в соответствии с ГОСТ 26804—86, и являются дополнительным материалом, предотвращающим развитие очагов коррозии на поверхности металлического барьерного ограждения. Изготавливаются по полимерной технологии черного, белого, желтого или любого другого цветового решения по согласованию с заказчиком.

Геометрические размеры панелей должны обеспечивать прилегание панелей к металлическому профилю и соответствовать размерам, указанным на рис. 1 или чертежам производителя (табл. 1) [2—5].

Панели выполняются в климатическом исполнении У по ГОСТ 15150—69 в диапазоне температур от $-45 \pm 2^\circ\text{C}$ до $+40 \pm 2^\circ\text{C}$ — для наружного размещения (категория I), должны выдерживать влияние

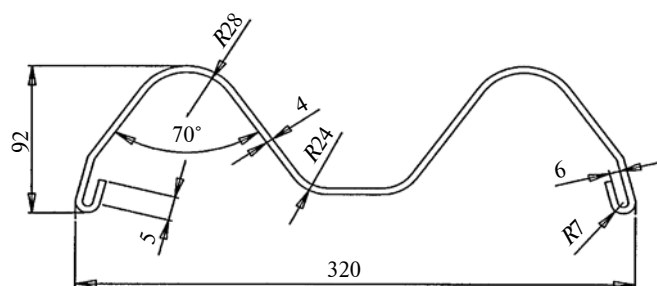


Рис. 1. Геометрические размеры панели

Таблица 1

Предельные отклонения размеров

Номинальный размер, мм	Предельное отклонение, мм
Длина L — 2666; 1333 или в соотношении 2:1	± 1
Ширина H — 320	± 1
Толщина B — 2; 3; 4	$\pm 0,5$

коррозионных агентов атмосферы воздуха, соответствующих группе II (промышленная) по ГОСТ 15150—69, должны быть стойкими к действию атмосферных осадков (снега, инея, дождя), солнечного излучения, соляного тумана, пыли.

Параметры вертикальной разметки ограждений, нанесенной с помощью панелей, должны соответствовать ГОСТ Р 51256—99 Разметка дорожная.

Для монтажа разборку металлического основания ограждений производить не требуется. Крепление панелей на металлическое барьерное ограждение осуществляется за счет профильных замков, выполненных по внешним кромкам панелей, на всю длину и дополнительно болтовыми соединениями, входящими в штатную комплектацию металлических барьерных ограждений. Допускается установка панелей на металлические барьерные ограждения с любым сроком эксплуатации, нарушением целостности защитного слоя и следами коррозии. Лицевая поверхность металлического барьерного ограждения должна быть сухой и чистой перед началом проведения монтажных работ по нанесению панелей.

Панели являются симметричными изделиями и в ориентации при монтаже (установке) не нуждаются. Монтаж производят при помощи специального приспособления, входящего в комплект поставки. Установку дорожных световозвращателей поверх панелей рекомендуется начинать после установки всего участка панелей и в соответствии с требованием ГОСТ Р 50971—96. Монтаж осуществляют не прерывая движения автомобильного транспорта. Место проведения работ необходимо оградить.

Материалы, используемые для изготовления панелей, по показателям безопасности должны соответствовать санитарно-гигиеническим нормам и правилам, а также нормативным документам по пожарной безопасности.

С целью подтверждения физико-механических характеристик используемого для изготовления панелей материала был проведен ряд натурных испытаний, моделирующих дорожно-транспортное про-

исшествие с наездом автотранспорта на металлическое барьерное ограждение. Необходимость проведения данных испытаний обуславливалась необходимостью подтверждения травмобезопасности применения панелей на автомобильных дорогах общего пользования в процессе эксплуатации и в случае возникновения дорожно-транспортного происшествия.

Испытания проводились на автополигоне ФГУП "Научно-исследовательский центр по испытаниям и доводке автотранспорта", Техническая служба сертификации РОСС.RU.0001.21MT 02 в соответствии с Европейским стандартом EN 1317-1:1998 и нормативным документом 37.052.320—97 "Удерживающая способность и безопасность дорожных ограждений. Методы испытаний".

При проведении натурных испытаний присутствовали сотрудники Департамента обеспечения безопасности дорожного движения МВД России.

При проведении испытаний использовалось новое металлическое барьерное ограждение, изготовленное и установленное в соответствии с требованием ГОСТ 52289—2004. Протяженность экспериментального участка барьерного ограждения составила не менее 100 п.г.м. После установки металлического барьерного ограждения на лицевую сторону ограждения была нанесена вертикальная разметка с применением панелей. Их крепление к металлическому основанию производилось за счет профильных замков, выполненных на краях панелей с обеих сторон и по всей длине. Поверх пластиковых панелей были закреплены светоотражающие элементы.

После проведения работ по нанесению панелей всеми участниками испытаний было отмечено, что на общем фоне ограждения повысилась контрастность. Данный эффект является положительным и основополагающим для повышения уровня зрительной ориентации участников дорожного движения.

До начала проведения испытаний специалистами сторон было определено, что основным критерием при оценке поведения панелей при дорожно-транспортном происшествии является стойкость материала к ударным нагрузкам, вызванным наездом транспортного средства на металлическое ограждение с закрепленными панелями. В частности, не должно происходить разрушение панелей с образованием большого количества мелких элементов с острыми краями, так как такие элементы могут причинить дополнительные травмы участникам дорожно-транспортного происшествия.

В ходе испытаний на испытательном комплексе ФГУП НИЦИАМТ было смоделировано дорожно-транспортное происшествие. В соответствии с методикой РД 37.052.320—97 пассажирский автобус



Рис. 2. Деформация металлического ограждения после наезда автомобиля



Рис. 3. Повреждения пластикового ограждения после наезда автомобиля

ЛИАЗ-677 (при втором испытании ЛАЗ-695) на скорости 69,8 км/ч произвел столкновение с экспериментальным участком барьерного ограждения под углом 20 град.

В результате удара металлическое ограждение, компенсаторы и стойки значительно деформировались, и были оторваны (рис. 2), а часть пластиковых панелей была сорвана с ограждений. Осмотр разрушенных образцов показал, что, несмотря на значительные деформации, вызванные ударной нагрузкой от удара движущимся автобусом, пластиковые панели не раскололись на большое количество острых осколков, а сохранили свою целостность (рис. 3). Около 90 % площади панелей остались единым элементом. При осмотре салона автобуса в зоне нахождения водителя и пассажиров отдельных элементов или осколков пластиковых панелей обнаружено не было.

По результатам испытаний на полигоне в г. Дмитров были сделаны следующие выводы:

- защитные пластиковые панели, установленные на металлическое ограждение, значительно

улучшают контрастность ограждения по сравнению с оцинкованным ограждением, что значительно улучшает уровень зрительного восприятия участниками дорожного движения;

- в процессе воздействия автотранспорта на металлическое ограждение с вертикальной разметкой, выполненной с применением панелей, не происходит разрушения панелей с образованием острых осколков, а также сохраняется общая целостность панелей;
- по характеру повреждений панелей можно предположить, что при ударе часть кинетической энергии автобуса поглощается ими, что может служить фактором увеличения удерживающей способности дорожного ограждения.

Для подтверждения результатов испытаний при отрицательных температурах в декабре были проведены повторные испытания. С целью совершенствования методов крепления панелей к металлическому ограждению были применены дополнительные крепежные элементы, входящие в состав установочного комплекта, прилагаемого к металлическому ограждению. Крепление осуществлялось в штатные отверстия металлического ограждения без дополнительного сверления.

В ходе монтажных работ был разработан порядок проведения монтажных работ по нанесению панелей. Подтвердился установленный при первичном испытании пластиковых панелей факт повышения контрастности ограждения на общем фоне. Несмотря на существенные повреждения металлического ограждения при испытаниях все панели, установленные с дополнительным креплением, остались прикрепленными к металлическому основанию. По результатам всех проведенных испытаний было признано, что применение панелей является травмобезопасным и может быть рекомендовано к применению на дорогах общего пользования.

По результатам рассмотрения представленных документов из Департамента обеспечения безопасности дорожного движения МВД России было получено согласование на применение панелей на автомобильных дорогах общего пользования.

Основными нормативными документами, регламентирующими применение вертикальной разметки, являются:

1. ГОСТ Р 50597—93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения.

2. ГОСТ Р 51256—99 Технические средства организации дорожного движения. разметка дорожная.

Типы и основные параметры. Общие технические требования.

3. ГОСТ Р 52289—2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.

4. ГОСТ Р 52575—2006 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Технические требования.

Обширный список нормативных документов, которые предписывают правила применения вертикальной разметки, вызван, в первую очередь, непосредственным влиянием разметки на уровень безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования. Вертикальная разметка наносится на металлическое барьерное ограждение или другие элементы обустройства дороги с целью обеспечения максимального контрастного восприятия всех элементов участниками дорожного движения на общем фоне. В неблагоприятных погодных условиях, когда видимость сокращается, роль разметки становится еще более важной. В ходе работ по созданию опытных участков и сравнительного анализа результатов наблюдений все перечисленные выводы получили наглядное подтверждение.

Требования ГОСТ Р 51256—99, пункт 3 (Типы и основные параметры) устанавливает две группы разметки: горизонтальная и вертикальная. Номера, форма, цвет, размеры и назначение каждого типа разметки приведены в приложении А к ГОСТ Р 51256—99. Вертикальная разметка, наносимая при помощи панелей, соответствует требованиям и классифицируется как вертикальная разметка.

Использование панелей соответствует указанным требованиям. В ходе выполнения работ по созданию и последующему наблюдению за опытными участками подтвердилась возможность совместного применения на экспериментальной разметке световозвращающих элементов в соответствии с требованием ГОСТ Р 52289—2004 пункт 6.3.9 (Ограждающие и направляющие устройства, обозначенные разметкой 2.4—2.6, оборудуют световозвращающими элементами по ГОСТ Р 50971).

Опыт показывает, что введенная в ГОСТ Р 52289—2004, пункт 6.3.8, норма, позволяющая не наносить вертикальную разметку на ограждения, выполненные из оцинкованного металла, была продиктована лишь недолговечностью лакокрасочных покрытий, используемых для создания вертикальной разметки, а также высокими затратами финансовых и материальных ресурсов, необходимых для поддержания в нормативном состоянии вертикальной разметки, создаваемой по традиционной техно-

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

логии. Отказ от использования вертикальной разметки в пользу оцинкованного металла снижает уровень безопасности дорожного движения.

В соответствии с определением, изложенным в ГОСТ Р 52575—2006, п. 3.1.4, вертикальную разметку, наносимую с применением панелей, можно классифицировать как холодный пластик для дорожной разметки автомобильных дорог — многокомпонентный пластичный материал на основе полимерного связующего, содержащий пигменты и наполнители, отверждаемые в результате химической реакции и образующие после отверждения твердые непрозрачные элементы дорожной разметки.

Материал, используемый для изготовления панелей, является стойким к воздействию концентрированных органических кислот. Проведенные испытания образцов материала подтвердили соответствие его характеристик требованиям ГОСТ Р 52575—2006, пункт 5.3. Так как панели при их монтаже не подвергаются нагреванию, то требования пунктов 5.3.3 и 5.3.4 ГОСТ Р 52575—2006 к данному материалу не применим. Значения координат цветности для панелей белого цвета по требованию ГОСТ Р 52575—2006, пункт 5.3, должны соответствовать значениям, указанным в табл. 2. Значения координат цветности для панелей черного цвета ни один из действующих нормативно-технических документов не устанавливает.

Для определения соответствия панелей значениям координат цветности были отобраны, в соответствии с требованием ГОСТ 18321—73 Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборки штучной продукции, образцы материала. По методике и в соответствии с требованием ГОСТ Р 52576—2006 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы для дорожной разметки. Методы испытаний были проведены замеры значений координат цветности. Результаты, полученные в ходе проведенных замеров, показали соответствие нового материала требованиям ГОСТ Р 52576—2006. Также в соответствии с требованиями и методикой

Таблица 2
Значения координат цветности для панелей белого цвета

Цвет	Обозначение координат цветности	Координаты угловых точек с 1-й по 4-ю цветовую область дорожной разметки			
		1	2	3	4
Белый	X	0,355	0,305	0,285	0,335
	Y	0,355	0,305	0,325	0,375



Рис. 4. Контрастное ограждение



Рис. 5. Опытно-экспериментальные участки вертикальной разметки дорог

определения коэффициента яркости материала был измерен коэффициент нового материала. Полученные результаты позволяют сделать вывод о соответствии нового материала требованию ГОСТ Р 52575—2006.

Вертикальная разметка, наносимая при помощи панелей, полностью соответствует нормативным документам, регламентирующим применение вертикальной разметки.

В течение июля—августа 2007 г. при участии Федеральных управлений автомобильных дорог и организаций, выполняющих нормативную эксплуатацию подведомственных дорог, были созданы экспериментальные участки вертикальной разметки с применением панелей. Опытно-экспериментальные участки были созданы в следующих управлениях дорог: УАД "Москва—Минск", УАД "Москва—Санкт-Петербург", ФУАД "Северо-Запад", ФУАД "Северный Кавказ" и др. Чередование панелей черного и белого цвета создает эффект контрастности (рис. 4 и 5).

Обсуждение результатов

В ходе проведенных систематических наблюдений за созданными экспериментальными участками вертикальной разметки с использованием панелей отрицательных явлений выявлено не было.

В частности, прочность крепления пластиковых панелей разметки к барьерному ограждению осталась первоначальной. Отдельные элементы пластиковых панелей, подвергшихся ударному воздействию в результате ДТП, сохранили прочность крепления. Факт ДТП и описание состояния панелей отражен в акте наблюдений и фотографиях. Произошедшее на экспериментальном участке ДТП на практике подтвердило правильность заложенных физико-механических свойств разработанного материала для панелей и соответствие изготовленных панелей техническим нормам.

За время, прошедшее с момента изготовления и нанесения панелей на барьерное ограждение, в структуре материала прошли все возможные реологические процессы, в ходе которых структура пластмассы не изменилась, а геометрические, физические и прочностные параметры сохранились. Данные свойства пластмассы были заложены в процессе разработки нового материала, используемого для изготовления панелей.

Основные экспериментальные участки были созданы вне населенных пунктов на открытых участках дороги. Такой подход позволил проверить предположение о вандалоустойчивости пластиковых панелей. Все панели, установленные в ходе экспериментальной эксплуатации, остались на месте.

При детальном осмотре отдельных панелей, установленных на различных участках автомобильных дорог, сколов или трещин обнаружено не было. Это свидетельствует о том, что температурные перепады в дневное и ночное время суток и связанные с этим линейные расширения металла не отразились на целостности панелей в целом и на отдельные участки в частности.

Всеми участниками экспериментального применения новой технологии отмечено, что общий вид панелей в сравнении с первоначальным состоянием не изменился. Степень белизны соответствует уровню белизны эталонного образца и требованию ГОСТ 13508. Эффект разметки, заключающийся в чередующихся линиях черного и белого цвета, сохранился отчетливо.

От применения новой технологии даже в условиях экспериментального применения достигнута значительная экономия финансовых средств. В случае, когда стоит выбор между заменой ограждения по причине коррозии или использованием старого барьерного ограждения, но с новой технологией нанесения вертикальной разметки, более экономически целесообразным оказывается последний вариант. При сравнительном анализе финансовой составляющей, с учетом затрат на монтажные и демонтажные работы по замене металлического ограждения, экономия может составлять 1—1,5 млн руб. на 1 км ограждения.

Заключение

1. Проведена разработка и испытание материала защитных пластиковых панелей барьерных ограждений автомобильных дорог.

2. Определены требования к материалу защитных пластиковых панелей, анализ и классификация нового материала и метода нанесения вертикальной разметки на предмет соответствия действующим нормативно-техническим документам.

3. Проведены натурные испытания защитных пластиковых панелей при моделировании ДТП на автополигоне, анализ результатов наблюдений за опытно-экспериментальными участками, подтвердившие эффективность новой технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпеев С. В. Методика оценки экономической эффективности деятельности органов управления дорожным хозяйством по освоению новых технологий, техники и материалов / С. В. Карпеев, А. А. Сухов, С. П. Аржанухина, Н. Е. Кокодеева // Строительные материалы. 2010. № 5. — С. 4—7.
2. Карпеев С. В. Вертикальная разметка на металлических барьерных ограждениях с использованием защитных пластиковых панелей / С. В. Карпеев, А. В. Кочетков, С. М. Евтеева // Строительные материалы. 2011. № 5. — С. 34—36.
3. Карпеев С. В. Методические рекомендации по устройству вертикальной разметки на металлических барьерных ограждениях с использованием защитных пластиковых панелей (ОДМ 2185.007—2008). — М.: ФГУП "Информавтодор". — 20 с.
4. Карпеев С. В. Барьер ограждения дорожного полотна и сооружений. Патент на полезную модель № 29940 / С. В. Карпеев. Опубликовано 10.06.2003.
5. Карпеев С. В. Дорожные барьерные ограждения. Патент на изобретение № 2408759 / С. В. Карпеев. Опубликовано 10.01.2011.

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

УДК 621.431.7

Л. И. Ковальчук, д-р техн. наук, профессор, И. В. Мишачков, аспирант,
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота (БГА РФ),
г. Калининград
E-mail: tranceportnik@mail.ru

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО- ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ

В статье излагаются теоретические предпосылки и алгоритм формирования моделей, описывающих закономерности изменения токсичных выбросов двигателями внутреннего сгорания с отработавшими газами в поле возможных режимов работы. Приведен пример расчета параметров конкретной модели.

Ключевые слова: алгоритм, экспериментально-теоретическая модель, отработавшие газы, токсичные выбросы.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации нагрузочные и скоростные режимы работы двигателей внутреннего сгорания изменяются в широких пределах. Очевидно, что наиболее полная оценка вредных выбросов с отработавшими газами может быть дана в том случае, если располагать моделями, описывающими закономерности образования выбросов на всех возможных эксплуатационных режимах.

Ниже излагаются теоретические предпосылки и алгоритмы формирования таких моделей.

Совокупность свойств, заложенных в конструкцию двигателя в процессе проектирования и изготовления и определяющих его способность с заданным качеством вырабатывать механическую энергию, будем характеризовать полем режимов, допустимых для длительной эксплуатации. Под упомянутым полем понимается часть координатной плоскости $N_e - n$ (эффективная мощность — частота вращения коленчатого вала), ограниченная слева и справа вертикалями $n_{\min} = \text{const}$ и $n_{\text{H}} = \text{const}$; сверху внешней характеристикой номинальной мощности или верхней ограничительной характеристикой; снизу нижней ограничительной характеристикой

или координатной осью n (рис. 1). Очевидно, что ограниченное таким способом поле включает всю совокупность режимов, определяющих условия образования токсичных выбросов двигателями внутреннего сгорания с отработавшими газами.

Положение границ описанного поля определяется только свойствами двигателя и не зависит от особенностей потребителя энергии, т. е. оно обладает

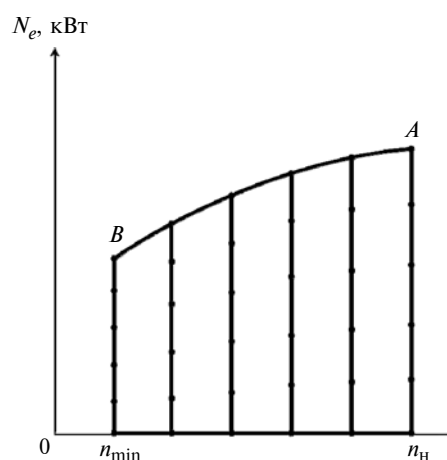


Рис. 1. Поле возможных режимов работы двигателя

инвариантность относительно возможных режимов работы двигателя. Следовательно, для оценки закономерностей образования токсичных выбросов в цилиндрах двигателя, на основе входных в цилиндры и выходных из цилиндров параметров (информативные параметры), необходимо сформировать количественную структуру, которая во всех точках поля возможных режимов работы давала бы постоянное численное значение, т. е. обладала свойством инвариантности относительно возможных возмущений со стороны потребителя механической энергии.

Предположим, что в описанном поле контролируются параметры $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$, которыми принято оценивать токсичные выбросы двигателем с отработавшими газами. Образует из этих параметров количественную структуру, которая во всех точках поля имела бы постоянные числовые значения:

$$f(a_1, a_2, a_3, \dots a_n; x_1, x_2, x_3 \dots x_n), \quad (1)$$

где $a_1, a_2, a_3, \dots a_n$ — определяющие параметры; $x_1, x_2, x_3, \dots x_n$ — определяемые параметры.

В такой постановке задача сводится к установлению явного вида уравнения, выражающего взаимосвязи между определяющими и определяемыми параметрами в поле возможных режимов работы двигателя. Поскольку эти взаимосвязи обусловлены механизмами образования токсичных выбросов, то в общем случае они могут быть выражены различными зависимостями.

Обычно определяющие параметры измеряются в различных единицах и меняются в различных диапазонах. Поэтому с целью исключения вопроса о размерностях и повышения устойчивости вычислительного процесса целесообразно их нормировать посредством деления текущих значений на нормирующие, т. е. представлять в безразмерной форме:

$$\bar{a}_1 = \frac{a_1}{a_{1н}}; \bar{a}_2 = \frac{a_2}{a_{2н}}; \bar{a}_3 = \frac{a_3}{a_{3н}}; \bar{a}_n = \frac{a_n}{a_{нн}}, \quad (2)$$

где индексом "н" обозначены нормирующие значения параметров, соответствующие фиксированному режиму работы двигателя.

Поскольку речь идет о задании некоторого пространства, то часть уравнения (1) можно трактовать как сумму произвольных операторов. Очевидно, если общее число операторов равно K , то независимо от их структуры, число несводимых друг к другу будет равно $K - 1$. Единственное требование к структуре операторов состоит в том, чтобы она позволяла не только правильно определить характер влияния

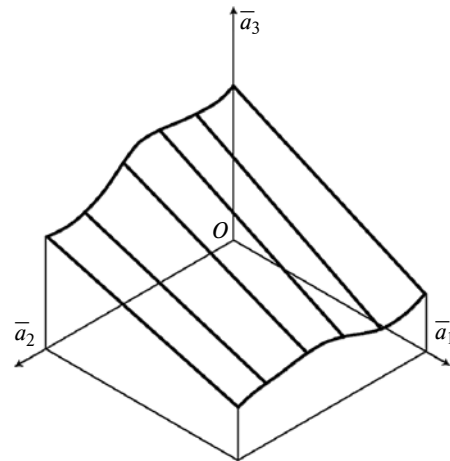


Рис. 2. Схема образования поверхности первого типа

каждого из факторов, но и произвести все необходимые вычисления при конкретно заданном законе их изменения.

Анализ результатов испытаний двигателей по серии нагрузочных характеристик показывает, что множества значений определяющих параметров, характеризующих содержание токсичных веществ в отработавших газах, образуют поверхности двух типов.

Схема образования поверхности первого типа приведена на рис. 2. Процесс образования поверхности этого типа можно рассматривать как последовательное смещение отрезка прямой линии. Поэтому взаимосвязи между определяющими параметрами по изопараметрическим линиям поверхностей этого типа в явном задаются полиномами первого порядка:

$$\bar{a}_3 = x_1 \bar{a}_1 + x_2, \quad (3)$$

где \bar{a}_1 и \bar{a}_2 — соответственно входной и выходной определяющие параметры; x_1 и x_2 — определяемые параметры.

Схема образования поверхностей второго типа приведена на рис. 3. Процесс образования поверхности этого типа можно рассматривать как последовательное смещение отрезка кривой. Взаимосвязи между определяющими параметрами по изопараметрическим линиям в этом случае в явном виде задаются полиномами второго порядка:

$$\bar{a}_3 = x_1 \bar{a}_2^2 + x_2 a_1 + x_3, \quad (4)$$

где \bar{a}_1 и \bar{a}_3 — соответственно входной и выходной определяющие параметры; x_1, x_2, x_3 — определяемые параметры.

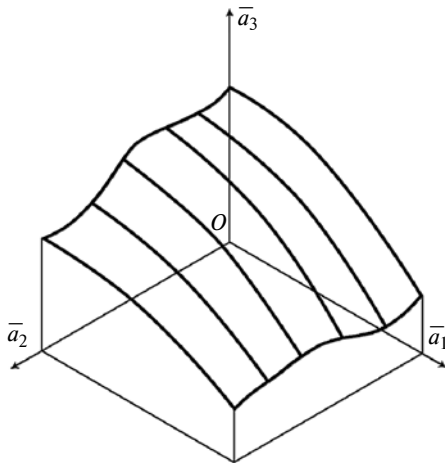


Рис. 3. Схема образования поверхности второго типа

Явный вид взаимосвязей между определяющими параметрами по изопараметрическим линиям, описанных выше поверхностей, дает возможность произвести все необходимые вычислительные операции по определению закономерностей изменения определяемых параметров $x_i = f(\bar{a}_2)$ уравнений (3) и (4) в каждом конкретном случае.

Действительно, если известны численные значения параметров x_i для каждой из изопараметрических линий, то посредством графического представления появляется возможность выявить закономерности их изменения при переходе от одного изопараметрического сечения к другому, т. е. $x_i = f(a_{02})$. Выбором явного вида алгебраических полиномов, аппроксимирующих эти закономерности, завершается процесс формирования инвариантных количественных структур, описывающих закономерности изменения токсичных выбросов двигателями внутреннего сгорания в поле возможных режимов работы.

С учетом изложенных выше теоретических предпосылок, формирование инвариантных экспериментально-теоретических моделей, описывающих закономерности изменения токсичных выбросов двигателями внутреннего сгорания, производится по нижеследующему алгоритму.

1. Производятся испытания двигателя по серии нагрузочных характеристик, количество которых должно быть не менее пяти.

2. По соотношениям (2) осуществляется переход от абсолютных значений определяющих параметров к относительным.

3. На основе графических представлений результатов стендовых испытаний двигателя, для каждой нагрузочной характеристики устанавливается нали-

чие закономерных взаимосвязей между входными и выходными определяющими параметрами.

4. Выбирается явный вид функции, которой могут быть аппроксимированы взаимосвязи между определяющими параметрами по каждой характеристике.

5. На основе явного вида зависимостей между входными и выходными определяющими параметрами для каждой характеристики, посредством графического представления, устанавливаются закономерности изменения определяемых параметров в функции от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

6. Производится выбор функций, которыми могут быть аппроксимированы закономерности изменения определяемых параметров в зависимости от частоты вращения, т. е. $x_i = f(\bar{n})$.

7. Подстановкой $x_i = f(\bar{n})$ в зависимости (3) или (4) завершается процесс формирования уравнения поверхности, описывающего выбросы конкретного токсичного вещества двигателями внутреннего сгорания с отработавшими газами.

Практическую реализацию разработанного алгоритма рассмотрим на конкретном примере.

В качестве исходной информации для построения модели выбросов оксида углерода используем результаты стендовых испытаний по серии нагрузочных характеристик шестицилиндрового V-образного двигателя VOLVO B280F с искровым зажиганием и распределенной системой впрыска бензина.

Испытания проводились без каталитического нейтрализатора в диапазоне частот вращения от 1400 мин^{-1} до 2200 мин^{-1} с шагом $\Delta n = 200 \text{ мин}^{-1}$. Для измерения токсичных выбросов с отработавшими газами использовался многокомпонентный газоанализатор модификации "Автотест-02.03". Отбор проб производится на срезе выпускной системы, в которую для снижения температуры отработавших газов были вмонтированы дополнительные расширители, что позволило довести время замеров на каждом режиме до значений, предусмотренных технической характеристикой газоанализатора.

В процессе испытаний производились замеры следующих параметров:

S – перемещение дроссельной заслонки, мм;

G_t – часовой расход топлива, кг/ч;

n – частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} ;

СО – выбросы оксида углерода, %.

На рис. 4 приведена графическая интерпретация результатов испытаний. При построении зависимостей использованы безразмерные параметры.

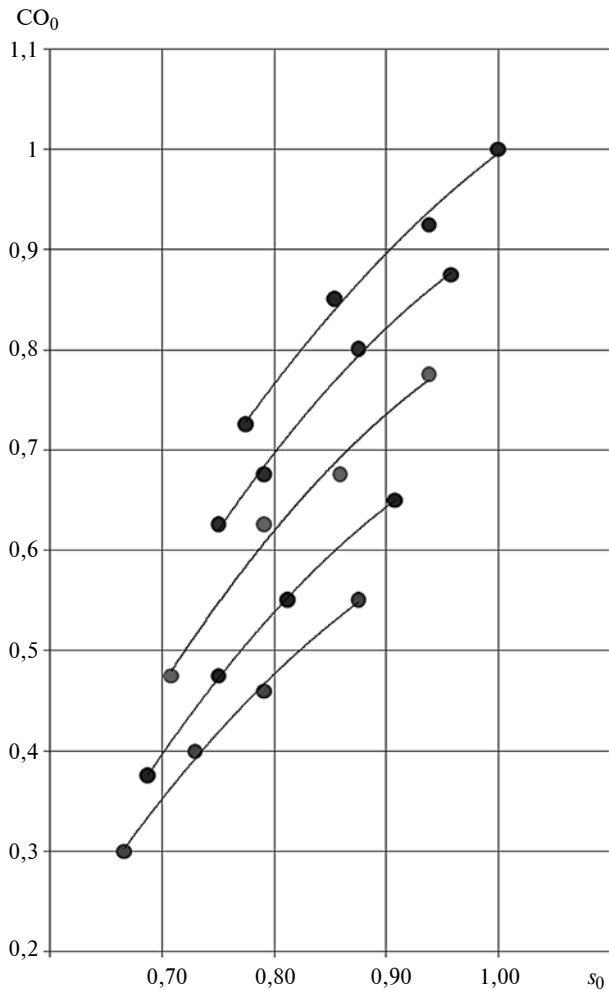


Рис. 4. Зависимости $CO_0 = f(s_0)$ по нагрузочным характеристикам

Переход к безразмерным параметрам осуществляется по соотношениям

$$\overline{CO} = \frac{CO}{CO_H}; \quad \overline{S} = \frac{S}{S_H}; \quad \overline{n} = \frac{n}{n_H}, \quad (5)$$

в которых значения нормирующих параметров приняты следующими: $CO_H = 4\%$; $S_H = 24$ мм; $n_H = 2200$ мин⁻¹.

Непосредственно из рис. 4 следует, что нагрузочные характеристики $\overline{CO} = f(\overline{S})$ имеют нелинейный характер. Поэтому каждая из них аппроксимирована полиномом второго порядка

$$\overline{CO}_p = x_1(\overline{n})\overline{S}^2 + x_2(\overline{n})\overline{S} + x_3(\overline{n}), \quad (6)$$

где $x_1(\overline{n})$, $x_2(\overline{n})$, $x_3(\overline{n})$ — искомые зависимости определяемых параметров от частоты вращения.

В данном случае система полиномов, аппроксимирующих нагрузочные характеристики, имеют общий вид:

1. $\overline{CO} = -1,521\overline{S}^2 + 3,886\overline{S} - 1,37_0$, при $\overline{n} = 1_0$;
2. $\overline{CO} = -1,881\overline{S}^2 + 4,447\overline{S} - 1,65_7$, при $\overline{n} = 0,90_9$;
3. $\overline{CO} = -1,894\overline{S}^2 + 4,383\overline{S} - 1,67_4$, при $\overline{n} = 0,81_8$;
4. $\overline{CO} = -1,832\overline{S}^2 + 4,160\overline{S} - 1,61_8$, при $\overline{n} = 0,72_7$;
5. $\overline{CO} = -1,660\overline{S}^2 + 3,736\overline{S} - 1,45_0$, при $\overline{n} = 0,63_6$.

Система полиномов (7) позволяет определить закономерности изменения определяемых параметров x_i при переходе от одной нагрузочной характеристики к другой.

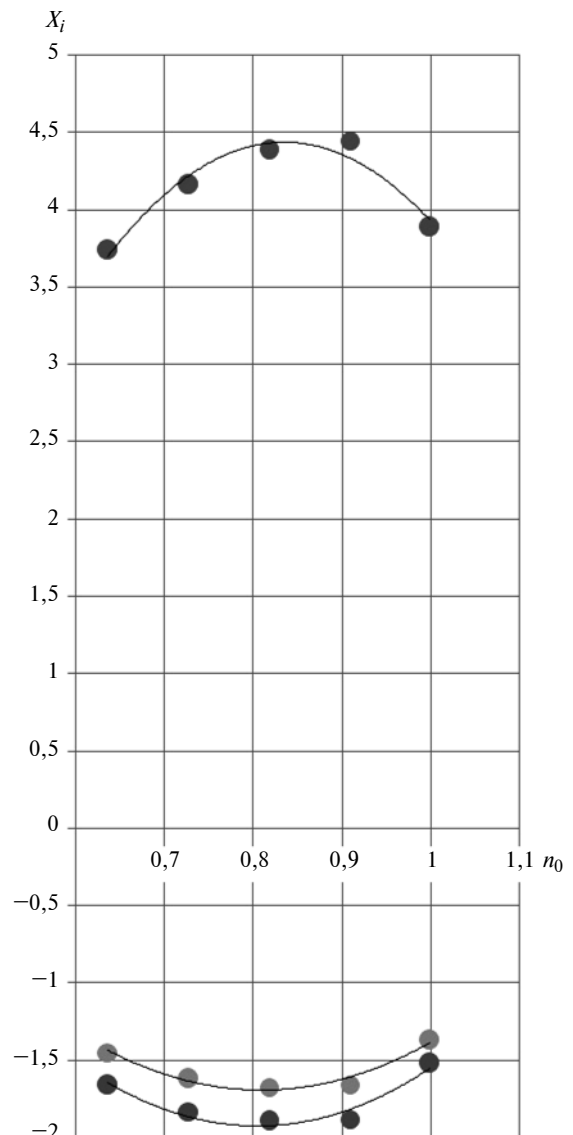


Рис. 5. Зависимости коэффициентов $X_i = f(\overline{n})$ для CO

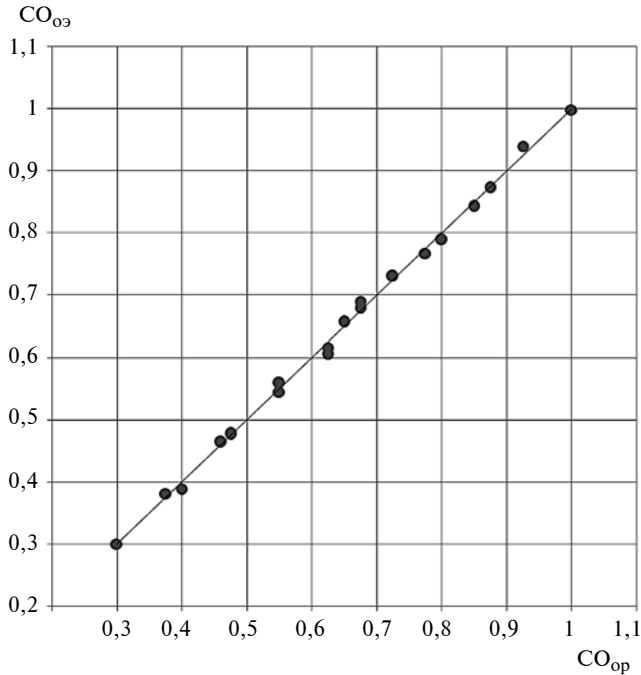


Рис. 6. Зависимость $\overline{CO}_3 = f(\overline{CO}_p)$

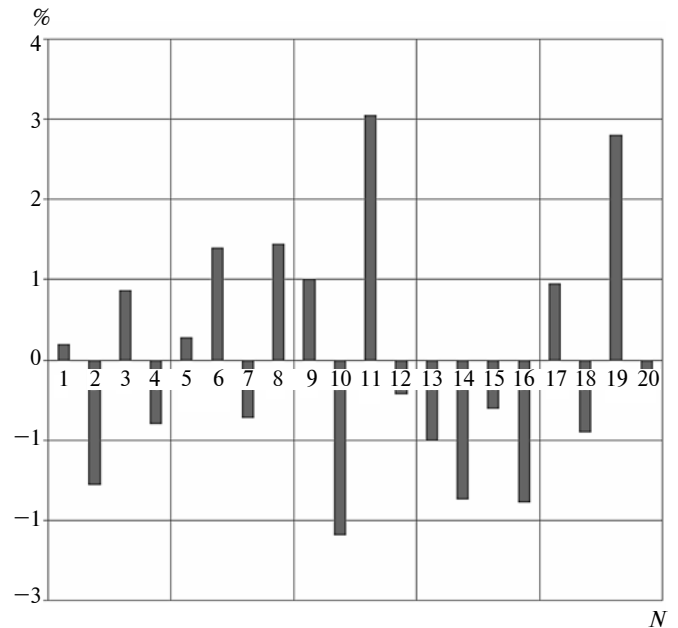


Рис. 7. Гистограмма распределения погрешностей расчета CO

На рис. 5 зависимости $x_i = f(\bar{n})$ представлены графически. В данном случае эти зависимости нелинейные, поэтому система аппроксимирующих полиномов имеет вид:

$$\begin{aligned} x_1 &= 9,825\bar{n}^2 - 15,821\bar{n} + 4,448; \\ x_2 &= -18,364\bar{n}^2 + 30,688\bar{n} - 8,389; \\ x_3 &= 8,5\bar{n}^2 - 13,77\bar{n} + 3,884. \end{aligned} \quad (8)$$

Подстановкой (8) в (6) получено уравнение поверхности $\overline{CO}_p = f(\bar{S}, \bar{n})$, образованной смещением зависимости $\overline{CO}_p = f(\bar{S})$ при переходе от одной нагрузочной характеристики к другой.

$$\begin{aligned} \overline{CO}_p &= (9,825\bar{n}^2 - 15,821\bar{n} + 4,448)\bar{S}^2 + \\ &+ (-18,364\bar{n}^2 + 30,688\bar{n} - 8,389)\bar{S} + \\ &+ (8,5\bar{n}^2 - 13,77\bar{n} + 3,884). \end{aligned} \quad (9)$$

На рис. 6 приведено сопоставление опытных CO_{O3} и рассчитанных по формуле (9) значений CO_{op} . Гистограмма распределения погрешностей расчета приведена на рис. 7. Видно, что уравнение (9) воспроизводит весь массив опытных данных с погрешностью, не превышающей $\pm 3\%$.

В заключение следует отметить, что модель (9) воспроизводит опытные данные с погрешностью, не превышающей погрешности их измерения, только для определенных режимов работы двигателя и определенных условий сгорания топлива в цилиндрах. При изменении условий сгорания рассогласование между замеренными величинами \overline{CO}_3 и рассчитанными по уравнению (9) \overline{CO}_p будет неизбежно увеличиваться. Другими словами, экспериментально-теоретические модели типа (9), сформированные на основе данных, соответствующих всему полю возможных режимов работы двигателя, обладают диагностическим свойством и могут быть использованы для интегральной оценки условий сгорания топлива в цилиндрах.

УДК. 62-567.143

С. А. Воробьев, канд. техн. наук, доцент, **С. С. Воробьев**, канд. техн. наук, доцент,
Р. А. Гончаров, канд. техн. наук, доцент, **А. Г. Тихомиров**, канд. техн. наук, доцент,
ДГТУ, г. Ростов-на-Дону
E-mail: v.serge.79@mail.ru

УСЛОВИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

В статье сформулированы условия оптимального демпфирования колебаний конструкций подвески автотранспортного средства при динамическом воздействии. Полученные теоретические положения применены для разработки методики расчета динамических характеристик автотранспортных средств с системами оптимального демпфирования колебаний. Методика предназначена для расчета вертикально-угловых колебаний двухосного автотранспортного средства при движении по неровному дорожному покрытию.

Ключевые слова: демпфирование, колебания, методика, динамические характеристики, транспорт.

В настоящее время адаптивные подвески автомобилей получают все более широкое распространение (как правило, в автомобилях премиум-класса). В адаптивных (или активных) подвесках степень демпфирования изменяется автоматически в зависимости от состояния дорожного полотна, параметров движения и принудительно водителем, в зависимости от его запросов.

Альтернативой автоматической адаптивной подвеске является винтовая подвеска (колойверы). Колойверы позволяют механически сжимать пружину (при помощи резьбовых регуляторов) относительно амортизатора, регулируя, таким образом, его жесткость. Амортизатор в такой подвеске также может быть выполнен с регулятором жесткости. Колойверы широко применяются в автоспорте.

И в том, и в другом случае оптимальные настройки жесткости подвески автотранспортного средства позволяют свести к минимуму амплитуду и время колебательных процессов в подвеске. Однако такие системы подвески доступны не всем транспортным средствам, поэтому задача определения условий оптимального демпфирования колебаний традиционных типов подвесок остается актуальной.

При решении научных задач в качестве физических моделей объектов исследования принимаются системы с сосредоточенными параметрами, представляющие собой совокупность абсолютно твердых тел, соединенных друг с другом и основанием упругим подвесом. Их математическими моделями являются системы обыкновенных дифференциальных уравнений, полученных в обобщенных координатах на основе интегрального принципа Гамильтона—Остроградского или дифференциального принципа Лагранжа второго рода. Вывод условий оптимальности осуществляется методом принципа максимума Понтрягина.

Под оптимальными понимаются такие алгоритмы управления жесткостью, при которых энергия колебательного движения снижается до заданной величины за минимальное время. Задача формулируется так:

Для колебательного процесса, описываемого системой уравнений (1) при начальных условиях (2) определить алгоритм управления матрицей квазиупругих коэффициентов, чтобы изменение кинетической энергии колебательного движения от начального значения $T_{(0)}$ до заданного конечного $T_{(k)}$ происходило за минимальное время (3). При этом

на коэффициенты жесткости могут накладываться ограничения типа неравенства (4).

$$A\ddot{z} + Cz = q(t, C); \quad (1)$$

$$t = 0, z = z_{(0)}, \dot{z} = \dot{z}_{(0)}, T_0 = \frac{1}{2} \dot{z}_{(0)}^T A \dot{z}_{(0)}; \quad (2)$$

$$t = t_{(k)}, T_{(k)} = \frac{1}{2} (\dot{z}_{(k)}^T A \dot{z}_{(k)});$$

$$J = \int_0^{t_{(k)}} dt \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$c_{ik} \in [(c_{ik})_{\min}, (c_{ik})_{\max}]. \quad (4)$$

Здесь z, \dot{z} — векторы обобщенных координат и обобщенных скоростей, размерностью $k \times 1$ каждый; A — матрица коэффициентов инерции размерностью $n \times n$; C — матрица квазиупругих коэффициентов $n \times n$; $q(t, C)$ — вектор обобщенной силы размерностью $n \times 1$; T — кинетическая энергия колебательного движения системы; (0), (k) — индексы, означающие начальное и конечное состояния.

$$J^* = \int_0^{t_k} \left\{ (\dot{z}^0 - 1) \psi_0 + \sum_{i,j=1}^n \psi_i [A_{ij} \dot{z}^j + c_{ij} z^j - q_i(Z^{n+1}, C)] + (\dot{z}^{n+1} - 1) \psi_{n+1} \right\} dt + \lambda (T_{(k)} - T_{(0)}) = \int_0^{t_k} F(z, \psi, C) dt + \lambda (T_{(k)} - T_{(0)}) \quad (6)$$

где $F(z, \psi, C)$ — подынтегральная функция.

$$\delta C = C_\varepsilon \setminus \tilde{C}; C_\varepsilon(t) = \begin{cases} C(t), & t \in [\tau, \tau + \varepsilon l]; \\ \tilde{C}(t), & t \notin [\tau, \tau + \varepsilon l]; \end{cases} \quad \varepsilon \ll 1. \quad (7)$$

Выражение (7) позволяет определить главную часть приращения расширенного функционала.

Для этого расширенный функционал можно представить в виде суммы трех интегралов на временных интервалах

$$t \in [0, \tau], t \in [\tau, \tau + \varepsilon l]; t \in [\tau + \varepsilon l; t_{(k)}];$$

$$J_\varepsilon^* = \int_0^\tau F_\varepsilon dt + \int_\tau^{\tau + \varepsilon l} F_\varepsilon dt + \int_{\tau + \varepsilon l}^{t_{(k)}} F_\varepsilon dt + \lambda (T_{\varepsilon(k)} - T_0); \quad (8)$$

$$\tilde{J}^* = \int_0^\tau \tilde{F} dt + \int_\tau^{\tau + \varepsilon l} \tilde{F} dt + \int_{\tau + \varepsilon l}^{t_{(k)}} \tilde{F} dt + \lambda (\tilde{T}_{(k)} - T_{(0)}). \quad (9)$$

Такая формулировка задачи обусловлена тем, что кинетическая энергия является квадратичной формой обобщенных скоростей и характеризует интенсивность колебательного, динамического процесса. Скорость ее убыли будет характеризовать эффективность гашения колебаний и, естественно, за минимальное время конструкция будет испытывать меньшее число толчков и знакопеременных нагрузений.

Для определения условий оптимальности закона изменения жесткости использовалось понятие игольчатой вариации и стандартное расширение фазового вектора $z(t)$ путем переобозначения функционала J и времени t :

$$z = (z^0, z^1, \dots, z^n, z^{n+1}); z^0 \equiv J, \dot{z}^0 = 1; \quad (5)$$

$$z^{n+1} \equiv t, \dot{z}^{n+1} = 1.$$

Путем введения $n + 2$ -мерного вектора сопряженных функций $\psi = (\psi_0, \psi_1, \dots, \psi_n, \psi_{n+1})^T$ для фазовых координат и множителя Лагранжа λ для краевого условия $t = t_{(k)}$ вместо исходного функционала строился расширенный функционал по правилу

Тогда главная часть приращения функционала равна разности между варьированным и неварьированным значениями расширенного функционала:

$$\Delta J = J_\varepsilon^* - \tilde{J}^* = \varepsilon l [F(z, C_\varepsilon, \psi) - F(z, \tilde{C}, \psi)] + \int_{\tau + \varepsilon l}^{t_{(k)}} [F(z_\varepsilon, \tilde{C}, \psi) - F(\tilde{z}, \tilde{C}, \psi)] dt + \lambda (T_{\varepsilon(k)} - \tilde{T}_{(k)}). \quad (10)$$

Учитывая, что на первом интервале $t \in [0, \tau]$ управления неварьированы и поэтому интегралы одинаковы; на втором интервале $t \in [\tau, \tau + \varepsilon l]$ приращение функционала получается только за счет игольчатой вариации управления (жесткости); на третьем интервале $t \in [\tau + \varepsilon l; t_{(k)}]$ управления не варьированы, а приращения функционала получается за счет вариаций обобщенных координат. Тогда после соответствующих преобразований получим необходимые и достаточные условия оптимальности в форме теоремы 1 принципа максимума.

Теорема 1. Для того, чтобы управления $C(t)$ и соответствующие им обобщенные координаты $z(t)$ доставляли минимум функционалу быстрогодействия при уменьшении кинетической энергии до заданного конечного значения, необходимо и достаточно существование ненулевой непрерывной вектор-функций $\psi(t)$, удовлетворяющей сопряженной системе уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{\psi}_0 = 0; \dot{\psi}_{n+1} &= -\sum_{i=1}^n \psi_i \dot{q}_i; \\ \sum_{i=1}^n (\dot{\psi}_i A_{ij} + \psi_i c_{ij}) &= 0, \quad j = \overline{1, n} \end{aligned} \quad (11)$$

и условиям трансверсальности в конечный момент времени:

$$t = t(k), \psi_0 = 1; \psi_{i(k)} = -\lambda \dot{z}_{i(k)}, \psi_{n+1} = 0, i = \overline{1, n}, \quad (12)$$

а функция Гамильтона:

$$H(z, \psi, \dot{C}) = \sum_{i,j=1}^n \psi_i [c_{ij} \dot{z}^j - q_i(C)] = \max_{C \in \bar{C}} H(\psi, t, C) \quad (13)$$

при любом $t \in [0, t(k)]$ достигала своего максимального значения по всем $C \in \bar{C}$.

Второе положение позволяет обосновать возможность переноса краевых условий в конечный момент времени в любую точку интервала времени и формулируется **теоремой 2**. Если $C(t)$ — оптимальное управление, изменяющее за данный промежуток времени $\tau_1 > 0$ кинетическую энергию системы на максимальную величину $T(\tau_1) - T(0) = T_{1\max}$, то $C(t) = \dot{C}(t)$ есть оптимальное по быстродействию управление задачи демпфирования колебаний системы.

Теорема 3. Оптимальное по быстродействию управление удовлетворяет принципу максимума:

$$\max_{C \in \bar{C}} H(z, \psi, C) \rightarrow \max_{C \in \bar{C}} H(z, \dot{z}, \lambda, C). \quad (14)$$

Полученный результат принципиально облегчает проблему расчета оптимальных алгоритмов управления жесткостью, так как в этом случае закон управления формируется по текущему значению обобщенных координат. С учетом доказанного, уравнение для определения оптимальных коэффи-

циентов жесткости c_{ij} амортизаторов представляется в виде:

$$c_{ij} = \begin{cases} c_{ij\max}, & \text{sign} \dot{z}^i (z^i - q_i) = +1; \\ c_{ij\min}, & \text{sign} \dot{z}^i (z^i - q_i) = -1. \end{cases} \quad (15)$$

Теорема 4. Для того, чтобы постоянные параметры $p \in C \cup K$ и соответствующие им обобщенные координаты z доставляли минимум функционалу точности (14), необходимо и достаточно существование непрерывной вектор-функции $\lambda(t)$, удовлетворяющей сопряженной системе уравнений $\dot{\lambda} + \mu(z - y)^T \Gamma = 0$ и нулевым условиям трансверсальности $t = t(k), \lambda = 0$,

и функция Гамильтона $H = -\lambda u + \frac{1}{2} \mu u^T E u =$

$= \max_{u \in R} H(\lambda, u)$, при любом $t \in [0, t(k)]$ достигала своего

максимального значения. При этом функции чувствительности удовлетворяют дифференциальным уравнениям чувствительности.

После несложных математических преобразований получают расчетные уравнения для параметров системы, решение которых сводится к постоянной величине,

$$\begin{aligned} \dot{p} + \mu S(z - y)^T T = 0, \quad \dot{S} + \mu S^T T S = 0, \\ t = 0, \quad p = 0, \quad S = S(0), \quad t \rightarrow \infty, \quad S \rightarrow 0, \quad p \rightarrow \text{const}, \end{aligned}$$

где $S = \frac{\partial p}{\partial \lambda}$ — матрица чувствительности параметров к сопряженным переменным, причем $S = S^T$ — симметричная матрица.

Полученные теоретические положения были применены для разработки методики расчета динамических характеристик объектов с системами оптимального демпфирования колебаний [1—2], для вертикально-угловых колебаний двухосного транспортного средства при движении по неровной дороге.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев С. А., Костоглозов А. И., Кулешов А. В. Мгновенно-оптимальное демпфирование колебаний многомассовых систем с упругими связями. — Изв. вузов, Сев.-Кав. Регион, Естественные науки, 2000, № 2. С. 29—32.
2. Воробьев С. А., Кулешов А. В. Способ демпфирования колебаний упругоподвешенного объекта. — Патент РФ на изобретение № 2162034 от 20.01.01.

УДК 629.113

Ю.В. Панов, канд. техн. наук, профессор, МАДИ,
К. Лапиньски, президент правления Sp. z o.o "LPGTECH",
М. А. Павелко, ген. директор ООО "Логаз-Авто",
А. О. Ефименко, магистр, МАДИ

ИМИТАТОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВПРЫСКА ГАЗА ДЛЯ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности учебного процесса путем внедрения и адаптации имитатора системы управления впрыска газа для бензинового двигателя, выполненном с использованием технологий фирмы "LPGTECH", при обучении по дисциплинам, связанным с применением альтернативных топлив на автомобильном транспорте.

Ключевые слова: подготовка специалистов, учебный процесс, газомоторное топливо, система управления бензинового двигателя, система управления впрыска газа, имитатор.

Сегодня, когда в новых учебных планах подготовки студентов резко возросла доля практических занятий, большое значение имеет поиск инновационных решений в организации этих форм обучения. Использование в учебном процессе имитаторов работы систем автомобилей одно из таких решений. На кафедре ЭАТиС МАДИ внедрен имитатор управления газовой системы питания для бензинового двигателя.

Выполненный на элементной базе польской фирмы "LPGTECH" имитатор позволяет воспроизвести в аудитории реальные процессы настройки, диагностики двигателя и установленной на него газовой системы питания. Использование такого прибора также востребовано постоянным ростом объема обучения в связи с большим количеством информации и сложностью методик работ с программным обеспечением систем управления впрыска газа автомобильных двигателей.

Для перевода на газовое топливо инжекторных бензиновых ДВС дополнительно устанавливают газовые электронные блоки управления (ЭБУ). Эти ЭБУ управляют подачей газа во впускной коллектор двигателя. От правильной настройки ЭБУ в значительной степени зависят надежность двигателя, его экологические и экономические показатели. Имитатор позволяет ознакомиться со всеми функциями

программы и избежать многих ошибок, которые возникают при настройке на автомобиле, особенно во время теста на дороге.

Имитатор представляет собой электронный блок, выполненный по технологии фирмы "LPGTECH", к которому подсоединен штатный газовый ЭБУ. Прибор воспроизводит процессы управления подачей бензина и газа.

На рис. 1. представлена укрупненная структурная схема имитатора системы управления впрыска газа для бензинового двигателя. В корпусе имитатора расположен блок имитации сигналов работы двигателя: частоты вращения КВ двигателя, температуры охлаждающей жидкости, разрежения во впускном коллекторе, условного показателя нагрузки в процентах, времени впрыска бензина, датчика кислорода и других. Расположенные на передней панели 9 имитатора регуляторы 8 (рис. 2) позволяют изменять каждый из представленных параметров. Там же имитируются параметры газовой системы питания: давления газа в магистрали, температуры газа в редукторе и магистрали.

На основании этих параметров в блоке обработки сигналов работы двигателя перечисленные сигналы преобразуются в форму, необходимую для того, чтобы газовый ЭБУ воспринимал их как сигналы

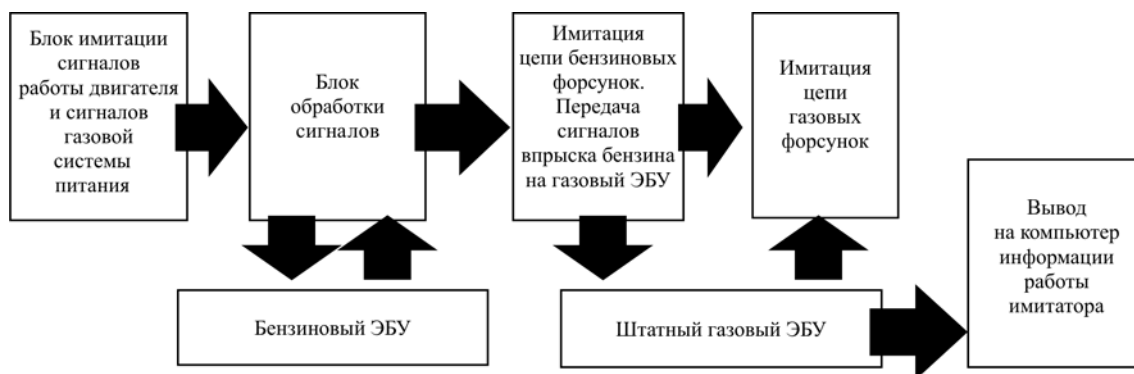


Рис. 1. Структурная схема имитатора системы управления впрыска газа для бензинового двигателя

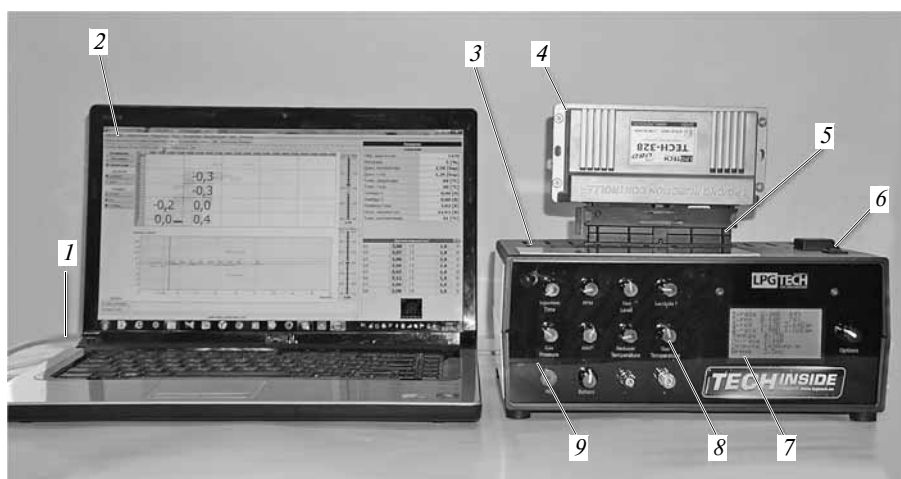


Рис. 2. Имитатор системы управления впрыска газа для бензинового двигателя:

1 — интерфейс; 2 — моделирование раздела программы на экране компьютера; 3 — корпус имитатора; 4 — штатный газовый ЭБУ; 5 — разъем подключения газового ЭБУ; 6 — выключатель; 7 — дисплей контроля параметров; 8 — регуляторы управления параметрами входных сигналов; 9 — передняя панель

от реального бензинового ЭБУ. Имеется модификация имитаторов с подключаемым бензиновыми ЭБУ.

Имитированные сигналы времени впрыска бензина и другие поступают на штатный газовый ЭБУ, который функционирует в среде имитатора как в системе управления реального двигателя. Возможно подключить любой блок LPGTECH для двигателей с числом цилиндров от трех до восьми. Имитатор моделирует цепь с реальной электрической нагрузкой, в газовых форсунках на двигателе. Газовый ЭБУ, получая всю необходимую информацию от имитатора, функ-

ционирует в режиме реального времени и рассчитывает время впрыска газа, которое как и многие другие параметры отображается на дисплее 7 и на экране монитора 2 компьютера.

Таким образом, процессы и алгоритмы настройки двигателя при работе на бензине и на газе удастся воспроизвести непосредственно в аудитории. Это особенно актуально при обучении установке и настройке газовых систем питания на автомобилях экологических классов Евро 4, 5, 6, которые оснащены встроенными системами европейской борто-

вой диагностики (EOBD) или бортовой диагностики (OBD II).

На экране компьютера отображаются процессы моделирования настройки газового ЭБУ. На рис. 2 на мониторе компьютера 7 показан пример заключительного этапа настройки программы LPGTECH Gas Setting.

В этой программе в качестве критерия правильной настройки используется сравнение времени впрыска бензина. При работе на бензине и при работе на газе в одинаковых режимах бензиновый ЭБУ должен рассчитать близкое время впрыска. Если настройка газовой системы проведена правильно, то разница времени впрыска бензина минимальна (не должна превышать 0,5 мс.).

Для применения в учебном процессе разработаны методические указания по проведению лабораторных работ "Технология настройки и диагностики газовых систем питания на имитаторе двигателя". Во время лабораторной работы студенты или магистры самостоятельно могут воспроизвести практически все этапы программирования и настройки, которые в реальности выполняются на автомобиле при настройке газовой системы питания. Планируется в ближайшее время усовершенствовать имитатор с учетом развития бензиновых систем питания.

"Книжное издательство за рулем", 2005. — 423 с.

В практике имитатор используется не только для обучения студентов, магистров, аспирантов, специалистов при повышении их квалификации, но также для диагностики газовых ЭБУ.

Имитатор позволяет повысить качество подготовки специалистов всех уровней и эффективно внедрять газомоторное топливо на транспорте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Системы управления бензиновыми двигателями.** Перевод с немецкого, первое русское издание. — М.: ООО
2. **Панов Ю. В.** Автомобильные системы впрыска газа. Учебное пособие, для вузов. — М.: Третий Рим, 2013. — 104 с.
3. **Панов Ю. В.** Использование в учебном процессе имитатора системы управления впрыска газа для бензинового двигателя "Транспорт на альтернативном топливе", № 6 (42). 2014. С. 34—39.
4. **Системы впрыска газа IV поколения.** Инструкция LPGTECH, [электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.lpgtech.ru/> свободный — Дата обращения: ноябрь 2014.
5. **Merkisz J., Mazurek S.** Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych. Copiring by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp.z.o.o. — Warszawa, 2007. — 603 s.
6. **Gassystemeinbauprüfung (GSP) Handbuch für die Schulung der verantwortlichen Personen und Farkräfte.** Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes GmbH (TAK) 3 vollig uberarbeitete Aüfflage Bonn. 2009. 272 s.

Импортозамещение от "КАМАЗа"

"КАМАЗ" запускает серийное производство двух новых моделей грузовиков, разработанных в сотрудничестве с немецкой компанией Daimler — седельного тягача КАМАЗ-65206 и бортового магистрального автомобиля КАМАЗ-65207.

Фактически это — антикризисное предложение "КАМАЗа" российским грузоперевозчикам в условиях сложной экономической обстановки в стране. Новые модели КАМАЗов по своим характеристикам близки к зарубежным аналогам, однако цена на них существенно ниже. При этом нужно учитывать, что компания имеет широкую, разветвленную дилерскую сеть по всей России и в странах СНГ, и может предложить качественный сервис и техобслуживание, исключив проблемы с доставкой запчастей. К тому же потребитель, имею в наличии российский грузовик, может существенно сэкономить на покупке компонентов к нему, поскольку цены на запчасти к импортным автомобилям в условиях девальвации рубля резко выросли.

При разработке нового модельного ряда были собраны лучшие международные технологии, позволившие сделать принципиально новый в плане комфорта и безопасности автомобиль, оснащенный современным электронным оборудованием. Теперь камазовские магистральные тягачи — это комфортабельные кабины Mercedes-Benz из семейства Ахог с кондиционером и подогревом сидений и модифицированная система камазовского шасси. В качестве силового агрегата использован рядный шестицилиндровый двигатель Mercedes-Benz мощностью 428 л. с., отвечающий стандартам Евро 5 (кстати, по желанию клиента он может быть заменен 400-силовым мотором камазовского производства). И если магистральный тягач КАМАЗ-5490 (M1842) "построен" на базе двухосной рамной конструкции, то новые модели КАМАЗ-65206 и КАМАЗ-63207 — трехосники, имеют гораздо больше возможностей при перевозке грузов

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

ПРЕСС-ТУР

ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

17 000 КИЛОМЕТРОВ СЕРВИСА

Сервисный автомобиль Регионально-технического центра в городе Иванове проехал за 9 месяцев более 17 тыс. км.

"Скорая помощь" для автокранов "Ивановец" была впервые опробована РТЦ летом 2014 г. Тогда сервисная бригада провела в командировке более недели. Позднее дальние поездки стали привычными для регионального центра, предложившего заказчикам "услугу с доставкой". Существенную экономию времени на транспортировке поломанных машин уже оценили десятки компаний, эксплуатирующих грузоподъемную технику в центральном регионе России. Новым видом сервисного ремонта воспользовались 54 клиента из Владимирской области, Вологодской, Ивановской, Костромской, Нижегородской, Ярославской — и даже из более удаленной Астраханской области.

По сообщению специалистов сервисной службы, за одну поездку бригада старается посетить не менее двух клиентов. Причем выезжают только лучшие мастера, способные оперативно выполнить работы любой сложности. Характерно, что большинство вызовов

приходится на пост-гарантийное обслуживание, связанное с истечением срока эксплуатации машин, либо случаи неправильного обращения с техникой. Если для первого варианта достаточно проведения стандартных процедур по смазке компонентов стрелы, замене фильтров, гидравлических жидкостей и масел, то в последнем требуется серьезное вмешательство специалистов и может закончиться доставкой автокрана производителю. Не обходится без казусов. В РТЦ помнят клиента, который просто не умел пользоваться крановой установкой: 30-минутный инструктаж помог вернуть в строй "сломавшуюся" машину.

Услуга выездной бригады стала корпоративным стандартом для компании "Ивановская марка". На сегодняшний день почти все авторизованные сервисные центры этого поставщика спецтехники имеют специальные оборудованные инструментами машины и персонал, готовый выехать к клиентам по первому обращению.

Пресс-служба ТК "Ивановская марка"

70 МИЛЛИАРДОВ ПОТРАТЯТ НА ДОРОГИ

Соответствующее Постановление подписал Председатель правительства России Дмитрий Медведев.

В частности, Постановлением от 5 марта 2015 г. № 193, эти средства распределяются между всеми регионами страны, которые должны будут потратить их на развитие транспортной системы и дорожного хозяйства, что должно привести в итоге к увеличению пропускной способности сети автомобильных дорог.

По замыслу Правительства, крупные инвестиции позволят увеличить в 2015 г. объемы строительства и реконструкции автомобильных дорог всех уровней: общего пользования, регионального, межмуниципального, а также местного значения.

Представители дорожно-строительного рынка незамедлительно отреагировали на подписание документа, назвав его стратегически важным. В частности, представители завода "РАСКАТ", который является ведущим производителем дорожных катков в нашей стране — назвали документ: "Решающим в рамках реализации программы импортозамещения". Приток финансовых

ресурсов в дорожную отрасль не только позволит возвести новые строительные объекты, но и обеспечит заказами отечественных производителей, которые нуждаются в увеличении количества заявок на российскую спецтехнику.

Если с начала текущего года завод "РАСКАТ" заключил десятки новых контрактов, то Постановление может обеспечить предприятие заказами на долгое время вперед. Так, например, согласно принятому документу, только московская область получит более 3,6 млрд руб. Учитывая, что катки "РАСКАТ" используются сегодня не только в этом крупнейшем регионе, а по всей стране — лидирующий производитель получает возможность не только существенно укрепить свои позиции, но и завоевать новые доли рынка.

Однако, как именно будут распределяться средства и на что пойдут: на дорожные материалы, либо на закупки новой спецтехники — зависит от решения региональных властей.

Пресс-служба ТК "Ивановская марка"

ABSTRACTS OF ARTICLES

- 2** *Ter-Mkrtichian G. G.* Operating cycle of the internal combustion engines modification. Additional strokes. The article considers the possibility of modifying the operating cycle of internal combustion engines. Classification of the engines with additional strokes is given. The cycles of the 5-stroke, 6-stroke and 8-stroke engines are considered in detail.
Keywords: modified operating cycle, stroke, additional strokes, 5-stroke engine, 6-stroke engine, 8-stroke engine.
- 7** *Markov V. A.* Problems of Using Natural Gas as Motor Fuel For Urban Auto Transport. Advantages of using natural gas as motor fuel are shown. Analysis of problems occurring by adapting diesel engines functioning on natural gas is carried out.
Keywords: diesel engine, gas diesel engine, diesel fuel, natural gas, methane, exhausts gases toxicity.
- 12** *Fadeev I. V., Rementsov A. N., Sadetdinov Sh. V.* Increasing anticorrosive qualities detergents using amidoboratykh components in the automotive transport. Methods of gravimetry, removing potentiodynamic polarization curves and corrosion fatigue test shows the increase of anti-corrosion properties of technical detergents aminobutane connections.
Keywords: technical detergent ML 72, amidopirina connection, corrosion tests.
- 17** *Karelina M. Yu., Gaidar S. M.* Research of efficiency of tribotechnical preparations on the basis of nanomaterials. Possibility of use of nanomaterials for improvement the ekspluatatsionnykh of characteristics of internal combustion engines is shown. The characteristic of the "additives" and "additives" used for creation of conditions of friction in the tribosopryazheniyakh is given. Researches are conducted and efficiency of use of fluorinated surface-active substances as antifrictional and antiwear "additives" to lubricants in the operation mode is shown.
Keywords: additives, additives, engine, toxicity, fuel profitability, tribosopryazheniye, fluorinated surface-active substances.
- 29** *Kochetkov A. V., Karpeev C. V.* Protective plastic panels of barrier protections of highways. Use of protective plastic panels as innovative method of drawing a vertical marking on barrier protections with simultaneous protection against atmospheric corrosion of metal protections is offered.
Keywords: traffic safety; road marking; innovations; protective plastic panels; metal protections.
- 34** *Kovalchuk L. I., Mishachkov I. V.* Theoretical prerequisites and algorithms of formation of experimental and theoretical models of toxic emissions from internal combustion engines with exhaust gases. The article describes a theoretical presupposition and algorithm of formation models describing regularities of change in toxic emissions from internal combustion engines with exhaust gases in the possible operating modes. An example of calculating the parameters of the model.
Keywords: algorithm, experimental and theoretical model, the exhaust gases, toxic emissions.
- 41** *Vorobyev S. A., Vorobyev S. S., Goncharov R. A., Tikhomirov A. G.* Terms of optimal damping suspension car with dynamic action. The article defines the conditions for optimal damping suspension design of the vehicle with dynamic action. The theoretical position applied for the development of methods of calculating the dynamic characteristics of vehicles with optimum vibration damping systems. The methodology used to calculate the vertical biaxial angular oscillations of the vehicle when driving on bumpy roads.
Keywords: damping, oscillations, methods, dynamic performance, transport.
- 44** *Panov Y. C., Lapinski K., Pavelko M. A., Efimenko A. O.* The simulator control system of gas injection for gasoline engine. The article considers the issues of improving the efficiency of the educational process through the introduction and adaptation of the simulator control system of gas injection gasoline engine, are made using a technology company LPG TECH training on subjects related to the application of established alternative fuels in road transport.
Keywords: training, learning process, gas fuel, the control system gasoline engine, the control system of gas injection simulator.