

- ▶ для СП із прогресивним законом зміни пружної сили більшим значенням амплітуди коливань ПЧ відповідає більше значення власної частоти коливань, для СП із регресивним законом зміни пружної сили — навпаки;
- ▶ у разі наближення амплітуди коливань ПЧ до амплітуди «пробою підвіски» частоти власних нелінійних коливань ПЧ наближаються до частоти

власних лінійних коливань за умов однакових статичних деформацій СП із прогресивним (регресивним) та лінійним законами пружної сили;

- ▶ для забезпечення плавності ходу автомобіля із прогресивним законом зміни пружної сили та більших значень амплітуди пробою необхідно обирати підвіску з більшим значенням параметру нелінійності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. — М.: Машиностроение, — 1972. — 392 с.
2. Войтенко В. А. Математичне моделювання пружної підвіски колісного транспортного засобу / В. А. Войтенко // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. — 2012. — № 11, 12. — С. 29–34.
3. Мельников А. А. Теория автомобиля. Колебания и плавность хода: учеб. Пособие / А. А. Мельников. — Нижний Новгород: Нижнегородский гос. техн. ун-т, 1998. — 112 с.
4. Сокіл Б. І. Власні вертикальні коливання корпусу автомобіля з урахуванням нелінійних характеристик пружної підвіски / Б. І. Сокіл, Р. А. Нанівський, М. Г. Грубель // Автошляховик України: науково-виробничий журнал. — 2013. — № 5 (235). — С. 15–18.
5. Hrubel M. Influence of characteristics of wheeled vehicle suspensions of its road-holding along curved stretches of track / M. Hrubel, R. Nanivskyi, M. Sokil // Science & military. — Liptovscy Mikulas, Slovak Republska, 2014. — Vol. 9. — № 1. — P. 15–19.
6. Яценко Н. Н. Плавность хода грузовых автомобилей / Н. Н. Яценко, О. К. Прутчиков. — М.: Машиностроение, 1969. — 219 с.
7. Адаптивная подвеска. Устройство, принцип действия [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.autoobserver.ru/sistemi-auto/76-adaptivnaya-podveskaustroystvo-i-princip-deystviya-aktivnoyupodveski.html>.
8. Павленко В. М. Сучасний стан розвитку активних підвісок легкових автомобілів / Павленко В. М., Криворучко О. О. // Вісник НТУ «ХПІ», Автомобілебудування, 2014. — №9(1052). — с.54-60.
9. Штейнберг Т. С. Методы малого параметра при исследовании периодических движений систем с трением / Т. С. Штейнберг // Сб. тр. Уральск. политехн. и-та. — 1958. — 74. — С. 197–204.
10. Боголюбов Н. Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский. — М.: Наука, 1974 — 504 с.
11. Сенік П. М. Про Ateb-функції / П. М. Сенік // Доп. АН УРСР. — 1968. — № 1. — С. 23–26.
12. Сенік П. М. Про побудову оптимальної квазілінійної автономної програмно-коливної системи / П. М. Сенік, Б. І. Сокіл // Доп. АН УРСР. — 1975. — А, № 11. — С. 1014–1017.
13. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник для ВНЗ. — К.: Арістей, 2010. — 155 с.

УДК 656.13

- © Говорун А. Г., канд. техн. наук, професор (НТУ);
 © Клименко О. А., канд. техн. наук, заступник завідувача лабораторії, академік ТАУ;
 © Симоненко Р. В., канд. техн. наук, заступник завідувача лабораторії, чл.-кор. ТАУ;
 © Назаренко М. Б., канд. техн. наук, старший науковий співробітник (ДП «ДержавтотрансНДПроект»);
 © Шиманський С. І. (НТУ)

ОСОБЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА У ПРОЦЕСІ РОБОТИ В НЕСТАЛИХ РЕЖИМАХ НА СТИСНеному ПРИРОДНОМУ ГАЗІ

Анотація. Розглянуто особливості показників автомобільного двигуна під час роботи в несталіх режимах на стисненому природному газі. Специфіка роботи двигунів на газових моторних паливах достатньо добре вивчена впродовж кількох десятиліть. Проте більшість досліджень стосувалась усталених режимів роботи двигунів. Завданням цих досліджень є визначення впливу несталіх швидкісних та навантажувальних режимів роботи двигуна (без зворотнього зв'язку за вмістом кисню у відпрацьованих газах) на стисненому природному газі на екологічні показники двигуна.

Ключові слова: стиснений природний газ, викиди шкідливих речовин, газоповітряна суміш, двопаливна система живлення, іздовий цикл.

Аннотация. Рассмотрены особенности показателей автомобильного двигателя при работе в неустойчивых режимах на сжатом природном газе. Специфика работы двигателей на газовых моторных топливах достаточно хорошо изучена в течение нескольких десятилетий. Однако большинство исследований касалось установившихся режимов рабо-

ты двигателей. Задачей этих исследований является определение влияния неустановившихся скоростных и нагрузочных режимов работы двигателя (без обратной связи по содержанию кислорода в отработавших газах) на сжатом природном газе на экологические показатели двигателя, ездовой цикл.

Ключевые слова: сжатый природный газ, выбросы вредных веществ, газозвоздушная смесь, двухтопливная система питания.

Abstract. The features of performance car engine at a transient state by compressed natural gas. Features of the engines on the gas motor fuels have been well studied for several decades. However, most studies came to established modes of engine operation. The objective of these studies is to determine the effect of transient speed and load conditions of the engine (without feedback on the content of oxygen in the exhaust gases), compressed natural gas in the environmental performance of the engine.

Keywords: compressed natural gas, emissions, air-fuel mixture, bi — fuel system, driving cycle.

Вступ

Одним із нетрадиційних видів моторного палива є стиснений природний газ (СПГ). Особливості роботи двигунів на газових моторних паливах упродовж декількох десятиліть були достатньо добре вивчені. Раніше проведеними дослідженнями було встановлено, що більш широкі межі займання і розповсюдження фронту полум'я газоповітряних горючих сумішей при використанні СПГ дозволяє використовувати збіднені горючі суміші за умови часткових навантажень двигуна і завдяки цьому зменшувати викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами [1]. Однак більшість досліджень стосувалась ustalених режимів роботи двигунів [2].

Завданням цих досліджень було визначення впливу несталіх швидкісних та навантажувальних режимів роботи двигуна (без зворотнього зв'язку за вмістом кисню у відпрацьованих газах) на СПГ на екологічні показники двигуна.

Основна частина

Експериментальні дослідження у процесі роботи на бензині і СПГ були проведені на автомобілі ВАЗ — 2101, переобладнаному для роботи на газовому паливі. Регулювання складу паливоповітряної суміші в двигуні цього автомобіля здійснювалось за розрідженням у впускному трубопроводі (на бензині — карбюратором-змішувачем, на СПГ — тріступеневим редуктором, дозатором газу і карбюратором-змішувачем) без застосування зворотнього зв'язку за вмістом кисню у відпрацьованих газах двигуна.

Таке регулювання складу паливоповітряної суміші на сучасних автомобілях уже не застосовується, але ще багато автомобілів без зворотнього зв'язку за вмістом кисню у відпрацьованих газах перебуває в експлуатації і працює як на бензині, так і на газових моторних паливах, тому результати цих досліджень є актуальними.

На **рис. 1** показана схема двопаливної системи живлення автомобіля ВАЗ — 2101, переобладнаного для роботи на СПГ.

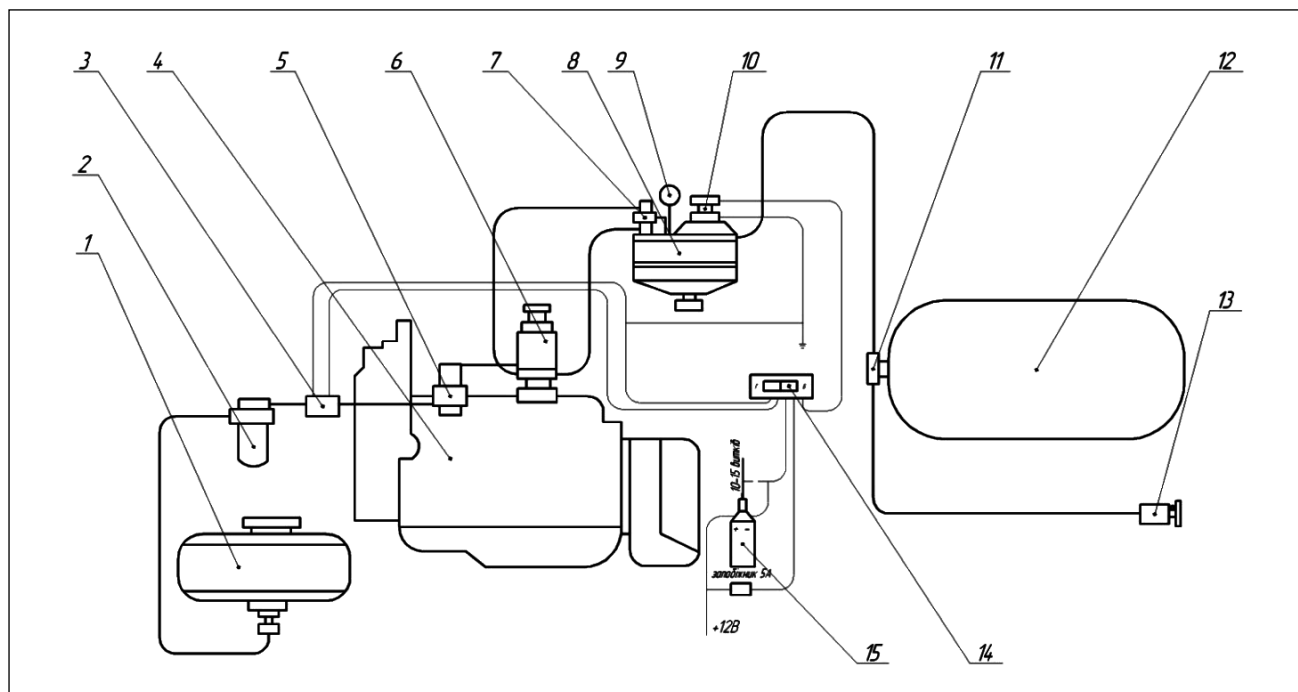


Рис. 1. Схема двопаливної системи живлення автомобіля ВАЗ — 2101

До двопаливної системи живлення автомобіля входять такі основні елементи:

1 — паливний бак; 2 — паливний насос; 3 — електромагнітний бензиновий клапан; 4 — двигун; 5 — паливний фільтр; 6 — карбюратор-змішувач; 7 — дозатор газу; 8 — тріступеневий газовий редуктор; 9 — манометр; 10 — електромагнітний газовий клапан; 11 — магістральний вентиль; 12 — газовий балон; 13 — заправний пристрій; 14 — перемикач виду палива «газ — бензин»; 15 — котушка запалювання.

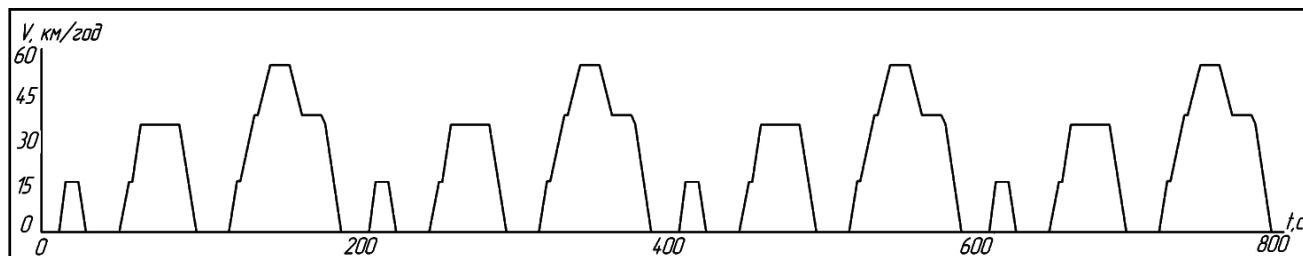


Рис. 2. Європейський міський їздовий цикл (4 елементарних цикла UDC).

У переобладнаному автомобілі застосований триступеневий газовий редуктор Tomasetto AT 04 (Італія). Серійний карбюратор доопрацьований у карбюратор — змішувач із застосуванням змішувача-проставки, що встановлено між верхньою і нижньою частинами корпусу карбюратора. Змішувач-проставку було використано з комплексу газової апаратури для переобладнання автомобілів ВАЗ для роботи на зрідженому нафтовому газі. З урахуванням властивостей СПГ пропускну здатність каналів і отворів змішувача-проставки було збільшено.

Для об'єктивної оцінки показників двигуна в несталих швидкісних і навантажувальних режимах та, відповідно, автомобіля в несталих режимах руху було обрано Європейський міський їздовий цикл (Urban Driving Cycle — UDC) відповідно до Правил ЄЕК ООН №83 безшвидкісного міського їздового циклу (Extra Urban Driving Cycle — EUDC). Європейський міський їздовий цикл містив чотири елементарних цикла UDC, які послідовно виконувались один за одним і склалися з режимів, тривалість і послідовність яких імітували рух автомобіля в міських умовах експлуатації.

На рис. 2 показано схему Європейського міського їздового циклу.

На рис. 3 а, б показано фрагменти (за 2 елементарних цикла UDC) залежностей концентрацій оксиду вуглецю CO та оксидів азоту NO_x в розбавлених відпрацьованих газах під час руху автомобіля ВАЗ — 2101 за Європейським міським їздовим циклом у процесі роботи на бензині та СПГ після встановлення газобалонного обладнання на автомобіль та попереднього регулювання газової паливної апаратури на станції технічного обслуговування (СТО).

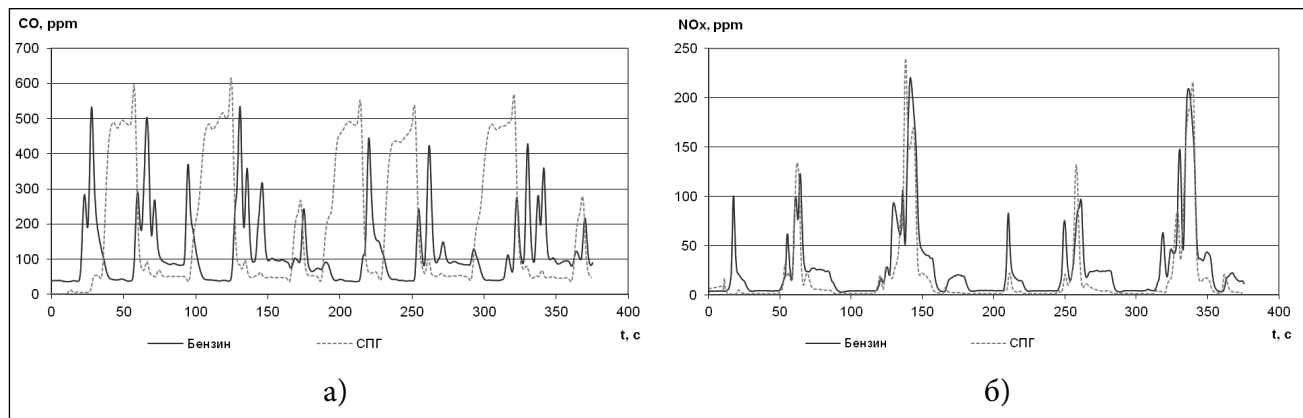


Рис. 3. Фрагменти залежностей концентрацій оксиду вуглецю та оксидів азоту в розбавлених відпрацьованих газах автомобіля ВАЗ — 2101 під час руху за Європейським міським їздовим циклом в умовах роботи на бензині та СПГ (після попереднього регулювання газової паливної апаратури на СТО)

Таблиця 1

Результати першого циклу випробувань автомобіля ВАЗ — 2101

Паливо	Викиди шкідливих речовин, мг/км		
	CO	C _m H _n	NO _x
Бензин А-92	4591	2477	1404
СПГ	8325	2186	936

У табл. 1 наведені результати першого циклу випробувань щодо питомих масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами автомобіля під час руху за Європейським міським їздовим циклом (після попереднього регулювання газової паливної апаратури на СТО).

Аналіз результатів першого циклу випробувань показує, що під час роботи на СПГ викиди оксиду вуглецю CO в 1,8 рази були більшими, а викиди оксидів азоту NO_x та вуглеводнів C_mH_n неметенового ряду, навпаки, меншими, відповідно на третину та на 11,7%, ніж в умовах роботи на бензині.

Ці результати, зокрема, завищений рівень викидів оксиду вуглецю CO з відпрацьованими газами, свідчать про надмірне, у цілому, збагачення газоповітряної суміші. Тому з метою поліпшення екологічних показників автомобіля регулюваннями газового редуктора і дозатора газу газоповітряну суміш було збіднено зі збереженням на тому ж рівні максимально можливого в умовах роботи на СПГ крутного моменту двигуна (сили тяги коліс), після чого проведено другий цикл випробувань автомобіля.

На рис. 4 а, б показано фрагменти (за 2 елементарних цикла UDC) залежностей концентрацій оксиду вуглецю

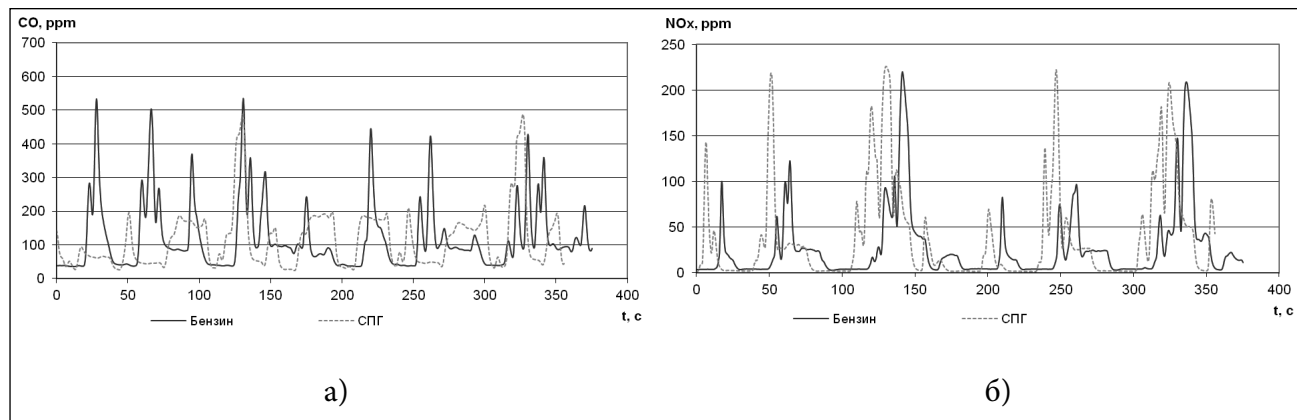


Рис. 4. Фрагменти залежностей концентрацій оксиду вуглецю та оксидів азоту в розбавлених відпрацьованих газах автомобіля ВАЗ – 2101 під час руху за Європейським міським їздовим циклом в умовах роботи на бензині та СПГ (після перерегулювання газової паливної апаратури)

Таблиця 1

Результати другого циклу випробувань автомобіля ВАЗ – 2101

Паливо	Викиди шкідливих речовин, мг/км		
	СО	$C_m H_n$	NO_x
Бензин А-92	4591	2477	1404
СПГ	4486	2197	1891

СО та оксидів азоту NO_x в розбавлених відпрацьованих газах під час руху автомобіля ВАЗ – 2101 за Європейським міським їздовим циклом у процесі роботи на бензині та СПГ після перерегулювання газової паливної апаратури.

У табл. 2 наведені результати другого циклу випробувань щодо питомих масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами автомобіля під час руху за Європейським міським їздовим циклом (після перерегулювання газової паливної апаратури).

Аналіз результатів другого циклу випробувань показує, що перерегулювання газопаливної системи дозволило, в цілому, збіднити газоповітряну суміш, завдяки чому масові викиди оксиду вуглецю зменшилися майже вдвічі і стали практично однаковими з викидами СО на бензині, однак вдвічі збільшилися масові викиди оксидів азоту, перевищивши викиди NO_x на бензині на 34,7%, а викиди неметанових вуглеводнів залишилися майже незмінними.

Висновки

Застосування газового палива для двигунів з регулюванням поливовітряної суміші без зворотнього зв'язку за вмістом кисню у відпрацьованих газах не дає відчутних переваг за екологічними показниками порівняно з показниками під час роботи на бензині в несталих швидкісних та навантажувальних режимах, хоча такі переваги в сталих режимах є загальновідомими.

Це пояснюється недосконалістю регулювання складу газоповітряної суміші в несталих режимах в автомобільних двигунах без зворотнього зв'язку за вмістом кисню у відпрацьованих газах, у яких застосовують регулювання складу газоповітряної суміші лише пневмомеханічним газовим редуктором, дозатором газу і карбюратором-змішувачем за розрідженням у впускному трубопроводі.

Відсутність відчутних переваг за екологічними показниками в умовах роботи на СПГ порівняно з показниками, отриманими на бензині, також пояснюється недостатньою досконалістю газового редуктора Tomasetto AT 04, який широко використовують, але в конструкції якого не передбачена автономна газова система неробочого ходу та економайзерна система, яка б дозволяла збагачувати газоповітряну суміш у режимах, близьких до повного навантаження двигуна, залишаючи в умовах часткових навантажень економічний склад газоповітряної суміші.

ЛІТЕРАТУРА

- Ефимов С. И. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/С. И. Ефимов, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин, и др.; Под общ. ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1985. — 456 с., ил.
- Генкин К. И. Газовые двигатели. М., «Машиностроение», 1977. — 196 с.