

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ ВАРНА



КАТЕДРА
ТРАНСПОРТНА ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ТРАНСПОРТ, ЕКОЛОГИЯ УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ

XXX НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ



ЕКОВАРНА 2024

15 - 17 Юни 2024



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ВАРНА
КАТЕДРА "ТРАНСПОРТНА ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ"



“ТРАНСПОРТ, ЕКОЛОГИЯ - УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ”

XXX НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ С
МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ

СБОРНИК ДОКЛАДИ



ЕКО ВАРНА '2024
13 - 15 ЮНИ 2024

Форумът се организира и провежда от ТУ-Варна с частично финансиране от държавната субсидия за научно-изследователска дейност на университета

XXX НАУЧНО -ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ

СБОРНИК ДОКЛАДИ

Том тридесет и първи част 1
ISSN (Online) 2367- 6965
ISSN (Print) 2367- 6299

Научен секретар и редактор
доц. д-р инж. Росен Христов

Издателство ТУ-Варна

The Microsoft CMT service was used for managing the peer-reviewing process for this conference. This service was provided for free by Microsoft and they bore all expenses, including costs for Azure cloud services as well as for software development and support.

1.	ПРОБЛЕМИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА АВТОМАТИЧНИ ПРЕДАВАТЕЛНИ КУТИИ ОТ ТИПА RE5R05A	5
	Stefan Stefanov	
2.	NEURAL NETWORK CONTROL OF THE PLANT OF A SYNERGETIC CAR	10
	Alexey Bazhinov, Tetiana Bazhynova	
3.	FIRE HAZARDS OF ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES	13
	Mikhail Kravtsov, Alexey Bazhinov	
4.	INFLUENCE OF LOAD CONDITION ON FUEL CONSUMPTION FOR PASSENGER CARS ON A SIMULATION STAND	17
	Sergy Krivoschapov, Yuriy Gorbik, Aleksandr Nazarov	
5.	IMPROVING THE ACCURACY OF THE ORIENTATION DEVICE FOR CHECKING CAR HEADLIGHTS	23
	Ihor Marmut, Serhii Shestov	
6.	EFFECT OF MIXTURE GASOLINE E-50 ON THE VEHICLE FUEL CONSUMPTION VAZ-2115	28
	Bezrodnyi Vladimir	
7.	EVALUATION OF BRAKE CONTROL EFFICIENCY OF A VEHICLE WITH A VACUUM BOOSTER	31
	Volodymyr Volkov, Igor Gritsuk, Mykola Sklyarov, Oleksii Yakovliev, Volodymyr Kuzhel, Ganna Pliekhova, Tetiana Volkova	
8.	DIAGNOSING CARS ON A BRIEF STRETCH OF ROAD INVOLVES ASSESSING THEIR CONDITION AND IDENTIFYING ANY ISSUES OR CONCERNS WITHIN A LIMITED DISTANCE	41
	Yuriy Zybtsev, Pavel Voroshylov	
9.	ENSURING THE QUALITY OF CAR SERVICE SERVICES BY IMPROVING THEIR PRODUCTION MANAGEMENT PROCESSES	49
	Volodymyr Makarov, Tamara Makarova, Sergey Mastepan, Nikolai Mastepan	
10.	DEVELOPMENT OF A MECHANISM FOR IMPROVING THE PROCESS OF PRODUCING SERVICES BY CAR SERVICE ENTERPRISES	55
	Sergey Mastepan, Nikolai Mastepan, Dmytro Savenok, Nikolai Vinogradov	
11.	DEPENDENCE OF CHANGE IN ANTIFREEZE ELECTRICAL CONDUCTIVITY ON TEMPERATURE	61
	Mikhail Nahliuk	
12.	METHODS AND TECHNOLOGIES THAT ALLOW TO DESIGN VARIOUS INFORMATION SYSTEMS IN ROAD TRANSPORT	64
	Vyacheslav Pavlenko, Vladimir Kuzhel	
13.	ИЗСЛЕДВАНЕ АКУСТИЧНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ДВИГАТЕЛ ПРИ РАБОТА С ГОРИВНИ СМЕСИ С ВИСОКО СЪДЪРЖАНИЕ НА ИЗОПРОПАНОЛ	71
	Здравко Иванов, Борислав Пенчев	
14.	ЧЕСТОТЕН АНАЛИЗ НА ЗВУКОВО НАЛЯГАНЕ НА ДВИГАТЕЛ ПРИ РАБОТА С ГОРИВНИ СМЕСИ НА БЕНЗИН И ИЗОПРОПАНОЛ	79
	Здравко Иванов, Борислав Пенчев	
15.	ИЗСЛЕДВАНЕ ВРЕМЕТО ЗА РЕАКЦИЯ НА ВОДАЧА	85
	Пламен Несторов, Даниел Иванов, Радостин Димитров, Веселин Михайлов	
16.	ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТИВНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА ДИЗЕЛОВ ДВИГАТЕЛ ПРИ РАБОТА СЪС СМЕСИ НА БИОДИЗЕЛОВО ГОРИВО	90
	Величка Георгиева	

ПРОБЛЕМИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА АВТОМАТИЧНИ ПРЕДАВАТЕЛНИ КУТИИ ОТ ТИПА RE5R05A

PROBLEMS IN THE OPERATION OF AUTOMATIC TRANSMISSIONS OF THE RE5R05A TYPE

Stefan Stefanov

Abstract. This report examines the problems that arise in the operation of automatic transmissions of the RE5R05A type and how to eliminate them. Special attention has been paid to problems related to mechanical failures of solenoids in the valve body. The methodology for testing the solenoids, pressure regulators on a bench, placed in real conditions, is given. A conclusion is given on the serviceability of the tested solenoids.

Keywords: Automatic Transmission; electronic pressure regulator, solenoid

1. Въведение:

В съвременните автоматични трансмисии силно навлезе използването на електронни компоненти, чрез които се съгласува прецизно работата на трансмисията с двигателя и другите системи в автомобила. Това има отношение както към икономията на гориво, намаляване на вредните емисии отделяни в атмосферата, така и към безопасността на движение. Фирмите производителки на съвременни автоматични предавателни кутии използват в управлението им електромагнитни соленоиди от типа „on-off“ и електронни регулатори на налягане. Електронните регулатори на налягане в съвременните автоматични предавателни кутии обикновено са повече от четири. Те се използват не само за регулиране на основното налягане, както е в по-старите конструкции, но и за регулиране на други налягания към елементите за превключване на предавките. Тези електронни регулатори са с доста прецизна конструкция и изработка, поради което след продължителна работа променят своите характеристики. Това освен че се отразява неблагоприятно върху пътното поведение на автомобила, в много от случаите съкращава и живота на механичните елементи в кинематичната схема на предавателната кутия. В този доклад ще обърнем внимание на диагностиката на електронните регулатори на налягане, използвани в пет степенни автоматични предавателни кутии от типа RE5R05A.

2. Изложение:

Цел на изследването: Целта на настоящото изследване е:

1. Да се диагностицира състоянието на електронните регулатори на налягане в калапанното тяло на предавателни кутии от тип RE5R05A.
2. Да се даде заключение за изправността на тези регулатори.

Тази предавателна кутия се монтира под различни наименования в трансмисиите на различни автомобили като Subaru, Nissan, Kia, Infiniti. Среца се както във вариант със задно задвижване, така и с пълноприводно задвижване (4x4). Обслужва широка гама двигатели, с обем от 2,5 до 5,6 литра.

В процеса на експлоатация на тази автоматична предавателна кутия се наблюдават следните проблеми:

1. Проникване на етиленгликол (антифриз) в маслото на предавателната кутия, причина за което е повреда в радиатора на охладителната система. Това налага капитален ремонт на предавателната кутия.
2. Износване на съединителя (Lock up clutch) в хидротрансформатора при доста голям пробег километри.
3. Механични проблеми, които се състоят в износване на фрикционните ламели на съединителите за превключване на предавките. Много рядко се наблюдава износване на лагерните втулки по валовете.

4. Проблеми в клапанното тяло – фиг.1 - [2]. Проблемите които се срещат в клапанното тяло можем да разделим на четири вида:

4.1. Механично износване на отворите в които работят плунжерите, което при тази предавателна кутия е сравнително много рядко срещан дефект.

4.2. Електрически проблем в контролера („компютъра“), който се намира върху клапанното тяло. Този дефект е сравнително по-често срещан в практиката, в сравнение с подобни други предавателни кутии. Този контролер се намира извън предавателната кутия за моделите 2002-2004 г., а за моделите 2004-2008 г. е монтиран върху клапанното тяло вътре в кутията. Дефектите на контролера се наблюдават основно при моделите в които контролера се намира вътре в предавателната кутия.

4.3. Електрически отказ (прекъсване) на намотката на соленоид от клапанното тяло, което е много рядък дефект. Този дефект се регистрира от електронен тестер.

4.4. Механична повреда на соленоидите - регулатори на налягане в клапанното тяло, което се изразява в промяна на характеристиките им. При този дефект се наблюдава неправилно превключване на предавките с резки удари и повишаване на честотата на въртене на двигателя. Този дефект не се регистрира от диагностичните уреди.

В този доклад ще обърнем внимание на диагностиката на електронните регулатори на налягане, тъй като този дефект се среща относително често при продължителен пробег на автомобила и не се регистрира от диагностичните уреди.

На клапанното тяло – фиг.1 са разположени 7 соленоида, шест от които, от 1 до 6 са регулатори на налягане, а соленоид 7 е от типа „on-off“ соленоид. Соленоидите 1, 2 и 4 са „нормално отворени“, докато соленоиди 3, 5 и 6 са „нормално затворени“.

Наименованията на соленоидите от фиг.1 показват кои елементи от механиката участват за реализиране на предавките в автоматичната предавателна кутия. Трябва да се има в предвид, че при реализиране на предавките соленоидите участват в различни комбинации - [3].

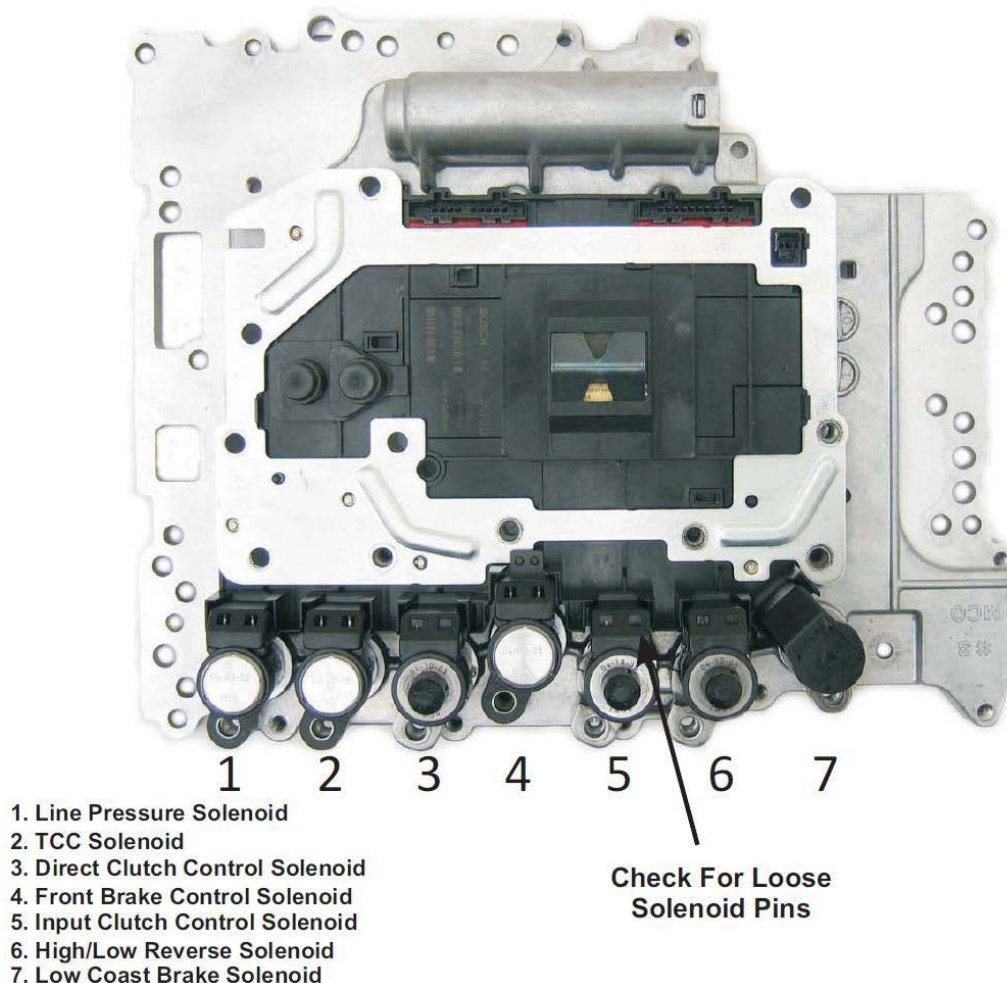
Методика на изследването:

Електронните регулатори на налягане се изпитват на специално разработен за целта стенд – [1], чрез снемане на характеристиката на налягане. Характеристиката се снима при студено масло - стайна температура - (18-22)о С, а след това при работна температура - (95-110)о С. Тези регулатори работят при честота 800 [Hz]. Налягането на входа на соленоидите е постоянно и равно на 15 [bar].

След изпитанията на стенда се установява кои регулатори са дефектни.

Резултати от изследването.

За експеримента беше избрано клапанно тяло от автоматична предавателна кутия на автомобил Nissan Pathfinder, която се държеше некоректно при пътните изпитания. При студено масло превключването на предавките беше добро, но след изминаване на определени километри, когато маслото в предавателната кутия се стопли, при превключването се наблюдаваха резки придърпвания и удари, както и повишаване честотата на въртене на двигателя.



Фиг. 1. Клапанно тяло RE5R05A

Клапанното тяло беше разглобено, почистено и тествано с вакуум тестер. Не се установиха недопустими износвания в клапанното тяло.

След това соленоидите бяха тествани на специален стенд – [1], при студено масло и при работна температура на маслото всеки един поотделно.

Получените характеристики са представени на фигури 2 и 3 в графичен вид, а данните по които са построени в таблици 1 и 2. Характеристиките на регулаторите са представени с кривите от 1 до 6, с различен цвят. Номерата на соленоидите в таблиците и графиките отговарят на тези от фиг.1.

Соленоид 7 е от типа „on-off“ и не е тестван на стенда. Тестването на този соленоид се състои в измерване съпротивлението на намотката и подаване на напрежение от 12 [V], при което се регистрира отварянето и затварянето на регулиращият му орган.

Анализ на резултатите от изследването.

От получените експериментални данни се вижда, че при студено масло соленоидите са изправни, което отговаря на доброто поведение на предавателната кутия на студено. При работна температура соленоидите с номера 1 и 2 са с понижено налягане и недобра характеристика, а соленоиди 3 и 5 с понижено налягане, недобра характеристика и не затварят. Това обяснява некоректното поведение на предавателната кутия на топло.

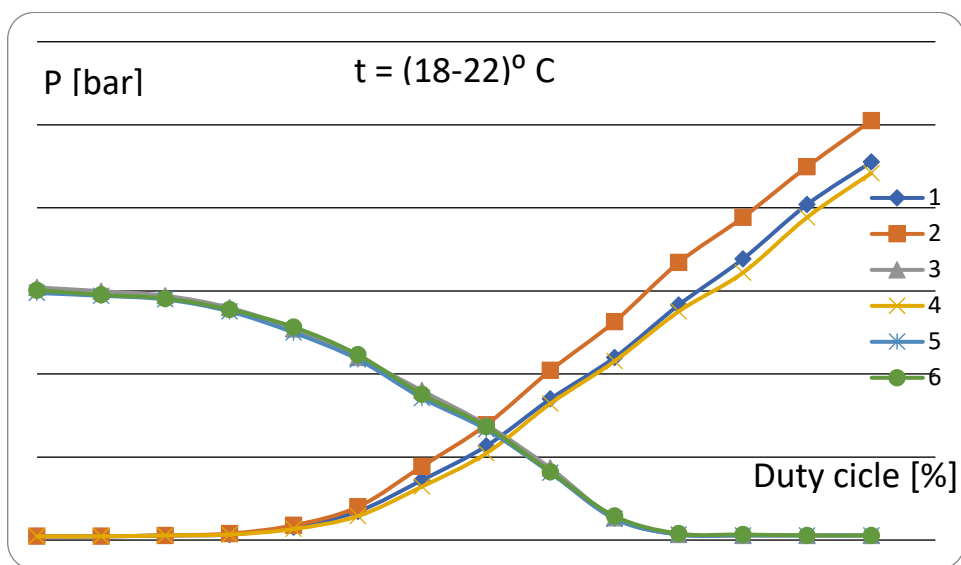
Дефектните соленоиди – 1, 2, 3 и 5 бяха сменени с нови. Соленоидите с номера 4, 6 и 7 бяха оставени същите. При последвалите пътни изпитания предавателната кутия превключваше предавките добре, както на студено така и при работна температура на маслото.

Таблица 1 – студено масло - $t = (18-22)^{\circ}\text{C}$

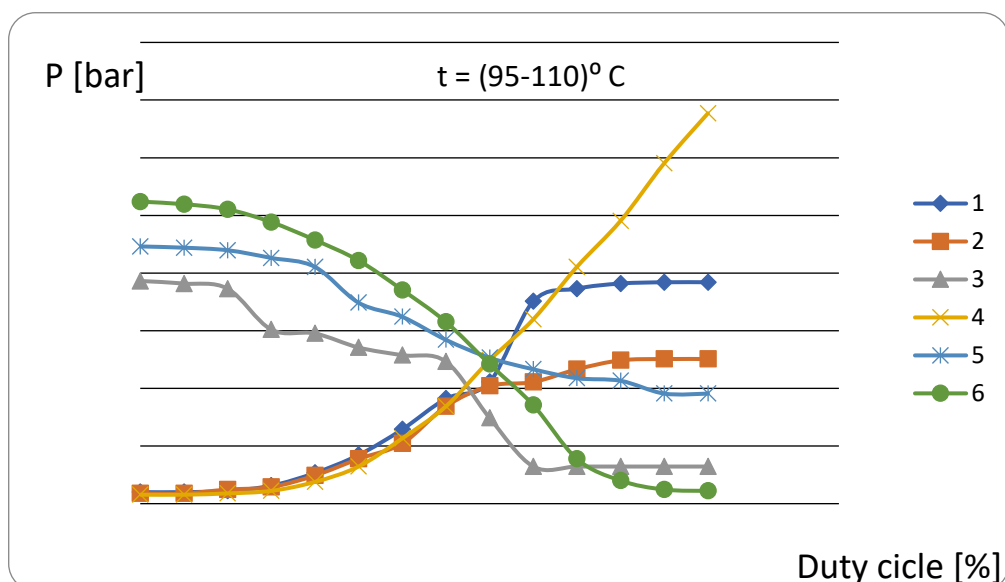
%	1	2	3	4	5	6
0	0,08	0,09	6,08	0,09	5,95	6,02
5	0,09	0,09	5,99	0,09	5,88	5,90
10	0,11	0,11	5,88	0,11	5,79	5,82
15	0,13	0,16	5,59	0,13	5,50	5,54
20	0,31	0,36	5,08	0,27	4,99	5,13
25	0,69	0,80	4,39	0,58	4,35	4,46
30	1,44	1,78	3,59	1,29	3,41	3,51
35	2,26	2,77	2,77	2,09	2,66	2,73
40	3,39	4,08	1,73	3,28	1,62	1,64
45	4,39	5,26	0,53	4,31	0,51	0,58
50	5,66	6,68	0,13	5,50	0,13	0,16
55	6,77	7,76	0,11	6,43	0,11	0,13
60	8,08	8,99	0,11	7,77	0,11	0,11
65	9,10	10,09	0,11	8,83	0,11	0,11

Таблица 2 – топло масло - $t = (95-110)^{\circ}\text{C}$

%	1	2	3	4	5	6
0	0,20	0,18	3,86	0,16	4,46	5,24
5	0,20	0,18	3,82	0,16	4,44	5,19
10	0,22	0,24	3,73	0,18	4,40	5,11
15	0,31	0,29	3,02	0,22	4,26	4,88
20	0,53	0,49	2,95	0,38	4,10	4,57
25	0,84	0,78	2,71	0,64	3,48	4,22
30	1,29	1,04	2,57	1,13	3,24	3,71
35	1,82	1,68	2,46	1,69	2,84	3,15
40	2,11	2,04	1,49	2,48	2,53	2,42
45	3,51	2,11	0,64	3,20	2,33	1,71
50	3,73	2,33	0,64	4,11	2,18	0,80
55	3,82	2,49	0,64	4,91	2,13	0,39
60	3,84	2,51	0,64	5,91	1,91	0,24
65	3,84	2,51	0,64	6,77	1,91	0,22



Фиг. 2. Студено масло – $t = (18-22)^{\circ}\text{C}$

Фиг. 3. Топло масло – $t = (95-110)^{\circ}\text{C}$

3. Заключение:

1. Диагностика и заключение за изправността на соленоидите от клапанното тяло на автоматичната предавателна кутия от типа RE5R05A може да се даде само чрез изпитване характеристиката им на стенд, като се поставят в условията при които работят.

2. По характера на характеристиката на соленоидите може да се обясни некоректното поведение на предавателната кутия, при различни режими на движение на автомобила.

3. Правилната диагностика на соленоидите и клапанното тяло спестява много труд, време и средства при обслужването, експлоатацията и ремонта на автоматични предавателни кутии от типа RE5R05A.

Литература:

1. Стенд за изследване характеристиките на електронни регулатори на налягане, вграждани в автоматични предавателни кутии. НТК, Транспорт, екология - устойчиво развитие, ЕКО Варна 2012

2. ATRA Seminar Manual Contents

3. AUTOMATIC TRANSMISSION SERVICE GROUP

За контакти:

Д-р инж. Стефан Стефанов, катедра "Транспортна техника и технологии", Технически Университет – гр.Варна, тел. 052/ 38 34 83, e-mail: stefanov_48@abv.bg

НЕЙРОСЕТЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО АВТОМОБИЛЯ

NEURAL NETWORK CONTROL OF THE PLANT OF A SYNERGETIC CAR

Alexey Bazhinov ¹, Tetiana Bazhynova ²

Abstract. The methodology for building an information-intelligent control system (IICS), which is invariant to various power plants of electric and hybrid cars, which allows you to quickly solve the problems of mode control according to qualitative, energy and other criteria, is considered.

Keywords: automobile, strata, method.

1. Въведение:

В настоящее время возникла необходимость придания информационно-интеллектуальной управляющей системе (ИИУС) силовых установок адаптивных свойств, т.е. способности выбора стратегии управления агрегатами силовой установки, которая минимизирует выбранный функционал качества с учетом внешних условий работы при заданных ограничениях. До настоящего времени ряд особенностей ИИУС силовых установок электро и гибридных автомобилей остаются неисследованными. Применяющиеся методы анализа и синтеза ИИУС не уделяют достаточного внимания многокритериальности возникающих оптимизационных задач. Методы адаптации управления к изменяющимся внешним условиям эксплуатации являются недостаточно эффективными. Данные обстоятельства не позволяют в полной мере раскрыть потенциальные возможности ИИУС силовых установок электро и гибридных автомобилей.

Это определяет актуальность совершенствования и разработки новых методов моделирования и оптимизации ИИУС управления силовыми установками электро и гибридных автомобилей.

2. Изложение:

В качестве интеллектуальной системы рассматривается совокупность математического, методологического, программного, аппаратного, технического обеспечения, которая объединена информационным процессом, поэтому различные составляющие системы должны обладать возможностью обработки получаемой информации о проблемной области. В работе [1] предлагается использовать системный и междисциплинарный подходы в создании методологии интеллектуальных систем, применение которых дает дополнительную возможность разработки эффективных методов теории сложных процессов, характеризующихся большим объемом обрабатываемой информации, трудно формализуемыми задачами принятия решений в условиях неопределенности, различными проблемами в использовании традиционных методов многокритериальной оптимизации.

Практически уникальными способами эффективно представить и использовать знания в интеллектуальных информационных системах в общем случае являются формальная логика и символные рассуждения. Интеллектуальная информационная система должна содержать следующие основные элементы [2]:

- машину логического вывода, позволяющую манипулировать знаниями и координировать работу системы;
- базу данных, обеспечивающую накопление, поиск, запись и хранение информации;
- базу знаний, содержащую совокупность декларативных и процедурных знаний в некотором представлении, обеспечивающую процесс решения задач;
- интерфейс сопряжения различных элементов системы между собой и с окружающей средой.

В настоящее время широко применяются системы искусственного интеллекта в таких областях, как вычислительная математика, химия, биология, экология, геология,

медицина, военное дело, микроэлектроника, радиоэлектроника, вычислительная техника, юриспруденция, экономика, транспортная инфраструктура. В то же время, применение интеллектуальных систем при управлении силовыми установками гибридных и электромобилей с целью минимизации энерго- и ресурсопотребления, потерь качества и производительности автомобилей, не достаточно освещены в литературе.

Однако заметим, что достигнутые значительные успехи в создании информационных систем с искусственным интеллектом пока еще не привели к ликвидации существующего разрыва между возможностями искусственного интеллекта и практическим применением его в транспортных средствах [3].

Цель работы заключается в повышении эффективности использования средств транспорта за счет обеспечения ресурсо- и энергосбережения путем разработки и внедрения методологии построения интеллектуальной информационно-управляющей системы (ИИУС) инвариантной различным силовым установкам электро и гибридных автомобилей, позволяющей оперативно синтезировать управляющее воздействие по энергетическим и качественным критериям с учетом внешних условий эксплуатации.

Для достижения поставленной цели исследования разработана:

- методология построения ИИУС, инвариантна различным силовым установкам электро и гибридных автомобилей, позволяющую оперативно решать задачи управления режимами по качественным, энергетическим и другим критериям.

- ИИУС для двух типов силовых установок (электромобилей и гибридных автомобилей), и проверена эффективность разработанной методологии их построения.

Ядром программного обеспечения ИИУС силовой установки служит база знаний, процедурные знания в которой представлены виде фреймов, реализующих алгоритмическое обеспечение ИИУС силовой установки. База знаний, имеет стратифицированную, иерархическую структуру, отражающую интегрированный граф технологии синтеза решения задачи оптимального управления (ЗОУ). Содержание фреймов базы знаний обеспечивает поиск решения ЗОУ в пространстве состояний. Фреймы включают слоты, содержащие не только конкретные данные, но и имена процедур, осуществляющую их обработку по заданному алгоритму. Некоторые фреймы содержат слоты, заполнителями которых являются правила продукций. При создании базы знаний исследовательского прототипа проводилась работа по унификации имен фреймов, это дает возможность оперативного построения баз знаний рабочих прототипов. Фреймы знаний представляет собой набор классов, разработанных в среде визуального программирования.

Используемый объектно-ориентированный подход дает возможность создавать не только программное обеспечение функциональных модулей, баз данных и знаний ИИУС силовой установки, но и удобный для пользователей интерфейс. Интерфейс позволяет обеспечить работу пользователя исследовательского прототипа ИИУС силовой установки в отдельных функциональных модулях. Он включает большое количество разнообразных меню: вертикальных, горизонтальных, кнопочных, диалоговых окон, окон редактирования информации сопровождающейся контекстной подсказкой, а также когнитивных графических средств отображения информации, реализованных на разных уровнях работы.

Основными по функциональной нагрузке программными модулями исследовательского прототипа ИИУС силовой установки, являются модули: идентификации модели объекта, анализа и синтеза задачи управления стыковки зон при использовании многозонных моделей (режим «Движение»).

Модуль синтеза оптимальных программ служит для получения единой программы объекта динамика управляемого процесса, которого представлена многозонной моделью. Он работает на основании следующей методики стыковки составляющих частей многозонной модели:

- задаются известные массивы реквизитов каждой зоны, предполагаемое время оптимального исследуемого процесса объекта управления, границы управления, время

неоптимального исследуемого процесса и границы при неоптимальном управлении;

- задаются времена переключения поддиапазонов фазовых координат, интервалы поиска оптимальных времен переключения и количество зон;

- для каждой зоны на каждом временном интервале производится расчет оптимального управления, траектории изменения фазовых координат и функционал затрат;

- рассчитываются суммы функционалов всех зон, и производится их сравнение;

- в качестве оптимальной управляющей программы выбирается, та у которой сумма функционалов затрат минимальна;

- в качестве оптимальных времен переключений поддиапазонов фазовых координат выбираются те, которые дают минимальную сумму функционалов затрат;

- в случае если рассчитанная на заданном интервале экономия является недостаточной, рекомендуется увеличить время управления.

Этот модуль предназначен для объединения оптимальных программ каждой зоны модели в единую оптимально-управляющую режимом «Движение» программу. В основе модуля лежат методы динамического программирования и синтезирующих переменных.

Полученная оптимальная программа отрабатывается с использованием модулей имитационного моделирования, включающих в себя прямое моделирование систем на множестве состояний функционирования, и если она удовлетворяет заданным требованиям, то результирующие данные преобразуется в файл, содержащий оптимальные управляющие воздействия, который сохраняется в базе данных.

Объектом управления в рабочей версии ИИУС гибридных и электромобилей может являться любая силовая установка, осуществляющая перемещение автомобиля, осуществляющая зарядку тяговой батареи. Для получения требуемой информации об объекте предлагается в составе технического обеспечения ИИУС силовой установкой использовать контроллеры, которые наряду с функциями управления выполняют измерительные функции, т. е. могут осуществлять постоянный мониторинг состояния энергозатрат силовой установки с учетом внешних условий работы автомобиля.

Заключение:

Разработано математическое обеспечение режимов «Рекуперация» и «Движение», лежащее в основе функционирования базы знаний ИИУС силовой установки гибридных и электромобилей. Математическое обеспечение режима «Рекуперация» отличается от классических задач оптимального управления тем, что допускает изменение параметров управления силовой установки, вида ее модели, граничных значений для управляющих воздействий и фазовых координат. Математическое обеспечение режима «Движение» использует методы искусственного интеллекта, что дает возможность принимать решения об управлении трудно формализуемыми энергозатратами силовой установки с учетом изменения внешних условий эксплуатации автомобиля.

Литература (изцяло на латиница):

1. Hu J. et al. (2018). Hybrid energy storage system of an electric scooter based on wireless power transfer. *IEEE Trans. Ind. Inf.* 14(9), 4169–4178.
2. Hi H., Wang L., Wang S., Carlos F., Xiong X., Bobobee E., Wenhua X. (2022). A novel lumped thermal characteristic modeling strategy for the online adaptive temperature and parameter co-estimation of vehicle lithium-ion batteries. *J. Energy Storage* 50, 104309.
3. Liu K., Shang Y., Ouyang Q., Widanage W.D. (2021). A data-driven approach with uncertainty quantification for predicting future capacities and remaining useful life of lithium-ion battery. *IEEE Trans. Ind. Electron* 68(4), 3170–3180.

За контакти:

¹ prof., doct. techn. nauk Alexey Bazhinov, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine, phone 80983379445, e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com

² prof., doct. techn. nauk Tetiana Bazhynova, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine, phone 80983379445, e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРО И ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

FIRE HAZARDS OF ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES

Mikhail Kravtsov ¹, Alexey Bazhinov ²

Abstract. The fire hazard of some materials used in electric and hybrid cars is shown. Real methods and ways of eliminating sources of fire hazard in automobiles are suggested. Functions for ensuring reliable protection of batteries, which are possible by making changes in technological processes in their manufacture, as well as the use of non-flammable materials, are defined. Special attention in the article is paid to the fire hazard of traction lithium-ion battery of electric and hybrid cars. The reasons of temperature rise inside the lithium-ion battery, occurrence of short circuit, fire and explosion in it are considered in detail. Real measures of protection, localization and elimination of fire inside the lithium-ion battery are given.

Keywords: hybrid car, fire hazard of materials, electric vehicles, short circuit, explosion, lithium-ion battery.

1. Введение:

По данным ВООЗ ситуация с дорожно-транспортными случаями (ДТП) в Мире ухудшается. Смертность в следствие аварий на дорогах возросла до 1,35 млн людей за год, а это в среднем около 3700 летальных случаев ежедневно происходящих, до 50 млн людей получают травмы, ожоги, а суммарные экономические затраты превышают 500 млрд долларов. Огромные убытки, которые наносит государственный транспортный травматизм, позволяет отнести его до одного из основных угроз современности [1]. К этой чрезвычайной ситуации, связанной с ДТП относятся возникающие при этом пожары и взрывы транспортных средств.

Анализируя пожарную опасность обычных (карбюраторные, дизельные) транспортных средств, электрических и гибридных автомобилей экологи, медики, специалисты по безопасности жизнедеятельности и окружающей среды, пожарные и др., особое внимание уделяют конструктивным особенностям транспортных средств, их “начинке” легковоспламеняющимися и горючими материалами. Так, кузов и элементы автомобиля составляют не меньшую опасность. Нижняя часть кузова, пустые крылья, двери, багажное отделение покрывают битумом. Шумоизоляция осуществляется наклеенными на панели дверей гофрированным картоном, а крыша – поролоном, капот - искусственной кожей с войлоком. Обшивка внутреннего объема кузова выполнена из текстиля, натуральной шкуры, поливинилхлоридной плёнки, пластика и т. п.

2. Изложение:

Пожары, возникающие в транспортных средствах, - очень опасное явление, представляющее большую угрозу для жизни водителей, пассажиров, населения городов, населенных пунктов и жилищ людей. По статистике, гибридные транспортные средства горят чаще по сравнению с электрическими и бензиновыми автомобилями, вместе взятыми.

Пожарная безопасность транспортных средств зависит от правильных действий инженеров, конструкторов, технологов и проектантов которые выполнили надежную рабочую и техническую среду в системе электрооборудования, узлов, агрегатов и других систем транспортного средства.

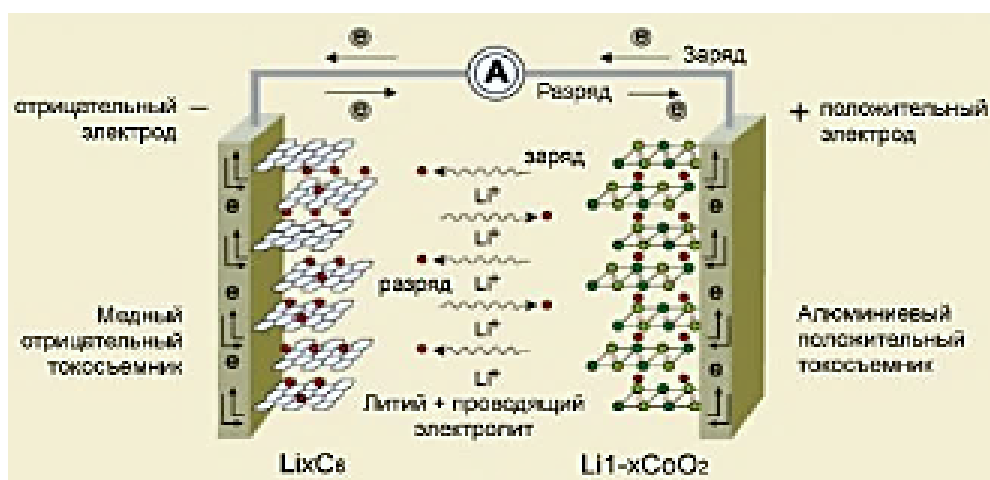
Для возникновения пожара в транспортном средстве нужен достаточно мощный тепловой импульс который повлечет нагрев вещества или материала и повлечет за собой воспламенение. Оценка пожарной опасности электрооборудования должна быть связана с оценкой теплового нагрева отдельных элементов, узлов и агрегатов транспортного средства [2].

С ростом количества выпущенных электромобилей, растет количество пожаров в этих транспортных средствах в абсолютном и относительном значениях. Пожары электромобилей имеют другой характер их развития, увеличивают количество вызовов пожарных подразделений, аварийных, медицинских и других служб, утверждают авторы этой статьи [3].

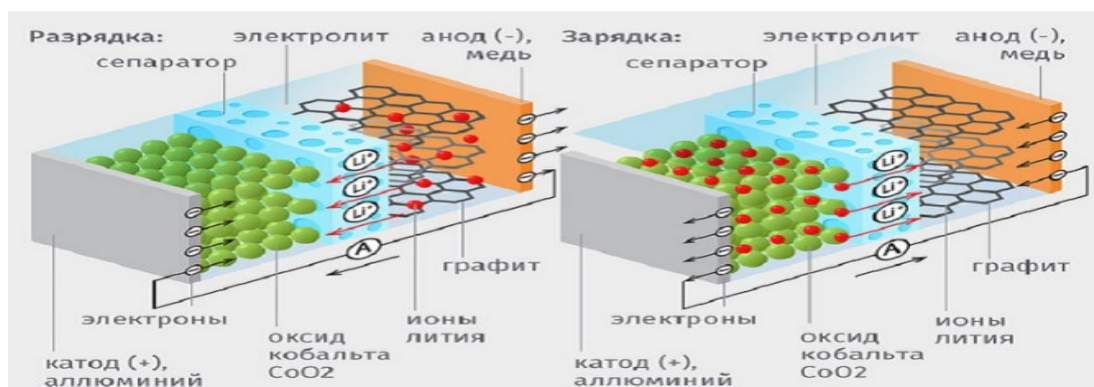
Целью статьи является нахождение причин коротких замыканий в тяговых литий-ионных аккумуляторах транспортных средств и результатов их возникновения; технических решений по тушению пожаров, взрывов в закрытом объеме, которые приводят к разрушению и уничтожению. Анализ некоторых материалов кузова транспортного средства с целью определения их пожарной опасности.

Известно, что в электрических и гибридных транспортных средствах основными энергетическими элементами являются тяговые аккумуляторные батареи (как в обычных автомобилях - топливный бак). Во время зарядки этих аккумуляторов, ионы лития перемещаются через электролит и внедряются в кристаллическую решетку графита на аноде образуя соединение графита лития LiC_6 . Во время разряда литий-ионного аккумулятора происходит обратный технологический процесс - ионы лития от анода движутся к катоду (окислителю), во внешней цепи к катоду движутся электроны. В результате этого процесс приобретает электрическую нейтральность [3]. Схема работы литий-ионного аккумулятора приведена на рис. 1.

На рисунке 1 видим как на отрицательной электродной поверхности углеродной матрицы в результате значительного перезаряда аккумуляторной батареи происходит осаждение металлического лития (в виде мелко раздробленного мошистого осадка), имеющего большую реакционную способность к электролиту. На положительном электроде (рис. 1 и 2) видим начало активного выделения кислорода внутри батареи, что повлекло за собой интенсивное выделение тепла, повышение давления, разгерметизацию аккумулятора и его возгорание (рис. 2).



Фиг. 1. Схема работы литий-ионного аккумулятора



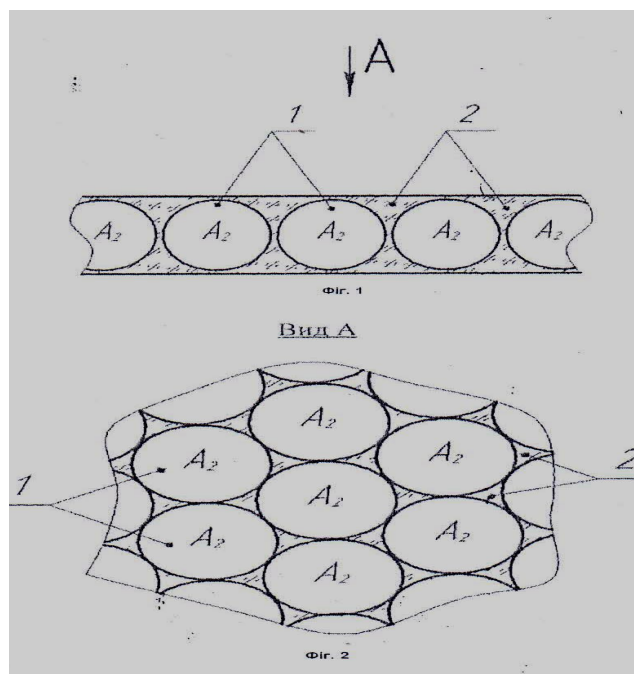
Фиг. 2. Схема разряда и заряда литий-ионного аккумулятора

Серьезную опасность представляет загоревшийся металлический литий (химический символ - Li , химический элемент 18-й группы третьего периода периодической системы Л. И. Менделеева, с атомным номером 3, простое вещество, инертный одноатомный газ без цвета, вкуса и запаха, является третьим по распространенности химическим

элементом воздуха земной атмосферы (после азота и кислорода) - 0,93% по объему. Для эффективного тушения лития применение обычных средств тушения огня (вода, химическая пена, диоксид углерода, галогенопроизводные углеводороды и т. д.) только усиливают его горение и приводят к взрыву. При температуре выше + 950 °С литий быстро разрушает стекло, кварц, бетон, огнеупоры, реагирует с песком.

Литий горит в атмосфере азота и диоксида углерода без кислорода. Невозможно тушить пламя лития порошковыми огнетушителями, лучше для этого использовать огнетушащие составы ПС-1 и ПС-2, однако во многих инструкциях их ошибочно рекомендуют для тушения щелочных металлов. Горящий литий можно эффективно тушить, вытеснив воздух из очага горения аргоном - это наилучший способ пожаротушения [3].

Рассматривая поры сепаратора литий-ионного аккумулятора (рис. 3) видим образование среды в виде ограниченных элементов пространства, например шариков, в которых возможно содержание в них инертного газа, например аргона, под атмосферным давлением. Оболочка элементов ограниченного пространства выполнена из легкоплавкого материала, а поры сепаратора размерами выполнены больше размеров ионов лития [4].



Фиг. 3. Схема защиты Li-ion аккумулятора: 1– шарики с Ar-аргоном; 2– поры сепаратора

Внутри литий-ионного аккумулятора происходит экзотермическая реакция с выделением тепла, и когда температура достигает +180 или +2000С, материал катода вступает в реакцию с выделением кислорода, что приводит к самовоспламенению пожароопасной смеси. Таким образом, для пожаротушения используются шарики 1, (2 - поры сепаратора), вследствие разрушения их оболочки под действием высокой температуры разрушается и поступает инертный газ - аргон (рис. 3). Внутреннее короткое замыкание, это одна из причин пожара литий-ионного аккумулятора. Внутри аккумулятора температура повышается от +70 до +900С, при этом ионопроводный защитный слой на аноде начинает разлагаться и разрушаться. При этом литий, который встроен в анод, вступает в бурную реакцию с выделением (образованием) углеродно-водородных соединений в составе: этана, метана, этилена, представляющих собой взрывоопасную смесь, которая пока не воспламеняется вследствие отсутствия кислорода [4].

Внутри литий-ионного аккумулятора происходит экзотермическая реакция с выделением тепла, и когда температура достигает +180 или +2000С, материал катода

вступает в реакцию с выделением кислорода, что приводит к самовоспламенению пожароопасной смеси. Таким образом, для пожаротушения используются шарики 1, (2 - поры сепаратора), вследствие разрушения их оболочки под действием высокой температуры разрушается и поступает инертный газ - аргон (рис. 3).

Лучшее техническое решение к безопасности литий-ионного аккумулятора, это повышенная его защита от самовозгорания и даже из ограниченных элементов пространства сепараторов, то есть шариков в результате разрушения их оболочки под действием высокой температуры, которая повышается во внутреннем пространстве аккумулятора, и поступает инертный газ, например аргон, который находится в элементах ограниченного пространства - в шарики под над атмосферным давлением. Вследствие этого внутреннее пространство аккумулятора заполняется инертным газом, аргоном, еще до появления кислорода, то есть когда температура уже достигает +180 или +2000С и материал катода, встроенный в кристалл лития, вступает в реакцию с выделением кислорода. При этом заполнение внутреннего пространства аккумулятора инертным газом - аргоном происходит раньше, чем образуются условия самовозгорания и взрыва пожароопасной смеси литий-ионного аккумулятора в виде соединений этана, метана, этилена и, таким образом, аккумулятор надежно защищается от самовозгорания и взрыва, то есть обеспечивается повышение его пожарной безопасности [2-4].

3. Заключение:

Можно утверждать, что предотвратить взрыв и пожар литий-ионного аккумулятора возможно только при заполнение внутреннего пространства аккумулятора инертным газом - аргоном, что обеспечивает надежную защиту тяговой аккумуляторной батареи от самовозгорания и взрыва, а также при выполнении инструкций по их эксплуатации. Литий-ионные аккумуляторы при перезаряде и не до заряде имеют осаждение металлического лития (в виде мелко раздробленного мошистого осадка), что опасно и провоцирует возникновение короткого замыкания, пожара или взрыва в нем.

Во избежание этих негативных факторов необходимо использовать предложенную защиту литий-ионных и других видов аккумуляторов еще на стадии их изготовления и внедрения к потребителям.

Литература (изцяло на латиница):

1. Gavryliuk AF, Vasylieva OE. Analys of the state of fire protection of electric vehicles. Lviv State University of Life Safety. DOI: 10.32447/207786662.42.2923.04. C. 32 - 42.
2. Bazhynov, O.V., Kravtsov, M.M., (2022). The danger of vehicles. Monograph. Kharkiv: PE Starichenko L.A., 160 p. Access mode: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/6638/1/BazhynovKravtsovNebezpekaTransportnykhZasobivM22.pdf>.
3. Bazhynov, O.V., Kravtsov, M.M., and Ilichuk, O.V., (2019). Methods for measuring the impact of electromagnetic radiation of vehicles on humans and the environment. Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University. Volume 1, Issue 86. C. 66-73. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2019.86.1.66>
4. Scientists have found out the causes of the explosion of electric vehicle batteries. (2018). TSN. Accessed at <https://tsn.ua/auto/news/vcheni-doveli-nebezpeku-zaymannya-akumulyatoriv-elektrokariv-1184757.html>.

За контакти:

¹ Assoc., Ph.D. Mikhail Kravtsov, Kharkiv National Automobile and Road University, phone: +(380)99-205-56-57, e-mail: Super-mikvich@ukr.ne

² Prof., doct. techn. nauk Alexey Bazhinov, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine, phone 80983379445, e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com

Доклади неотговарящи на изискванията няма да бъдат публикувани. Отчеты, не отвечающие требованиям, не будут опубликованы. Reports not satisfying the requirements, will not be published.

ВЛИЯНИЕ НА СЪСТОЯНИЕТО НА НАТОВАР ВЪРХУ РАЗХОДА НА ГОРИВО ЗА ЛЕККИ АВТОМОБИЛИ НА СИМУЛАЦИОНЕН СТЕНД

ВЛИЯНИЕ НАГРУЗОЧНОГО РЕЖИМА НА РАСХОД ТОПЛИВА ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ИМИТАЦИОННОМ СТЕНДЕ

INFLUENCE OF LOAD CONDITION ON FUEL CONSUMPTION FOR PASSENGER CARS ON A SIMULATION STAND

Sergy Krivoschapov ¹, Yuriy Gorbik ², Aleksandr Nazarov ³

Abstract. A mathematical model is proposed for calculating fuel consumption depending on the load mode and vehicle speed. The algorithm and results of calculating fuel consumption on a simulation stand when the load on the vehicle wheels or drums on the stand changes. The results of experimental studies of vehicle fuel efficiency on a simulation stand are presented. Conclusions were drawn and recommendations for work were developed.

Keywords: vehicle, operating conditions, modeling, fuel economy, consumption of fuel, efficiency,

1. Въведение:

Современные геополитические проблемы требуют взвешенной политики, направленной на энергетическую безопасность страны. Для экономики выгодно, чтоб цена за топлива сохранялась на низком уровне, поскольку это оказывает влияние на себестоимость перемещения товаров и людей по стране. Сейчас средняя стоимость дизельного топлива в Болгарии составляет 1,39 евро за литр, а бензина – 1,58 EUR/л. Это достаточно хорошие показатели относительно других европейских стран. Значительные запасы энергоресурсов позволяют Болгарии часть топлива экспортировать в Украину, помогая выживать в сложных условиях.

Автомобильный транспорт остается основным потребителем топлив нефтяного происхождения (бензин, дизель, LPG). Не смотря на возрастающий спрос на электромобили, до полной замены автомобилей с двигателем внутреннего сгорания еще далеко. Поэтому необходимо конструктивными или эксплуатационными путями снижать расход топлива для новых автомобилей и для транспортных средств, которые уже находятся в эксплуатации.

Топливная экономичность машины зависит от многих факторов: это технические характеристики автомобиля, нагрузочные и скоростные режимы движения, техническое состояние и качество обслуживания, квалификация водителя. Эффективная организация технологического процесса позволяет сократить издержки нерационального использования энергетического ресурса на транспорте. Значительно труднее управлять режимами движения автомобиля, которые постоянно меняются в различных условиях эксплуатации,

Во многих исследованиях приводятся закономерности влияния скорости движения автомобиля на расход топлива. Значительно реже встречаются работы, где рассматривается влияние нагрузочного режима на изменение расхода топлива.

Топливную экономичность автомобиля можно контролировать непосредственно на дороге или на стенде с беговыми барабанами, который позволяют имитировать эксплуатационные условия движения. Причем при имитационных испытаниях на стенде с беговыми барабанами необходимо обеспечить такие нагрузочные режимы, чтобы расход топлива был тождественен дорожным условиям. Расчет режимов может быть произведен на основе математических модели, построенных на принципах теории подобия, соблюдая условия обеспечения разнообразия конструктивных и эксплуатационных факторов.

2. Изложение:

Теоретические основы математического моделирования эксплуатационных свойств автомобиля были заложены исследователями еще в первой половине прошлого

столетия. Академик Чудаков Е.А. предложил зависимость для определения путевого расхода топлива через удельный индикаторный расход и мощность автомобиля. Профессором Говорущенко М.Я. были заложены основные принципы оценки топливной экономичности автомобиля в реальных условиях эксплуатации [1]. Дальнейшее развитие методики расчета расхода топлива через различные показатели отражены в последующих работах: по удельным показателям [2], по коэффициенту полезного действия в основных агрегатах автомобиля [3], с учетом неравномерности движения автомобиля на дороге [4], по изменению индикаторного расхода топлива [5]. В работах [5 и 6] приведены шаги практической реализации новой методики оценки и диагностирования автомобиля по расходу топлива, а в работах [6 и 7] рассмотрены особенности измерения расхода топлива во время стендовых испытаниях на беговых барабанах.

Запишем исходное уравнение для математического моделирования расхода топлива автомобиля в л/100 км [3]:

$$Q = \frac{360 \cdot N_d}{V_a \cdot \rho_t \cdot H_n \cdot \eta_a} \quad (1)$$

где N_d - мощность на колесах автомобиля, кВт; V_a - скорость автомобиля, км/ч; ρ_t - плотность топлива, г/см³; H_n - низшая теплота сгорания, кДж/кг; η_a - коэффициент полезного действия автомобиля.

В формуле (1) используется мощность на колесах автомобиля (N_d), т.е. та мощность, которая будет в пятне контакта колеса с опорной поверхностью. Эту мощность следует отличать от мощности, которая подводится к колесам автомобиля со стороны двигателя (N_k).

Мощность на колесах автомобиля (N_d) будет учитывать потери в шинах и колесах, а также потери в подвески и других элементах ходовой части [1], тогда $N_d = N_k \cdot \eta_k$. При таком подходе КПД автомобиля можно будет представить как произведения 4-х коэффициентов [8]: индикаторного (η_i) и механического (η_m) КПД двигателя, КПД трансмиссии (η_{mp}) и колес (η_k) автомобиля:

$$\eta_a = \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_k \quad (2)$$

В таблице 1 приведены расчетные значения всех КПД, приведенных в формуле (2), которые были рассчитаны по методике [8] на примере автомобиля ВАЗ-2101.

Таблица 1. Результаты расчета составляющих КПД автомобиля ВАЗ-2101

V_a , км/ч	η_i	η_m	η_{mp}	η_k	η_a
20	0,268	0,500	0,905	0,380	0,046
40	0,284	0,579	0,796	0,489	0,064
60	0,312	0,687	0,737	0,604	0,096
80	0,341	0,784	0,727	0,699	0,136
100	0,336	0,854	0,740	0,770	0,164
120	0,222	0,900	0,759	0,822	0,125

Как видно из расчетов КПД автомобиля с увеличением скорости увеличивается, поскольку на этих режимах уменьшается расход топлива и увеличивается мощность двигателя. Максимальное значение КПД для этого автомобиля составит 0.164 при

скорости 105 км/ч. Индикаторный КПД двигателя является самой низкой составляющей общего КПД автомобиля.

Мощность на колесах автомобиля (N_d) может быть определена измерительной системой имитационного стенда с беговыми барабанами, поскольку, если не учитывать проскальзывания шин и барабанов стенда, эта мощность передается самому стенду.

Условия [9] требуют, чтоб силовое воздействие при движении автомобиля по дороге и на имитационном стенде были одинаковыми. Условие «эквивалентности» нагрузки будет соблюдаться, если будет выполнено следующее условия [1]:

$$P_k = G_a \cdot (f + i) + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2 = G_3 \cdot f_6 + P_6 + P_{\text{тор}}, \quad (3)$$

где G_a - вес автомобиля, Н; f - коэффициент сопротивления качению колеса на дороге; i - уклон дороги; kF - фактор обтекаемости, Н·с²/м²; G_3 - вес автомобиля, приходящихся на ту ось автомобиля, которая взаимодействует со стендом, Н; f_6 - коэффициент сопротивления качению колеса по беговым барабанам стенда; P_6 - сила механических потерь в стенде, Н; $P_{\text{тор}}$ - усилие тормозного механизма стенда, Н.

Формула (3) не учитывает динамические изменения скорости автомобиля.

Тогда тождественность мощности на дороге и на стенде будет обеспечено, если реализовать следующий закон изменения тормозного усилия на стенде [10]:

$$P_{\text{тор}} = G_{\text{II}} \cdot f - G_3 \cdot (f_6 - f) + G_a \cdot i + P_w - P_6, \quad (4)$$

где G_{II} и G_3 - вес автомобиля, приходящегося на переднюю и заднюю оси, соответственно, Н; $P_w = 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2$ - сила, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха, Н.

Мощность на колесах автомобиля связана с силовым воздействием так:

$$N_d = \frac{P_k \cdot V_a \cdot \eta_k}{3.6} = \frac{V_a}{3.6} (G_a \cdot i + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2). \quad (5)$$

Выполним расчет расхода топлива на примере автомобиля ВАЗ-2101. Для расчета были приняты следующие исходные данные: $G_a = 10100$ Н (снаряженная масса 955 кг с учетом веса водителя 75 кг); $V_{\text{max}} = 145$ км/ч; $\alpha_t = 0.85$; $k = 0.38$ Н·с²/м⁴; $B_a = 1.61$ м; $H_a = 1.44$ м; $\rho_t = 0.76$ г/см³; $H_n = 44000$ кДж/кг.

В таблице 2 представлены расчетные значения общий КПД автомобиля, мощность на колесах автомобиля (на беговых барабанах стенда) и расход топлива.

Таблица 1. Результаты расчета расхода топлива автомобиля ВАЗ-2101

V_a , км/год	η_a	P_k , Н	N_6 , кВт	Q , л/100 км
20	0,046	755,6	0.69	20.03
40	0,064	458,5	2.15	10.37
60	0,096	451,8	5.14	7.79
80	0,136	552,1	10.05	7.35
100	0,164	723,1	18.82	8.66
120	0,125	1235,0	31.05	15.96

Из результатов расчета видно, что минимальный расход топлива для этого автомобиля составляет 7.31 л/100 км при скорости 75 км/ч. Мощность на колесах

автомобиля (на барабанах стенда) с увеличением скорости также увеличивается.

Подставляя в формулы (1), (3), (5) значения технических характеристик конкретного автомобиля можно получить упрощенные формулы для расчетов:

– сила на колесах автомобиля P_k , Н:

$$P_k = \frac{14651}{V_a} + 0.058 \cdot V_a^2; \quad (12)$$

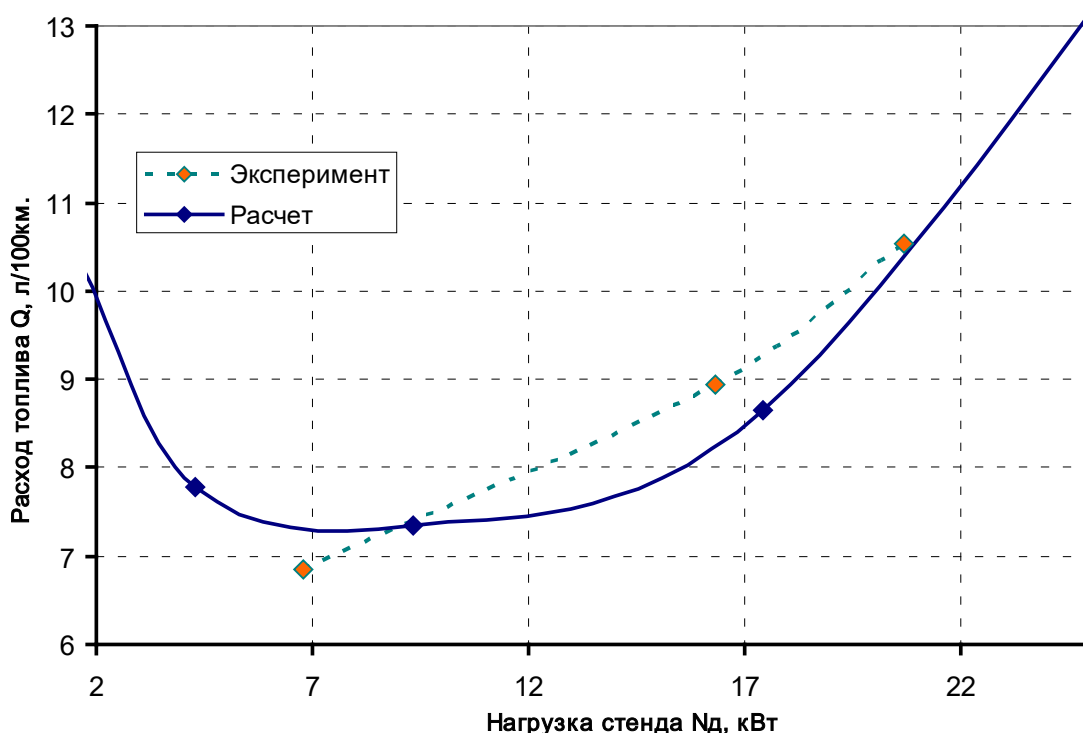
– мощность на колесах автомобиля, кВт:

$$N_d = 14.04 \cdot V_a + 0.016 \cdot V_a^3; \quad (13)$$

– расход топлива, л/100 км:

$$Q = \frac{0.011 \cdot N_d}{V_a \cdot \eta_a}. \quad (14)$$

По полученным расчетным данным была построена графическая зависимость изменения расхода топлива от нагрузки на колесах автомобиля, которая изображена на рисунке 1 жирной линией. На этом же рисунке пунктирной линией приведен график результатов экспериментального исследования для этой марки автомобиля.



Фиг. 1. Графики расхода топлива в л/100 км в зависимости от погрузки на колесах автомобиля

Диапазон изменения нагрузки в экспериментальных исследованиях (от 7 до 20 кВт) определялся техническими возможностями стенда с беговыми барабанами, на котором проводились испытания.

Как видно из графика, погрузка на колесах автомобиля неоднозначно влияет на расход топлива. В диапазоне мощности на колесах автомобиля от 1 кВт до 7 кВт расход топлива снижается с увеличением нагрузки на колесах автомобиля, а при увеличении мощности на колесах от 8 кВт и выше расход топлива возрастает. Для автомобиля ВАЗ-

2101 минимальный расход топлива соответствует нагрузке на колесах, равной 7 кВт, это соответствует скорости 75 км/ч.

Отклонение теоретической и экспериментальной характеристики автомобиля ВАЗ-2101 составляет 8 %.

3. Заключение:

Минимальный расход топлива для автомобиля ВАЗ 2101 приходится на диапазон скоростей от 70 до 80 км/ч. Минимальный расход топлива автомобиля ВАЗ-2101 на дороге соответствует мощности на колесах автомобиля, равный 7-8 кВт. При этой нагрузке расход топлива составляет 7,3 л/100 км. В диапазоне нагрузки от 8 до 20 кВт расход топлива изучаемого автомобиля увеличивается, интенсивность изменения расхода также увеличивается.

При составлении математической модели расхода топлива не учитывались конструктивные характеристики имитационного стенда, а также динамическое изменение скоростного режима.

Литература (изцяло на латиница):

1. Govorushtenko N.Ya., Turenko A.N. (1999). *Sistemotekhnika transporta (na primere avtomobil'nogo transporta)*, Khar'kov, KhNADU, 0–457.
2. Govorushchenko N.Ya., Krivoschapov S.I. (2003). Algoritm ocenki toplivnoj ekonomichnosti transportnyh mashin po udel'nym pokazatelyam: *Deveta nauchno-tekhnicheska konferenciya s mezhdunarodno uchastie "Transport, ekologiya – ustojchivo razvitie"* (15-17 maj 2003) : Bolgariya, Varna: Tekhnicheskii universitet, 188-194.
3. Govorushchenko N.Ya., Krivoschapov S.I. (2004). Novaya metodika normirovaniya raskhoda topliva transportnyh mashin (metod chetyreh KPD). *Avtomobil'nyj transport: sb. nauchn. tr.* Har'kov, HNADU, № 15.
4. Govorushchenko N.Ya., Krivoschapov S.I. (2008). Metodika normirovaniya raskhoda topliva i vybrosov. // *Sbornik dokladov XIV nauchno-tekhnicheska konferenciya s mezhdunarodno uchastie "Transport, ekologiya – ustojchivo razvitie"*: Bolgariya, Varna, TU.
5. Govorushchenko N.Ya., Gorbik Yu.V. (2010). Metody diagnostirovaniya avtomobilej po izmeneniyu obshchego i indikatornogo raskhoda topliva i chastnyh KPD v otdel'nyh agregatah. *XVI nauchno-tekhnicheska konferenciya s mezhdunarodno uchastie "Transport, ekologiya – ustojchivo razvitie"*, Varna, TU, 442-450.
6. Govorushchenko N.Ya., Gorbik Yu.V. (2009). Metody sistemnogo raschetno-analiticheskogo i stendovogo diagnostirovaniya legkovykh avtomobilej. *Avtomobil'nyj transport: sb. nauch. trudov.* Har'kov, HNADU, № 25. 58-61.
7. Krivoschapov S.I. (2010). Opredelenie raskhoda topliva avtomobilya na stende s begovymi barabanami. *Vestnik Nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta "HPI"* : sb. nauch. tr. : temat. vyp. posv. 125-letiyu NTU "HPI" i 80-letiyu kaf. "Avtomobile- i traktorostroeniya". H., NTU "HPI", Vyp. 33: Avtomobile- i traktorostroenie. 72-78;
8. Krivoschapov S.I. (1999). Rozrobka metodiki ta algoritmu zagal'nogo diagnostuvannya avtomobiliv za zminoyu koeficienta korisnoï dii: avtoref. kand. tekhn. nauk: 05.22.10. Harkiv, 0-20.
9. GOST 20306-90. Avtotransportnyie sredstva. Toplivnaya ekonomichnost. Metodyi ispyitaniy, 0–33.
10. Govorushtenko N.Ya. (2011). *Sistemotekhnika avtomobilnogo transporta (raschetnyie metody issledovaniy)*, Khar'kov, KhNADU, 0–202;

За контакти:

¹ Ass Prof. PhD. Krivoschapov Sergiy Ivanovich, Kharkov National Automobile and Highway University, Department "Technical operation and service of cars named after prof. Govorushchenko N.Ya.", Yroslava Mudrogo str. 25, Kharkov, Ukraine, +38(057)7073768, keat@khadi.kharkov.ua.

² Ass Prof. PhD. Gorbik Yuriy Vasilyovich, Kharkov National Automobile and Highway University, Department "Technical operation and service of cars named after prof. Govorushchenko N.Ya.", Yroslava Mudrogo str. 25, Kharkov, Ukraine, +38(057)7073687, yuragorbik@gmail.com.

³ Ass Prof. PhD. Nazarov Alexander Ivanovich, Kharkov National Automobile and Highway University, Department "Technical operation and service of cars named after prof. Govorushchenko N.Ya.", Yroslava Mudrogo str. 25, Kharkov, Ukraine, +38(057)7073768, hefer64@ukr.net.

Доклади неотговарящи на изискванията няма да бъдат публикувани. Отчеты, не отвечающие требованиям, не будут опубликованы. Reports not satisfying the requirements, will not be published.

ПОДОБРЯВАНЕ НА ТОЧНОСТТА НА ОРИЕНТИРАЩОТО УСТРОЙСТВО ЗА ПРОВЕРКА НА АВТОМОБИЛНИТЕ ФАРОВЕ

IMPROVING THE ACCURACY OF THE ORIENTATION DEVICE FOR CHECKING CAR HEADLIGHTS

Ihor Marmut¹, Serhii Shestov²

Abstract. The reasons for improper installation of headlights can be misalignment during operation and poor adjustment of headlights due to inaccuracies in the methods of measuring the angles of headlight installation. The article analyzes options for the mutual orientation of the measuring device and the car in two mutually perpendicular planes: vertical and horizontal. The option of orientation of the optical axis of the device for checking headlights using a roller stand is considered. This makes it possible to increase the accuracy of diagnosing the position of the car's headlights and increase traffic safety in the dark.

Keywords: headlight installation angles, optical axis, measuring device for headlights.

1. Introduction:

Impaired visibility at night significantly reduces the amount of information the driver receives while driving, which increases the danger. The analysis of statistical data confirms this and shows that in the dark time of the day, despite the decrease in traffic intensity to 10...15% compared to daytime, 40...60% of all accidents occur [1].

The main reasons that worsen driving conditions in the dark are the loss of orientation and visibility of the road due to insufficient illumination of the road surface, as well as glare from oncoming traffic. It depends, first of all, on the correct installation of headlights on the car.

The reasons for improper installation of headlights can be misalignment during operation and poor adjustment of headlights due to inaccuracies in the methods of measuring the angles of headlight installation. The accuracy of these methods depends on the mutual orientation of the measuring device and the car in two mutually perpendicular planes: vertical and horizontal.

2. Presentation:

The most common is the orientation of the optical axis of the measuring device in the vertical plane parallel to the reference horizontal platform. The optical axis is oriented during the manufacture of measuring devices. When using such devices, the position of the optical axis may be disturbed due to the deformation of the support struts and the appearance of backlash.

Some measuring devices have the ability to rotate the optical axis in the vertical plane to a small angle, which is equal to the normative angle of inclination of dipped beam headlights with European light distribution and fog lights. The angle of inclination of the optical axis is regulated by adjusting screws and controlled using a protractor. These devices make it possible to achieve high accuracy of orientation in the vertical plane.

It should be noted that DSTU 3649:2010 [2] stipulates strict requirements for the orientation of the optical axis of the device in relation to the direction of movement of the vehicle. The accuracy of the measurement and adjustment of the headlight installation in the horizontal plane is significantly influenced by the correct choice of the base, that is, the element of the car that determines the direction of its movement and the relative position of the measuring device and the car.

There are several approaches to base selection. The first approach is to reduce orientation time. The measuring device is oriented relative to the longitudinal axis of the car or the axis of the front wheels. The accuracy of the orientation is at the same time $\pm 0,40^\circ$.

The most fundamental is the second approach, which consists in increasing the accuracy of orientation. Consider a car with a classic layout (with a rear drive axle). The measuring device is oriented relative to the axis of the rear axle. It is known that the direction of rectilinear movement of the car is determined by a line perpendicular to the axis of the rear axle. If the chassis of the

car does not have violations of geometric parameters, then this line is parallel to the longitudinal axis of the car. However, cars with angular displacements of the rear axles are often used in operation. In these cases, the direction of movement does not coincide with the longitudinal axis of the car and is determined with a sufficient degree of accuracy perpendicular to the axis of the rear axle.

The principle of orientation of the optical axis of the measuring device in the horizontal plane relative to the axis of the driving bridge is laid down in the design of individual measuring devices, for example mod. 7523, PF-72 (development of the KhNDU). The measurement of headlight installation angles using the PF-72 device assumes the installation of the driving wheels of the car on a roller stand and the orientation of the optical axis of the device perpendicular to the roller axes, and therefore to the axis of the rear (front) wheels. The device is moved in the transverse direction along solid guides, parallel to the axes of the rollers. These speeds up the orientation process and achieves high accuracy in measuring the angles of headlight installation in the horizontal plane.

The accuracy of the measurement of angles in the vertical plane is greatly influenced by some features of the interaction of the wheels with the rollers of the stand. When checking the headlights of different cars, which differ in base, diameter and hardness of tires, the axles of the front and rear wheels occupy ambiguous positions in terms of height. At the same time, the direction of the light beam of the headlights is shifted upwards by an undefined angle, which reduces the accuracy of measuring angles in the vertical plane.

In order to eliminate the error in the orientation of the optical axis of the device, it is necessary to additionally turn its measuring unit to an angle equal to the angle of the longitudinal inclination of the car body. The inclination of the body depends on the geometric parameters of the car and the stand (size and relative location of the rollers).

In order to ensure unhindered entry of the car to and from the stand, as well as to reduce the length of the unfolded station, the stand is asymmetrical (the rear rollers are installed above the front ones), and the ramps are inclined. Headlights are checked when the car is in an inclined position (Fig. 1a).

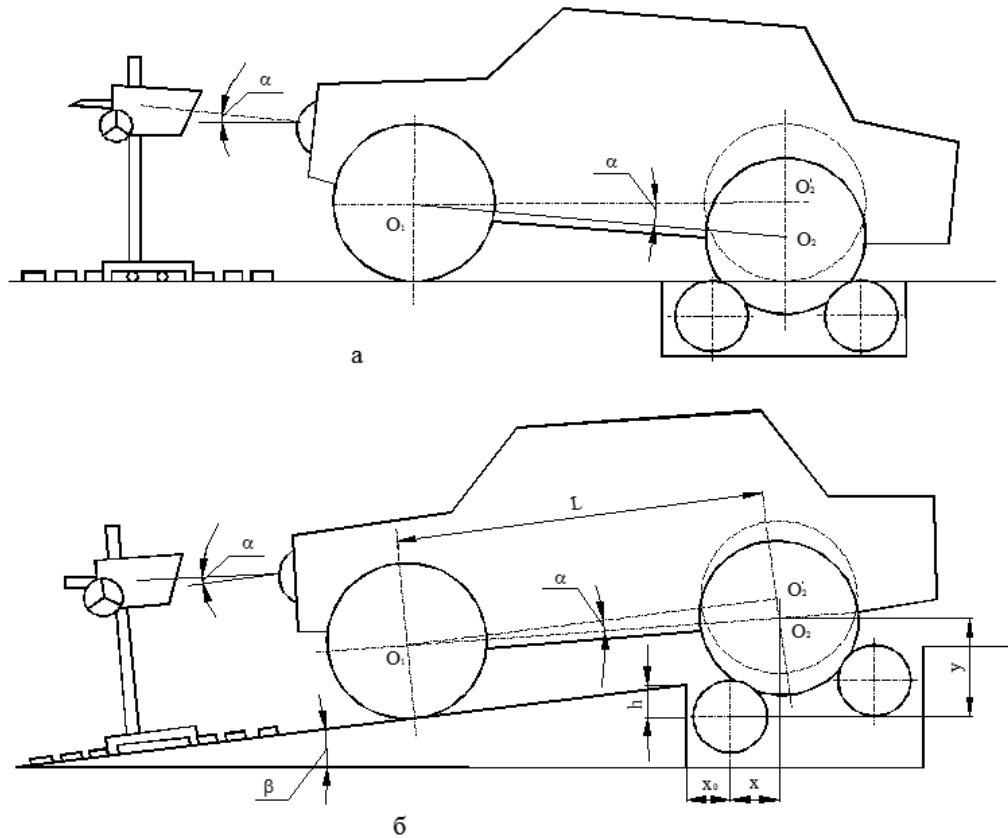


Fig. 1. The position of the car with the rear drive axle when checking the headlights on the stand (a) and on the PDS-L mobile diagnostic station (b)

The structures of the stand, the collapsible overpass of the PDS-L station (developed by the KhNADU) and the modernized device "Lumatest 25 NET NR Hofmann" [3] ensure their solid connection and the exact orientation of the optical axis of the device perpendicular to the axes of the rollers and parallel to the plane of the inclined position of the car, which clearly determined by the coordinates of the axes of the front and rear wheels O_1 i O_2 (Fig. 1b).

To simplify the orientation of the device in the vertical plane, it is enough to determine the angle α from the solution of the triangle $O_1O'_2O_2$, considering the vertex O_1 as the center of rotation of the car:

$$\alpha = \arcsin(O'_2O_2/L). \quad (1)$$

The value of O'_2O_2 is found from Fig. 1b:

$$O'_2O_2 = r_{CT} - (y - h + (x_0 + x) \cdot \operatorname{tg}\beta) \cos \beta. \quad (2)$$

The static radius of the tire under load is determined by the formula

$$r_{CT} = r_0 - G^{\frac{3}{4}} K_Z / (9,81 \cdot 10^{-2} + p_w), \quad (3)$$

where r_0 – tire radius without load, mm;

K_Z – constant coefficient characterizing the elasticity of the tire in the normal direction;

$G = G_K \cos \beta$ – normal load on the wheel, N;

p_w – internal air pressure in the tire, N/mm².

The accuracy of measuring p_w with available devices is $\pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ ($\pm 0,01 \text{ MPa}$) or $\pm 6\%$ (for passenger cars).

Equation (1) taking into account equations (2) and (3) will be written in the following form:

$$\alpha = \arcsin(r_0 - (G_k \cos \beta)^{\frac{3}{4}} K_z / (0,981 + p_w) - (y - h + (x_0 + x) \operatorname{tg} \beta) \cos \beta) / L.$$

The coordinates of the wheel axis O_2X and Y are determined from the solution of the triangle $O_3O_2O_4$ (Fig. 2).

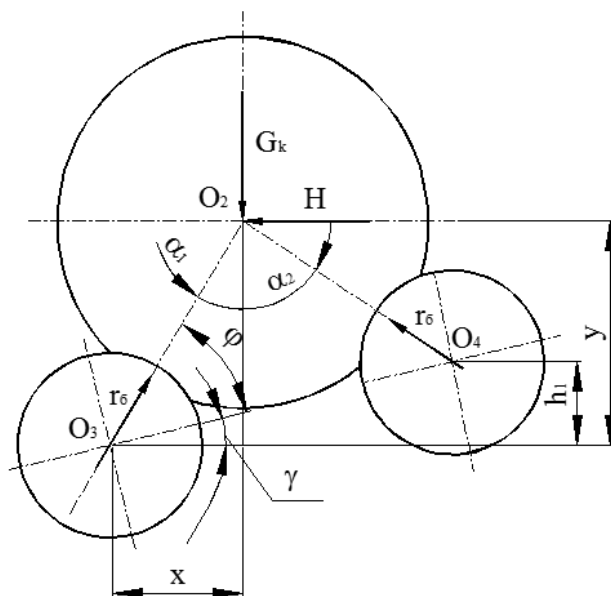


Fig. 2. Scheme for determining the coordinates of the axis of the rear wheels

Sides:

$$O_3O_2 = r_6 + r_0 - N_1^{\frac{3}{4}} \cdot K_z / (0,981 + p_w); \quad (4)$$

$$O_2O_4 = r_6 + r_0 - N_2^{\frac{3}{4}} \cdot K_z / (0,981 + p_w); \quad (5)$$

According to the results of the experiments, it was established that the coefficient K_z depends on the curvature of the support surface. For further analysis, it is assumed that the ratio $1,235 \cdot K_z$ is typical for all car tires.

The forces N_1 and N_2 are determined from the equation of moments about the roller axes:

$$N_1 = (G_k \operatorname{tg} \alpha_2 + H) \cos \alpha_2 / \sin(\alpha_1 + \alpha_2); \quad (6)$$

$$N_2 = (G_k \operatorname{tg} \alpha_1 - H) \cos \alpha_1 / \sin(\alpha_1 + \alpha_2). \quad (7)$$

The values of the angles α_1 and α_2 can be found from the triangle $O_3O_2O_4$ (Fig. 2). In order not to correct the position of the measuring block by the angle α , calculated for each specific car brand during a mass inspection of headlights, it can be fixed at the average value $\alpha = 0,33^\circ (20')$.

3. Conclusions:

The considered variant of orientation of the optical axis of the device for checking headlights using a roller stand allows to increase the accuracy of their diagnosis. To a large extent, this allows you to ensure the safety of driving a car in the dark.

References:

1. Rezyk, V.M. (2000). Avariinist na dorohakh Ukrainy u 1999 rotsi (komentar do materialiv UDAI MVS Ukrainy) [Accidents on the roads of Ukraine in 1999 (commentary on the materials of UDAI of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine)]. Avtoshliakhovyk Ukrainy – Highway of Ukraine, 4, 44-47 [in Ukrainian].
2. DSTU 3649:2010. Wheeled vehicles. Requirements for the safety of the technical condition and control methods. [Effective from 2011-07-01]. Kyiv, 2011. 28 p. (State consumer standard of Ukraine).
3. Sait kompanii Avtomekhanika (obladnannia dlia STO) [Avtomechanika company website (equipment for service stations)]. Retrieved from <http://surl.li/dfnwt> [in Ukrainian].

За контакти:

¹ Ihor Marmut, Associate Professor (Assoc. Prof.), Candidate of Science in Engineering (Ph. D. (Eng.)), Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU), St. Yaroslav Mudryi, 25, Kharkiv, 61002, Ukraine, e-mail: mia2005.62@ukr.net, tel.: +38-057-707-36-87.

² Serhii Shestov, postgraduate, Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU), St. Yaroslav Mudryi, 25, Kharkiv, 61002, Ukraine, e-mail: mia2005.62@ukr.net, tel.: +38-057-707-36-87.

EFFECT OF MIXTURE GASOLINE E-50 ON THE VEHICLE FUEL CONSUMPTION VAZ-2115

Bezrodnyi Vladimir

Abstract. In connection with the reduction of oil reserves, mankind is looking for new alternative sources of energy for cars. In this article, the effect of E-50 mixed gasoline, containing 50% ethanol, on the fuel consumption change under operating conditions on a VAZ-2115 vehicle is considered. The dependence of the change in fuel consumption in comparison with commercial gasoline A-92 is obtained.

Keywords: Experiment, fuel consumption, car, ethanol, dependence.

1. Introduction:

Due to the decrease in oil reserves, humanity is looking for new alternative energy sources for cars. This article examines the effect of blended gasoline E-50 containing 50% ethanol on changes in fuel consumption under operating conditions in a VAZ-2115 car. The dependence of changes in fuel consumption in comparison with commercial gasoline A-92 was obtained.

2 Presentation:

Motor gasoline is one of the most qualified and expensive energy carriers. To obtain them, a complex set of technological processes for primary and secondary oil refining is used, as well as various additives and additives that ensure compliance with modern requirements for the composition and quality of this type of motor fuel. It is recommended to introduce oxygen-containing components into gasoline to improve a number of operational properties, including environmental ones. The most common and widely used are: methyl tert-butyl ether (MTBE), ethyl tert-butyl ether (ETBE) and fuel ethanol.

In Europe, the problem of biofuel and fuel ethanol in particular lies in line with the main strategy of the Europeans - preserving the environment and combating global warming of the planet, which is largely based on the abandonment of oil and gas and the transition to new renewable types of fuel, including motor fuel. . Europe in ethanol production is significantly inferior to the USA and Brazil, which account for 90% of world production (2010). It should be noted that, despite progress in the field of ethanol production, its share is still extremely small and in 2009 amounted to about 6% of global gasoline consumption.

Today in the world, fuel ethanol is an energy component and replaces more than 1 million barrels per day; ethanol has become, albeit still weak, but the only alternative to crude oil and this must be taken into account [1].

The production of biological fuels (bioethanol, ETBE, bio-diesel, etc.) is a priority in global oil refining. Ukraine, unfortunately, lags significantly behind the EU countries and the USA in this area. The main reasons for this are:

- a) the imperfection of the domestic regulatory framework in the field of regulation of biofuel production, as well as its inconsistency with European standards;
- b) lack of effective structures that would develop and coordinate the biofuel market;
- c) lobbies of certain financial and industrial groups;
- d) an unprofessional approach to this problem by officials from ministries and departments, as well as commercial and financial structures, who are unable to give an adequate assessment of this type of business.

For the past ten years, Ukraine has had state programs "Ethanol", a number of other programs, laws of Ukraine, to stimulate the development of the biofuel market. The example of such countries as the USA, Brazil, as well as EU countries suggests that bioethanol occupies an important place in strengthening the energy security of these countries [2].

At KhNADU, studies were carried out on the effect of E-50 biofuel on the technical and operational performance of a car.

Tests were carried out to determine the following parameters of vehicle fuel efficiency: control fuel consumption, fuel characteristics of steady-state movement.

A relatively straight section on the Kyiv-Kharkov highway, two kilometers long, was chosen.

Fuel consumption was measured on a warm engine in different modes. All tests were carried out within the limits permitted by the traffic rules of Ukraine. The following test modes were selected: at speeds of 40, 50, 60, 70, 90 and 120 km/h. The car in 4th gear (close to straight line, 4th gear ratio 0.94 for VAZ-2115) reached the set speed and moved along the highway for one minute at a steady speed. Measurements were carried out in two directions of the route in order to mutually exclude road unevenness. Measurements were taken 4 times, two measurements in one direction and two measurements in the opposite direction. All readings in the form of signals from the USB Autoscope II device were recorded on a personal computer for further processing.

A car was presented for testing on the road - VAZ-2115. At the time of the experiment, the car was serviced and technically ready for testing.

After readings were taken on standard commercial A-95 gasoline, the remaining gasoline in the tank was drained through the fuel rail into a canister. Then E-50 mixed gasoline was poured in. To adapt the car's engine and controller to mixed gasoline, the car drove along the highway for a distance of about 50 km before the next test. Then the tests were carried out in the same sequence as with standard commercial gasoline. Thus, comparative tests of two different gasolines were carried out under the same operating conditions, on the same section of the road.



Fig. 1. Taking readings while moving on a personal computer during an experiment

To obtain signals from the vehicle's on-board network, USB Autoscope II, a digital USB oscilloscope, was used.

USB Autoscope II is designed for troubleshooting in various electronic vehicle systems, ignition systems, diagnostics of the gas distribution system of gasoline engines, as well as for receiving signals from vehicle sensors (Fig. 2). The device is universal and is not tied to any car brand. Connects to the USB port of a personal computer running the Windows 98se* / Me*, Windows 2000 / XP or Windows Vista / Windows 7 operating system (Fig. 1).



Fig. 2. Digital USB oscilloscope Autoscope II

After the tests, the data was processed, based on the results of which a graph of changes in fuel consumption was constructed. It can be seen from the graph (Fig. 3) that fuel consumption using E-50 biofuel in all operating modes of the vehicle increased equally (on average by 1 l/100 km). This indicates stable operation of the biofuel engine in all modes.

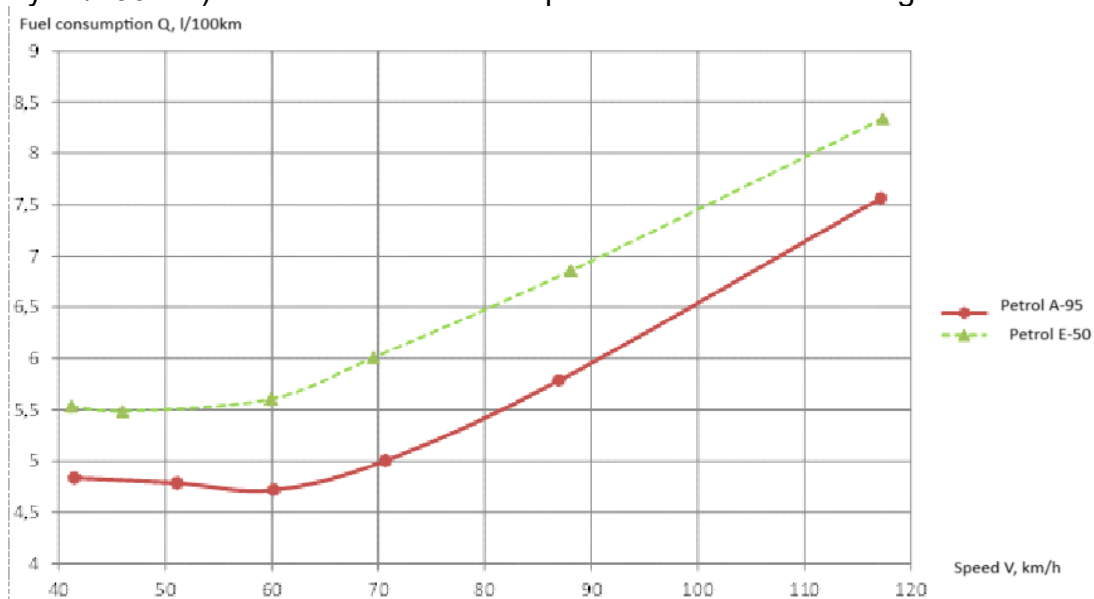


Fig.3. Change in fuel consumption on a VAZ-2115 car

In the future, it is planned to develop a mathematical model for rationing fuel consumption for cars running on mixed gasoline and give practical recommendations for road transport enterprises

3. Conclusion:

It has been established that the use of blended gasoline significantly affects the change in fuel consumption of a passenger car.

It has been shown that when using blended gasoline E-50, fuel consumption increases with increasing speed in proportion to fuel consumption when the engine is running on commercial gasoline A-95.

REFERENCES:

1. Pushchik E., Mirzoev V. What are the oil companies of Europe added to gasoline? http://ukrbudmash.org.ua/fuel_europe_blending.htm
2. "International Bioenergy", 1-2011. Mirzoev V. (Azerbaijan), Pushchik E. (Ukraine).

За контакти: Senior Lecturer. Bezrodnyi Vladimir, Head of the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: 007_rost@gmail.com.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЗНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ВАКУУМНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ

EVALUATION OF BRAKE CONTROL EFFICIENCY OF A VEHICLE WITH A VACUUM BOOSTER

Volodymyr Volkov ¹, Igor Gritsuk ², Mykola Sklyarov ³, Oleksii Yakovliev ³, Volodymyr Kuzhel ⁴, Ganna Pliekhova ⁵, Tetiana Volkova ⁶

Abstract. The aim of the study is to determine the static and dynamic characteristics of the developed two-chamber vacuum brake drive amplifier (VBDA) and their influence on the efficiency of vehicle braking control. The theoretical component of the study was carried out by means of mathematical modelling of the working project on the example of the gas-dynamic model of the VBDA, and the experimental component was carried out on a test bench made for this purpose using a modern measuring and recording complex. As a result of the study, the static and dynamic characteristics of both a separate VBDA and a vehicle brake control system were obtained. The relative error of the indicators within the working zone of the transient processes of the VBDA when comparing the static and dynamic characteristics obtained during the study of the model and as a result of experimental studies is in the range of 1.5-6%. The obtained results can be used in the development of advanced designs and modernisation of existing HFGPs used in vehicles with a gross weight of up to 3.5 tonnes for civilian purposes and armoured vehicles with a gross weight of up to 8.5 tonnes intended for combat missions. For the research, a special measuring and recording complex was designed and manufactured, where, during the research, the following parameters of the VBA were measured and recorded as an experimental stand: forces on the pusher and rod; displacement of the pusher and pistons; rod displacement; pressure/vacuum in the amplifier cavities. The authors propose to use the following criteria for assessing the efficiency of the VBA: criteria for assessing the work of a unit of mass and a unit of volume, which are the ratio of work at the output of the amplifier in accordance with its mass and the layout volume; criteria for assessing the power of a unit of volume and a unit of mass, which will allow to assess not only the compactness of the VBDA, but also its speed; coefficient of pliability and specific idling of the amplifier pusher, these indicators will characterise the volume of the pedal drive layout.

Keywords: vehicle, brake control, vacuum brake booster, mathematical model, experimental research, measuring complex.

1. Introduction:

A vehicle's vacuum brake booster (VBDA) is the most common service device for passenger cars and light-duty vehicles operating on the roads of the world and Ukraine. The efficiency and quality of its operation largely determine the ergonomic conditions and efficiency of braking control and, ultimately, the active safety of the vehicle. Recently, the vacuum booster is increasingly not only a device for reducing the force on the brake pedal, but also an automated device that corrects driver actions (BAS, etc.) and simplifies vehicle control (Hill Holder, etc.). Therefore, improving the workflow of the VBDA is one of the tasks of increasing the active safety of the vehicle.

The relevance of the problem lies in the fact that one of the ways to improve road safety is to improve the multifunctional brake control of vehicles [1-5]. The main parameters of the brake control, in addition to the normative ones, include its performance, which is determined, among other things, by the static and dynamic characteristics of the brake control VBDA).

The aim of the study is to determine the static and dynamic characteristics of the developed two-chamber VBDA and their influence on the output characteristics of vehicle braking control.

Comparison of the results of theoretical studies obtained in papers [2-12] with the experimental ones obtained at the laboratory installation in this work allowed us to establish a discrepancy between theoretical and experimental studies within 6 %.

The reliability of the theoretical provisions fully depends on the level of experimental research. The theoretical studies conducted by the authors in [2-5] required experimental confirmation, which made it necessary to create a special stand for studying the workflow of the VBDA).

Improvement of the design, as well as the working processes of components and devices of the hydraulic brake drive of a car is based on the results of theoretical and experimental studies.

2. Statement:

The developed mathematical model is based on the results of the analysis and synthesis of the components of the VBDA using the gas-dynamic model shown in Fig. 1, according to the scheme (Fig. 1): The water heater has a body divided by a partition into two chambers. The chambers are divided by pistons into cavities 4, 5, 8, and 9. Cavities 9 and 5 are permanently connected to the source of rarefaction.

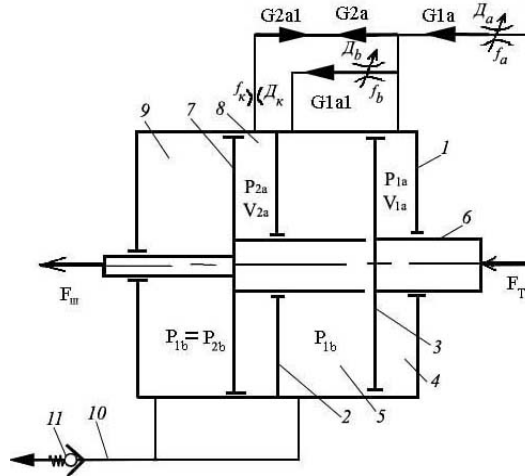


Fig. 1. Schematic of the gas-dynamic model of a two-chamber VBDA: 1 - amplifier body; 2 - baffle; 3 - piston of the first chamber; 4, 5 - cavities of the first chamber; 6 - piston hub of the first chamber; 7 - piston of the second chamber; 8, 9 - cavities of the second chamber; 10 - vacuum line; 11 - check valve; Δ_b - variable-section throttle (vacuum valve); Δ_a - variable-section throttle (atmospheric valve); Δ_k - constant-section throttle (channels between cavities); f_a, f_b, f_k - areas of passage of valves and channels; G_{1a} - mass air flow through the atmospheric valve into the atmospheric cavity of the first chamber; G_{2a} - mass air flow into the atmospheric cavity of the second chamber of the amplifier during deceleration; G_{1a1} - mass air flow rate through the vacuum valve from the first chamber during deceleration; G_{2a1} - mass air flow rate from the second chamber during deceleration; P_{1a}, P_{2a} - pressure in the atmospheric cavities; $P_{1b} = P_{2b}$ - vacuum in the vacuum cavities; V_{1a}, V_{2a} - volumes of the booster atmospheric cavities; F_T - force on the pusher; F_{III} - force on the rod.

The connection of cavities 4 and 8 depends on the operating mode. The air resistance between the cavities depends on the cross-section of the chokes Δ_a, Δ_b и Δ_k . Mathematical model of the dynamic state of the VBDA pusher:

$$F_T + F_{KH} - M_T \cdot \ddot{X}_T - k_T \cdot (\dot{X}_T - \dot{X}_1) - F_A - F_B - F_{TP} - F_H = 0 \quad (1)$$

As the piston moves, the force from the F_{KH} valve remains unchanged. The friction force of the piston against the piston is non-linear:

$$F_{TP1} = \begin{cases} F_{TP1} \cdot \text{sign}(\dot{X}_T - \dot{X}_1) n p u \dot{X}_T \neq \dot{X}_1 \\ F_{TP1} = 0 n p u \dot{X}_T = \dot{X}_1 \end{cases} \quad (2)$$

The relative displacement of the piston and the piston triggers the distributor and the mass flow rate into the air cavities is dependent on this:

$$G_a = f_a \cdot p_a \cdot V_{kp} \cdot \varphi(\sigma) \quad (3)$$

The cost function $\varphi(\sigma)$ is assumed to be as follows:

$$\varphi(\sigma) = \sqrt{\frac{1 - \sigma_a^2}{2 \cdot k \cdot (\xi_a - \ln \sigma_a)}}, \quad (4)$$

is the resistance coefficient of the atmospheric valve:

$$\xi_a = 0,55 + 4 \cdot \left(\frac{b_T}{d_a} - 0,1 \right) + 0,176 \cdot \left(\frac{d_a}{h_{kl}} \right)^2 \quad (5...14)$$

The model assumes that the vacuum in the vacuum cavities is constant and the temperature remains unchanged [2]. The change in pressure in the atmospheric cavities leads to the formation of additional forces on the amplifier pistons. Since the pistons in the studied VBDA do not have a rigid connection, the development of the model required confirmation of the hypothesis that the pistons move without separation from each other during the working process.

To theoretically confirm this hypothesis, the equation of the dynamic state of the piston of the first chamber is as follows:

$$M_1 \cdot \ddot{X}_1 + f_1 \cdot \dot{X}_1 + R = S_1 \cdot \Delta P + f_{T1} \cdot (\dot{X}_T - \dot{X}_1) + R_1 + S_y \cdot (P_0 - P_{b1}), \quad (6)$$

If we assume that the condition for breaking the contact between the pistons is $R \leq 0$, then the following relations correspond to this condition:

$$S_1 \cdot (P_{1a} - P_{1b}) + f_{T1} \cdot (\dot{X}_T - \dot{X}_1) + F_{HP} - (S_y - S_{III}) \cdot (P_0 - P_b) + S_y \cdot (P_0 - P_{1b}) - f_1 \cdot \dot{X}_1 - M_1 \cdot \ddot{X}_1 \leq 0, \quad (7)$$

$$\ddot{X}_1 \leq \frac{S_1 \cdot (p_{1a} - p_{1b}) + f_{T1} \cdot (\dot{X}_T - \dot{X}_1) + F_{np} - (S_y - S_{III}) \cdot (p_0 - p_b) + S_y \cdot (p_0 - p_{1b}) - f_1 \cdot \dot{X}_1}{M_1}. \quad (8)$$

The results of calculating expressions (6-8) using the MATLAB Simulink program in the form of a graphical dependence of the reaction between pistons during braking are shown in Figure. 2.

This dependence theoretically confirms the hypothesis about the movement of pistons without separation from each other in a two-chamber vacuum amplifier. Given this confirmation, the mathematical model of the two-chamber VBDA is simplified, which, taking into account the mass of individual pistons, is transformed into a single-mass model. The force on the pistons of the VBDA is formed due to the pressure difference, and the pressure in the atmospheric cavities varies depending on the mass flow rate of air, as well as changes in the cavity volumes according to the equations:

$$\frac{dP_{1a}}{dt} = \frac{G_{1a} - S_1 \cdot P_{1a} \cdot \dot{X}_1}{V_{1a} + S_1 \cdot X_1} \cdot k, \quad \frac{dP_{2a}}{dt} = \frac{G_{2a} - S_2 \cdot P_{2a} \cdot \dot{X}_1}{V_{2a} + S_2 \cdot X_1} \cdot k. \quad (9, 10)$$

The communication between the switchgear and the actuator is performed by a tracking device. The scheme of the most common tracking device is shown in Fig. 3 [6, 7, 8].

During the operation of the VBDA, pressure is generated in the jet washer. The change in pressure depends on the relative position of the pusher 3, piston 2, and rod 4 and can be described by the following equation:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{[\dot{X}_II \cdot (S_{III} - S_T) + \dot{X}_T \cdot S_T - \dot{X}_{III} \cdot S_{III}] \cdot E}{V_{PIII}}, \quad (11)$$

On the other hand:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\dot{F}_S}{S_{III}}, \quad (12)$$

where $\dot{F}_S$ – is the rate of change of the force on the rod according to the dependence

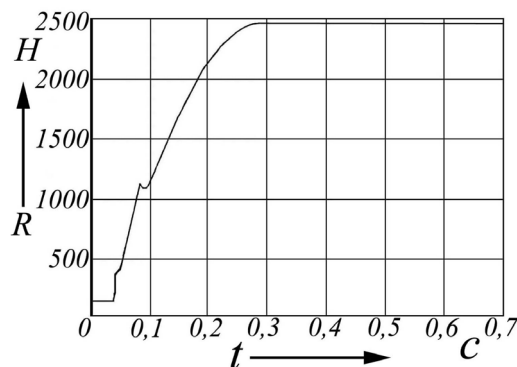


Fig. 2. Dependency $R = f(t)$

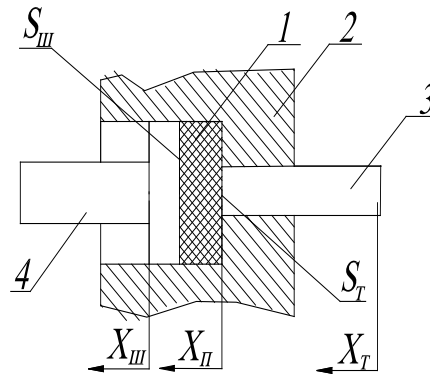


Fig. 3. Diagram of the tracking device under study: X_T , X_{II} , X_{III} – movement of the pusher, piston and rod, respectively; S_T , S_{III} – reactive area washers 1 interacting with the pusher and the rod, respectively

In this case, the stem movement speed is as follows:

$$\dot{X}_{III} = \frac{\dot{X}_{II} \cdot (S_{III} - S_T) + \dot{X}_T \cdot S_T - \frac{dP}{dt} \cdot \frac{V_{PIII}}{E}}{S_{III}}. \quad (13)$$

The developed mathematical model is implemented in the Simulink application of the MATLAB environment, which allows to expand the possibilities of selecting and optimising the parameters of promising VBDA.

For this purpose, a special test bench was designed and built, which has a system for providing energy to the vacuum amplifier (vacuum) and the mechanism for generating the input signal (compressed air), the amplifier load and the measuring complex (Fig. 4)

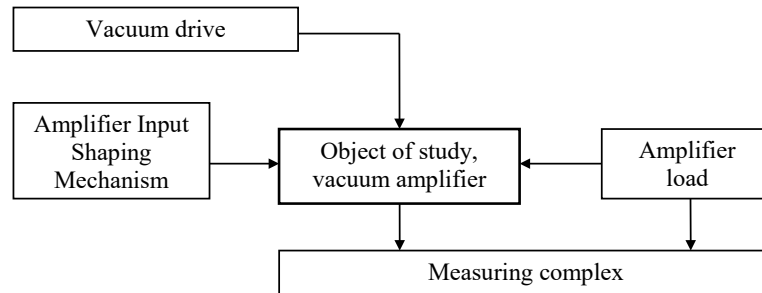


Fig. 4. Block diagram of the measuring complex

The energy supply system allows to create, control and maintain the required vacuum level in the vacuum cavities of the amplifier. The input signal generation mechanism provides the required level and nature of the change in force on the amplifier pusher. To study the static performance, the pneumatic chamber is replaced by a propeller. The main brake cylinder connected to the brake mechanisms is used as the load of the amplifier. To control the operation of the test bench and obtain the necessary indicators during experimental studies, a measuring and recording complex was developed, the schematic diagram of which is shown in Figure 4, and to ensure vacuum, a vacuum drive was used, made according to the scheme shown in Figure 5.

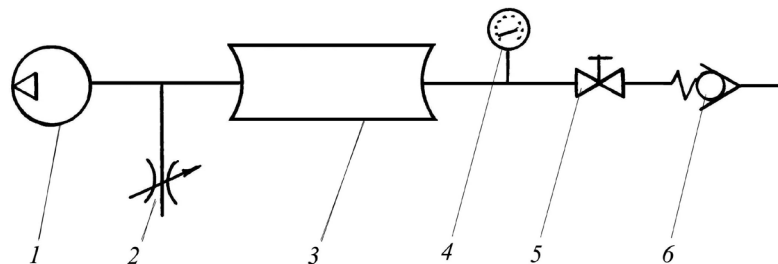


Fig. 5. Diagram of the vacuum actuator: 1 - vacuum pump; 2 - variable-section throttle; 3 - vacuum receiver; 4 - vacuum gauge; 5 - tap; 6 - check valve

A reciprocating compressor unit CO 7B with an air flow rate of at least 0.5 m³/min is used as a vacuum pump for position 1 (Fig. 5). To maintain the vacuum level, a variable-section choke 2 of the line between pump 1 and vacuum receiver 3 was used. Receiver 3, with a volume of 20 l, is designed to smooth out the vacuum pulsation and provide a vacuum reserve. A vacuum gauge VP4 - UU2 is installed in the system to control the vacuum. The vacuum installation allows obtaining a stable vacuum level of up to 20 kPa absolute pressure. The load of the studied VBDA is a hydraulic drive consisting of a brake master cylinder of the Tandem type with an internal diameter of 28 mm. The separating cavities of the master cylinder are connected to the working cylinders of the two brake mechanisms by flexible hoses. The arrangement of the equipment on the experimental stand, including the loading units, is shown in Fig. 6.

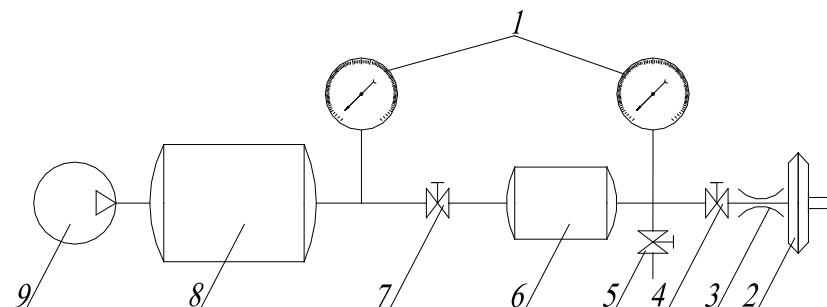


Fig. 6. Schematic of the pneumatic drive of the experimental unit: 1 - pressure control gauges; 2 - pneumatic chamber type 9; 3 - throttle; 4 - receiver flow valve into the pneumatic chamber; 5 - valve for setting the pressure in the receiver; 6 - working receiver; 7 - valve for filling the receiver 6; 8 - storage tank; 9 - stationary compressor

To form the input signal of the amplifier under study, two variants of devices are provided. The first variant is a mechanical, screw type (item 6 of Fig. 6). It allows to consistently set a stable rigid position of the pusher amplifier. The second variant of the device for generating the input signal of the amplifier is pneumatic. A general diagram of the pneumatic actuator with the input signal generating device is shown in Fig. 6.

The pneumatic drive (Fig. 6) includes a stationary compressor 9 with a storage capacity of 200 l, a working receiver 6 of the laboratory installation with a capacity of 20 l, pressure gauges 1 for monitoring the pressure in the pneumatic drive and the working receiver, and filling taps 4 of the working receiver 6. The pneumatic chamber 2 is mounted coaxially with the pusher of the amplifier under study. Air is supplied from the working receiver to the pneumatic chamber by a manual push-button valve 4. The filling rate of the pneumatic chamber is provided by a constant cross-section choke 3 installed at the inlet of the pneumatic chamber.

Measuring and recording complex of work processes VBDA. When performing research on the experimental stand, the following parameters of the vacuum amplifier were measured and recorded: force on the pusher; force on the rod; pusher movement; piston movement; rod movement; pressure (vacuum) in the cavities of the amplifier, for which a special measuring and recording complex was made, consisting of three parts (1 - sensors for measuring physical values of the studied parameters; 2 - equipment for pre-processing, recording and issuing information about the studied parameters; 3 - provides the necessary This set allows solving the following tasks: - to determine the static characteristics of the double-circuit brake master cylinder, single-chamber and double-chamber VBDA; - to determine the dynamic characteristics of the hydraulic drive, including VBDA; - to determine the static and dynamic indicators of the VBDA work process.

In addition, the complex provides information on measuring the forces and displacements of the pusher, booster rod, degree of valve opening, the level of vacuum in the booster working cavities, and fluid pressure in the hydraulic brake drive circuits [2-5]. Based on the analysis of the designs of hydraulic brake drives for cars [2 - 12], the ranges of measured values were determined: - pedal force: 0 ... 500 N; - force on the pusher: 0 ... 2500 N; - force on the rod: 0 ...

10000 N; - movement of the rod and pusher: 0...50 mm; - vacuum in the working cavities of the amplifier: 0 ... 0.09 MPa; - pressure in the hydraulic brake actuator: 0 ... 15 MPa.

When developing the measuring and recording complex, the task of providing different levels of power supply to the sensors and stabilisation, different in type (current and voltage) and level of output signals was solved. As a result, a scheme of a special electronic signal processing unit (SPU) was developed. The developed SPU is designed for the simultaneous use of 12 channels and has the following functional capabilities:

- ensuring stable power supply to the channels;
- interference filtering and signal stabilisation;
- calibration of sensors;
- Determining and setting the initial value of the measured parameter;
- testing and monitoring of the channels serviceability;
- automatic mode of measurement and registration of parameters;
- accumulation, reading of parameters and system cleaning.

The algorithm of the electronic unit is shown in Figure 7.

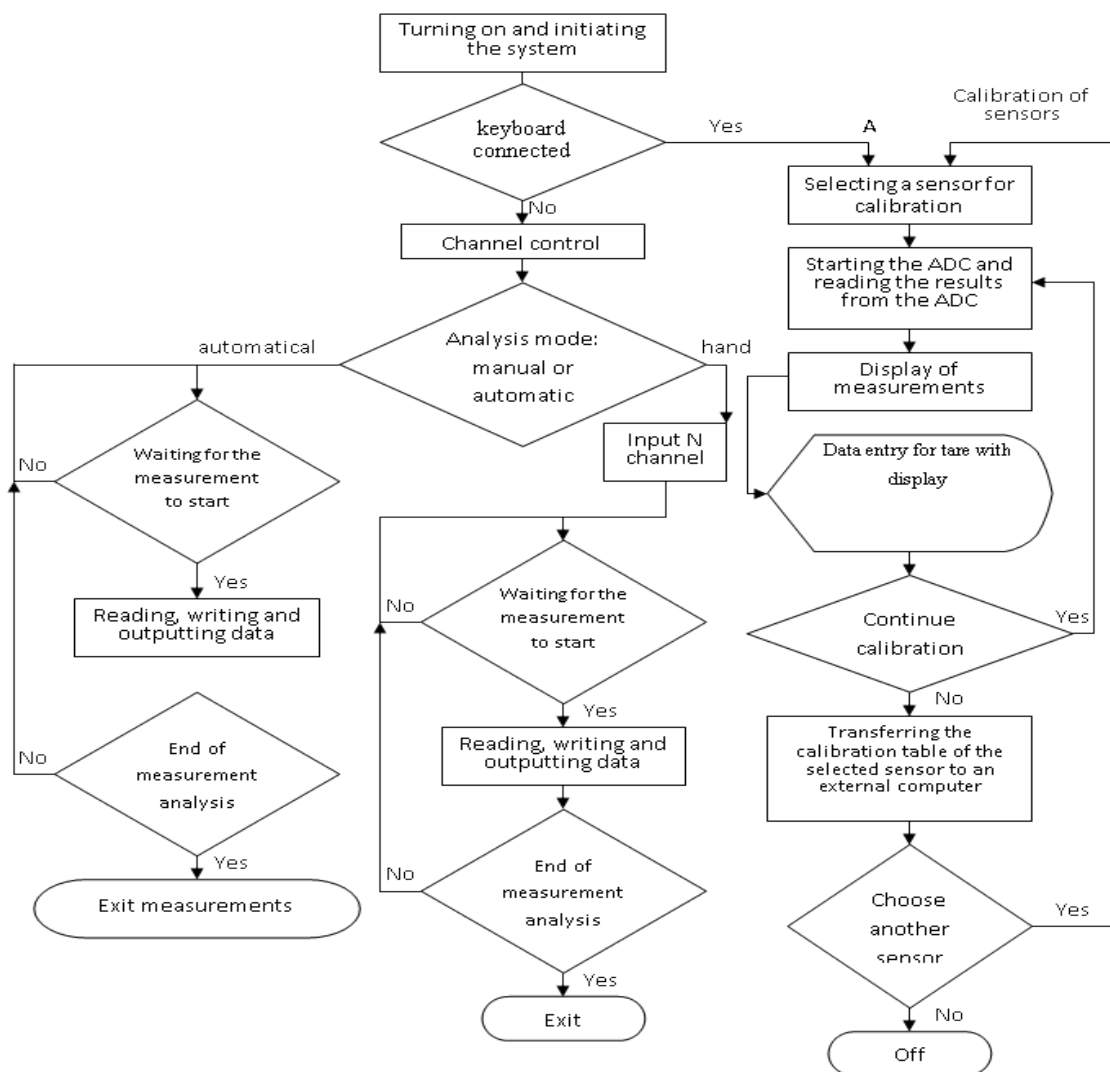


Fig. 7. Algorithm of the electronic block robotics

The electronic element base of the SPU is combined on three boards, as shown in the block diagram (Fig. 8). The measuring complex, the block diagram of which is shown in Fig. 8, has nine channels with sensors, a signal processing unit (SPU) with a keyboard, a display, and is connected to a via an interface. To study the working process of the vacuum amplifier, it is necessary to know the change in the vacuum level in the cavities, the change in the forces on the pusher and rod, and the coordinates of movement of the pusher, piston, and rod. The

controller board I is designed to control the entire measuring complex and has an interface with a vehicle. The controller is designed with the ATMEGA 128-16 AC microprocessor in mind.

A rewritable Flash program memory module is used for communication with external input/output devices and temporary data storage.

The measuring system for communication with vehicle has three interfaces RS-232, RS-485 and USB. The RS-232 interface is designed with the ADM 202 EAN chip in mind. The RS-485 interface is based on the MAX 487E CPA chip. The FT 245 BM-FTDI chip is used for USB communication.

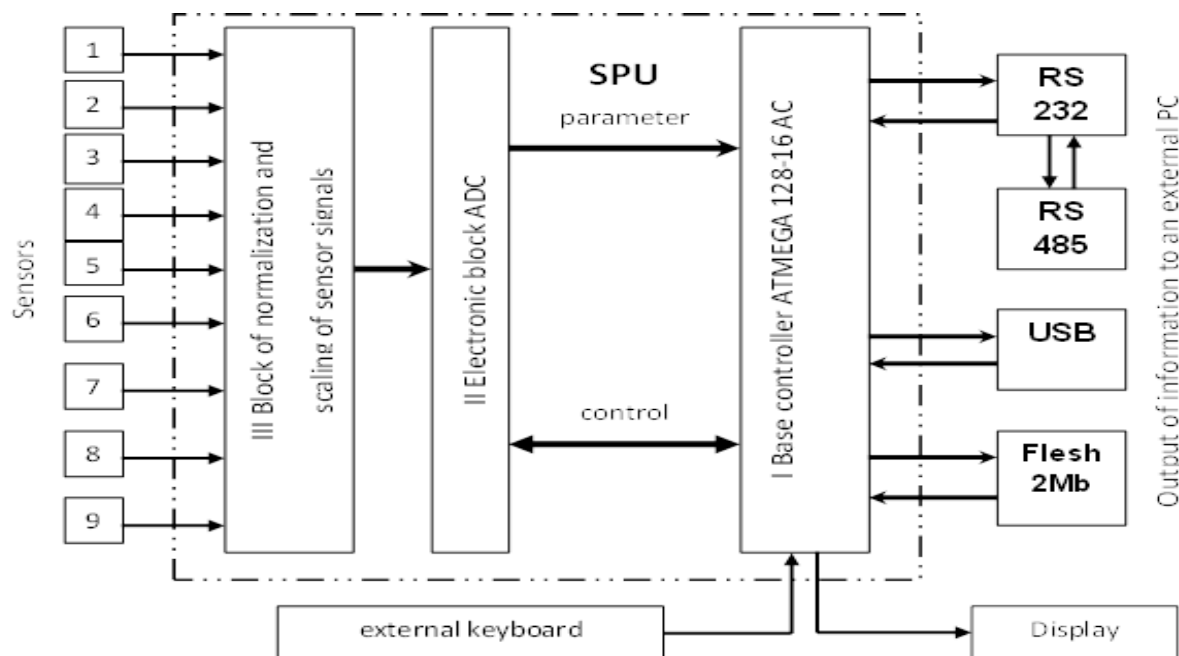


Fig. 8. Block diagram of the measuring complex

The measurement results are shown on the BG12864A GPLW graphic display.

The ADC board II contains 12 independent analogue and digital channels. Each channel is assembled with AD 7492 AR-5 chips.

The sensor signals are pre-processed on the electronic unit III. The unit for normalisation and scaling of sensor signals contains LM 358 operational amplifiers. The pre-processed sensor signals are sent to the switch, processed by a voltage limiter and then sent directly to the ADC. All ADC channels are started simultaneously, then each of them is selected using decoders and read into the controller's RAM.

The system is powered by a DC voltage of 12 V. The sensors are powered by a 5 V signal processing unit.

LPX Precision Transducers with measuring limits of 2500 N and 10000 N are used for force measurement. The combined error of the sensors is 0.1% and the permissible load is 150 %.

The movement of the pusher, piston and amplifier is measured by CLP-13-50 sensors. These sensors have a resolution of less than 0.01mm with a linearity tolerance of 0.7-1.3% at a travel speed of no more than 5m/s. This accuracy is sufficient to estimate the relative displacement of the piston and piston, rod and piston. The installation of force and displacement sensors does not require any changes to the design of the vacuum amplifier. Therefore, the research setup is equipped with three vacuum sensors of the BOSCH 0261230004 series with absolute pressure measurement limits from 20 to 100 kPa. When studying the working process of two-chamber vacuum amplifiers, the vacuum sensors are connected to both atmospheric cavities and the vacuum cavity. In the case of a single-chamber amplifier, only two vacuum sensors are used. Connecting the measuring cavities of the vacuum sensors to the respective cavities requires a change in the design of the amplifier housing.

Results of experimental studies. Before the experiment, the sensors were calibrated, elements and parameters were set to determine the initial conditions and characteristics of the input impact in accordance with the research programme.

To obtain information about the operation of the vacuum amplifier, a metered force was applied to its input (pusher). Dosing of the force in terms of magnitude and speed was ensured by changing the pressure in the pneumatic chamber of the VPGP. In the processes of simulating braking and deceleration, the following were measured: movement of the pusher, piston and rod; forces on the pusher and rod; pressure in the vacuum and atmospheric cavities. As a result of the developed processing methodology, absolute and relative data on the parameters of the working process were obtained.

The study of the dynamics of the working process was carried out with a sequential study of the effect of: pressure in the vacuum cavity of the VPGP; force on the pusher; rate of force application to the pusher.

The general view of the experimental dynamic characteristics is shown in Figure 9.

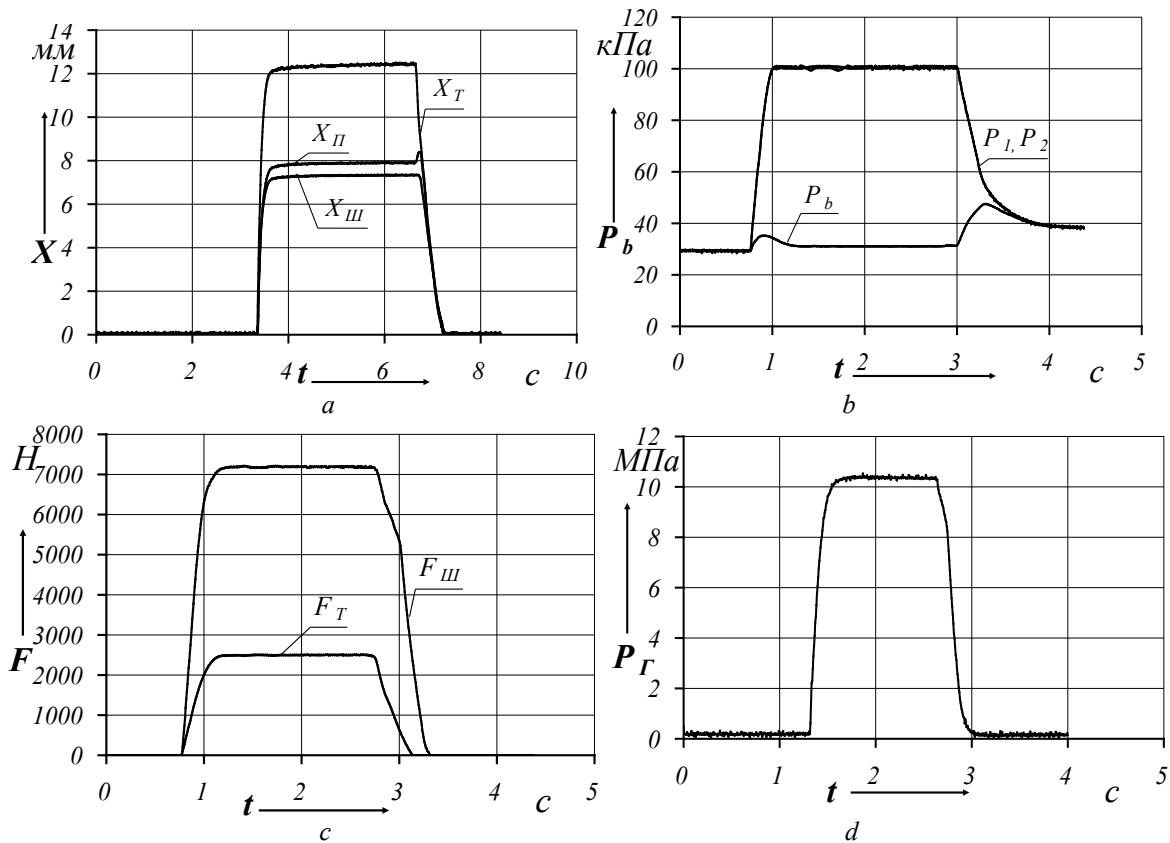


Fig. 9. General view of the obtained experimental dynamic characteristics: a - displacement $X = f(t)$; b - vacuum $P_b = f(t)$; c - force $F = f(t)$; d - pressure in the load actuator $P_r = f(t)$; X_T , X_{II} , X_{III} - displacements of the pusher, piston and rod, respectively; P_b , P_1 , P_2 - pressure changes in the vacuum cavity and atmospheric cavities; F_T , F_{III} - forces on the pusher and rod, respectively

As a result of the experiments, it was found that: the level of rarefaction practically does not affect the time of the braking process; the time of pressure equalisation in the vacuum and atmospheric cavities of the VBDA increases with an increase in the initial rarefaction; the braking process reduces the vacuum in the vacuum cavity by an average of 6 kPa; when the rate of force on the pusher decreases from 0.04 to 0.3 s, the time of pressure change in the atmospheric cavities decreases by 0.2 to 0.24 s.

The theoretical position on the joint movement of pistons without separation from each other is confirmed by the ratios of pusher and rod movement $X_T > X_{III}$. The effect of the braking rate on the parameters of the VPGP working process is given in Table 1.

Table 1. Results of the study of the impact of the input rate on the workflow of the VBDA

Process parameters	Parameter values									
t_{T3} – time of change of force on the pusher from "0" to F_{Tmax} , s	0,04	0,08	0,09	0,09	0,10	0,26	0,28	0,29	0,30	0,32
t_{31} – time of change of pressure in the atmospheric cavities during deceleration, s	0,75	0,64	0,75	0,76	0,68	0,35	0,20	0,48	0,30	0,46
$t_{\omega 3}$ – time of change of force on the rod from "0" to $F_{\omega max}$, s	0,82	0,72	0,80	1,00	0,80	0,48	0,40	0,52	0,50	0,46
Δt – is the braking delay, s	0,18	0,12	0,20	0,17	0,15	0,16	0,15	0,12	0,18	0,09
$t_{\omega 3} - t_{31}$, s	0,07	0,08	0,05	0,24	0,12	0,13	0,20	0,04	0,20	0
P_{BH} – is the initial level of rarefaction, kPa	28	54	22	32	36	24	32	56	44	67
F_{Tmax} – maximum force on the rod, kN	2,4	2,5	2,4	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4	2,5
$F_{\omega max}$ – максимальне зусилля на штоку, кН	7,2	5,4	7,6	6,9	6,4	7,5	6,8	5,2	6,0	4,4

Further experimental studies were carried out with a complete brake control system on the test bench, including the created VBDA. The following parameters were measured: brake pedal force and its movement; pressure in the hydraulic brake line and pressure in the vacuum and atmospheric cavities of the VBDA. The results obtained indicate insignificant deviations in the characteristics due to the influence of brake control elements. Errors of static indicators do not exceed the recommended limits, and dynamic indicators confirm the high level of the monitored effect. Comparison of the experimental dynamic and static characteristics of the VBDA with the theoretical ones is shown in Figure 10.

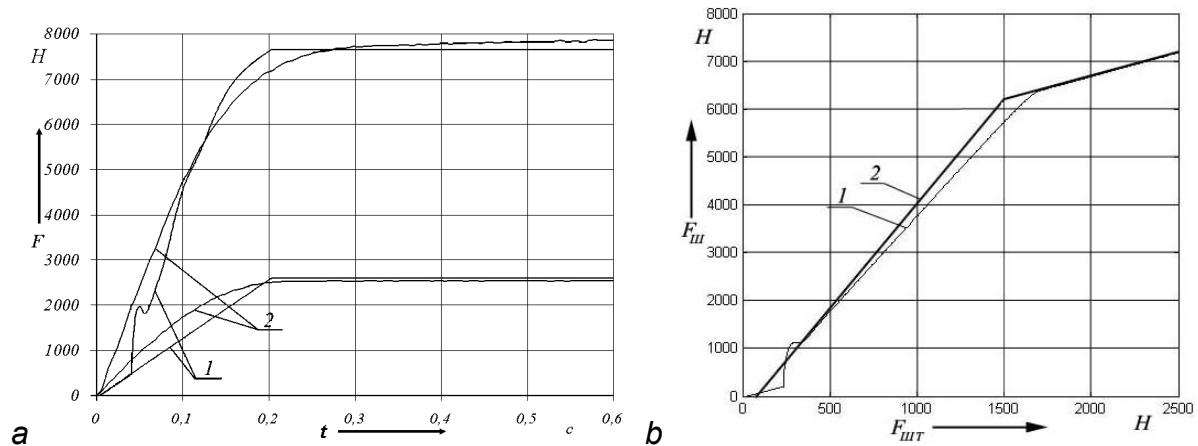


Fig. 10. Comparison of experimental and theoretical characteristics: a - dynamic characteristic; b - static characteristic; 1 - results of mathematical modelling; 2 - results of experimental study

The developed setup can be used not only to study the characteristics of the VBDA working process, but also to certify each type of amplifier produced.

3. Conclusions:

The existing assessment of the efficiency of amplifiers is based on one parameter - the gain, which is the ratio of the output force to the input force. This approach is natural, mainly when there is no energy supply from an additional source, i.e. the amplifier is perceived as an

energy converter. This approach does not allow us to evaluate the efficiency of amplifiers on vehicles with different weights. The proposed approach to assessing the efficiency of vacuum brake drive amplifiers made it possible to comprehensively evaluate their effectiveness.

As criteria for evaluating the efficiency, it is proposed to use the following: criteria for evaluating the work of a unit of mass and a unit of volume, which are the ratio of work at the output of the amplifier in accordance with its mass and structural volume; criteria for evaluating the power of a unit of volume and a unit of mass, which allow evaluating not only the compactness of the amplifier but also its performance; the coefficient of pliability and the specific idle stroke of the amplifier pusher, which characterise the volume of the pedal drive layout. The use of the proposed set of criteria made it possible to find ways to reduce the volume and weight of the amplifier design by 30-40% compared to existing analogues.

The practical application of the obtained results is aimed at achieving a social effect in improving the working conditions of drivers and increasing the active safety of cars.

Литература (изцяло на латиниця):

1. Redziuk A.M. (2005). Problema bezpeky dorozhnoho rukhu v Ukraini ta zakhody shchodo suddieho zmenshennia zahyblykh i postrazhdalikh u DTP. Avtoshliakhovyk Ukrainy. K.: Naukovo-praktychnyi zhurnal. № 5. 6-10.
2. Volkov V., Gritsuk I., Volkova T. and etc. (2020) Energy Approach to the Formation of Braking Properties of Vehicles. SAE Technical Paper 2020-01-5115, doi:10.4271/2020-01-5115. 0–9.
3. Volkov V., Gritsuk I., Volkova T. and etc. (2021). System approach to forecasting standards of vehicles braking efficiency. SAE Technical Paper 2021-01-5083, doi:10.4271/2021-01-5083.
4. Christian J. Gerdes, Karl J. Hedrick. (1994). Brake System Modeling for Simulation and Control», Transactions of the ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 121. 496-503
5. Guan H., Weituo H., Jun Z. (2013). A Vacuum Booster Model for Brake Pedal Feeling Analysis». Advanced Materials Research, Volume 622-623, 1248–1252.
6. Lyu D., Jing L., Booster E. (2019). A Technology That Improves the Efficiency of Brake Recuperation in Electric Vehicle. In: Proceedings. Chinese Automation Congress, CAC 2019, 5712–5716.
7. Prasetya S., Budiono H.D.S., Baskoro A.S., Shamsuddin A., Sumarsono D.A., Adhitya M., Zainuri F., Nazaruddin, Heryana G., Siregar R. (2020). Smart Braking Actuator Control for a Heavy Weighted Electric Vehicle». Journal of Mechanical Engineering Research and Developments, V.44(1), 8–16.
8. Ko S., Song C., Kim H. (2016). Cooperative Control of The Motor and Electric Booster Brake to Improve the Stability of An In-Wheel Electric Vehicle». International Journal of Automotive Technology, Volume 17(3), 447–456
9. Walker J., Robert R., Dan B., Steven K. (2019). Brake Vacuum Booster Characterization. SAE Technical Papers, 1–7.
10. Yu L., Xiaohui L., Xiaoxue L. (2016). Analysis of Energy Consumption on Typical Main Cylinder Booster Based Brake-by-Wire System. SAE Technical Papers, 1–8.
11. Volkov V.P. (2005). Formuvannia funktsionalnoi stabilnosti halmivnykh vlastyvostei kolisnykh mashyn pry proektuvanni: dys ... d-ra tekhn. nauk: 22.05.02. Kharkiv, 0–334.
12. Hrytsuk I.V., Volkov V.P., Khudiakov I.V., Volkova T.V., Kuzhel V.P. (2022). Operatyvnyi kontrol tekhnichnoho stanu transportnykh zasobiv. Kharkiv, Kherson, Vinnytsia: Edelweis i K, 0–197.

За контакти:

- ¹ Dr. Sc. (Eng.), Professor. Volkov Volodymyr, Head of the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: volv-949@ukr.net.
- ² Dr. Sc. (Eng.), Professor. Gritsuk Igor, Professor of the Department of Operation of Ship Power Plants, Kherson State Maritime Academy, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net.
- ³ Ph. D. (Eng.), Associate Professor. Sklyarov Mykola, Department of Armored Vehicles, National Academy of the National Guard of Ukraine, e-mail: nvsklyarov@ukr.net.
- ⁴ Senior Lecturer. Yakovliev Oleksii, Department of Armored Vehicles, National Academy of the National Guard of Ukraine, e-mail: 80973986587@ukr.net.
- ⁵ Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Kuzhel Volodymyr. Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua.
- ⁶ Dr. Sc. (Eng.), Professor. Pliekhova Ganna, Department of Informatics and Applied Mathematics, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: plehovaanna11@gmail.com.
- ⁷ Ph. D. (Eng.), Associate Professor. Volkova Tetiana, Department of Transport Technologies, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: wolf949@ukr.net.

ДИАГНОСТИКА АВТОМОБИЛЕЙ НА НЕБОЛЬШОМ УЧАСТКЕ ДОРОГИ ПРЕДПОЛАГАЕТ ОЦЕНКУ ИХ СОСТОЯНИЯ И ВЫЯВЛЕНИЕ ЛЮБЫХ ПРОБЛЕМ ИЛИ ПРОБЛЕМ НА ОГРАНИЧЕННОМ РАССТОЯНИИ

DIAGNOSING CARS ON A BRIEF STRETCH OF ROAD INVOLVES ASSESSING THEIR CONDITION AND IDENTIFYING ANY ISSUES OR CONCERNS WITHIN A LIMITED DISTANCE

Yuriy Zybtshev ¹, Pavlo Voroshylov ²

Abstract. This article discusses ways to calibrate a car speedometer on the road without the need for expensive equipment. The most accurate results can be achieved by utilizing reference markers, such as the standard road guard fence. Another practical approach involves synchronously recording the speedometer and the display of a GPS or GLONASS satellite signal receiver. Additionally, KhNADU has validated methods for assessing a car's acceleration and deceleration using simple tools like a speedometer and a phone stopwatch. These experiments have revealed discrepancies between observed results and conventional models, highlighting the need for adjusting diagnostic standards. While conventional methods require a horizontal road section of 2.5 to 3 km, such sections are scarce in most of Ukraine. Hence, it's suggested to evaluate a car's performance by accelerating in second and third gears and decelerating from 50 or 40 km/h to 20 km/h over a shorter distance of 0.5 km. The article also explores the behavior of cars under these conditions, identifying and describing certain unknown characteristics. Additionally, it proposes methods for calculating reference values for acceleration and deceleration times. Since the speedometer acts as a frequency converter of the transmission output shaft or the car's wheels, it inherently reflects errors influenced by factors like tire conditions, atmospheric conditions, and vehicle loading. Consequently, there's a need to enhance roadside diagnostic methods accessible to everyday drivers, avoiding complex or prohibitively expensive equipment.. So the calibration of the speedometer is a necessary test step and, in critical cases, must be performed at the beginning and end of each test day. Experimentally estimated the error, the required duration of measurement and speed variation when maintaining it by driver or by cruise control. Grading on GPS better when driving south. Calibration equation was obtained for the 2006 Honda Civic: $V_{GPS} = 0,9528 V_{speedo} - 0,83$.

Keywords: road, car test, acceleration, gear, time, coasting time, GPS, car, speedometer.

1. Introduction:

In practice, the performance of cars gradually declines over time, necessitating timely detection. Traction roller stands are commonly employed to address this issue. However, their high cost renders them inaccessible to many service stations. Service station proprietors argue that there's little demand for such services: clients typically arrive with specific complaints about technical issues, expecting the station not only to confirm the problem but also to identify and rectify the underlying defect before the car becomes inoperable. Additionally, some contend that modern cars are equipped with onboard diagnostic tools, obviating the need for external diagnostics. Yet, both these arguments are flawed.

Drivers typically visit service stations upon noticing diminished traction properties in their vehicles, often unable to resolve the issue themselves. However, driver experience alone may not suffice to detect such declines promptly. Instances exist where drivers observe traction reductions of two or even threefold without the vehicle exhibiting obvious performance issues; instead, it consumes fuel inefficiently, thereby depleting non-renewable resources, which extends beyond individual concern to become a societal problem.

References to onboard diagnostics in modern cars are irrelevant in Ukraine. With the country's average passenger car fleet age at 18.5 years, indicating that half of all cars are even older, the majority lack onboard diagnostics capabilities.

KhNADU substantiates methods for checking a car for acceleration and run-out on the road with simple measuring tools - a speedometer and a phone stopwatch. Experiments have shown that the real picture of resistances does not fit into generally accepted models, and this should be taken into account when calculating the standards for diagnostic parameters - the path and time of run-out and acceleration. It is recommended to accelerate to 100...120 km/h in direct or IV gear, followed by coasting to a stop. But for such tests, horizontal sections of the road 2.5 ... 3 km long are needed. We have such sites are very rare. Therefore, it is proposed to

check cars on a short road in terms of acceleration time in downshifts and run-out time from 50 or 40 to 20 km/h.

2. Presentation:

The maximum traction force of interest to the diagnostician is typically developed by the car when operating at maximum speed, encountering high resistances, or during acceleration. Conducting an acceleration road test is most straightforward in calm weather conditions, on a level road surface with good coverage. We will not determine the absolute value of the traction force P_T , but we will know that, minus the total road resistance P_R and air resistance P_W , this force is sufficient to give a car with a mass m an acceleration a , that is

$$P_T - P_R - P_W = ma. \quad (1)$$

The average acceleration is a fairly objective indicator, it is easy to evaluate it without special instruments: for example, put the car into direct gear, develop a speed of 50 ... increasing speed from V_1 to V_2 , say from 60 to 100 km/h. If the length of the measured section of the road is insufficient, then acceleration should be carried out in downshifts.

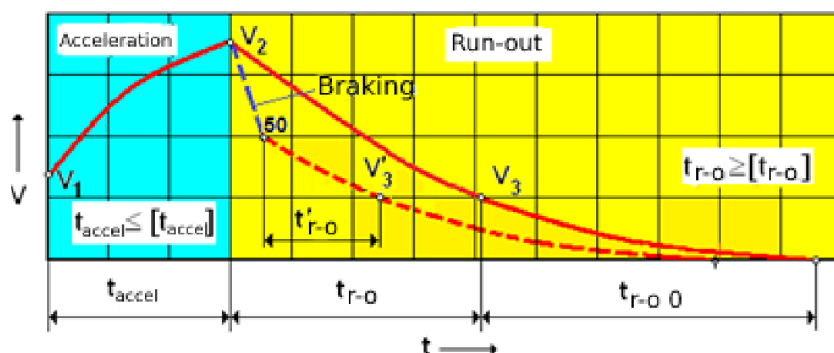


Fig. 1. Scheme of general diagnostics of the traction and speed properties of the car for acceleration and run-out (solid lines - known method, dashed lines - proposed)

Following the completion of acceleration, once reaching speed V_2 , you can disengage the clutch and measure the car's coasting time, transitioning from V_2 to V_3 and/or to a complete stop. If the available road for measurement is limited, you may initially decelerate, for instance, to 50 km/h, before initiating the coasting phase. The deceleration during coasting reflects the combined effect of external resistances and losses in the suspension and disengaged transmission. In evaluating the car's technical condition, it is these losses that are of primary interest.

Coasting distances are given in the literature (usually from 50 km/h to a stop). The coast down path can exceed 1000 m, so it is better not to bring the coast to a stop, but to limit it to some small speed range, for example, from 50 or 40 to 20 km/h. But measuring the run-out distance on the odometer in this case is too rough (the absolute error is 100 m with a full path of 300 ... 500 m. It's easier to measure not the path, but the run-out time.

To utilize the acquired values of acceleration and run-out times as diagnostic parameters reflecting the technical state of the car, standardized benchmarks (control values) for these metrics are essential. Establishing these standards entails studying the characteristics of the car in the chosen modes and subsequently refining the theory of motion accordingly.

The objective of this endeavor is to enhance roadside diagnostic methods accessible to everyday drivers, specifically focusing on on-road testing techniques devoid of complex or excessively costly equipment, while also providing a comprehensive understanding of these methods.

For the case of operation at full fuel supply, i.e. according to the external speed characteristic of the engine (ESCE), the tractive force P_t in newtons is calculated from the curve of the effective torque M_e in newton meters:

$$P_T = \frac{M_e \cdot u_i \cdot u_0 \cdot \eta_T}{R_d}, \quad (2)$$

where u_i is the gear ratio of the i -th gear engaged;

u_0 - gear ratio of the main gear (main pair)

η_T is transmission efficiency;

R_d is the dynamic radius of the driving wheel, m.

The torque curve M_e is found in the literature. For old carburetor and diesel engines, it can be calculated using the well-known formula S.R. Leiderman:

$$M_e = M_{eN \max} \left[A + B \left(\frac{n}{n_N} \right) - C \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 \right] \quad (3)$$

where $M_{eN \max}$ is the torque at rated (maximum) power, Nm;

n – crankshaft speed (crankshaft) current, min^{-1} ;

n_N is the speed of rotation of the crankshaft at the rated (maximum) power, min^{-1} ;

A , B , C - coefficients, individual for each engine and depending on its coefficients of adaptability in terms of rotation frequency of the crankshaft and in terms of torque. Many methodological sources recommend the same coefficients for all carburetor engines and somewhat different ones, but also the same for all diesel engines. In this version, the formula gives a satisfactory power curve, but not torque - the torque curve calculated in this way does not even pass through the points of maximum torque and rated power specified in the vehicle and engine characteristics.

For modern electronically controlled engines, the Leiderman formula gives satisfactory results only in a limited range of rotational speeds, for example, from 2500 to 4500 min^{-1} .

However, the nominal torque curves published in the literature were obtained in static modes, i.e. according to measurements at each point at a constant speed, without acceleration. Acceleration during acceleration noticeably distorts the configuration of the torque curve (Figure 2). The entire curve descends slightly, dips appear at the beginning and end, and the point of maximum moment shifts along the abscissa axis to the right or left.

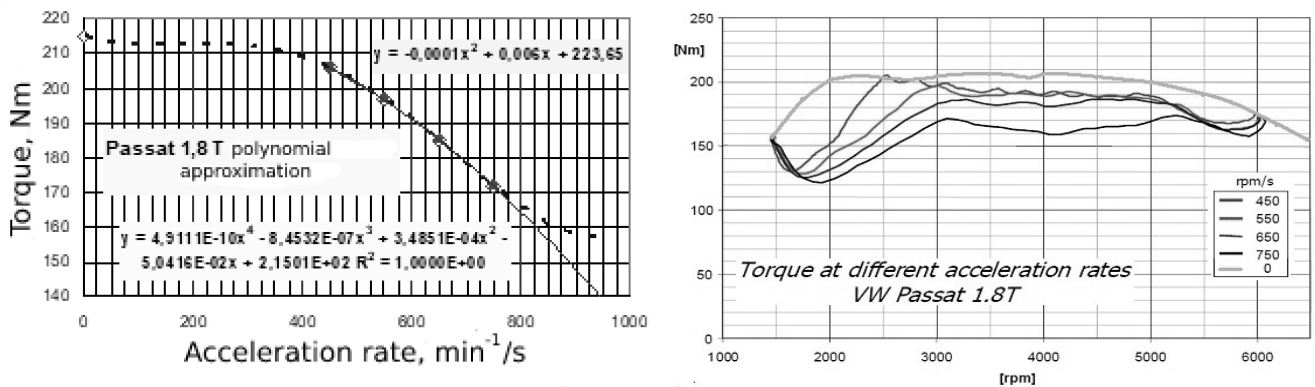


Fig. 2. Torque measurement results for VW Passat 1.8 T on the Rototest VPA-RX 2WD [1] (right) and our processing [2]

The engine acceleration rates (450...750) used by the Rototest researchers are not exaggerated. So, in our experiments, a car Lada 111 weighing 1260 kg accelerated in second gear at a rate of 320...360 min^{-1}/s , and in first gear – 920...1080 min^{-1}/s .

The DVS theory primarily elucidates this reconfiguration conceptually rather than through quantitative analysis. It remains unclear whether the maximum torque will shift towards higher crankshaft speeds (to the right) or towards lower speeds (to the left). Professor A.N. Poida contends that this adjustment defines the engine setup, as evidenced by the torque curve's shape according to the ESCE. In cases where the curve exhibits a distinct peak (as seen, for

instance, in the Lada Priora), a leftward shift is anticipated. Conversely, if the curve features a plateau (as observed in the VAZ-2111), the maximum is expected to shift to the right. Notably, for vehicles from the Volkswagen Audi Group, the maximum torque is typically shifted to the right.

The generally accepted models of resistance to vehicle movement simplify the real picture. This is shown by the processing of published field test data (Figure 3). Discrepancies appear in all speed ranges, which indicates an insufficiently accurate description of all acting forces[3].

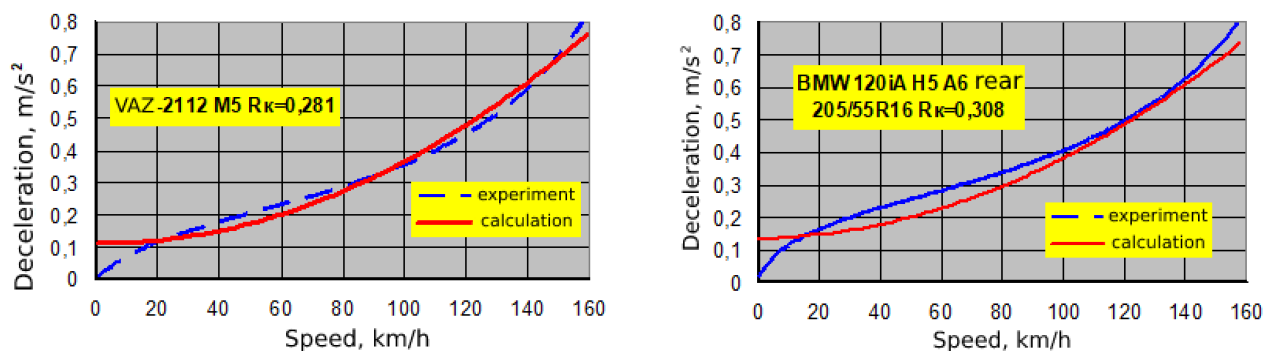


Fig. 3. Comparison of calculated and experimental dependencies deceleration of the free run of cars from speed (processing of the results of field tests "Autoreview")

Note that these disparities are not attributable to erroneous processing. Our experiments on various vehicles consistently yield similar outcomes. The speed-dependent deceleration profile of the DAEWOO Matiz 0.8 car (Figure 4), constructed from experimental data, mirrors precisely the shape depicted in Figure 3, particularly exhibiting a distinct reduction in deceleration magnitude (i.e., resistance forces) at speeds below 20 km/h. Given that this graph is derived from 21 runouts conducted under varying wind conditions and on two distinct road types (i.e., at different wind angles), such deviation from the theoretical model cannot be ascribed to processing errors, performer oversight, wind influence, unaccounted gradients, random variables, and the like.

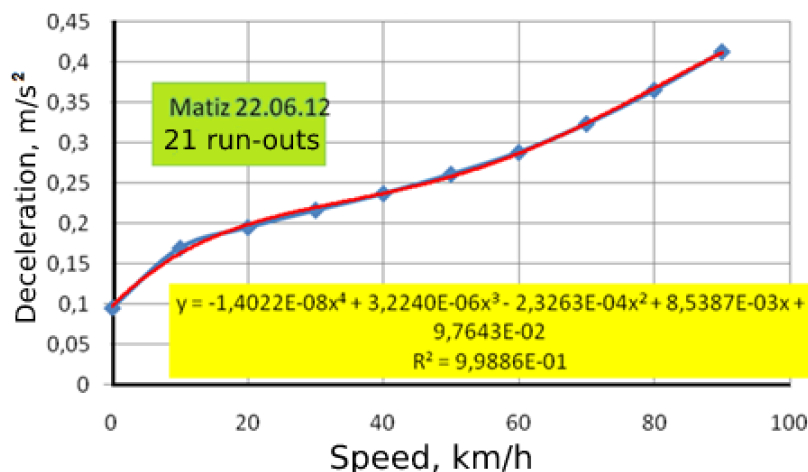


Fig. 4. Experimental dependence averaged over 21 run-outs

Calm conditions on open roads are exceptionally infrequent, making it impossible to entirely eliminate the impact of wind on the results. However, when a gentle wind (approximately 1 m/s) was present, comparable rundown diagrams were obtained in both directions, demonstrating a notable reduction in resistance at low speeds, particularly below 8 to 10 km/h (Figure 5). Therefore, the characteristic feature of resistance to vehicle movement at low speeds can be deemed established and incorporated into calculations.

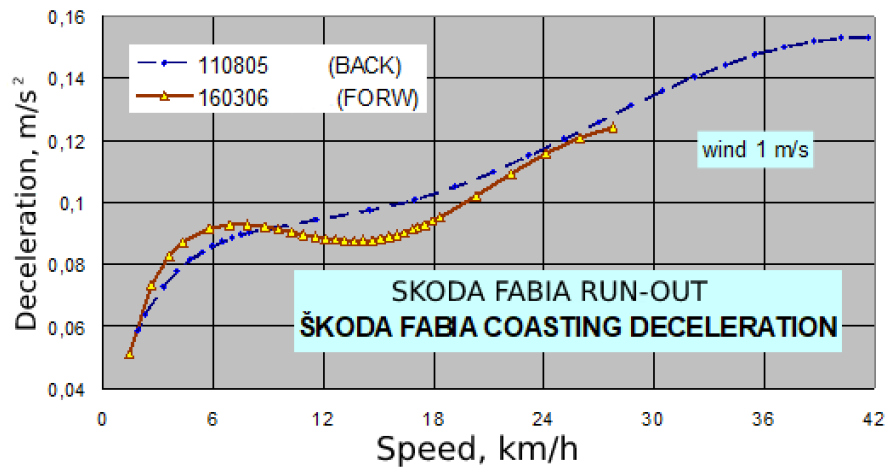


Fig. 5. Experimental dependence averaged over 21 run-outs

This drop can be caused by the peculiarities of all acting forces. Idling losses of the transmission depending on the speed are usually described by a linear law (V.V. Moskovkin et al.). However, our experiments show a progressive decrease in these losses as the speed decreases (Figure 6).

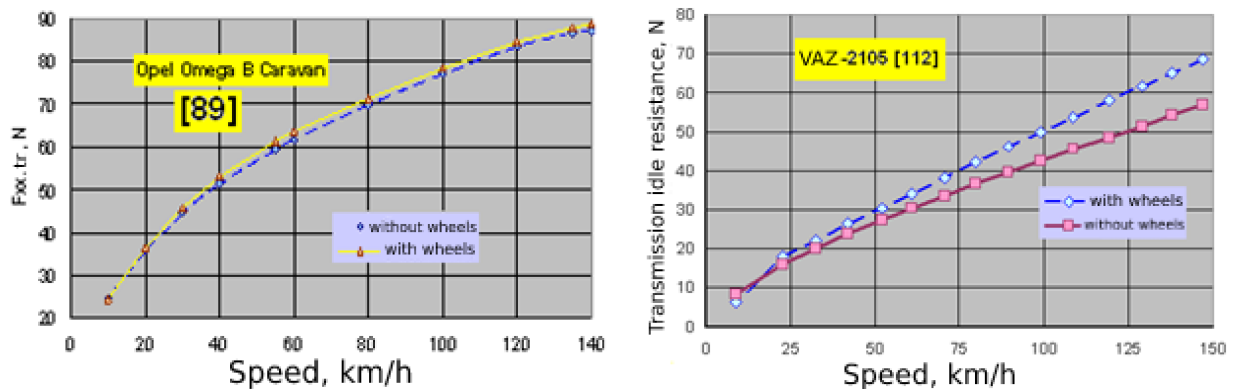


Fig. 6. Idling resistance of a passenger car transmission

Many sources suggest that the rolling resistance coefficient be considered constant in the range from zero to 100 km/h. More conscientious authors simply do not show its values at speeds below 15 km/h (Figure 7) - apparently, due to the peculiarities of the measuring systems of tire stands. But even in these cases, the downward deviation of the experimental points is clearly visible [4].

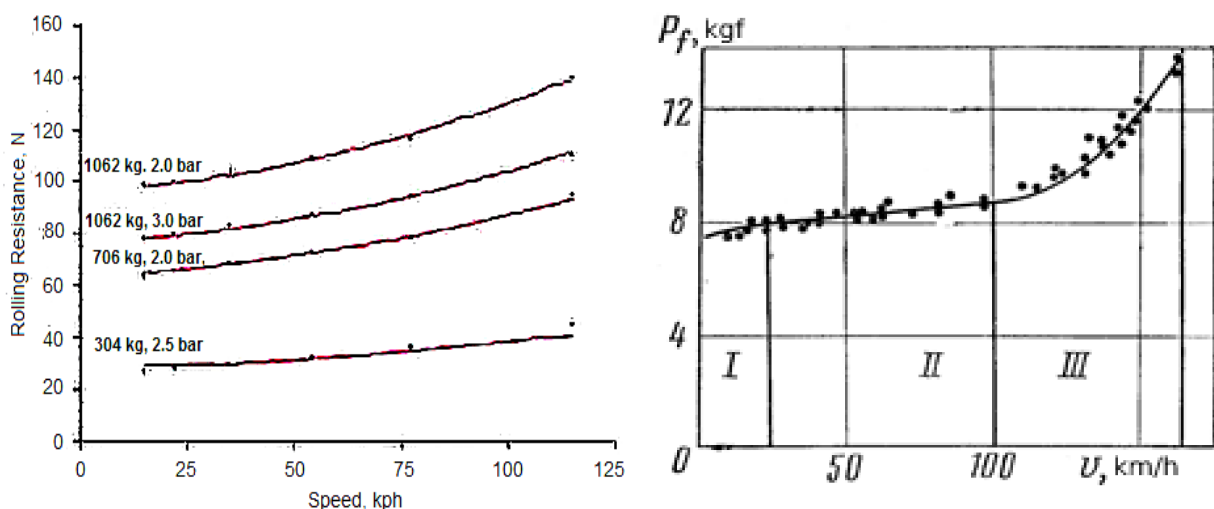


Fig. 7. Dependence of rolling resistance on speed according to [5]

Air resistance to vehicle movement is usually described as a quadratic dependence on speed:

$$P_w = 0,5\rho_w \cdot C_x \cdot F \cdot v^2, \quad (4)$$

where ρ_w is the air density, on average 1.2 kg/m^3 ;

C_x is the drag coefficient;

F is the frontal area of the vehicle, m^2 ;

v is the speed of the vehicle relative to the air, m/s .

Conventionally, wind tunnel testing involves measuring the coefficient C_x , which represents drag. However, the actual procedure entails measuring the forces and moments acting on the object across three axes, alongside the flow velocity. The coefficient C_x is then computed using formula (4), assuming a constant exponent of 2. In reality, the exponent is not fixed at 2; rather, it varies and is contingent upon speed. This phenomenon was established as early as the 1920s and is well-recognized among specialists. Regrettably, existing literature lacks guidance on calculating this variable exponent. In our exploration, we sought to elucidate its relationship with speed using available means at our disposal. Our findings reveal that the qualitative pattern observed among the 84 studied vehicles remains consistent, despite considerable variation, particularly at speeds below 20 km/h . Nonetheless, the absolute values of the force P_w at these lower speeds are relatively small, allowing for the utilization of averaged dependencies, as depicted in Figure 8.

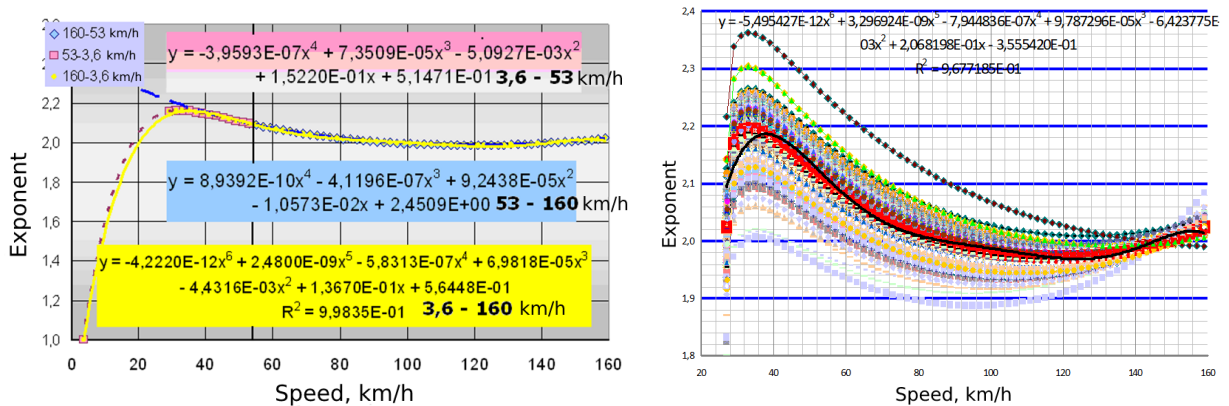


Fig. 8. The dependence of the exponent in the air resistance formula on speed: variation across different vehicles (right) and polynomial approximation [6]

Traction balance equation (1) is essentially a differential equation of the form

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{P_m - \sum P_c}{m_a \cdot \delta}, \quad (5)$$

where a is the acceleration of the vehicle, m/s^2 ;

$\sum P_c$ is the sum of resistance to movement, N ;

m_a is the progressively moving mass of the vehicle, kg ;

δ is the coefficient for accounting for rotating masses.

Traditionally, all components of the traction balance are described by polynomials of no higher than the second degree. In this case, the differential equation is solved in general form. But if we take into account the refinements of the mathematical models of these components described above, then the equation becomes much more complicated:

$$\frac{dV}{dt} = \left[\frac{M_e u_i u_0 \eta}{r_{ko} - \lambda_M M_e u_i u_0 \eta} - 0,5 \rho C_x F \cdot \left(\frac{v}{3,6} \right)^{8,94 \cdot 10^{-10} v^4 - 4,12 \cdot 10^{-7} v^3 + 9,24 \cdot 10^{-5} v^2 - 0,01057 v + 2,45} \right] \cdot \frac{1}{\delta \cdot m_a}, \quad (6)$$

$$M_e = 2,29 \cdot 10^{-19} n^6 - 5,76 \cdot 10^{-15} n^5 + 5,78 \cdot 10^{-11} n^4 - 2,94 \cdot 10^{-7} n^3 + 7,9 \cdot 10^{-4} n^2 - 1,0376 n + 65,504, n = \frac{v \cdot u_i u_0}{0,377(r_{ko} - \lambda_M M_e u_i u_0 \eta)}$$

The problem in its current form lacks a general analytical solution, but it lends itself readily to numerical methods, such as the widely employed finite difference method. This method is straightforward, intuitive, and user-friendly. Its efficacy hinges on selecting an appropriate discretization step when constructing the grid for the range of the variable (in our case, speed). Our analysis reveals that an excessively small step size is unnecessary for computing acceleration or run-out times. For instance, a calculation error of less than 1% is achieved with a step size of 20 km/h, while an error of less than 0.1% is attained with a step size of less than 6.4 km/h (Figure 9) [7].

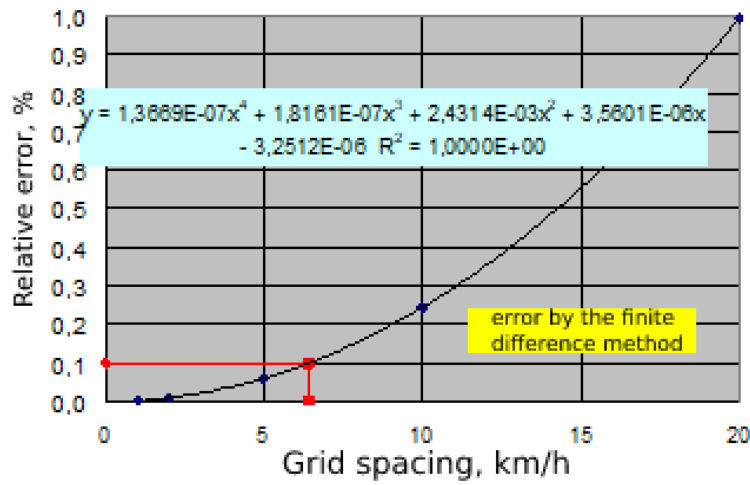


Fig. 9. Dependence of the calculation error by the finite difference method on the grid step [8]

The standard values of acceleration and run-out times are determined by solving the differential equation of motion using the finite difference method with specified boundary conditions (e.g., $v_1=60$, $v_2=100$). These standards should be calculated for specific test modes. Based on calculations and experiments, the following modes are recommended:

- Acceleration in third gear from 50 to 100 km/h.
- Acceleration in second gear from 20 to 80 km/h or to the cutoff point.
- For rear-wheel drive vehicles, additional checks can be performed by accelerating in first gear from zero to 40 km/h or to the cutoff point.
- Run-out checks from 50 or 40 km/h to 20 km/h [9].

The difficulty in calculating the acceleration is the choice of the torque curve equation, taking into account the influence of the acceleration of the KV and the age of the engine. Our research allowed us to propose empirical corrections that bring the results of calculating the acceleration time according to the nominal torque curve closer to the experimental results. We recommend taking into account the reduction in the maximum torque in the lower gears (accepted within 8%) by the coefficient

$$K_1 = 1 - 0,02 \cdot u_i, \quad (7)$$

where u_i is the gear ratio of the gear for which the calculation is being carried out.

Assume that the largest displacement of the point of maximum torque Δn_M along the axis of the rotation frequencies of the crankshaft is 1000 min^{-1} in the lowest gear. Calculate the specified offset using the formula

$$\Delta n_M = \pm 275 u_i. \quad (8)$$

In addition, it is known that as the cylinder-piston group wears out, the branches of the torque curve to the right and left of the maximum point fall steeper and steeper. It is recommended for vehicles that are in operation for T years from the date of issue or overhaul to enter a reduction factor into the torque formula

$$K_2 = 1 - T \cdot [0,006 + 0,010 \cdot (n/n_M - 1)^2], \quad (9)$$

where n_M are the maximum torque revolutions, min^{-1} .

The smallest discrepancy with the experimental data is given by the calculation of the acceleration standards according to the nominal torque curve, approximated by a polynomial of the 6th degree, with the indicated empirical corrections.

3. Conclusion:

The research demonstrated the feasibility of diagnosing cars on a limited stretch of road by accelerating in second and third gears and coasting from 50 or 40 km/h to 20 km/h. This significantly broadens the application of such diagnostics in practical usage. Moreover, the study yielded new findings that enabled enhancements to the theory of car movement.

Литература (изцяло на латиница):

1. Färnlund J., Nils G. (2005). Performance measurements on chassis dynamometers. Engström Publ. by Ro-totest Research Institute, Part 2, 0-134.
2. Volkov V.P. (2012) Raschet vestnik HPI 64 [Electronic resource]. - Resource access mode: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/11516> (date of access to the source 03.03.2023).
3. Tsyplenkov I., Holovanov L., Epokha zmin (2007). Perevirka na dorohakh: porivnialnyi test Toyota Corolla, Ford Focus, Honda Civic ta Hyundai Elantra, Avtoreviu. №8 (379), 16-19.
4. Bilohurov Ie.A., Bilohuriv O.O. (2011). Dynamichni metody diahnostuvannia avtomobilia u dorozhnikh umovakh: avto-ref. dys. na soisk. nauk. stupenia kand. tekhn. nauk: spets. 05.22.20. Ekspluatatsiia ta remont zasobiv transportu. 0-23.
5. The Pneumatic Tire (2006). U.S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration. 0-707. [Electronic resource]. - Resource access mode: http://www.nhtsa.gov/staticfiles/safercar/pdf/PneumaticTire_HS-810-561.pdf (date of access to the source 12.03.2023)
6. Tarasov R., (2012). Dity evoliutsii. Ohliad premialnykh sedaniv serednoho klasu, Klakson, № 10 (498)/
7. Fomin A., Vymiriano ZR. (2009). Shvydkist: Nemaksymalna maksymalka, Za kermom. № 1, 0-13.
8. TRC Tyre data calculator (Shynnyi kalkuliator TRC) [Electronic resource]. - Resource access mode: http://www.club80-90syncro.co.uk/Syncro_website/TechnicalPages/TRC%20calculator.htm. (date of access to the source 14.03.2023).
9. Podibnist ta vidminnosti suputnykovykh system navihatsii GLONASS ta GPS [Electronic resource]. - Resource access mode: <http://telemetry.spb.ru/gps-glonass-comparison> (date of access to the source 02.04.2023).

¹ Senior Lecturer. Yuriy Zybtshev, Head of the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: dandz0814@gmail.com.

Доклади неотговарящи на изискванията няма да бъдат публикувани. Отчеты, не отвечающие требованиям, не будут опубликованы. Reports not satisfying the requirements, will not be published.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА УСЛУГ АВТОСЕРВИСА УЛУЧШЕНИЕМ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВОМ

ENSURING THE QUALITY OF CAR SERVICE SERVICES BY IMPROVING THEIR PRODUCTION MANAGEMENT PROCESSES

Volodymyr Makarov, Tamara Makarova, Sergey Mastepan, Nikolai Mastepan

Abstract. The process of managing the functioning of the enterprise's production base. A set of management actions to organize the functioning of the components of the enterprise's production base. as Component blocks of a car service enterprise: external environment, internal structure of the enterprise. Tasks of management subsystems of a car service enterprise: planning, marketing activities, standardization, quality level control, organization of staffing, integral indicator of production management efficiency.

Keywords: enterprise, management system, production base, planning, regulation, quality control.

1. Введение:

Совершенствование процесса управления функционированием производственной базы предприятия является главной составляющей его развития, основой дальнейшей успешной, эффективной деятельности, конкурентоспособности на рынке услуг.

Предприятия автосервиса представляют собой сложные производственные системы. Методы усовершенствования процессов управления производством недостаточно используют новые подходы, модели эффективного управления развитием производственных процессов и отдельных структур подразделений предприятия.

Система управления предприятия автосервиса должна обеспечить производство и предоставление потребителям качественных услуг при эффективном функционировании производственного процесса. Система должна обеспечивать согласованное течение всех составных частей общего производственного процесса предприятия и повышение качества технического обслуживания (ТО) и ремонта транспортных средств (ТС), способствовать повышению конкурентоспособности и формированию условий для дальнейшего развития производства.

Процесс управления созданием эффективного производства можно представить совокупностью управленческих действий по организации функционирования составных частей производственной базы предприятия. Основными функциями управления производством являются: планирование, организация, координация деятельности структурных частей предприятия, которые обеспечивают и осуществляют нормирование, реализацию, регулирование, контроль процессов производства услуг [1, 2, 3].

Важной задачей предприятия автосервису является повышение качества и эффективности технического обслуживания и ремонта автомобилей путем обеспечения рациональной работы системы управления производством.

2. Изложение:

В сфере автомобильного сервиса накоплен значительный опыт технико-экономических обоснований, разработки и внедрения систем управления производственными процессами, организации их развития, усовершенствования, повышения эффективности функционирования производственных систем.

Для управления производственными процессами обслуживания и ремонта автомобилей на предприятии создается аппарат управления, имеющий соответствующее организационное оформление – структуру, задачами которой является обеспечение и выполнение таких функций [1, 4, 5]:

функции организации – совокупность приемов и методов объединения, рационального сочетания элементов и звеньев производственной структуры, ее

взаимосвязи с объектом производства услуги и другими системами во времени, в пространстве;

функции нормирования для обеспечения равномерного и ритмичного хода производства – процесс разработки научно обоснованных, определенных статистическим, расчетным методами, размеров различных элементов (расходов ресурсов, параметров процессов, параметров технического состояния и т.п.), используемых при процессе производства услуг;

функции планирования своей задачей имеют определение во времени и пространстве конкретных задач предприятию и каждому структурному подразделению на плановые периоды и разработку производственных программ деятельности;

функции координации (воздействия на группы работников, занятых в процессе производства) позволяют добиться согласованной и слаженной работы производственных подразделений в процессе выполнения отдельных плановых задач, согласованного выполнения подразделениями части работ одной сервисной услуги;

функции мотивации – влияние на коллектив и отдельных работников с целью активизации работы, поощряя их к эффективному труду с использованием коллективных и личных поощрительных мер, что позволяет повышать эффективность производства.

функции контроля – влияние на коллективы структурных подразделений, отдельных работников посредством выявления, обобщения, анализа результатов их производственной деятельности с целью подготовки управленческих решений;

функции регулирования поддерживают ритмичность и организованность производства и сочетаясь с функцией контроля, за счет принятия оперативных мер обеспечивает предотвращение негативных явлений, устранение отклонений в протекании производственных процессов.

Предприятие по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей целесообразно рассматривать как сложную производственную систему, состоящую из взаимосвязанных элементов: предприятие, зона ТО и ремонта, цех, участок, бригада рабочих [2, 6].

Системный подход к управлению, наряду с методами исследования операций, функциональным анализом, позволяет повысить организованность производственной базы, качество и эффективность функционирования объектов общей системы.

Предприятие автосервиса как система состоит из двух составляющих блоков [1, 3, 4]:

внешнее окружение, включающее в себя: рынок услуг автосервиса; рынок технологий и технического обеспечения; рынки денежных, трудовых, энергетических, материальных ресурсов; государственное и региональное регулирование деятельности предприятия;

внутренняя структура предприятия: отделы, обеспечивающие деятельность и функционирование системы управления предприятием, производственные зоны и участки, реализующие процессы воздействия на автомобиль при производстве услуг автосервиса, т.е. достижение целей системы (оказание потребителю качественной услуги и обеспечение прибыльности своей деятельности).

При разработке методов управления процессами обслуживания и ремонта автомобилей целесообразно использовать моделирование.

Важными задачами и, соответственно, элементами (объектами) системы управления предприятия автосервиса являются:

планирование, организация деятельности структурных подразделений, групп работников по изучению состояния и динамики изменений рынка услуг и ожиданий потребителей;

организация маркетинговой деятельности предприятия;

планирование, нормирование и организация контроля качества закупаемых материальных и энергетических ресурсов;

оценка и контроль уровня и качества технологических процессов, технологического обеспечения;

организация подготовки и повышения квалификации;

нормирование, планирование, организация, управление производством услуг автосервиса предприятием;

руководство деятельностью в области управления отдельными процессами и обеспечения качества услуг;

контроль качества услуг в период эксплуатации автомобилей после обслуживания;

организация обратной связи в информации о качестве.

При оптимизации организационной структуры управления значительное внимание уделяется обеспечению выполнения всех функций по организации, управлению процессами производства услуг автосервиса. Необходимо применить сбалансированное управление производственным процессом, чтобы получить эффект от формирования системы управления производством. При совершенствовании системы управления и модернизации производственной базы предприятия необходим комплексный подход: планирование работы на рынке услуг, ресурсов и формирование внутреннего производственного процесса предприятия с учетом рынков, так как процес предприятия и рынок взаимосвязаны и не могут существовать отдельно.

Функционирование системы управления производственным процессом предприятия автосервису схематически можно показать следующим образом (рис. 1).

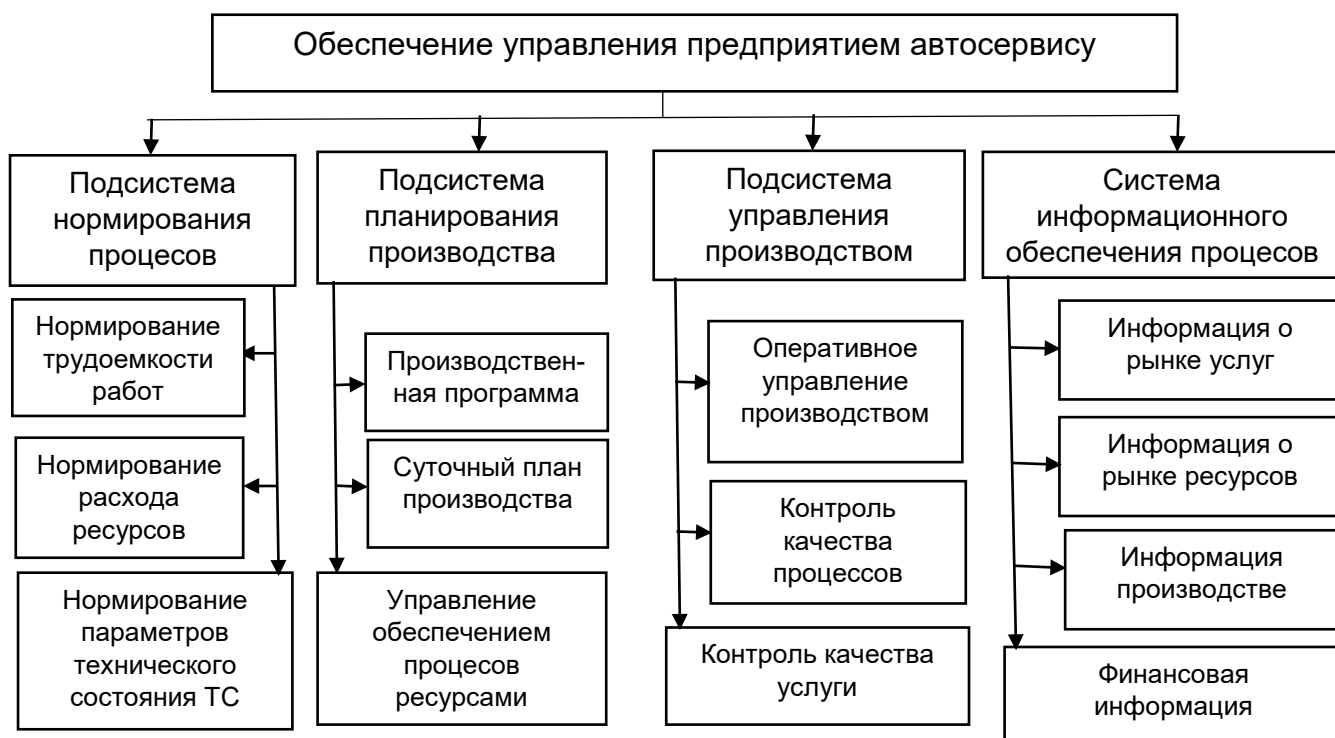


Рис. 2 – Основные составляющие обеспечения эффективности управления процессом производства услуг

Подсистема нормирования процессов включает такие направления действий:

1. Нормирование трудоемкости работ:

определение структуры норм времени на выполнение технологических операций;

регламентирование способов и условий получения данных по времени выполнения (трудоемкости) операций: статистически, методом хронометража, расчетным методом микроопераций;

разработка методики определения, расчета показателей времени (длительности и трудоемкости) выполнения операций.

2. Нормирование расхода ресурсов:

анализ производственных условий потребления материальных ресурсов при производстве услуг автосервису;

поиск и внедрение в производство норм расхода материалов на основе научно обоснованных нормативов;

определение норм хранения запасов материалов, запасных частей на складах;

контроль прогрессивности норм расхода материалов при производстве услуг автосервису;

контроль выполнения технических и организационных мероприятий, обеспечивающих рациональное и эффективное использование материальных ресурсов;

периодический пересмотр норм (нормативов) расхода материалов на основе применения новых технологий, материалов.

3. Нормирование параметров технического состояния транспортных средств:

анализ условий эксплуатации автомобилей;

определение и корректирование допустимых значений параметров технического состояния агрегатов, систем, механизмов.

Подсистема планирования и разработки услуг автосервиса включает следующие основные группы процессов [2, 6]:

анализ ожиданий и требований потребителя, состояния рынка услуг по техническим характеристикам;

составление технического задания на разработку услуг;

установление параметров качества и технологии производства услуги, планирование и разработка основных и вспомогательных процессов;

планирование работ по входному контролю ресурсов, взаимодействию с поставщиками по качеству ресурсов;

анализ и корректировка после опытного внедрения.

определение текущих и перспективных потребностей в производстве и предоставлении услуг на рынке.

Подсистема управления производством услуг автосервиса включает такие основные мероприятия [1, 4, 6]:

организация работ по управлению процессами производства, техническому контролю процессов;

совершенствование производства услуг, разработка специальных приспособлений, устройств для выполнения ремонтных работ;

информирование руководства предприятия и подразделений о качестве отдельных процессов производства;

аттестация процессов и рабочих мест, подготовка к сертификации системы качества;

контроль несоответствующих операций, организация исправления некачественных услуг;

контроль уровня и соблюдения технологий производства;

проверка обеспечения точности и стабильности технологических процессов, соблюдение технологической дисциплины;

контроль состояния производственной среды, техническая и экономическая диагностика состояния производственной базы;

контроль качества инструмента, оснащение процессов;

обеспечение качества хранения материалов, запасных частей, инструмента;
 организация процессов оценки конечного качества услуги;
 организация работ по метрологическому обеспечению производства и качеству продукции;

проведение технического обслуживания и плановых предупредительных ремонтов технологического оборудования.

Формирование системы информационного обеспечения процесса производства услуг автосервиса включает следующие основные информационные массивы и действия:

информация об участниках рынка ресурсов: ресурсы, качество, цены, условия поставки.

информация о рынке потребителей услуг: номенклатура и объемы услуг, динамика и направления изменений рынка;

данные о состоянии и уровне производственного процесса предприятия и характеристиках новейших технологий, технического обеспечения производства услуг;

финансовое состояние предприятия: величина капитала, остаток денежных средств, кредиторская и дебиторская задолженность;

контроль состояния информационного обеспечения и требований нормативной документации.

Оценку эффективности управления процессами целесообразно проводить по каждому направлению деятельности предприятия (уровень нормирования и использования ресурсов, оперативное время производства услуги и другие), сравнивая показатели предприятия со средними или лучшими в отрасли.

Целесообразно использовать также интегральный (обобщенный) показатель для определения суммарной эффективности управления производством услуг автосервиса по всем направлениям деятельности (планирование, разработка, реализация процессов и т.п.). Для этого частные показатели определяются и сравниваются с соответствующими средними показателями лучших предприятий отрасли и находится уровень соответствия эффективности производства на предприятии по направлениям. Средневзвешенный арифметический показатель функционирования производственного процесса предприятия R_{cp} можно определить по формуле:

$$R_{cp} = \sum_{i=1}^n b_i \cdot (P_i - P_{cat i}) \quad (1)$$

где P_i , $P_{cat i}$ – соответственно, значения i -го показателя отдельной составляющей или характеристики производственного процесса на данном предприятия и аналогичного показателя среднего в отрасли;

b_i – параметр весомости i -го показателя, входящий в обобщенный (определяется методом экспертного опроса);

$i = 1, \dots, n$ – число показателей, влияющих на средневзвешенный показатель функционирования производственного процесса и принятых для оценки.

3. Заключение:

Выбор модели системы управления производственным процессом предприятий автосервиса должен базироваться на учете технических, экономических и социальных, психологических показателей функционирования производства.

При создании системы управления эффективностью производства качественных услуг необходимо принимать во внимание номенклатуру основных функций системы управления во внешней среде и внутри предприятия.

Литература:

1. Андрусенко С.І. Загальні принципи управління підприємством // Автошляховик України. – 2002. – №1– С 18-20.
2. Курніков І. П. Управління запасами в автосервісі в умовах невизначеності попиту // Автошляховик України. – 2002. - №1. С. 15-17.
3. Гончарова Н. П., Федонін О. С., Швиданенко О. та ін. Управління підприємствами: сучасні тенденції розвитку: монографія. – К.: КНЕУ, 2006. – 288 с.
4. Канарчук В.С., Курніков І.П. Виробничі системи на транспорті: Підручник. – К.: Вища школа, 1997. – 359 с.
5. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник – К.: Знання. 2003. – 511 с.
6. Сіднева Ж.К. Розвиток системного підходу до управління якістю / Ж.К. Сіднева // Формування ринкових відносин в Україні, № 9, 2007. – С. 74-77.
7. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту/ В.В Біліченко, В.П. Кужель. [Електронний ресурс] - Режим доступу до статті: <http://posibnyky.vntu.edu.ua/newauto/6/index.html>

За контакти:

Makarov Volodymyr Andriyonych, Professor, Doctor of Technical Sciences, Makarova Tamara Volodymyrivna, Associate Professor, Ph.D., Vinnitsa National Technical University, Mastepan Serhii Mykolaevich, Associate Professor, Ph.D., Kharkov National Automobile & Highway University, Mastepan Nicholas Antonovich, Donbass National Academy of Construction and Architecture, phone: +380950577947, +380731235169, +3805096538, +380954927056, , e-mail: tomamakarova@ukr.net, mastepansm@gmail.com, mastepanma@gmail.com.

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА УСЛУГ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АВТОСЕРВИСА

DEVELOPMENT OF A MECHANISM FOR IMPROVING THE PROCESS OF PRODUCING SERVICES BY CAR SERVICE ENTERPRISES

Sergey Mastepan, Nikolai Mastepan, Dmytro Savenok, Nikolai Vinogradov

Abstract. An important task of the enterprise is the assessment of the internal system of production of car service services, determination of directions, rates and mechanisms for ensuring progressive development of the production process. It is necessary to have well-founded procedures for the development of programs, plans for improving the production of services, using the results of the assessment of the state of the external and internal environments relative to the enterprise, ensuring the expectations and wishes of consumers. Analysis and assessment of the market situation is a prerequisite for making informed decisions at all levels of production process management. When forming and improving the production process of a car service enterprise, it is advisable to use the concept of "Frugal production". When researching the market for services and production processes, it is important to consider technological, economic, and social factors of influence. To evaluate the production process, it is advisable to use a comprehensive method of evaluating the entire system.

Keywords: car, service, production process, influencing factors, assessment, development, improvement

1. Введение:

При функционировании предприятия в конкурентной среде на рынке услуг по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту автомобилей, в условиях постоянных экономических кризисов, сказывающихся на уровне финансового состояния потребителей услуг, необходимо службе управления предприятием иметь информацию о состоянии, структуре рынка услуг, направлениях и динамике его перемен. Важна также задача оценки внутренней системы производства услуг для определения направления, темпов, механизмов обеспечения развития производственного процесса. Необходимо иметь обоснованные процедуры разработки программ, планов, отдельных решений усовершенствования собственного производства на базе результатов оценки состояния внешней и внутренней сред относительно предприятия, исходя из принципа акцента на потребителя.

Независимо от указанных негативных обстоятельств, сложившихся в стране в последние годы, в автотранспортной отрасли наблюдается, хоть и с колебаниями, рост автомобильного парка и, соответственно, объемов работ в сфере производства услуг автосервиса.

Основной целью предприятий автосервиса как самостоятельной части инфраструктуры экономики страны является обеспечение эффективного, безвредного для окружающей среды, безопасного для населения, функционирования автомобиля. Предприятие должно действовать по направлениям [1, 2, 3]:

удовлетворение спроса потребителей на качественные услуги по ТО и ремонту автомобилей в соответствии с их требованиями и ожиданиями;

обеспечение потребителей услуг необходимыми эксплуатационными материалами, запасными частями и комплектующими к автомобилю;

предоставление потребителям консультативных услуг по улучшению эксплуатации автомобилей, обеспечению пригодности автомобиля к использованию (тюнинг, обустройство салона и т.п.).

2. Изложение:

Предприятие не может рассчитывать на продолжающийся успех на рынке автосервиса, обеспечивать необходимые для конкурентоспособности результаты без постоянной работы по исследованию состояния, номенклатуры и объемов услуг на рынке. Процесс изучения и анализа состояния и динамики развития рынка услуг достаточно

сложен. На него влияет совокупность факторов и условий внешней среды, которые не являются постоянными.

Анализ и оценка состояния рынка является обязательным условием для принятия обоснованных решений на всех уровнях управления процессом производства услуг: от руководителя предприятия до мастера, бригадира, а также для разработки целевых программ, планов, конкретных мер по совершенствованию, развитию производства [3, 4].

Из-за повышения конкурентной борьбы и европейской интеграции экономики страны рынок услуг автосервиса развивается в направлении индивидуального подхода к потребителям, внедрения новейших западных технологий и технологического оборудования, совершенствования организации работ, улучшения взаимоотношений работников в процессе выполнения технологических операций, развития систем мониторинга рынков услуг, материальных и энергетических ресурсов и мониторинга производственного процесса [2, 5, 6]. Процессы производства услуг по ТО и ремонту автомобилей, связанные с внедрением инновационных технологий, существенно улучшают эффективность производства, в результате чего повышается имидж предприятия среди потребителей услуг, увеличивается сегмент рынка и улучшается конкурентоспособность предприятия [3, 5].

Для достижения цели при исследовании процессов производства услуг автосервиса необходимо использовать системный подход, предполагающий выделение пяти основных принципов [7]. Относительно процессов производства услуг по ТО и ремонту автомобилей на предприятиях они могут иметь следующее значение:

- целостность системы, позволяющая процесс производства услуг рассматривать как систему и единое целое;

- иерархичность строения производственного процесса – наличие составных элементов, функционирующих на основе подчинения: бригады, производственные участки, зоны ТО и ремонта, производственная база предприятия;

- структуризация производственного процесса, позволяющая анализировать элементы системы (структурные подразделения) и их взаимосвязи в рамках организационной структуры предприятия;

- множественность, позволяющая использовать множество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов;

- системность, свойство объекта обладать всеми признаками системы: процесс производства услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей имеет все признаки системы.

Производство услуг автосервиса включает последовательность взаимосвязанных технологических процессов, взаимодействий отдельных структурных подразделений и использование технологических систем и оборудования, целью при этом является превращение входов процесса (автомобили для обслуживания, ремонта, материальные и энергетические ресурсы) в его выходы (производимые услуги автосервиса), достижение результата: предоставление качественной услуги, получение прибыли.

Важной задачей в плане развития производственного процесса в целях совершенствования производственной базы и привлечения новых потребителей является снижение материальных и энергетических затрат предприятия на производство услуг автосервиса.

Расходы, идущие на производство услуг, классифицируют по разным признакам [8, 9]. Важными на предприятии автосервиса являются признаки, представленные в табл. 1.

Классификация затрат, ее анализ и минимизация, с обеспечением эффективности производства качественных услуг, необходима для определения себестоимости услуг и ценообразования на услуги для потребителей.

При формировании и совершенствовании производственного процесса предприятия целесообразно использовать концепцию «Экономное производство (Lean production)» [3,

5], согласно которой создаются условия для неуклонного стремления коллектива предприятия к устранению всех видов потерь при производстве услуг автосервиса. Экономное производство предполагает вовлечение в процесс совершенствования производственной базы обслуживания и ремонта автомобилей на предприятии каждого работника и максимальную ориентацию производителя на ожидания, требования и желания потребителя.

Центром внимания экономного производства услуги является ее ценность для потребителя. Меры по совершенствованию процесса производства, не придающие ценности для потребителя рассматриваются как потери предприятия, они не рентабельны, не целесообразны.

Таблица 1

Классификация затрат предприятия автосервиса при производстве услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей

Признаки классификации	Виды затрат
По видам расходов	затраты на материальные ресурсы; затраты на энергетические ресурсы; расходы по оплате труда; расходы по содержанию материально-технической базы предприятия; расходы по статьям калькуляции
По календарному периоду	текущие постоянные издержки; единовременные затраты (проведение срочных изменений в технологии производства услуг)
По отношению к процессу производства услуг по обслуживанию и ремонту автомобилей	основные расходы (на материальные, энергетические, трудовые ресурсы); накладные расходы (налоги, амортизационные отчисления, штрафы, реклама, страхование, юридические сборы, аренда, расходы на переезды, сервисные расходы и т.п.)
По отношению к результатам производства услуг автосервиса	предупредительные (совершенствование технико-технологического, кадрового обеспечения, улучшение контроля производственных процессов); затраты на исправление внутренней нехватки производства (не соответствия услуг техническим условиям); исправление внешнего несоответствия, брака по рекламациям
По составу, совокупности	затраты на один элемент, на отдельную составляющую процесса: замена единицы оборудования, отдельной технологии; комплексные затраты: обновление технологий, технического обеспечения производственного процесса и т.п.
По способу отнесения на себестоимость отдельных видов производства	прямые затраты: расходы, непосредственно связанные с производством услуг или продукции; косвенные затраты: производственные затраты, необходимые для различных процессов, прямо не влияющих на производственный процесс в течение определенного периода времени (улучшение системы мотивации работников)

По целесообразности	производительные затраты: дают эффект; непроизводительные расходы: не приводят к повышению эффективности
---------------------	---

Для уменьшения, устранения потерь концепция экономного производства предполагает их разделение на виды. Для предприятия автосервиса важны следующие потери [6, 8]:

потери времени из-за ожиданий материальных ресурсов, инструмента, объектов обслуживания (автомобиля, его составной части);

потери от излишней, нерациональной транспортировки агрегатов, материальных ресурсов;

потери из-за увеличенных запасов хранения материалов, запасных частей;

потери из-за нерациональной организации перемещения работников и автомобилей, агрегатов по производственной зоне при выполнении работ;

потери из-за производства некачественных услуг, брака (внутренние и внешние потери);

потери из-за нереализованного потенциала работников, при несовершенной организации труда и не полного обеспечения рабочих мест инструментом, оснащением.

Активное развитие рынка услуг автосервиса обусловлено рядом факторов. На это влияют многие факторы в сфере управления социальным развитием общества. К основным факторам, характерным для предприятий автосервиса исследователи относят следующие [3, 8, 10]:

политику государства, которая может проявляться в стимулировании развития отрасли, усилении контроля за ценообразованием, принятии законов;

экономические тенденции развития производства в стране, что способствует росту спроса на сервисы и их качество;

социальные изменения в обществе, обуславливающие рост доходов населения, трансформацию образа жизни, повышение потребности в услугах;

развитие технологий и их внедрение в производство в отрасли;

повышение активности транснациональных автопроизводителей и сервисных компаний.

Развитие рынка услуг автосервиса определяется действием факторов внутренней, в пределах предприятия и внешней сред, в отношении предприятия.

Важной задачей предприятия является мониторинг показателей функционирования производственного процесса. Он обеспечивает снижение количества сбоев и простоев в работе оборудования, затрат от незапланированных ремонтов, является основой эффективного управления производством.

Оценка использования материально-технической базы предприятия предполагает мониторинг не только технических параметров функционирования оборудования, но и с его помощью можно оценивать уровень использования производственной мощности структурных подразделений предприятия.

Важными характеристиками, которые необходимо оценивать при мониторинге производственной базы и производственного процесса предприятия, являются показатели использования времени работы оборудования.

Коэффициент использования фонда планового времени $K_{\text{в}}$ функционирования i -го вида основного оборудования на участке (подъемники, манипуляторы и т.п.) определяется по формуле:

$$K_{\text{в}} = T_{\text{факт } i} / T_{\text{план } i}, \quad (1)$$

где $T_{\text{факт } i}$ – фактическое время работы i -го вида технологического оборудования на участке;

$T_{план\ i}$ – плановое время работы i -го вида технологического оборудования.

Для оценки состояния функционирования производственного процесса целесообразно использовать комплексный метод оценки всей системы, предусматривающий использование обобщенного показателя, представляющего собой функцию от единичных показателей, например, эффективность использования труда, себестоимость производства услуги, которая зависит от совокупности составляющих, влияющих на производственный процесс. Обобщенный показатель может быть интегральным или средним взвешенным.

Уровень эффективности использования труда на предприятии автосервиса E_p можно определить из-за затрат труда на единицу полученного дохода предприятия. Его можно рассчитать по формуле:

$$E_p = \frac{T_{tor}}{D_n}, \quad (2)$$

где T_{tor} – затраты труда на производство услуг по ТО и ремонту автомобилей на предприятии в течение рассматриваемого периода (квартала, года);

D_n – доходы предприятия от реализации услуг автосервису за тот же период.

Данный показатель зависит от уровня технологий и технического обеспечения процессов ТО и ремонта автомобилей, организации трудовых процессов, характеризует уровень исполнительской дисциплины работников.

Смешанный метод оценки функционирования системы или процесса предполагает одновременное использование комплексных (обобщенных) показателей, как правило, всей системы, процесса и оценки отдельных их составных частей единичными показателями: прибыль от производства единицы услуги – комплексный показатель; затраты труда, затраты энергоресурсов, затраты времени на производство услуги – единичные показатели.

Единичные показатели оценки производственного процесса для формирования программы и планов развития производства услуг автосервиса желательно объединять в группы и использовать как комплексные показатели, так и отдельные одиночные, которые важны для повышения качества.

3. Заключение:

Исследования состояния и эффективности функционирования производственного процесса предприятия автосервиса должны включать: изучение, оценку и анализ производства технического обслуживания и ремонта автомобилей; анализ производственных функций исполнителей производственного процесса; разработку системы, моделей и методов оценки эффективности производства

Для оценки уровня качества и эффективности производства услуг автосервиса целесообразно использовать смешанный метод оценки производственного процесса.

Литература:

1. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Барилевич Л. П. и др. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах. – К.: Логос, 1996. – 348 с.
2. Оптимістичні прогнози авторинку // Автотранспорт: експлуатація, обслуговування та ремонт. – 2010. – № 4. – С. 13-14.
3. Проблеми регулювання ринку транспортних послуг/ А. Міщенко // Правовий тиждень. 2008. – № 30. – 31.
4. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту/ В.В Біліченко, В.П. Кужель. [Електронний ресурс] – Режим доступу до статті: <http://posibnyky.vntu.edu.ua/newauto/6/index.html>

5. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник / О. А. Лудченко. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.
6. Левкулич В.В. Зовнішні та внутрішні фактори впливу на забезпечення та покращення якості продукції [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/>
7. Сіднева Ж.К. Розвиток системного підходу до управління якістю / Ж.К. Сіднева // Формування ринкових відносин в Україні, № 9, 2007. – С. 74-77.
8. Канарчук В.С., Курніков І.П. Виробничі системи на транспорті: Підручник. – К.: Вища школа, 1997. – 359 с.
9. Розвиток мережевого автосервісу в Україні. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7242470/page:11/>.
10. Перспективи транспортних послуг / Маруніч В.С. – НАН України, 2008. – С. 88–90.

За контакти:

Mastepan Serhii Nykolaevich, Associate Professor, Ph.D., Kharkov National Automobile & Highway University, Mastepan Nikolai Antonovich, Associate Professor, Ph.D., Savenok Dmytro Valeryovich, Associate Professor, Ph.D., Nikolai Vinogradov, Associate Professor, Ph.D., Donbass National Academy of Construction and Architecture, phone: +3805096538, +380954927056, +380958934683, +380509752312, e-mail: mastepansm@gmail.com, m.a.mastepan@donnaba.edu.ua, d.v.savenok@donnaba.edu.ua, m.s.vynogradov@donnaba.edu.ua

ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ АНТИФРИЗА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

DEPENDENCE OF CHANGE IN ANTIFREEZE ELECTRICAL CONDUCTIVITY ON TEMPERATURE

Mikhail Nahliuk

Abstract. The article presents the results of changes in the electrical conductivity of antifreeze and coolants from different sample temperatures, as well as their graphical and mathematical dependencies. It has been established that the increase in electrical conductivity of antifreezes with increasing temperature occurs according to a polynomial dependence and is described by a second-order equation.

Key words: antifreeze, cooling liquid, electrical conductivity, temperature.

1. Введение:

Развитие автомобильной техники в направлении выпуска автомобилей, повышение их качества, надежности и долговечности одновременно требуют и применения современных качественных эксплуатационных материалов. Для всесезонной эксплуатации в системах жидкостного охлаждения автомобильных двигателей используются как отечественные, так и зарубежные образцы. Всесезонная охлаждающая жидкость является одним из основных функциональных элементов двигателя, что во многом определяет надежность и эффективность работы его систем. И соответственно, как любой функциональный параметр нуждается в периодической диагностике и контроле качественного состояния. Одним из методов контроля качества охлаждающей жидкости может быть удельная электропроводность антифриза, что, как известно, зависит от температуры.

2. Изложение:

Измерение удельной электропроводности углеводородных жидкостей (топлив, масел, растворов, растворов присадок) широко используется для исследования межмолекулярных взаимодействий в указанных жидкостях. Электропроводность характеризует наличие в этих жидкостях свободных заряженных частиц, способных передвигаться под действием электрического поля (электронов, ионов, заряженных коллоидных частиц).

Вопросы, связанные с электропроводностью жидкостей рассматриваются научной общественностью достаточно давно. Результаты измерений электропроводности стандартных растворов при разных температурах приведены в источнике [1] показывают, что при повышении температуры жидкости проводимость так же возрастает. В источнике [2] описаны исследования и приведены результаты изменения электропроводности чистых и отработанных образцов разных масел при разных температурах пробы. Выводом автора стало утверждение о том, что при повышении температуры электропроводность масел растет. В источнике [3] говорится, что под действием электрического поля (например, электрического поля в зазоре конденсатора) в жидкостях возникают диполи, которые всегда ориентированы по направлению действия электрического поля. Тепловое движение препятствует ориентации диполя незначительно. Вследствие этого электрическая проницаемость неполярных веществ практически не зависит от температуры.

Однако в антифризах присутствуют полярные вещества, в результате чего с повышением температуры электрическая проводимость охлаждающих жидкостей должна увеличиваться, а со снижением – уменьшаться. Это связано с тем, что поляризация входящих в состав антифризов полярных веществ состоит из деформационного и ориентационного компонентов.

При ориентационной деформации стремление диполя занять определенное направление наталкивается на сопротивление, создаваемое тепловым движением молекул. Ориентировка в направлении силовых линий тем труднее, чем выше температура. Тепловое движение стремится нарушить упорядоченность диполей и помешать им, сориентироваться в направлении силовых линий. При возникающем статическом равновесии поляризация вещества зависит от числа и момента диполей, а также от интенсивности теплового движения.

Учитывая все вышесказанное, электрическая проводимость охлаждающих жидкостей зависит от температуры, при которой производятся измерения.

Для определения экспериментальной зависимости изменения электропроводности жидкости от температуры были взяты отечественный антифриз "Тосол А-40" фирмы "ВАМП" и зарубежный антифриз "G11" фирмы "SHELL". Эти охлаждающие жидкости исследовались в диапазоне температур от 5 до 80°C. В процессе эксперимента образцы нагревали и производили замеры электропроводности.

Исследование проб отечественного антифриза фирмы «ВАМП» показало, что при температуре 5 – 15°C происходит понижение электропроводности, а при температуре выше 50°C начинается резкий и стремительный рост. Исследование образца зарубежного антифриза фирмы «SHELL» также показало, что снижение электропроводности происходит в диапазоне 5 – 10°C, а рост наблюдается после преодоления отметки в 57°C.

По результатам проведенных экспериментов были построены графики зависимости изменения электропроводности антифризов от температуры пробы, которые наглядно демонстрируют рост проводимости параболического закона в диапазоне температуры от 5 до 80 °C (рис. 1).

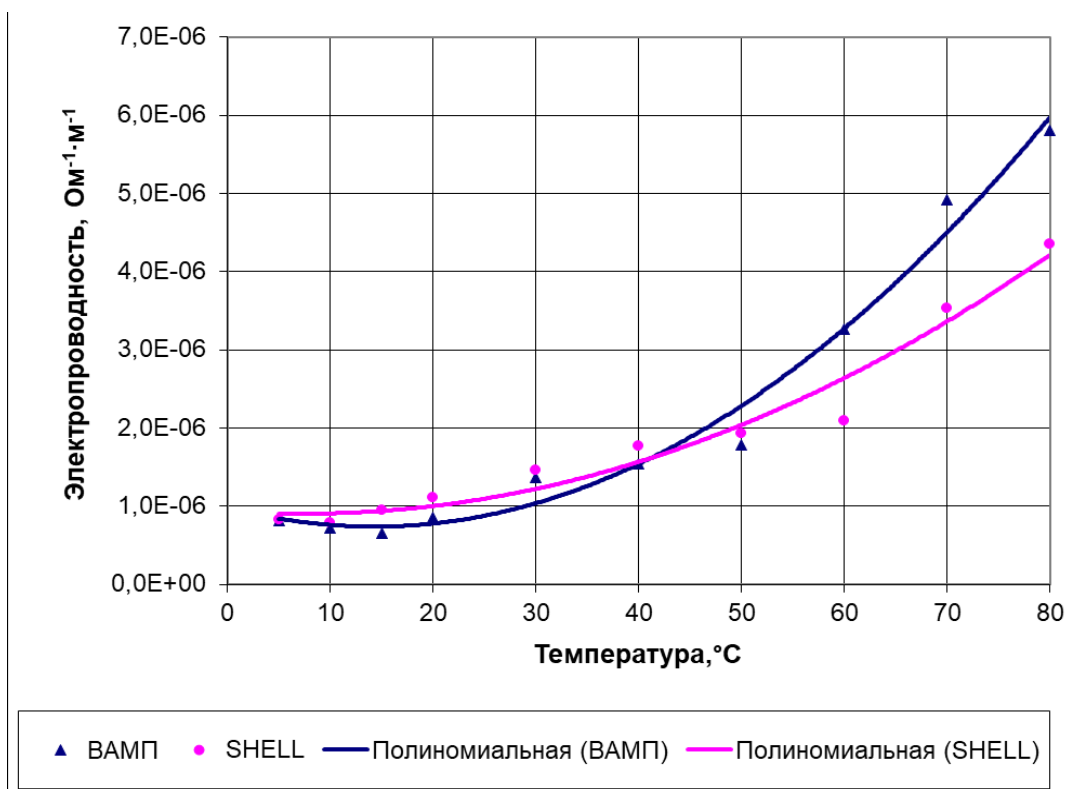


Рис. 1. Зависимость электропроводности антифризов от температуры

Описать зависимость электропроводности антифриза "Тосол А-40" фирмы "ВАМП" от температуры можно полиномиальным уравнением второго порядка:

$$y = 1 \cdot 10^{-9} x^2 - 3 \cdot 10^{-8} x + 1 \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

Зависимость роста проводимости пробы при повышении ее температуры для антифриза «G11» фирмы «Shell» также описывается уравнением полинома второй степени:

$$y = 6 \cdot 10^{-10} x^2 - 1 \cdot 10^{-8} x + 9 \cdot 10^{-7} \quad (2)$$

3. Заключение:

Таким образом, было установлено, что увеличение электропроводности антифризов при росте температуры происходит по полиномиальной зависимости и описывается уравнением второго порядка. Графики зависимости изменения электропроводности антифризов от температуры пробы наглядно демонстрируют рост проводимости по параболическому закону. Измерение электропроводности антифризов наиболее целесообразно производить при фиксированной температуре, равной 20°C. Это связано с тем, что данная температура представляет собой минимальную температуру, при которой в течение 5 мин. из испытуемых проб антифризов удаляются пузырьки воздуха, образующиеся при перемешивании и попадающие при заполнении охлаждающей жидкостью измерительной ячейки, а также не происходит изменения температуры изучаемого образца.

Литература:

1. Vencel' E. S., Zhalkin S. G., Dan'ko N. I. (2003). Uluchshenie kachestva i povyshenie srokov sluzhby. UkrGAZhT, 0–168.
2. Belousov A. I., Rozhkov I. V., Bushueva E. M. (1985). Izmerenie udel'noj obemnoj jelektroprovodimosti uglevodorodnyh zhidkostej. Himija i tehnologija topliv i masel. № 3. 35–40.
3. Bogoroditskiy N.P., Pasynkov V.V., Tareyev B.M. (1977). Elektrotekhnicheskiye materialy. Energiya, 1977. 0–352.

Контакты: Associate Professor, PhD. in Technical Science Nahliuk Mikhail. Kharkov National Automobile and Highway University, Department “Technical operation and service vehicles”, Yaroslava Mudroho str. 25, Kharkov, Ukraine, Tel.: +380577073768. E-mail: golkip86@ukr.net

МЕТОДИТЕ И ТЕХНОЛОГИИТЕ, КОИТО ПОЗВОЛЯВАТ ДА СЕ ПРОЕКТИРАТ РАЗЛИЧНИ ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ В АВТОМОБИЛНИЯ ТРАНСПОРТ

METHODS AND TECHNOLOGIES THAT ALLOW TO DESIGN VARIOUS INFORMATION SYSTEMS IN ROAD TRANSPORT

Vyacheslav Pavlenko¹, Vladimir Kuzhel²

Abstract: The article explores diverse methods and technologies facilitating the design of information systems in road transport. It delves into the intricacies of designing systems tailored to the unique needs and challenges of the transportation sector. By analyzing contemporary methodologies and technological advancements, the article sheds light on innovative approaches for system development, integration, and optimization within the road transport domain. Through case studies and practical examples, it elucidates how these methods and technologies are applied to enhance efficiency, safety, and sustainability in road transportation operations. Ultimately, the article serves as a comprehensive guide for professionals and researchers seeking to leverage cutting-edge tools and strategies in the design of information systems for road transport.

Keywords: methods, technologies, CASE, information systems, road transport, automation, optimization, integration, data management, efficiency, MAS.

1. Introduction:

Today, the theoretical apparatus of the multiagent approach is applied to: information technology, including artificial intelligence and distributed systems; economics, mainly at the microeconomic level; operations research; analytical philosophy; psychology and linguistics. Multi-agent information systems (MAS) are widely used in engineering, medicine, agriculture, and economics. However, the bulk of the MAS development process is carried out by a team of information technology specialists without the intervention of a subject matter expert. The lack of a clear understanding of the subject area can lead to differences between the behavior of the system envisioned by the subject matter expert and its actual response to the environment. Also, without the intervention of an expert, the programmer-designer chooses the development tools and structure. This leads to the fact that the design of agents and the scheme of agent interaction is carried out anew for each system, despite the fact that a number of agents could be implemented during previous developments. This approach slows down the processes of creating and modifying MAS. The shortage of qualified developers in the project leads to the fact that the algorithms used in agents are simplified, which also negatively affects the system's response to the environment. Taken together, all of these shortcomings of the current approach to the creation of MAS can critically affect the viability of the system as a whole. In this regard, there is a need to develop new methods of computer-aided software engineering (CASE - Computer-aided Software Engineering) based on the agent approach, which will expand the degree of expert involvement in the development process and apply the most modern methods of controlling the behavior and implementation of agent functionality in various subject areas and environments.

2. Presentation:

All software tools for the development and design of MAS at the present stage can be divided into two large classes: MAS libraries and MAS environments.

There are a number of systems and libraries on the market created for the development of multiagent systems. These CASE systems are suitable for the development of multiagent systems of any orientation, i.e. they are universal from this

point of view.

Let's consider several analogs of the system.

The Magenta Toolkit system.

The Magenta Toolkit includes a set of important, effective components for developing multiagent systems:

Multi-Agent Engine - provides support for creating communities of agents and their functioning, including creating and deleting worlds and agents, messaging, responding to events, managing proactive, visual interface, support for inter-server interaction, a log of negotiations and decision-making by agents;

Ontology Management Toolkit - allows you to formalize knowledge about a subject area (ontology) in the form of a semantic network consisting of classes of concepts and relationships in a format that is readable and recognized by a computer. Based on the ontology, which describes what is possible in the real world, it is possible to specify the initial problem situation that is presented to the MAS to find a common solution, and which is used by agents to analyze the initial data and develop options for their local solutions;

Virtual Market - an extension of the Multi-Agent Engine that supports the free market model for organizing agent interaction, in which agents play the roles of orders and resources and conclude transactions following specially developed universal or specialized negotiation protocols;

Visual Components Library - web and desktop components for visualization of initial data and results of MAS operation (graphs, charts, networks, etc.).

The Magenta Toolkit has been repeatedly used to solve a wide range of resource planning and allocation tasks, as well as to develop Internet applications based on Web 3.0 and Semantic Web concepts. Moreover, Magenta Toolkit has been successfully used to solve complex problems in such areas as knowledge management, rule and pattern recognition, text understanding, airplane wing design, risk management, and others.

Magenta Toolkit provides developers with a number of important advantages and can be used by developers and programmers who do not have special knowledge and experience with multi-agent technologies.

AgentTool system

The MACR Laboratory's projects are related to finding ways to effectively design and model dynamic distributed multi-agent systems. A top-down approach to the design of such systems based on the theory of controlled models is used. Key activities of the company:

- development of methods and technologies for designing and analyzing such systems;
- organization of models on which the analysis and design of these systems is based;
- design of multi-agent systems confirms these theories.

These elements are defined and implemented in the AgentTool system.

AgentTool is a graphical editor for designing multi-agent systems. It supports the implementation of the main stages of MAS design: creation of agents, links between them, definition of goals and objectives of agents. That is, agents and their architecture are created, and the relationships between them are described in detail. For a system defined in this way, the designer generates the code of the agent system.

The purpose of AgenTool was to show that the use of software that automatically generates basic methods for agents using predefined protocols will simplify the process of developing a multi-agent system, as well as reduce the likelihood of errors in the final

program. A mechanism for abstraction from the development of secure and reliable interaction protocols is provided, so the developer can describe the specification of agent behavior without the need to design the network level of their communications.

When creating AgentTool, the following technical goals were defined:

- applying software synthesis methods to the construction of intelligent agents to ensure sufficient security of communication protocols;
- development of a model of a secure communication protocol required for automatic synthesis of agent software;
- development of methods for hiding complex security structures and protocols from agent designers while ensuring their strict adherence;
- integration of intelligent agents into a semi-automatic simulator system according to high-level behavioral specifications that implement all necessary protocols;
- combining synthesized agents with other agents.

AgentTool development is based on software modeling methods that allow describing some aspects using abstract models. The main advantage of this approach is that the developer can focus on more important things, omitting some details. For example, when developing a multi-agent system, it is necessary to take into account the interaction of agents through the network. This can be realized using certain methods, which will reduce the number of errors at this level and allow you to focus on describing the structure of agents.

The inconvenience of this approach is the need to have "correct" subsystem models and methods. Various approaches have been developed to overcome this problem, but it still remains open and work is underway to solve it.

The Multi-Agent Systems Lab.

The Multi-Agent Systems Laboratory works on the development and analysis of complex AI problems and develops the architecture of not only single-agent but also multi-agent systems. The organization was founded in 1977 and is a pioneer in the development of AI systems architecture and real-time approximate computing.

The company has created many sophisticated software products that implement distributed computing methods, distributed network diagnostics, resource allocation planning, Internet information search, and much more. Currently, developments are underway to use formal systems for empirical analysis.

Here are some of the projects:

- Autonomous Negotiating Teams. The Autonomous Negotiating Teams (ANTS) project was created as an attempt to solve the problem of interaction over limited resources in an uncertain real-time environment. The idea of the environment is obtained through sensors, which help to obtain the exact coordinates of objects. The project developed algorithms for agent behavior with different levels of abstraction. It is planned to develop methods of interaction between a large number of agents;
- Bounded Information Gathering. The BIG (resource-Bounded Information Gathering) is a system for collecting information about the world around us. It was mainly developed to improve the search for products on the Internet according to specified characteristics. The lists returned by such a "search engine" contain the most suitable products for the specified parameters;
- Organizational Adaptation. One of the most important characteristics of multiagent systems is their organization, i.e., the description of how, what, when and with which of the agents should interact. The type, quantity, and quality of these relationships greatly affect the effectiveness of not only one agent, but the system as a whole. The task of creating optimal communication is complicated by the fact that in the dynamics, some messages may turn out to be incorrect before they reach the

consumer. The process of interaction can quickly "kill" the agent and it will take a long time to restore its performance;

- Soft Real-Time Architecture. It is designed to create a certain interaction between the external world and agents, and to perform resource allocation and simulation subsystems. It determines the user's level of representation, leaving agents to operate at lower levels automatically.

CogniTAO is a project that aims to create an application for the development of multi-agent systems that solve control problems in robotics and supports the most advanced robotics paradigms. This automated system brings together decision-making and behavioral techniques in a changing environment, allowing the use of both targeted control and behavioral control methods. CogniTAO is platform-neutral, so it is suitable for developing control systems for robots of all sizes, shapes, types, and purposes. At the moment, CogniTAO is being tested for use in the control of unmanned aerial and ground vehicles in the Israeli armed forces. The Mobile Robots Pioneer system has achieved the most notable success in this task. Currently, CogniTAO has the following features and advantages:

- creation of controls and their integration into existing software components;
- integrated debugging and modeling of system decision-making; code generation in C++;
- automatic control and coordination of many robots (flocks);
- customizable support for the Java language;
- reduction of labor costs up to 60%;
- professionally developed technical documentation and continuous support.

Based on the analysis of the literature on the study of design automation systems, the following evaluation criteria were identified:

- 1) efficiency of integration of intelligent methods;
- 2) speed of changes to the structure of agents;
- 3) speed of changing the structure of interagent interaction;
- 4) the degree of qualification of the user as a software developer;
- 5) tools for expanding a multiagent system;
- 6) tools for reusing the developed structures and functionality;
- 7) the degree of integration of standard data exchange protocols;
- 8) independence from the availability and operation of third-party programs;
- 9) cross-platform compatibility.

For the comparative assessment of the analyzed analog systems, a scale from 1 to 5 is used, where for attributes 5, 6, and 7: 1 - the attribute is not characteristic, 5 - the attribute is an integral part of the system, and for attributes 1, 2, 3, 4, 8, and 9: 1 - very low, 5 - very high.

The results of the assessment are presented in Table 1 and Figure 1.

The main shortcomings and problems that arise in the process of developing MAS are identified:

- the need for a qualified developer. At the moment, the process of creating a multiagent system requires continuous interaction between the developer and the expert throughout the project, although some vital steps for the entire project can be performed without the involvement of an expert. An example of such a step is the step of choosing a development tool, which critically affects the structure of the future system and the design process as a whole. In addition, multi-agent systems avoid the use of a complex structure of agents based on intelligent methods and behavioral algorithms, as the issue of their use is decided by the developer;

- inability of some systems to implement intelligent methods. Despite the fact

that some systems allow implementing behavioral algorithms on their platform, none of the analyzed systems offers tools for implementing intelligent methods not related to management, such as data analysis, forecasting, and pattern recognition;

– the analyzed CAD systems do not have tools for reusing developed structures and functionality. Such a toolkit provides the user with the ability to test various options for implementing the designed system and use structures that have already been used in previously developed systems.

Table 1 - Comparative analysis of automation systems for the design of automated systems

Criteria	System name			
	AgentTool	Magenta Toolkit	The Multi Agent Systems Lab	CogniTAO
Efficiency of integration of intelligent methods	3	1	1	5
Speed of making changes to the structure of agents	2	4	2	4
Speed of changing the structure of interagent interaction	4	5	4	1
The degree of qualification of the user as a software developer	1	1	1	3
Tools for expanding a multi-agent system	2	3	2	5
Tools for reusing developed structures and functionality	1	1	1	3
Degree of integration of standard data exchange protocols	4	4	3	3
Independence from the availability and operation of third-party programs	5	1	1	4
Cross-platform compatibility	2	2	2	5

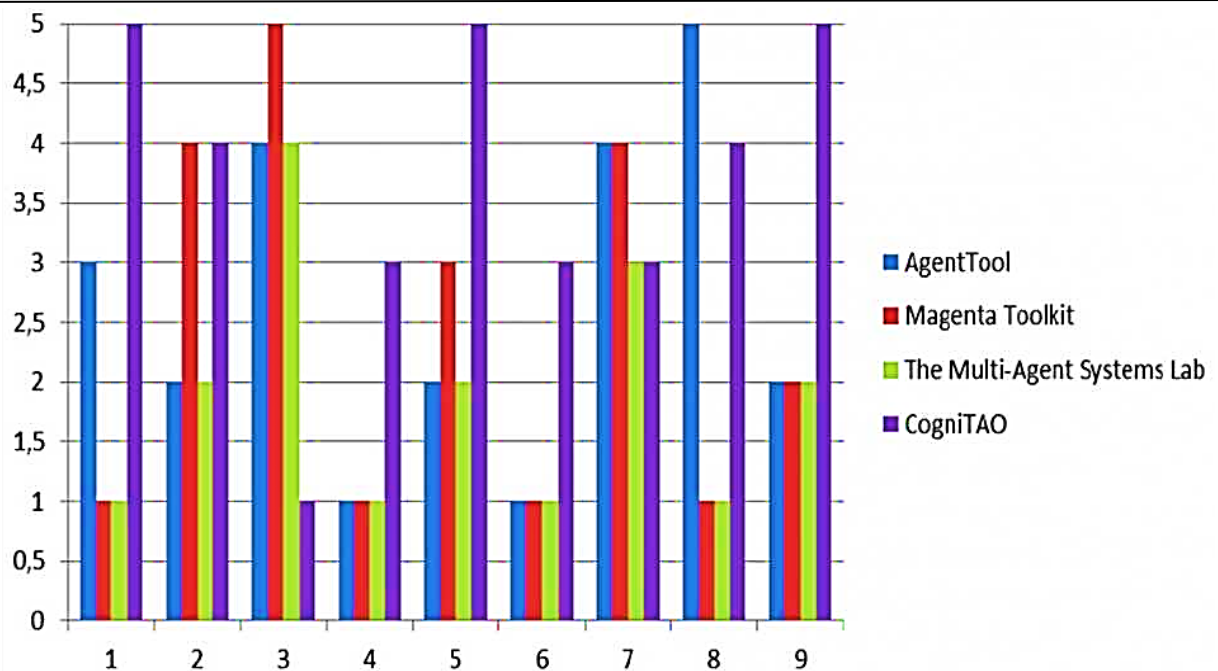


Fig. 1. Results of a comparative analysis of automation systems for the design of automated systems

3. Conclusions.

Introduction of modern methods and technologies in the design of information systems in road transport significantly improves the efficiency and safety of traffic. Optimization of management and monitoring processes on the basis of information systems contributes to increased productivity and cost reduction.

Integration of various information technologies allows to create complex solutions that provide more effective management and control of traffic flows. Application of automated systems allows to promptly respond to changes in the situation on the road and prevent possible accidents. Further development and research in the field of information systems for road transport is of great importance for improving safety and comfort on the roads.

References:

1. MagentaToolkit [Electronic resource] / Access mode: <http://www.magenta-technology.iTi.ru/technology/ovei-view/toolkit>
2. AgentTool [Electronic resource] / Access mode: <http://agenttool.cis.ksu.edu/>
3. The multi-agent system lab [Electronic resource] / Mode of access: <http://dis.cs.umass.edu/>
4. Volkov V.P. Integration of technical operation of vehicles in the structures and processes of intelligent transportation systems / Volkov V.P., Mateychik V.P., Nikonov O.Y., Komov P.B., Gritsuk I.V., Volkov Y.V., Komov E.A. (2013) Donetsk: Izdvo "Knowledge" (Donetsk branch). 0-400.
5. Adaptive system of management of technical condition of the car on the basis of diagnostic information [Elektronnyi resurs]. – Access mode: http://www.novsu.ru/npe/files/um/1128/umk/SYS_TEA/Glava_03/-Glava_03.htm

За контакти:

¹ Associate Professor, Ph.D Eng., Viacheslav Pavlenko, Kharkov National Automobile and Highway University, Department "Technical Exploitation and Automotive Service", 25,Yaroslava Mudrogo st., Kharkov, Ukraine, phone + 38- (057) -707-37-69, e-mail:vp.khadi@gmail.com

² Associate Professor, Ph.D Eng., Kuzhel Volodymyr, Vinnitsa National Technical University, Department "Automobiles and transport management", Khmelnytsky highway, 95 Vinnitsa, Ukraine,phone + 38-(0432) – 56-08-48 e-mail: kuzhel2017@gmail.com.mailto:kuzhel_v@vntu.edu.ua

ИЗСЛЕДВАНЕ АКУСТИЧНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ДВИГАТЕЛ ПРИ РАБОТА С ГОРИВНИ СМЕСИ С ВИСОКО СЪДЪРЖАНИЕ НА ИЗОПРОПАНОЛ

INVESTIGATION OF THE ACOUSTIC BEHAVIOR OF THE ICE, OPERATING WITH FUEL MIXTURES WITH A HIGH CONTENT OF ISOPROPANOL

проф.инж.Здравко Иванов, инж.Борислав Пенчев

Abstract.

Achieving carbon neutrality by 2050, as outlined in current international plans, is a global challenge. A gradual transition is required to reduce fossil fuel use and increase the adoption of carbon-neutral alternatives. Addressing the environmental and energy challenges of internal combustion engines (ICE) will require the use of clean and renewable energy sources to replace petroleum-based fuels without compromising engine performance.

The pathway to reducing carbon emissions in the transition toward more sustainable and environmentally friendly energy systems focuses primarily on several key areas: the use of renewable energy sources, low-carbon energy sources, carbon capture, synthetic fuels, electrification of transportation, and various energy efficiency technologies. In transportation, particularly with ICEs, the decarbonization transition must be gradual due to their widespread use. This process is already underway through the integration of new technologies and the use of alternative fuels in mass-market vehicles. The combination of hybrid systems and alternative fuels will enable a smooth transition and a gradual reduction in the carbon footprint while maintaining the undeniable advantages of ICEs. Simultaneously, there is a continuous drive to increase power output, improve fuel efficiency, and reduce harmful emissions in exhaust gases, even with smaller engine displacements and fewer cylinders. This inevitably leads to higher levels of vibration and noise in transport vehicles.

Key words: decarbonization, vibration and noise, alternative fuels, isopropanol

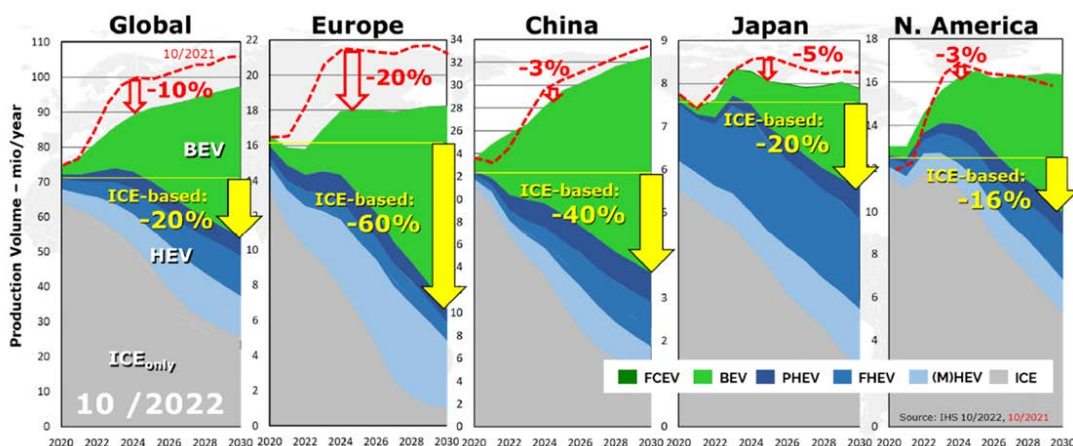
ВЪВЕДЕНИЕ:

Глобално предизвикателство е постигането на въглеродна неутралност до 2050 година, каквито са настоящите международни планове. Предстои ни изминаването на постепенен преход към намаляване използването на фосилни горива и увеличаване употребата на въглеродно неутрални заместители. Газовете от транспорта са основен дял в глобално затопяне и замърсяване. Всички тези въпроси са особено чувствителни в големите градове и пряко засягат здравето на хората. За да се справим с глобалните екологични и енергийни проблеми на двигателите с вътрешно горене е необходимо да се използва чиста и възобновяема енергия, за да се замени тази от петролните горива без това да влошава работата им.

ИЗЛОЖЕНИЕ:

Пътят за намаляване на въглеродните емисии в прехода към по-устойчиви и екологично чисти енергийни системи е съсредоточен главно в следните посоки: използване на възобновяеми източници на енергия, ниско въглеродни енергийни източници, улавяне на въглерод, синтетични горива, електрификация в транспорта и различни технологии за енергийна ефективност. При транспорта и главно при двигателите с вътрешно горене (ДВГ) преходът към декарбонизацията се налага да бъде плавен поради масовото им разпространение. Този процес вече е в ход (фиг.1) и това става чрез интегриране на нови технологии и използване на алтернативни горива при масовите автомобили. Комбинирането на хибридни системи и използването на алтернативни горива ще позволи реализирането на плавният преход и постепенното намаляване на въглеродният отпечатък, като

същевременно ще се запазят безспорните предимствата на ДВГ. Същевременно съществува и непрекъснат стремеж за увеличаване на мощностните показатели и подобряване на горивната икономичност и емисии на вредни компоненти в отработилите газове при все по-малък литров обем и брой цилиндри. Това води до неминуемо повишаване нивата на вибрациите и шума на транспортните машини.



Фиг.1

Тенденции при производителите на автомобили за периода 2020 до 2030г.

[G. Fraidl, B. Enzi, Ch. Martin, M. Rothbart, X. Yan, AVL List GmbH]

Алтернативните горива вече участват в структурата на стандартните горива в различни видове и състав, но за да бъдат конкурентни, те трябва да са евтини и да са произведени от местни източници. Те също не трябва да налагат промени в съществуващата горивна система и не трябва да намаляват съществено мощността на двигателя. Необходимо е да не се допуска и да се увеличават вредните емисии и шум при работата на ДВГ.

Изследванията, проведени до сега, показват, че използването на богати на кислород горива или горивни смеси (като алкохоли и техните смеси) в горивната камера навлиза повече кислород и това води до по-пълно изгаряне и намалява вредните емисии. Някои от предпочитаните алкохоли, използвани в двигателите с принудително запалване, са етанол, бутанол, метанол и изопропанол. Метанола и етанола (наричани още биометанол и биоетанол) са алкохоли, получавани от суровини с растителен произход, и поради тази причина са предпочитани. Приложението им е ограничено до малки количества, не по-високо процентно съдържание от 20%, като добавка към бензина, поради химическата им агресивност и склонността към разслояване на смесите. За разлика от тях, изомерите на бутанола и пропанола започнаха да намират все по-разумно приложение. Ограничението за разпространението им до момента се налага главно от методите на производство и себестойността на добив.

Изомерите на изопропанола са богати на кислород горива, те притежават високи октанови числа и енергийна плътност в сравнение с метанола и етанола. Поради напредъка в техниките на ферментация, тези изомери на изопропанола са обект на завишен интерес, като алтернативни добавки за бензиновите горива. Изследванията в областта са в посока, както за намаляване на емисиите, така и за намаляване на използването на конвенционални изкопаеми горива. Изопропанолът

се откроява с няколко предимства: притежава по-висока топлина на изгаряне и по-голяма енергийна плътност от етанола (табл.1).

Таблица 1. Параметри на алтернативните горива

Свойства	Бензин	Изопропанол	Метанол	n-Бутанол	Етанол
химична формула	C_8H_{15}	C_3H_7OH	CH_3OH	C_4H_9OH	C_2H_5OH
изслед. окт. число на двиг. (RON)	92	118	112	92	108
октаново число на двиг. (MON)	87.2	99	91	85	90
кислородно съдържание wt%	0	26.6	50	21.6	34.8
въглеродно съдържание wt%	86	59.96	38	65	52.14
водородно съдържание wt%	14	13.42	12	13.60	13.13
Плътност при 298 K (kg/m^3)	715–765	786	798	813	795
Спец. топлина на изгаряне на гор. (MJ/kg)	43.4	30.4	20.1	33.1	26.8
Темп. на кипене ($^{\circ}C$)	38–204	84	65	118	78
скрита топлина на изпарение (kJ/kg)	380–500	758	1170	582	904
Въздушно ототношение (AFR)	14.7	10.4	6.43	11.2	9.0
Темп. на само-възпламеняване ($^{\circ}C$)	228–470	399	465	343	420
ламин. скорост на пламъка (cm/s)	33–44	45	48	48	48
спец. топл. на изпарение при 25 C (kJ/kg)	351	756.6	1089	707.9	919.6
точка на възпламеняване, (F)	–45	11.67	12	36	17

Също така има по-високо октаново число, по-нисък вискозитет, много добри свойства на изпарение и по-високо съдържание на кислород в сравнение с бутанола. Той ефективно съчетава предимствата на етанола, метанола и бутанола, което го прави много подходящ за масово приложение при бензинови двигатели. Начините за използването на алкохолни горива са или в чисто състояние или като добавки към традиционните горива. Такива смеси могат да се използват в ДВГ и като мярка за намаляване на емисиите на отработени газове и намаляване на шума от работния процес.

Общият излъчван шум от двигателя е следствие от развитието на работния процес и съпровождащите го механични процеси. Той се състои от две независими една от друга компоненти - механичен шум и шум от работния процес. За редуциране на шума от работния процес съществуват принципно две възможности. Едната е с редуциране на предавателната способност на конструкцията на двигателя, чрез акустична оптимизация на формата на детайлите и използване на демпфиращи материали. Втората възможност е чрез управление, в определени граници, на параметрите на работния процес, с цел намаляне на възбуждащите шума сили. Изследването на факторите, определящи нивата на шума, дава възможност, чрез оптимизация на параметрите на работния процес, да се влияе върху нивото на шума. Проведеното изследване анализира поведението на звуковите нива след добавката на изопропанол и промяната в нивото на звуково налягане от работата на ДВГ с алтернативното гориво.

За провеждане на изследването са изпълнени стендови моторни изпитания на двигател 1AZ-FSE на фирмата Toyota Motor Corporation-Япония без доработки на стандартните настройки. Извършено е снемане на външни честотни характеристики при 1500min⁻¹ и 5500 min⁻¹, и товарна характеристика 3000 при работа с чисто гориво бензин А95, както и смеси на бензин и изопропанол. Експериментите са проведени при средни натоварвания (характерни за по-голямата част от времето на работа на двигателя при работа на превозното

средство) за обороти на двигателя. Използвани са следните смеси: 0% изопропанол (чист бензин) Бензин > 10% изопропанол (90% бензин) I10 > 20% изопропанол (80% бензин) I20 > 30% изопропанол (70% бензин) I30 > 40% изопропанол (60 % бензин) I40 > и 50% изопропанол (50% бензин) I50 по обемно съдържание.

Двигателят е монтиран на вихровотоков динамометър SCHENCK W230, на който могат да се тестват двигатели до 230 kW (фиг.2).



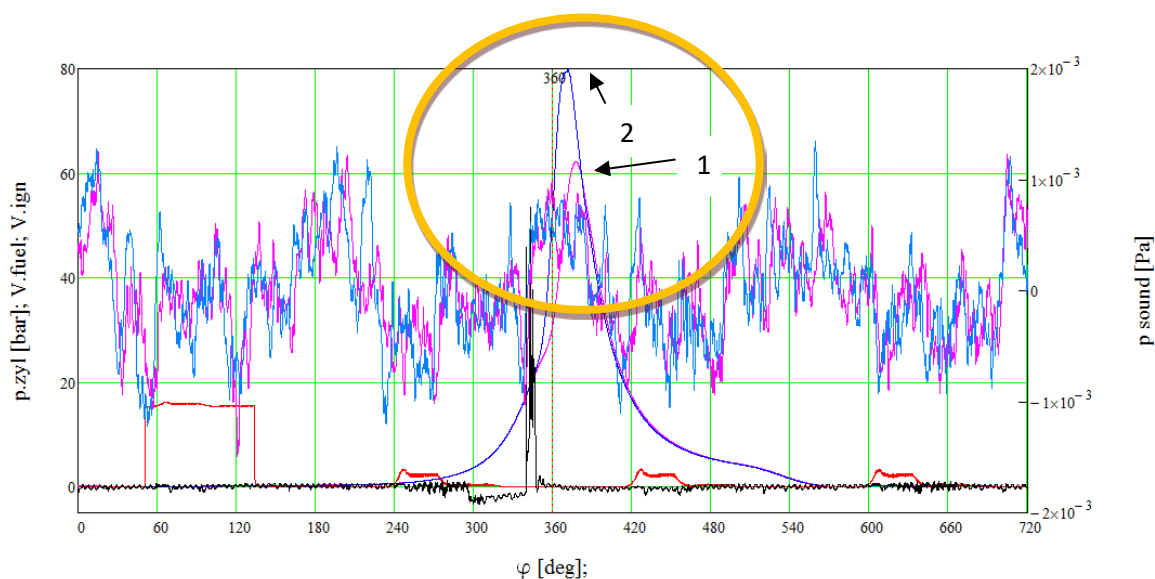
Фиг.2

Опитна установка двигател 1AZ-FSE и динамометър SCHENCK W230

За провеждане на измерванията на шум, мощностно-икономически параметри и емисии на отработилите газове е използвана разработена от катедра ТТТ-ТУ-Варна методология за прецизна синхронизация, анализ и запис на получените резултати в динамична среда на експеримента.

Измерването на звуковото налягане е обвързано стого с ълъла на завъртане на колянвият вал за един работен цикъл, за да се разграничи шума от ДВГ и лабораторната апаратура и агрегати. С помоща на аналогово-цифров преобраувател и специализиран софтуер за запис и обработка на получените стойности от експеримента се анализират голям масив от данни получени от различните режими на измерването при максимално близки до реалните условия на експлоатация параметри.

Получените и анализирани данни за измереният шум при работа на двигателя са представени в изследването и показват минималните стойности (чист бензин) и максимални при I50% от експеримента. Всички други междинни стойности (I10,I20,I30,I40) се намират между тях и не са представени в настоящата работа, но могат да са обект на допълнителни анализи.

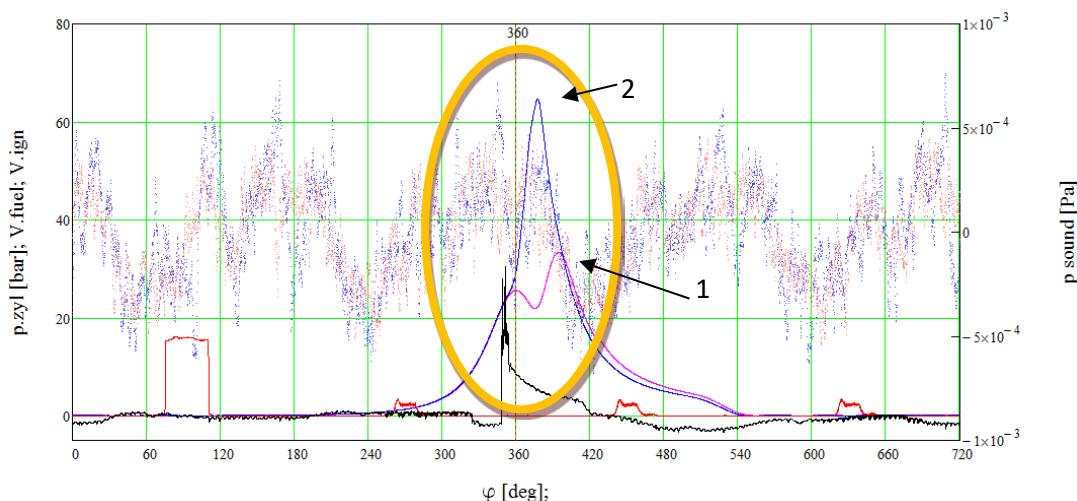
**Фиг.3**

Стойности на налягането в цилиндъра и звуковото налягане за един работен цикъл по TX 3000 при работа с 1:чист бензин и 2:смес на изопропанол 150%

При получените резултати на TX3000 на максимално натоварване за чист бензин и I50 (фиг.3) се наблюдават значителни изменения в протичането на работния процес и нарастването на газовата сила в цилиндъра и нарастването на нивата за звуковото налягане от работата на ДВГ в зависимост от процентното съотношение на изопропанол в горивото.

Наблюдава се нарастване на максималното налягане в цилиндъра и изместване на максимума на налягането към горна мъртва позиция на буталото, увеличава се и скоростта на нарастване на налягането. Тези фактори са основни за нарастването на шумоизлъчването от ДВГ.

Друг граничен режим е ЧХ 1500 мин-1 наблюдава се корекция с намаляване на ъгъла на предварение на запалването на системата на управление на налягането при работа на чист бензин, за да се предотврати детонационното горене. При работа с I50 при ЧХ нараства максимума и изтегляне на налягането в посока горна мъртва позиция на буталото, за да се подобрят експлоатационните показатели. Изследването на поведението на газовата сила е необходимо защото тя е главната причина за нарастването на шума от работния процес.



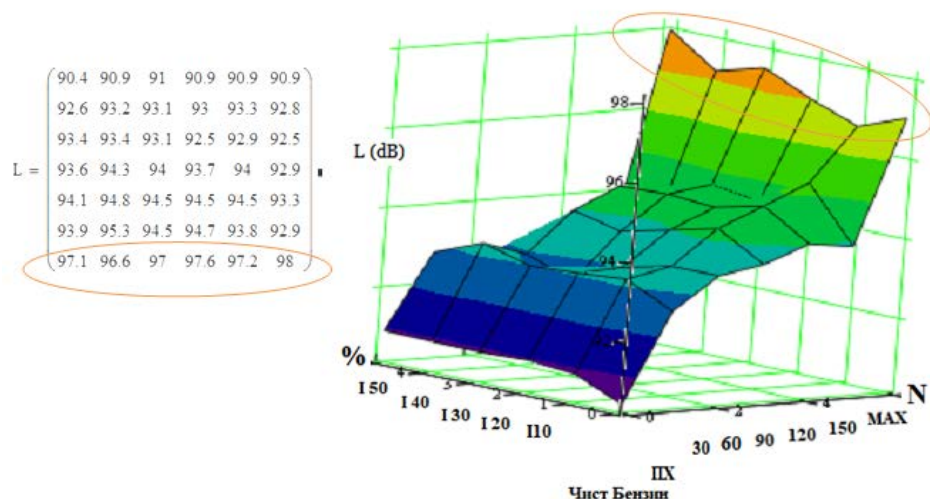
фиг.4

Стойности на налягането в цилиндъра и звуковото налягане за един работен цикъл по ЧХ при работа с 1:чист бензин:143N и 2:смес на изопропанол 150% 162N

При влагането на различно гориво очакването е да се промени скоростта на горене и от там да се промени и шумоизлъчването при равни други условия на експеримента.

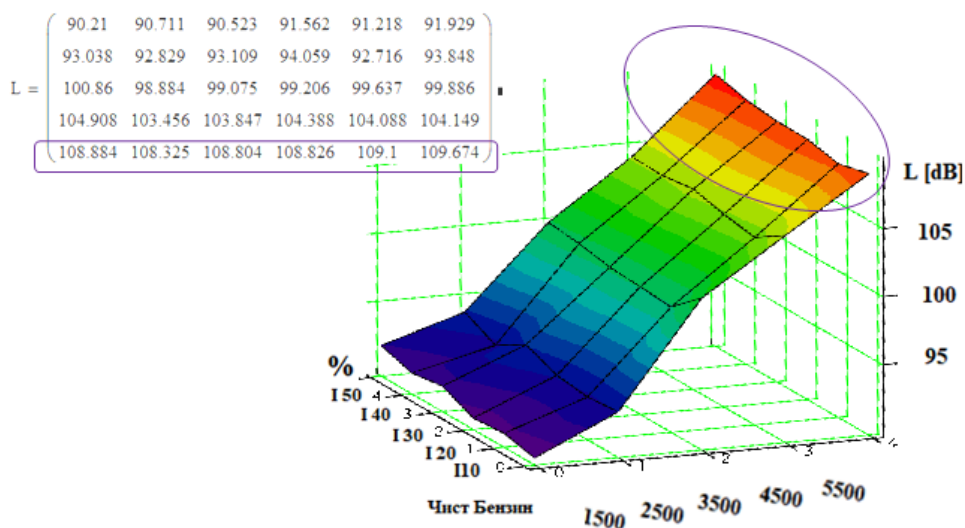
Резултатите получени при работа по товарна характеристика TX3000 са представени нагледно на триизмерна графика фиг.5 и за честотна характеристика на ЧХ -фиг.6. Впечатление прави нарастването с около $L=1\text{dB}$ при работата със смеси на изопропанол 150%.

Алкохолните горива имат добра детонационна устойчивост, което активира корекция от системата за управление на ДВГ да се изтегли ъгъла на предварение на запалването. Максималното налягане на налягането в цилиндъра нараства и се изтегля с около $\theta=6^\circ$ към горна мъртва позиция в непосредствена близост до началото на черитактовия цикъл. Максималната скорост на нарастване на налягането нараства с около 1Bar, което пряко влияе на нивата на шумоизлъчването от работата на ДВГ със смеси на изопропанол. Изтеглянето на максималната стойност на налягането в цилиндъра в близост до горна мъртва позиция кара горивният процес да протича в малък термодинамичен обем и намалява демфиращите свойства на двигателя. Това пряко влияе на нарастването на нивата на шума на двигателя. Резултатите при работа с високо съдържание на изопропанол не показват силно влошаване на параметрите на работа на двигателя, единствено в граничните режими стойностите на екологичните и шумови резултати излизат от желаните стойности. Затова тези гранични режими следва да бъдат лимитирани от управлението на двигателя, което поражда и необходимост от създаване на обща нормативна база ограничаваща неблагоприятните режими, за да се гарантира устойчивост при употребата на алтернативни горива за всички производители.



фиг.5

Нивата на звуково налягане по TX3000



фиг.6

Нивата на звуково налягане по ЧХ

ИЗВОДИ:

1. Работата на двигателя с горивни смеси с високо съдържание на изопропанол е възможна без необходимост от допълнителни конструктивни изменения. Това води до повишаване на мощностно-икономическите показатели при високи натоварвания, но се отчита завишаване на нивото на звуково налягане с 1dB.

2. Системите за управление на процесите трябва да използват гранични условия на работа по отношение на екологичните показатели на двигателите, за да ограничават мощността при достигане на недопустими нива на звуково налягане.

3. Необходимо е създаване на нормативна база за всички производители с цел устойчивост при употребата на алтернативни горива.

Литература :

1. Sustainable Drive Systems for Mobile Machines

Markus SCHWADERLAPP, Andreas PLUMPE, DEUTZ AG, D

2. Optimization of the Thermodynamic System on the BMW Motorcycle Boxer Engine

Frank SCHWARZ, Hubert GRAF, Christian KAPPELLER

3. eFuels - Technology, Maturity and Challenges on the Way to Industrialization, Karl DUMS, Dietmar SCHWARZENTHAL, Fabian EHRAT, Nina HINTERBERGER. F.Porsche AG, Stuttgart, D

4. Decarbonization Paths and Solutions for Large Engines

Jens Olaf STEIN, et al. Robert Bosch AG, A

За контакти: prof.PhD Eng.Zdravko Ivanov, Borislav Penchev Technical University of Varna
Department "Automotive engineering", Faculty of Mechanical Engineering and
Technologies, 1"Studentska" Str, Varna, 9010
Bulgaria
E-mail: bobby_penchev@abv.bg

ЧЕСТОТЕН АНАЛИЗ НА ЗВУКОВО НАЛЯГАНЕ НА ДВИГАТЕЛ ПРИ РАБОТА С ГОРИВНИ СМЕСИ НА БЕНЗИН И ИЗОПРОПАНОЛ

FREQUENCY ANALYSIS OF IC ENGINE SOUND PRESSURE IN OPERATING WITH GASOLINE AND ISOPROPANOL FUEL MIXTURES

проф. инж. Здравко Иванов, инж.Борислав Пенчев

Abstract. A gradual transition to carbon neutrality is required to reduce fossil fuel use and increase the adoption of carbon-neutral alternatives. This process is already underway through the integration of new technologies and the use of alternative fuels in mass-market vehicles. Addressing the environmental and energy challenges of internal combustion engines (ICE) will require the use of clean and renewable energy sources to replace petroleum-based fuels without compromising engine performance. Simultaneously, there is a continuous drive to increase power output, improve fuel efficiency, and reduce harmful emissions in exhaust gases, even with smaller engine displacements and fewer cylinders. This inevitably leads to higher levels of vibration and noise in transport vehicles.

Conducting research on the levels of noise emitted by internal combustion engines is essential to dealing with all environmental problems. Noise is a major environmental problem and knowledge of the processes of its formation would help to improve the structures of ICE.

Key words: vibration and noise, alternative fuels, isopropanol, frequency analysis of noise of ICE

ВЪВЕДЕНИЕ:

В околната среда човек е заобиколен от разнородни звуци. По своята физична същност звуците представляват механични трептения на еластична среда. Тези трептения възникват, когато градивните частици на материалите са отклонени чрез външна сила от своето равновесно положение и трептят около него. Човешкото ухо е в състояние да регистрира ограничен диапазон от тези промени в налягането на средата в зависимост от конкретният индивид. Основните характеристики на звуците са: звуково налягане, мощност на звука, скорост на звука, дължина на вълната, честота. Звуково налягане - представлява разликата между моментната стойност на налягането и стойността в същата среда при липса на звукови вълни. За по лесно възприемане на звуковото налягане е въведена относителната логаритмична единица dB и се свежда до обхвата от 0 до 120 dB. Тези стойности са относително прагови за възприятието на човешкото ухо. Скоростта с която звуковите вълни се разпространяват в дадена среда, наричаме скорост на разпространение на звука, тя се влияе от температурата и плътността на средата на разпространение. Броят на периодичните трептения извършени за единица време се нарича: честота на звука. Човешкото ухо възприема трептения от около 20 Hz до приблизително 20 000 Hz. Скоростта на звука и неговата честота определят дължината на звуковата вълна. С повишаване на честотата на даден звук, дължината на вълната намалява и обратното.

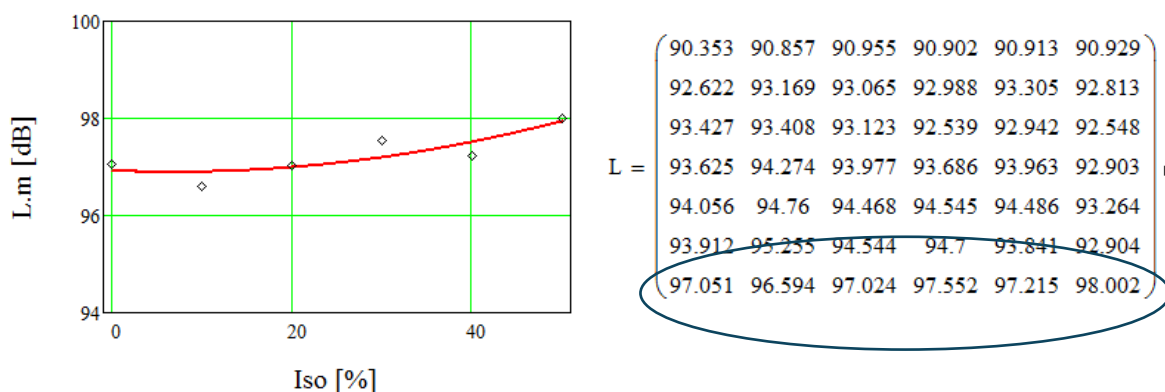
ИЗЛОЖЕНИЕ:

Алтернативните горива са актуална стъпка към постигането на съвременните екологични стандарти. Много изследвания показват, че при използването на богати на кислород горива или горивни смеси (като алкохоли и техните смеси) в горивната камера постъпва повече кислород и това води до по-пълно изгаряне, намалява от една страна вредните емисиини отработените газове, но това поражда и въпроса за нарастване на нивата на шумоизлъчване при работата на двигателите с вътрешно горене (ДВГ).

Изопропанолът се откроява, като предпочитана алтернатива и заместител на фосилните горива в прехода за постигане на въглеродна неутралност. Начините за използването на алкохолни горива са или в чисто състояние или като добавки към традиционните горива. С проведено изследване в настоящия труд се наблюдава поведението на звуковите нива след добавка на изопропанол и промяната в нивото на звуково налягане от работата на ДВГ с алтернативно гориво-изопропанол(I%) в концентрации от 10%-150% разтворени в чист бензин (без био добавки).

За провеждане на изследването са изпълнени стендови моторни изпитания на двигател 1AZ-FSE на фирмата Toyota Motor Corporation-Япония без доработки на стандартните настройки. Извършено е снемане на външни честотни характеристики при 1500min⁻¹ и 5500 min⁻¹, и товарна характеристика 3000min⁻¹ при работа с чисто гориво бензин А95, както и смеси на бензин и изопропанол. Експериментите са проведени при средни натоварвания (характерни за по-голямата част от времето на работа на двигателя при работа на превозното средство) за обороти на двигателя.

От получените резултати(фиг.1) впечатление прави нарастването нивата на звуково налягане по TX3000 с около L=1dB при работата със смеси на изопропанол 150% в следствие на добрата детонационна устойчивост на алкохолните горива, което се регулира от системата за управление на ДВГ с цел да се изтегли ъгъла на предварение на запалването. Максималното налягане на налягането в цилиндъра нараства и се изтегля с около $\theta=6^\circ$ към горна мъртва позиция в непосредствена близост до началото на черитактовия цикъл. Максималната скорост на нарастване на налягането нараства с около 1Bar, което пряко влияе на нивата на шумоизлъчването от работата на ДВГ със смеси на изопропанол.



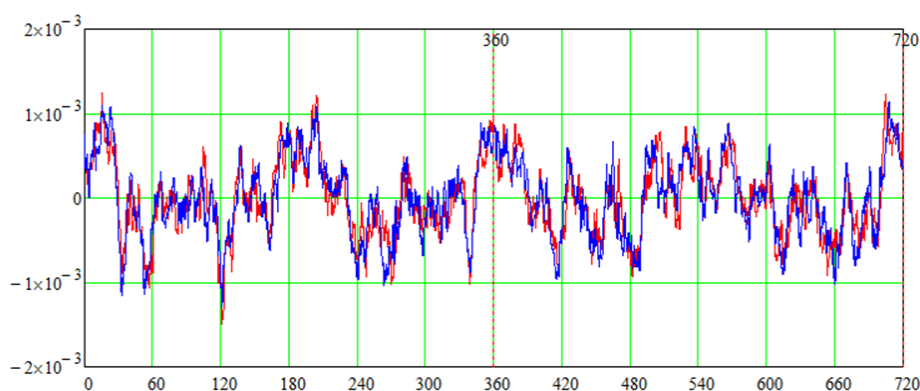
Фиг.1

Нива на звуково налягане[dB] по TX3000

За подробен анализ за спектъра на шума при ДВГ е необходимо използването на методите на честотния анализ. В честотният анализ ще се установи как се повлиява шума, когато той излезе от двигателя и именно тогава става ясно поведението му в лентите или още какъв е шумът измерен в херци. Това ще ни помогне да направим съпоставка за източниците на шума от двигателя, свързани ли са с него, с каква периодичност са. Ще се установи със сигурност ли идват от двигателят и произтичащият в него работен процес и ще даде възможност да се опишат динамичните свойства двигателя посредством връзките между входящите и изходящи величини и да се изследва комплексната предавателна функция в отделни честотни зони. Полученият

резултат може да се използва за провеждането на конкретни мероприятия за намаляване нивото на шума на двигателите. Честотните спектри на сигналите съдържат реални и имагинерни части, съответно фази и амплитуди на хармоничните съставляващи. При акустичните измервания на ДВГ е необходимо, дължината на времевият прозорец да бъде равна на периода на един работен цикъл за конкретния режим на работа на двигателя. С извършване на честотен анализ на налягането в цилиндъра, може да се определи какво е разпределението на звуковите нива по честота. Обработените данни са представени в осезаемата зона на човешкото ухо между 0.02[kHz]-20[kHz] за всички режими на работа на двигателя. Не е необходимо да се визуализират данните под 20[Hz], тъй като ниските нива биват демпфирани от конструкцията на двигателя, а високите честоти остават извън способността за възприятие на човешкото ухо. Фокусът на измерените стойности се представя в средните нива около 1000-5000[Hz], зони с най-добро възприятие от човек.

Сложно е да се осигури измерване на шум в свободно звуково поле в лабораторни условия на ДВГ. За да се изолира точно шума от двигателя независимо от съпътстващата апаратура в лабораторията и поради ограничението в пространството на лабораторията и отразените от стените вълни е необходим друг подход. Затова при експеримента е използван метод за измерване на звуковото налягане синхронизиран спрямо положението, ъгъла на завъртане на колянвият вал за един пълен работен цикъл- фиг. 2 в обхвата φ 0-720 [deg.]

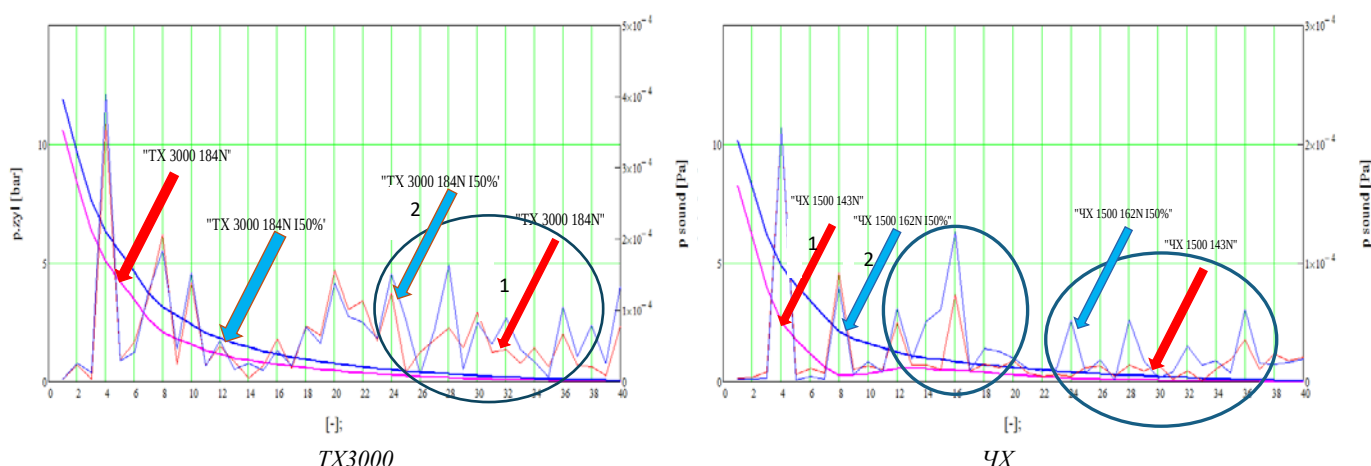


Фиг.2

Повтаряемост на сигналите за звуково налягане за един работен цикъл

Показаните резултати на фиг.2 представят строгата периодичност на звуковото налягане с период, който съответства на периода на работа на двигателя. Сравнението на звуковия сигнал в последователните цикли показва, че нивото на шума, излъчван от ДВГ, значително надвишава фоновия шум при измерването и нивата на звуково налягане отразяват конкретно шумовите емисии на двигателя.

За анализиране акустичното поведение на двигателя е направен хармоничен анализ на TX3000 и ЧХ до 50-ти хармоник, на звуковото налягане и налягането в цилиндъра на двигателя са представени на фиг.3



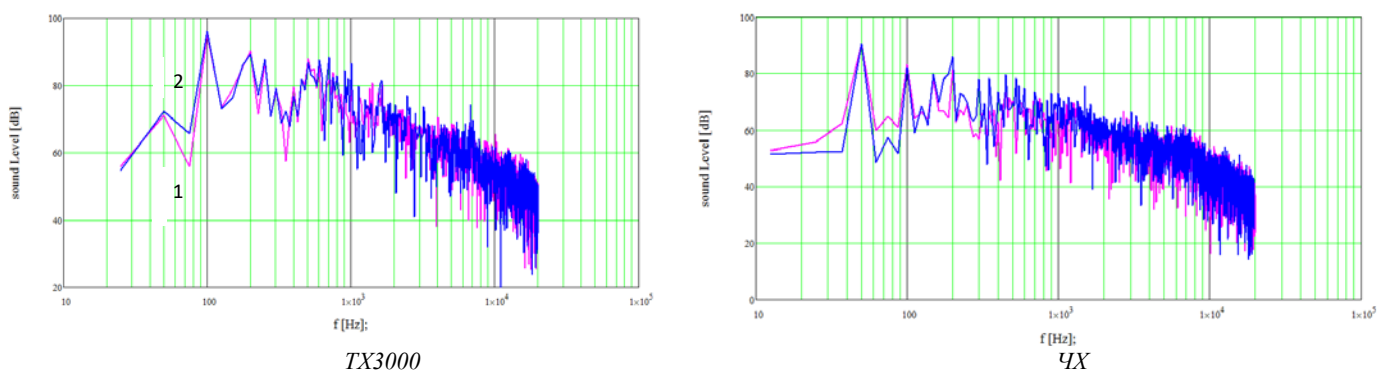
Фиг.3

Хармоничен анализ на звуковото налягане и налягането в цилиндъра

ЧХ чист бензин 1) и смес 150 2)

Открояват се няколко области, в които могат да се очаква повишение на стойностите на шумоизлъчването в показаните области.

Представени са и данните в честотна област (фиг.4), те представляват изменението на честотата на звуковото налягане в хармонични съставляващи. Поради трудното разчитане на резултатите и сливането на стойностите получаващи се за работата на ДВГ се предпочита обработката на данните да се визуализира в лентов(терцоктавен анализ).

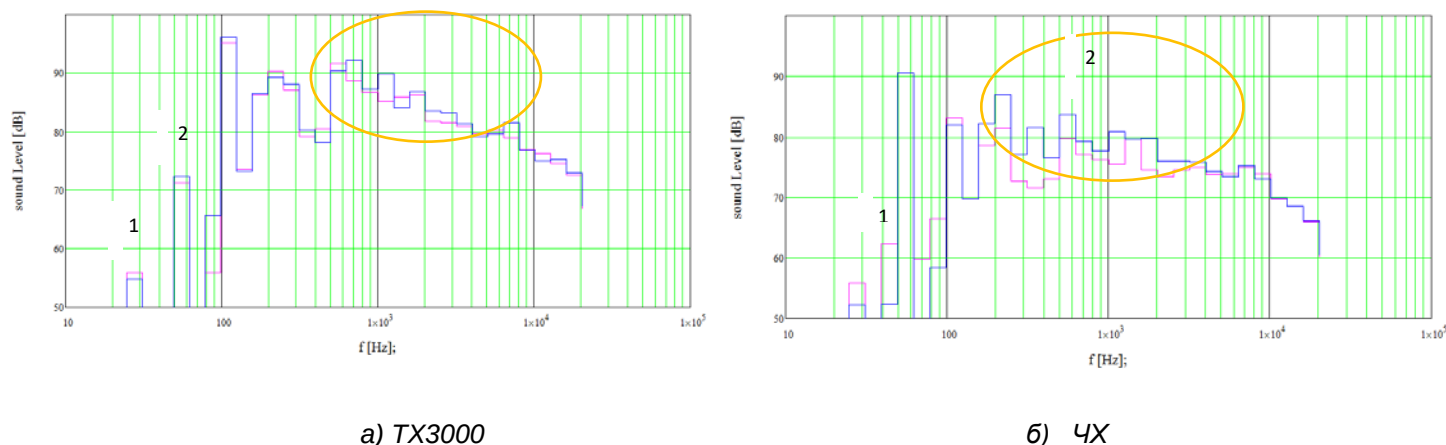


Фиг. 4

Честотен анализ на звуково налягане[dB]

по TX и ЧХ за чист бензин 1 и изопропанол 2

Лентовият анализ е представен в терцоктавни ленти по логаритмична скала (фиг.5), за да отговори максимално добре на визуализация на много малки и много големи стойности подходящ за ДВГ и избягването на сливането на графиката характерно за честотния анализ(фиг.4). Известно е също, че възприятието на човешкото ухо възприема шума по аналогичен на логаритмичната скала характер. Това прави анализа оптимален до реалните условия за оценка



Фиг. 5

Терцоктавен анализ на звуково налягане[dB]

по TX а) и ЧХ б) за *чист бензин 1* и *изопропанол 2*

С графиките на терцоктавния анализ ясно се открояват областите на изменение на звуковото налягане. От данните не се забелязва съществени разлики в поведението и при работа с изопропанол под товарна характеристика 3000мин-1. При сравнение се наблюдава подобно поведение в характера на изменение на двата режима до около 0,3[kHz]. Изменението и на двете криви при пълно натоварване с чист бензин и с 150% има сравнително еднакво поведение в ниско честотната област, като нарастването е след 3 [kHz] до 5[kHz] и е по-високо при данните за смес 50% изопропанол. Под 100 Hz звуковото налягане не е фактор, тъй като там има накъсан спектър и не представлява интерес.

Основните разлики се наблюдават в средите и началото на високите честоти, където изместването на нарастването на звуковото налягане в обхвата от над 9-10 ленти след 160[Hz] до около 1200[Hz]. Точно тук поради тези нараствания намираме причината за повишаването на нивото на измереният шум близо до около един децибел(0,9[dB]). За разлика от ниските честоти под 1000[Hz], където освен конструкцията на двигателя веднъж, така и човешкото възприятие за втори път демпфират тези нива на шума, затова и ги пренебрегваме.

Шумът има различен спектър на разпределение на хармониците, основна роля за това имат демпфиращите свойства на конструкцията на двигателя.

Високите нива на налягането на цилиндъра в областта на ниските честоти, не оказват съществено влияние върху нивата на излъчваният шум. Характерът на предавателната функция на конструкцията на двигателя показва, че точно в тази честотна област тя има високи демпфиращи свойства.

Съвременните двигатели са оптимизирани по отношение на акустичните свойства на конструкцията си. Те са създадени така, че да не пропускат високите стойности на ниските честоти.

Заключение:

1. При работата на ДВГ с горивни смеси със съдържание на изопропанол, нарастването на шума не е еднакво в целия честотен диапазон, а се забелязва само в областта на значимите хармоници свързани с протичането на работния процес.
2. От лентовият анализ на честотите се наблюдават основните разлики при работа със смеси на изопропанол и нараствания са видими предимно във високите и средни честоти от 1000-5000[Hz], зоната с най-добро възприятие от човек.
3. Високите нива на хармониците регистрирани под 1000[Hz] и над 5000[Hz], биват демпфирани от предавателната функция на конструкцията на двигателя предаването им се неутрализира. Необходими са мерки за намаляване на шума в диапазона 1000-5000[Hz], където демпфиращите свойства на ДВГ намаляват.

Литература :

1. Mao Q., S. Pietrzko, Control of Noise and Structural Vibration, Springer- Verlag, London, 2013
2. Иванов Здр. Изследване шума от работния процес на автомобилни дизелови двигатели, Дисертация за научно-образователната степен “доктор”. Варна, 2004
3. Altun, S.; Oner, C.; Firat, M. Exhaust emissions from a spark-ignition engine operating on isopropanol and unleaded gasoline blends. Technology 2010, 13, 183–188
4. Банов Ст., И. Кралов. Шум в транспортната техника. ТУ-София, 2003

За контакти: prof. PhD Eng. Zdravko Ivanov, Borislav Penchev Technical University of Varna
Department “Automotive engineering”, Faculty of Mechanical Engineering and
Technologies, 1 “Studentska” Str, Varna, 9010
Bulgaria
E-mail: bobby_penchev@abv.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ ВРЕМЕТО ЗА РЕАКЦИЯ НА ВОДАЧА

INVESTIGATION OF DRIVER REACTIONS TIME

Plamen Nestorov, Daniel Ivanov, Radostin Dimitrov, Veselin Mihailov

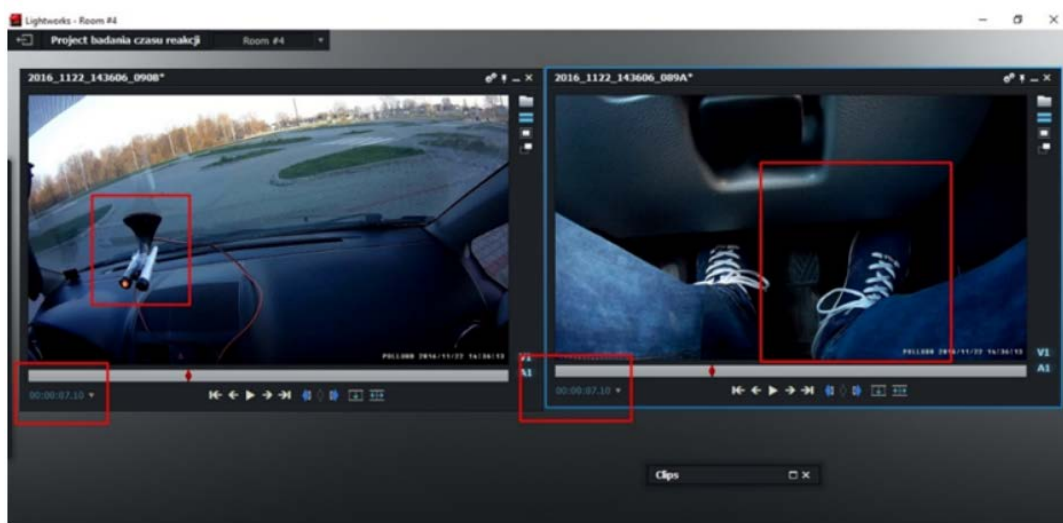
Abstract: In this paper is presented the idea of the research and the firsts steps of the experimental design. The idea of experiment is to be used fifth wheel to collect data from automobile traveled road from moment of occurrence of danger during braking to complete stop.

Keywords: braking, driver, reaction, PRT.

1. Въведение:

Спирането на автомобила е свързано с няколко различни процеса разгледани в обща спирачна диаграма. Във нея времето t_1 е времето за реакция на водача, време t_2 е време за обикане на хлабините на спирачния механизъм, t_3 е време за нарастване на спирачното закъснение до максимална стойност и t_4 е време за ефективно спиране. През периода от време t_1 и t_2 скоростта на автомобила не се променя. Времето за реакция на водача според много литературни източници може да приема много различни стойности (в порядъка от 1 до 3 секунди), като и изследванията на тази тема не са много категорични. Времето за реакция на водача се състои от две компоненти, времето изминато от момента на възприемане на опасността на водача (t_1) до неговото отреагиране върху органите за управление на автомобила (t_2) което може да е натискане на спирачка, завъртане на волан и др. В този интервал от време автомобилът преминава разстояние S_1 без да се променя скоростта с която се движи. Възприемането на сигнала най-често е зрителино, но също така може да се възприеме и звуково.

Според Paweł Drożdziel[1] в негова публикация за изследването за времето за реакция на водача, то може да варира от 0,7 до 1,5 секунди интервал в зависимост от това дали ситуацията е очаквана или неочаквана. Метода който е използван в научното изследване е заснемане чрез високоскоростни камери настъпването на опасността, започването от вдигането на крака от педала на газта и преместването му върху педала на спирачката.



Фиг. 1. Изследване времето за реакция на водача чрез високоскоростни камери

В друг вид изследване проведено от Rafał S. Jurecki [2] са използвани различни компютърни симулации, като на базата на възрастови групи и статистически данни за събрани данни са дадени граници за времето за реакция в различните възрастови групи. Този метод за изследване на реакцията на водача има няколко недостатъка. Недостатък на това изследване е, че може много лесно да се променят резултатите, ако входните данни за симулацията не са въведени коректно (може да се пропусне съществен параметър който може да има голямо значение при изпитанието).



Фиг. 2. Изследване времето за реакция на водача чрез компютърна симулация

Изложение:

Целта на изследването което е проведено е да се измери времето за реакция на водача посредством системата „пето колело“. Тази система е избрана защото чрез нея с много голяма точност се измерва изминатият път от автомобила за единица време, можем също да наблюдаваме изминатия път на автомобила от момента на настъпване на опасността през момента на възприемане на опасността от водача и чак до неговото отреагиране върху органите за управление на автомобила. Това може да ни даде по-ясна представа за опасната зона на автомобила при неговото движение и спиране.

Системата която се използва е на фирма Peiseler [3], като модела може да се захваща както странично на автомобила, (фиг.6а) така и да бъде закачена на „теглич“. Този модел има добро сцепление с пътната настилка, като това сцепление се получава благодарение на пружинен механизъм който притиска колелото към настилка без да има приплъзвания. Използвано е 28“ колело, като 1 оборот на колелото се равнява на точно 1 метър разстояние. Сигналът получаван от петото колело е цифров или аналогов вълнов сигнал.



Фиг. 3. Пето колело на производител "Peiseler"

За да се симулира моментът за настъпване на опасността са избрани два радиоприемника с дистанционно управление[4]. Единият радиоприемник е извън автомобила на отдалечено място, другият е вътре в автомобила. Радиоприемниците се задействат в произволен момент неизвестен за водача. Единият приемник задейства светлинен източник, който е настъпването на опасността за водача, а вторият подава сигнал към осцилоскоп (фиг.5), като по този начин започва и измерването на времето за реакция на водача.

Тази технология беше избрана поради големия обхват на работа (по спецификация обхвата в идеални условия е около 2000m), което позволява изпитания с по-високи скорости и работното напрежение от 12v, което е удобен начин за захранване, налично е в автомобила и множество акумулаторни батерии.



Фиг. 4. Радиоприемник с ДУ



Фиг. 5. Осцилоскоп събиращ данните от изброените канали

Сигналите които се събират с осцилоскоп за целта на изследването са (фиг.7):

- Канал 1: Сигнал от петото колело (цифров);
- Канал 2: Сигнал за включена сигнална лампа (момента на настъпването на опасността);
- Канал 3: Ключ педал на спирачката;
- Канал 4: Ключ педал на газта.

Проведените експерименти са в контролирана среда, за да може да се провери сработването на различните устройства. За момента на настъпване на опасността беше изработен светлинен източник, захранван с акумулаторна батерия (фиг.6б).



Фиг. 6а.(ляво) Монтаж на Пето колело на производител “Reiseler”, фиг. 6б. (дясно) Сигнална лампа за възпроизвеждане на опасността.

Направени са 3 опита с различни скорости 9.44 m/s (33.98 km/h), 9.61 m/s (34.60 km/h), 12.22 m/s (43.93 km/h). Като във всеки опит в произволен момент беше задействан светлиният сигнал от човек извън автомобила. Данните от опита се разчитаха по осцилограми (Фиг.7). В канал 2 (жълт цвят) се вижда включването на радиоприемниците от радиодистацинното. В разстоянието между пика на канал 2 до първата пулсация на канал 3 се измерва времето за възприемане (t_1), разстоянието от началото на



Фиг. 7 Осцилограма показваща проведените опити.

трептението в канал 3 до промяната в сигнала на канал 4 е измереното време (t_1). Получените резултати от изпитването са обобщени в таблица 1.

Измерено време за реакция	Скорост на движение	Изминат път спиране на автомобила	Време за спиране на автомобила	Спирачно закъснение
s	m/s	m	s	m/s ²
0.349	9.44	7.08	1.336	6.3
0.348	9.61	7.97	1.476	5.8
0.411	12.22	13.3	2.209	5.81

Табл. 1 Обобщени резултати получени от експерименталните изследвания

3. Заключение:

След проведеното изследване е установено, че времето за реакция на водача при очаквана опасност при скорости 9.44 м/с (33.98 км/ч), 9.61 м/с (34.60 км/ч), 12.22 м/с (43.93 км/ч) е постоянно и приема средна стойност от 0.4 s.

Литература (изцяло на латиница):

1. Drożdż Paweł, Drivers 'reaction time research in the conditions in the real traffic, De Gruyter 2020 Surname, Name , Title. Place of publication, Publishing, 035-047;
2. Jurecki Rafał, DRIVER'S REACTION TIME IN A SIMULATED, COMPLEX ROAD INCIDENT, TRANSPORT, 2017, 044-054;
3. <https://www.peiseler-gmbh.com/p5rad.html>
4. <https://www.aliexpress.com/>

За контакти: Eng. Plamen Nestorov, Technical University of Varna, Department "Transport Equipment and Technologies" Bulgaria, 9010 Varna, Studentska str. №1, , e-mail: plamen93n@gmail.com

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТИВНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА ДИЗЕЛОВ ДВИГАТЕЛ ПРИ РАБОТА СЪС СМЕСИ НА БИОДИЗЕЛОВО ГОРИВО

STUDY OF THE EFFECTIVE INDICATORS OF A DIESEL ENGINE WORKING WITH BIODIESEL FUEL BLENDS

Velichka Georgieva

Abstract. This report investigates the influence of fuel type on the operating process of a diesel engine. The study utilizes mixtures of biodiesel and diesel fuels, specifically B0 (100% diesel fuel), B10 (10% biodiesel and 90% diesel fuel), B30 (30% biodiesel and 70% diesel fuel), and B50 (50% biodiesel and 50% diesel fuel). Experimental and analytical methods are used to evaluate how the different fuel blends affect the combustion process and performance indicators at engine speeds of 1500 min⁻¹, 2000 min⁻¹, 2500 min⁻¹, and 3000 min⁻¹.

Keywords: fuels, biodiesel, diesel, diesel engine

1. Въведение:

С нарастващите екологични изисквания и нуждата от устойчива енергийна политика биогоривата привличат все по-голям интерес като алтернативен източник на енергия за двигатели с вътрешно горене. В условията на повишено отделяне на вредни емисии и изчерпването на петролните ресурси, биодизелът и другите видове възобновяеми горива се разглеждат като възможност за намаляване на вредните емисии и зависимостта от изкопаемите горива. Със закона за енергията от възобновяеми източници е утвърдено добавянето на минимум 6% биодизелово гориво към дизелово гориво.

2. Изложение:

Биодизеловото гориво е алтернативно гориво, което се получава от растителни и животински мазнини, които се обработват с алкохол. При експерименталните изследвания са използвани следните смеси:

- B0 - 0% биодизел, 100% дизелово гориво;
- B10 - 10% биодизел, 90% дизелово гориво;
- B30 - 30% биодизел, 70% дизелово гориво;
- B50 - 50% биодизел, 50% дизелово гориво;

Различните смеси се обозначават с буквата „В“ и число, което показва процента на биодизел в сместа [1].

За определяне на влиянието на вида гориво върху ефективните показатели на ДВГ са направени измервания на дизелов двигател Fiat 1.9 JTD с параметри посочени в Табл. 1.

Таблица 1. Технически параметри на двигател

№	Параметър	Стойност
1	Производител	Fiat
2	Година	2002
3	Код на двигателя	188 A2.000
5	Работен обем на двигателя [dm ³]	1,910
6	Диаметър на цилиндъра [mm]	82,00
7	Ход на буталото [mm]	90,40
8	Степен на сгъстяване	18,5
9	Номинална мощност при честота на въртене на колянния вал [kW/ min ⁻¹]	60/4000
10	Номинален въртящ момент при честота на въртене на колянния вал [Nm/ min ⁻¹]	196/1500
11	Ред на работа на двигателя	1-3-4-2
12	Тип охлаждане	Принудително

		– водно
13	Тактност	Четиритактов
14	Смесообразуване	Вътрешно
15	Пълнене	Принудително
16	Горивна система	Common-rail
17	Брой и разположение на цилиндрите	4, редови

Направени са измервания двигателя с чисто дизелово гориво B0, и смеси B10, B30 и B50 (Таблица 2) [2]. Снети са товарни характеристика в 4 работни точки при честоти на въртене на колянвия вал 1500 min^{-1} , 2000 min^{-1} , 2500 min^{-1} , 3000 min^{-1} и съпротивителен момент 5 kgf.m, 7,5 kgf.m, 10 kgf.m, 12,5 kgf.m.

Таблица 2. Характеристики на използваните горивните смеси

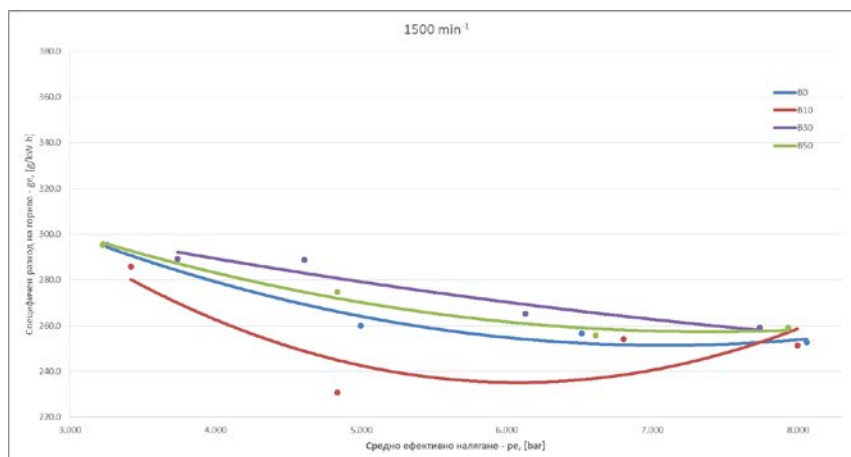
Параметър	Дизелово гориво	B10	B30	B50
Долна топлина на изгаряне на горивото H_u [kJ/ kg]	42 300	41 820	40 860	39 900
Плътност [kg/m ³]	830	835,3	845,9	856,5
Молекулна маса [kg/mol]	190	200,6	221,8	243
Количество в-х за изгаряне на 1 кг гориво [kg]	14.6	14,39	13,97	13,55
Цетаново число	51	51,12	51,36	51,60

За измерване на приложеното натоварване към двигателя се използва постояннотокова електрическа спирачка MS 2812-4 (Пендел генератор). Използваната спирачка има мощност 83 kW при изменение на честотата на въртене до 5000 min^{-1} . Абсолютната грешка на спирачката е $\pm 0.02 \text{ kgf.m}$.

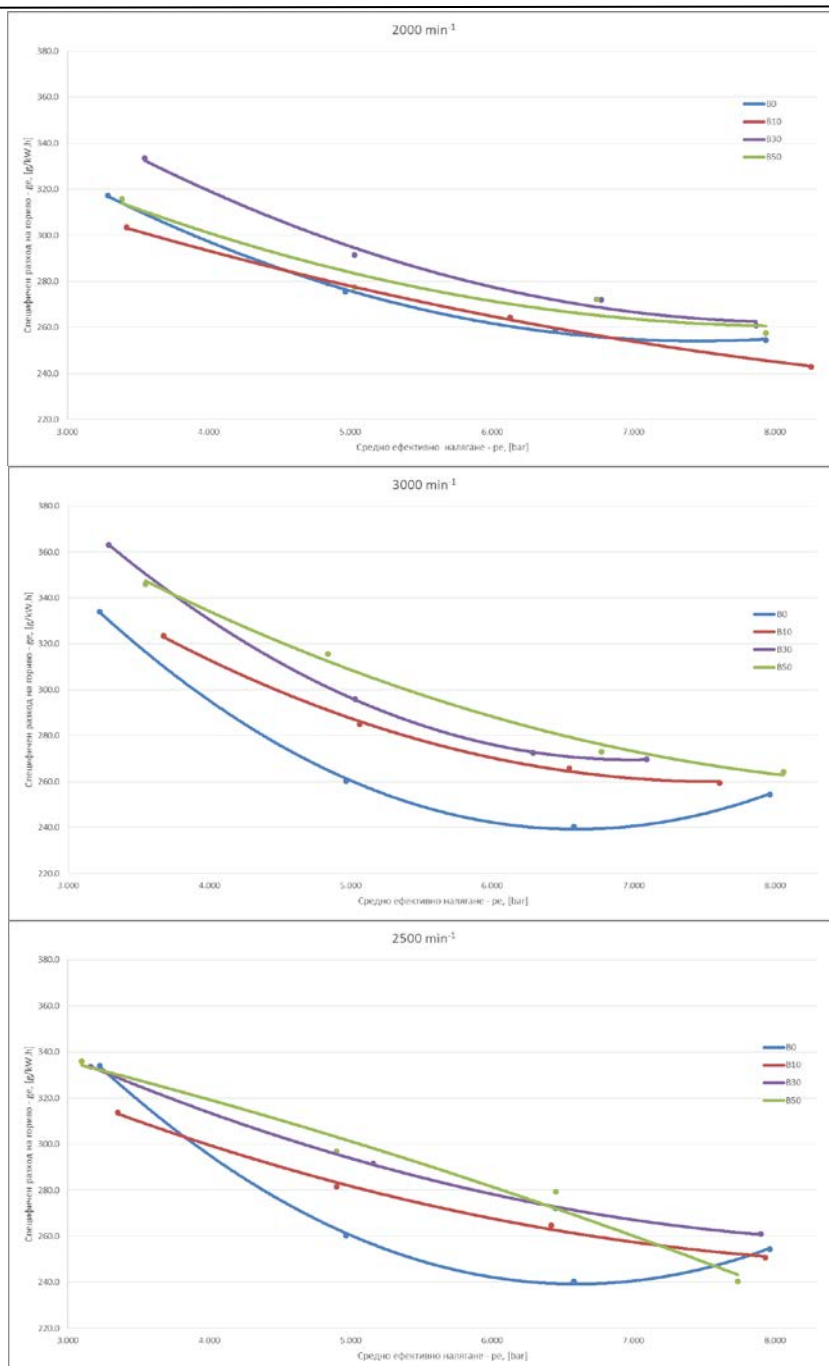
За измерването на честотата на въртене на колянвия вал е използван цифров оборотомер ESA CMD6-2. Грешката на уреда при отчитане на завъртанията е $\pm 0,05\%$.

За измерване на разхода на въздух е използван диагностичен уред Multidiag., чрез който в реално време от дебитомера на двигателя се отчита стойността на постъпващия към цилиндрите въздух.

Представени са резултатите от изменението на ефективния специфичен разход на гориво g_e във функция от именението на средното ефективно налягане p_e (фиг.1 и фиг. 2) и ефективния кпд η_e (фиг. 3):



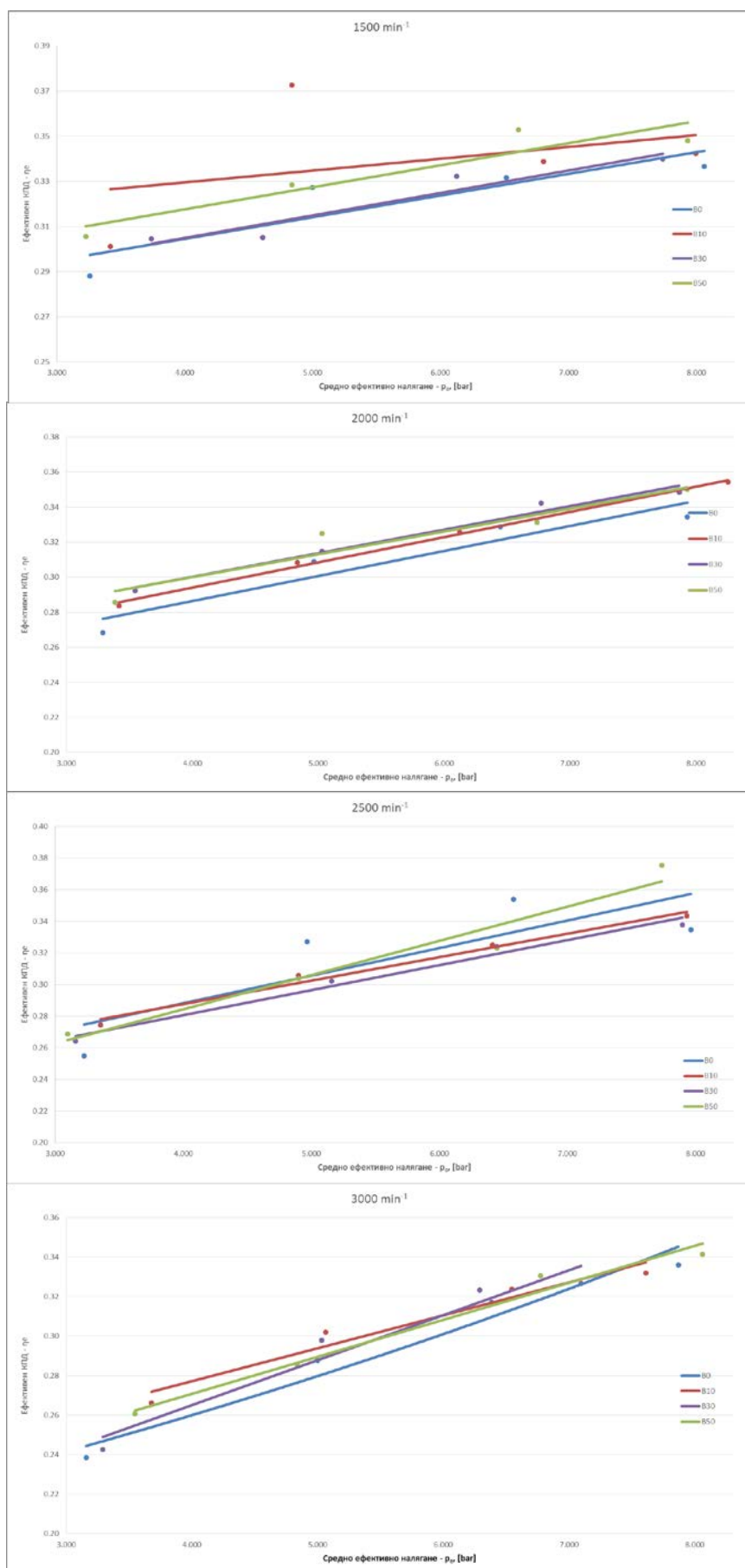
Фиг. 1. Изменение на ефективен специфичен разход на гориво g_e при честота на въртене на KB 1500 min^{-1}



Фиг. 2. Изменение на ефективен специфичен разход на гориво g_e при честоти на въртене на КВ 2000 min⁻¹, 2500 min⁻¹, 3000 min⁻¹

Всички криви на специфичния разход показват, че със спадане на средното ефективно налягане p_e , специфичният разход на гориво g_e нараства. Това е очакван резултат, тъй като при ниско натоварване двигателят работи неефективно.

При измерванията с чисто дизелово гориво B0 се наблюдава най-нисък специфичен разход на гориво при почти всички работни точки, като това се дължи на по-високата топлина на изгаряне на дизеловото гориво, спрямо смесите с биодизелово гориво. При биодизелова смес B10 и честота на въртене 2000 min⁻¹, кривите са близки до тази на B0, като се забелязва повишаване на разхода на гориво. Това също е в резултат от по-ниската калоричност на биодизеловото гориво. При високо съдържание на биодизелово гориво (B50) и при честота на въртене на колянния вал 3000 min⁻¹, специфичният разход е най-висок. Това показва, че двигателят изразходва повече гориво, за да постигне същата мощност.



Фиг. 3. Изменение на ефективен кпд η_e при честоти на въртене на KB 1500 min⁻¹, 2000 min⁻¹, 2500 min⁻¹, 3000 min⁻¹

При смес В10 се забелязва по-висок ефективен кпд (η_e), който се покачва с увеличаване на натоварването. При В30 се наблюдава по-висок КПД, при средни натоварвания – биодизелът изгаря по-пълноценно, подпомогнат от допълнителния кислород в молекулата. При смес В50 се измерва по-нисък КПД при ниски натоварвания, но при високи натоварвания се доближава до останалите смеси. Тук влияние оказва по-ниската калоричност на биодизела.

3. Заключение:

При малки натоварвания, минимален специфичен разход на гориво се получава при гориво В10, поради подобрената ефективност на работния процес, като се наблюдава и най-голяма стойност на ефективния коефициент на полезно действие;

При средни и високи натоварвания, най-нисък специфичен разход на гориво се получава при В0, като се увеличава с увеличаването на биодизеловата добавка, поради намаляването на калоричността на горивото.

Ефективният коефициент на полезно действие на двигателя при средни и високи натоварвания се запазва почти постоянен, независимо от използваната смес.

Литература (изцяло на латиница):

1. Georgieva, Velichka, Bogdanov, Krasimir, Vidove biogoriva i dobavki kam standartno dizelovo gorivo – predimstva i problemi (Видове биогорива и добавки към стандартно дизелово гориво – предимства и проблеми), Proceedings of the University of Ruse 2016, 102-105.;
2. Dimitrov, Angel, Bogdanov, Krasimir. Eksploatatsionni material v transportnata tehnika (Експлоатационни материали в транспортната техника), TU-Varna, 2010;
3. Ivanova, Maya, Marinov, Emil. Biogorivoto kato alternativno gorivo (Биогоривото като алтернативно гориво), Proceedings of the University of Ruse 2008, 21-25;
4. Ivanova, Maya, Marinov, Emil. Comparative analysis of the physico-chemical properties of biofuels. Quality and reliability of technical systems. Nitra, 2010, pages 333-336;
5. Iliev, Simeon, "A Study of Effect of Biodiesel on the Performance and emissions of a Common-rail Diesel Engine," 2020 12th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), Varna, Bulgaria, 2020, pp. 1-4,
6. Iliev, Simeon. Mitev, Emil, "Influence of Biodiesel on Compression Ignition Engine Performance", Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium, pp. 0424-0431, 2019.

За контакти: Eng. Velichka Georgieva, Technical University - Varna, Department "Automotive Engineering", 1 Studentska str., Varna, Bulgaria, e-mail: velichka.georgieva@tu-varna.bg