

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ ВАРНА



КАТЕДРА



ТРАНСПОРТНА ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

**ТРАНСПОРТ, ЕКОЛОГИЯ
УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ**

**XXIX НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ**



ЕКОВАРНА 2023

18 - 20 Май 2023

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

XXIX НАУЧНО -ТЕХНИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ

СБОРНИК ДОКЛАДИ

Том тридесети част 1
ISSN (Online) 2367- 6965
ISSN (Print) 2367- 6299

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

Издателство ТУ-Варна

1.	ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА АНТИФРИЗОВ КЛАССА G11 ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА РЫНКЕ УКРАИНЫ	5
	Mikhail Nahliuk	
2.	ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫПУСКНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ	8
	Alexander Dityatiev	
3.	ПРЕГЛЕД НА СЪВРЕМЕННИТЕ МОБИЛНИ СРЕДСТВА ЗА КОНТРОЛ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ НА АВТОМОБИЛИТЕ	14
	Ihor Marmut, Dmitry Sebko	
4.	ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОПТИМАЛНИ СТАНДАРТИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ НА КОРМИЛНАТА УРЕДБА	20
	Vyacheslav Pavlenko, Vladimir Kuzhel	
5.	ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВПРЫСКИВАНИЯ БЕНЗИНА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ФОРСУНКАМИ РАЗЛИЧНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА РАБОТУ ИНЖЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ	26
	Yurij Gorbik	
6.	CONTROL OF VITRATI PALIVA WITH VANTAGE CARS BY THE REQUIREMENTS OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS	32
	Gritsuk Igor, Volkov Vladimir, Yevhen Ukrainskyi, Volkova Tetiana, Pliekhov Oleksandr	
7.	PECULIARITIES OF TRAINING SPECIALISTS IN THE IMPLEMENTATION OF THE CAR RECYCLING SYSTEM IN UKRAINE	43
	Volkov Vladimir, Vnykova Nataliia, Pozdnyakova Olena, Volkova Tetiana, Pliekhova Ganna	
8.	МЕТОДЫ КАЛИБРОВКИ СПИДОМЕТРА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ В ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ	52
	Yuriy Zybtssev, Pavel Voroshylov	
9.	ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ГРАФ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ АВТОМОБИЛЯ	59
	Alexey Bazhinov, Tetiana Bazhynova	
10.	ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРО И ГИБРИДНОГО ТРАНСПОРТА	64
	Alexsey Bazhinov, Mikhail Kravtsov	
11.	ВЛИЯНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНОВ НА ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ	70
	Bezrodnii Vladimir, Bezrodnaya Alexandra	
12.	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ	74
	Serhei Mastepan, Nikolai Vinogradov, Victor Kuzmin	
13.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	79
	Serhii Mastepan, Olena Mastepan	
14.	ФОРМИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ	84
	Nikolai Mastepan, Dmytro Savenok, Viktoriia Kuzmina, Dmytro Obolonkov	
15.	ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО УСЛУГ ПРЕДПРИЯТИЯ АВТОСЕРВИСА	89
	Volodymyr Makarov, Tamara Makarova, Nicholas Mastepan, Olena Mastepan	

16.	DIAGNOSTIC FEATURES OF THE CYLINDER PISTON GROUP OF GASOLINE ENGINES OF A CAR	93
	Irina Saraieva, Oleksandr Vorobiov, Dmytro Sebko	
17.	ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА РАЗХОДА НА ГОРИВО ЗА ОБОРУДВАНЕ, МОНТИРАНО НА ПРЕВОЗНОТО СРЕДСТВО	97
	Krivoshapov Sergey	
18.	МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ГОРИВОПОДАВАНЕ НА ГАЗОВ КОНТРОЛЕР	102
	Stoyan Stoyanov	
19.	DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES ENGINES WITH NEURON NETWORKS TECHNOLOGY USAGE	110
	Andrii Molodan, Olexandr Polyanskii, Yevgen Dubinin, Mykola Poltavskii	
20.	ВИКОРИСТАННЯ МАСШТАБНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ПЛАНЕТОХОДІВ	122
	Mykhailo Podryhalo, Vitalii Shein	

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА АНТИФРИЗОВ КЛАССА G11 ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА РЫНКЕ УКРАИНЫ

QUALITY STUDY OF G11 CLASS ANTIFREEZES PRESENTED ON THE UKRAINE MARKET

Mikhail Nahliuk¹

Abstract. The results of a study of the quality indicators of pure antifreezes for compliance with the requirements of the current standard are presented. The values of the electrical conductivity index of pure antifreezes were measured. The results obtained are compared and conclusions are drawn.

Key words: antifreeze, G11, cooling liquid, quality indicators, electrical conductivity.

И если популярные и известные производители, работающие на рынке много лет уже доказали качество своей продукции, то новые только начинают свой путь в этом направлении.

1. Введение:

Система охлаждения двигателя и ее соответствие требованиям предъявляемым к современным автомобилям в значительной степени обуславливают работоспособность, надежность и долговечность автомобильных двигателей, работающих при переменных нагрузках и в различных метеорологических и климатических условиях.

Охлаждающая жидкость вместе с моторным маслом, тормозной жидкостью и топливом, является одной из главных функциональных жидкостей автомобиля. Однако у нас исторически сложилось небрежное отношение к охлаждающей жидкости, вызванное недооценкой или непониманием ее значения.

2. Изложение:

Современный рынок эксплуатационных материалов наполнен большим количеством антифризов производимых различными известными и новыми брендами в соответствии с их собственными техническими условиями. Применение в системе охлаждения двигателя неподходящей или некачественной охлаждающей жидкости может привести к пагубным последствиям которые, как правило, проявляются не сразу, а через год-два после начала ее использования. Да и не всякий специалист сможет понять, что причиной возникшей в автомобиле проблемы является охлаждающая жидкость.

Под термином «некачественная» охлаждающая жидкость подразумеваются всевозможные тосолы и антифризы, никогда не проходившие испытаний у производителей автомобилей, не имеющих допуска-одобрения на применение хотя бы для одного вида автомобилей. Этими продуктами насыщен современный рынок охлаждающих жидкостей, а их использование связано с риском возникновения в двигателе различных проблем, таких как: образование отложений, перегрев, кавитация, коррозия и др.

Все антифризы, продаваемые в Украине вне зависимости от фирмы-производителя и технических условий по которым они изготовлены, должны соответствовать требованиям ГОСТ 28084-89 «Жидкости охлаждающие низкотемпературные. Общие технические условия». Данный документ пока еще является действующим и регламентирует минимальные значения показателей качества охлаждающих жидкостей. В нем закреплено 10 показателей качества, проверка которых может занимать от нескольких часов до нескольких недель. Поэтому вместе с проверкой основных эксплуатационных показателей антифризов, так же исследовалась их электропроводность, как экспресс метод определения качества охлаждающей жидкости.

Для проведения эксперимента были выбраны три антифриза класса G11 готовых к применению в различных ценовых категориях. В ходе исследования проверялись показатели качества антифриза на соответствие ГОСТ 28084-89 (щелочность,

коррозионность основных металлов, плотность, водородный показатель) и электропроводность. Результаты исследований основных эксплуатационных характеристик свойств антифризов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результат анализа основных показателей качества охлаждающих жидкостей представленных на рынке Украины

№ п/п	Наименование показателя	Норма по ГОСТ 28084	Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	Плотность, при 20 °С, г/см ³	1,065 - 1,085	1,065	1,070	1,081
2	Водородный показатель, pH	7,5 - 11,0	8,2	7,7	7,52
3	Щелочность, см ³ , не менее	10,0	2,8	24,8	10,7
4	Коррозионное воздействие на металлы, г/м ² ·сут:				
	сталь	0,1	0,077	0,010	0,057
	чугун	0,1	0,128	0,117	0,096
	медь	0,1	0,003	0,020	отс.
	латунь	0,1	0,181	0,035	отс.
	алюминий	0,1	0,034	0,039	отс.
5	Электропроводность, Ом ⁻¹ ·м ⁻¹	—	5,076·10 ⁻⁵	6,157·10 ⁻⁵	2,431 ·10 ⁻⁵

Из результатов эксперимента видно, что не все охлаждающие жидкости отвечают требованиям ГОСТ 28084-89. Так, антифриз «Образец 1» имеет показатель щелочности 2,8 вместо 10,0 согласно ГОСТу. Кроме того коррозионное воздействие на металлы тоже не отвечает требованиям нормативного документа: коррозионность чугуна завышена на 28% и имеет показатель 0,128 г/м²·сутки вместо 0,1 г/м²·сутки; коррозионность латуни завышена почти в два раза (81%), с показателем 0,181 г/м²·сутки. Так же охлаждающая жидкость «Образец 2» не выполняет требования Госстандарта по показателю коррозионного воздействия на металлы по чугуну и имеет значение 0,117 г/м²·сутки, что на 17% выше нормы. Только антифриз «Образец 3» отвечает всем предъявленным требованиям, хотя и с минимально допустимыми значениями водородного показателя 7,52 и щелочности 10,7 см³.

Показатель электропроводности не нормируется в ГОСТ 28084-89 и значительно отличается у всех исследованных антифризов. Если у охлаждающих жидкостей «Образец 1» и «Образец 2» значения этого показателя близки 5,076·10⁻⁵ Ом⁻¹·м⁻¹ и 6,157·10⁻⁵ Ом⁻¹·м⁻¹ соответственно, то у жидкости «Образец 3» он составляет 2,431 ·10⁻⁵ Ом⁻¹·м⁻¹, что вдвое меньше чем у «Образец 1» и почти втрое меньше значения показателя «Образец 2».

3. Заключение:

Экспериментальные исследования выбранных антифризов класса G11 показали, что не все они отвечают требованиям качества, предъявляемым к ним действующим ГОСТом. Это говорит о том, что выбирая охлаждающую жидкость, пользователь должен обращать внимание на показатели ее качества, приведенные в сертификате, свидетельствующие о том, подойдет ли данная жидкость системе охлаждения именно его автомобиля.

Измерение величины электропроводности чистой охлаждающей жидкости позволяет следить за изменением ее значения в процессе эксплуатации жидкости и проводить своевременную замену антифриза, а также подбирать наиболее подходящий образец для доливки или частичной замены.

Литература:

1. Dragomirov S. G. Fil'try dlja ochistki ohlazhdajushhej zhidkosti v avtomobil'nyh dvigateljah / S. G. Dragomirov, M. Shkapcova, A. Glinkin // Aktual'nye problemy jekspluatacii avtotransportnyh sredstv: materialy XIII mezhdunar. nauch.- praktich. konf., 28 –29 oktjabrja 2009 g. – Vladimir: VIGU, 2009. – S. 307–311.
2. Gavrilov A.K. Fil'tratsiya zhidkosti v okhlazhdayushchey sisteme dizelya / A.K. Gavrilov // Dvigatolestroyeniye. – 1991. – № 8. – S. 27–28.
3. Vencel' E. S. Uluchshenie kachestva i povyshenie srokov sluzhby neftjanyh masel / E. S.Vencel', S. G. Zhalkin, N. I. Dan'ko. – Har'kov: UkrGAZhT, 2003. – 168 s.
4. Belousov A. I. Izmerenie udel'noj ob'emnoj jelektroprovodimosti uglevodorodnyh zhidkостей /A. I. Belousov, I. V. Rozhkov, E. M. Bushueva // Himija i tehnologija topliv i masel. –1985. – № 3.– S.35–40.
5. Galkin M.L. Innovacionnye jenergojeffektivnye antifrizy dlja avtomobil'nogo transporta / M.L. Galkin, A.M. Rukavishnikov // Avtomobil'nyj transport: nauch.-tehn. zhurnal. – 2013. – №12. – S.24–25.
6. Jakovlev B.P. O korrozii i nakipi v sistemah ohlazhdenija traktornyh dvigatelej / B.P. Jakovlev // Traktory i sel'hozmashiny. – 1973. – №2. – S.17–19.
7. Nagljuk M.I. Utochnenie srokov smeny antifrizov pri ekspluatacii / M.I. Nagljuk, V.P. Volkov, I.S. Nagljuk // Naukovi notatki: mizhvuzivs'kij zb. – Luc'k, 2012. – Vip. 37. – S.246–256.

Контакты: 1. 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

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫПУСКНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

FEATURES OF OPERATION AND MAINTENANCE OF THE DIESEL ENGINE EXHAUST SYSTEM

Alexander Dityatiev

Abstract. The exhaust system on a car performs several important functions that are implemented by various technical means. In particular, a catalytic converter, a particulate filter and an exhaust gas recirculation system ensure that the environmental safety of diesel engines meets the current requirements of international and national standards. The reliability of these components in the operating conditions of automakers is supported by strong recommendations for the replacement of failed elements. At the same time, there are prerequisites for some preventive and repair actions, and scattered experience in the restoration of components. This is especially true for the exhaust gas recirculation system, the parts of which operate with relative movements in an abrasive environment at high temperatures.

Keywords: environmental safety, diesel, exhaust system, components, prevention, repair

1. Введение:

Выпускная система на автомобиле выполняет три важные функции: снижение содержания загрязняющих веществ в выхлопных газах, снижение шума сгорания двигателя и выпуск выхлопных газов в удобном месте. Соответственно, выпускная система легкового автомобиля содержит три блока технических средств: устройства очистки отработавших газов, устройства звукопоглощения и система трубопроводов. В свою очередь, устройства очистки отработавших газов дизельного двигателя, в большинстве случаев, включают окислительный нейтрализатор, сажевый фильтр, систему рециркуляции отработавших газов. Набор устройств и их конфигурация соответствует актуальному экологическому стандарту. В связи с постоянно ужесточающимися требованиями экологической безопасности и имевшими место случаями фальсификации экологических характеристик, к состоянию выпускной системы дизельных двигателей уделяется особое внимание. Вместе с тем, масштаб влияния отработавших газов на экологию и связанные с этим риски стимулируют активное использование профилактических мероприятий. Однако данная тенденция не всегда поддерживается предприятиями и организациями негосударственных форм собственности.

В Украине с января 2016 года действует экологический стандарт EURO 5. С января 2020 г. должен был начать действовать стандарт EURO 6, но Верховная Рада отложила начало его действия до 2025 г. Как показывает опыт, переход на следующий стандарт представляет собой серьёзную нагрузку для экономики страны [1].

2. Изложение:

В современных двигателях для очистки токсичных компонентов в отработавших газах широко используют каталитические нейтрализаторы, представляющие собой керамический пористый носитель с нанесённым на него смесью благородных металлов платины, родия, палладия. Каталитические нейтрализаторы в дизельных двигателях, в отличие от бензиновых, имеют принципиальную особенность - они имеют лишь окислительное действие, поскольку реакции восстановления оксидов азота до азота не протекают в присутствии кислорода, имеющегося в отработавших газах дизелей. По этой причине очистка отработавших газов от оксидов азота производится в селективных восстановительных каталитических нейтрализаторах другого типа, например, DeNOX.

В отработавших газах дизеля присутствуют не только газообразные вещества, но и твердые образования - "частицы" (partikel), включающие сажу. В стандартах EURO - 5 и EURO - 6, наряду с оксидами азота, эмиссия частиц жёстко ограничена. Интегрирование фильтра частиц в окислительный нейтрализатор и размещение около выпускного окна коллектора повышает эффективность очистки отработавших газов и упрощает регенерацию сажевого фильтра.

При эксплуатации автомобиля нейтрализатор не требует особого обслуживания, однако при некоторых неисправностях двигателя (износ колец, сальников клапанов) нейтрализатор забивается продуктами горения масла и снижает эффективность. Это проявляется в снижении мощности, неустойчивой работе на холостом ходу. Неисправности самого нейтрализатора в виде выгорания платины, оплавления керамического носителя имеют те же симптомы. Ресурс нейтрализатора существенно зависит от условий эксплуатации и в нормальных условиях оценивается работниками сервиса в 350 тыс.км.

У автопроизводителей и, соответственно, в сетях официальных дилеров, в перечне и профилактических и ремонтных работ отсутствуют технологии очистки нейтрализаторов, но на автомобильном рынке имеются очистители различных фирм, например, Nekker, Liqui Moly, Hi-Gear под названием типа «Catalytic Converter Cleaner», которые, по отзывам станций технического обслуживания, бывают эффективны. Производители автомобилей не спешат рекомендовать подобные очистители из-за риска опорочить среди пользователей свою марку, поскольку эффективность очистителей в различных случаях весьма сомнительна.

Для достижения максимального срока службы каталитического нейтрализатора, производители рекомендуют соблюдать некоторые правила:

- необходимо содержать систему топливоподачи в исправном состоянии. (Пропуски воспламенения способствуют горению смеси в нейтрализаторе, что поднимает температуру свыше 900 °C и приводит его в негодность. Аналогичным образом влияет неисправная негерметичная форсунка, которая приготавливает слишком богатую смесь за пределами воспламеняемости);
- не следует запускать двигатель методом буксировки и выключать двигатель на высоких оборотах;
- следует помнить о керамической основе нейтрализатора и не подвергать его прямым ударам.

В отличие от каталитического нейтрализатора, фильтр частиц (сажевый фильтр) (DPF - diesel particle filter) обладает меньшим ресурсом – около 250 тыс. км, оцениваемый так же практическими работниками. Помимо этого, фильтр требует постоянного внимания водителя и работников сервиса.

Сажевый фильтр осуществляет фильтрацию частиц через пористую керамику в присутствии платины, выполняющей роль катализатора при восстановлении фильтра. Фильтр имеет ограниченную ёмкость и через некоторое время заполняется полностью. Процесс заполнения контролируется блоком управления двигателем при помощи датчиков давления, температуры, а также датчика расхода воздуха. Регенерация фильтра (выжигание сажи) происходит пассивным и активным способом [2]. Пассивная регенерация возможна при длительном движении автомобиля на междугороднем шоссе, когда двигатель работает на режимах выше средних. При эксплуатации автомобиля в городских условиях двигатель работает на частичных режимах с невысокими значениями температуры отработавших газов, при которых не обеспечиваются условия для химических превращений.

Активная регенерация характеризуется тем, что частицы сажи выгорают в условиях высоких температур, получаемых в результате специального, направленного действия блока управления двигателем. При скоплении в фильтре

определенного количества сажи автоматически запускается процесс активной регенерации. Процесс длится около 10 минут. При этом температура ОГ повышается до 600-650°C, что достаточно для протекания химических реакций и выгорания сажи. Водитель не участвует непосредственно в процессе активной регенерации.

При частых поездках на короткие расстояния баланс «накопление – регенерация» нарушается и фильтр забивается сажей. При заполнении фильтра и невозможности регенерации на комбинации приборов на передней панели вспыхивает лампа ошибки сажевого фильтра. Такое может случиться при неисправности любого из датчиков, либо при низком уровне топлива в баке, когда не запускается активная регенерация. В этих случаях активная регенерация может быть запущена принудительно с помощью сервисного прибора на СТО. Однако следует помнить, количество повторных принудительных регенераций ограничено на уровне 3-4-х. При наличии большого пробега без регенерации фильтр может быть забит до такой степени, что процедура с помощью сервисного прибора уже не поможет.

Симптомами забитого сажевого фильтра являются повышение потребления топлива, высокий уровень масла в системе, уменьшение мощности двигателя, неустойчивая работа на холостом ходу. При работающем двигателе в выпускной системе слышны посторонние шумы в виде шипения, дымный выхлоп.

В указаниях автопроизводителей по ремонту выпускных систем, как правило, отсутствуют рекомендации по очистке-мойке сажевых фильтров ввиду значительных рисков получения негативных результатов. В то время как в программах фирм, торгующих автомобильными аксессуарами имеются предложения таких технологий и материалов, например, под названием «DPF/Catayst Cleaner». Комплект обычно содержит 2 раствора – чистящий и промывочный, оба в аэрозольной упаковке, и несколько зондов для распыления через отверстие датчика температуры. Соответственно, процесс очистки включает обработку фильтра первой жидкостью, выдержку 12 – 15 минут при температуре около 40 °C, промывка второй жидкостью, запуск двигателя, прогрев и принудительная регенерация.

Существенно упростить использование сажевого фильтра можно применением добавки в дизтопливо на основе дициклопентадиенилового эфира (Dicyclopentadienyleisen) в концентрации 10 ppm. Эта присадка помогает фильтру выйти на режим очистки при более низкой температуре и регенерироваться по пассивному режиму.

Кроме сажи, которая выжигается регенерацией, фильтр забивается золой – это несгоревшие остатки масла. Заполнение фильтра золой определяет его ресурс, поскольку зола не удаляется. При достижении предельного значения количества золы загорится индикатор неисправности двигателя, после чего двигатель перейдет в аварийный режим.

Для обеспечения долговечности сажевого фильтра необходимо выполнять следующие правила.

1. Ограничить эксплуатацию автомобиля с короткими пробегами.
2. Использовать качественное топливо. ограничить применение высокосернистых топлив и не применять биотопливо.
3. Обеспечивать исправность всех компонентов системы выпуска.

Система рециркуляции отработавших газов - Exhaust-Gas Recirculation (EGR) путем добавления части отработавших газов к свежему заряду способствует снижению пиковой температуры горения и, в свою очередь, снижению выбросов NOx, а так же уменьшению расхода топлива вследствие частичного блокирования процессов диссоциации – рекомбинации. Отличительной особенностью системы EGR по сравнению с другими компонентами выпускной системы, является наличие клапана, работающего в абразивной среде при высокой температуре. В Украине, к

настоящему времени, распространены системы рециркуляции по EURO – 4 (система рециркуляции высокого давления с охлаждаемым клапаном EGR, электропневматическим приводом и радиатором), и по EURO – 5 (система рециркуляции низкого давления с охлаждаемым клапаном EGR, электронным приводом и радиатором). Клапаны EGR среди компонентов системы обладают невысокой надёжностью со средним ресурсом не выше 200 тыс. км. По оценкам [3], до 80% всех обращений владельцев дизельных двигателей за ремонтом происходит по причине отказов системы EGR.

Самая распространённая неисправность системы EGR – это загрязнённость системы и заклинивание клапана. Независимо от типа установленной системы EGR, в дизельном двигателе загрязнения существуют в виде нагара или коксования на клапане. На рисунке 1 представлены загрязнения радиатора охлаждения отработавших газов двигателя VW 1,6 TDI CR при пробеге 46 тыс. км в условиях Украины, на рисунке 2 – отложения на тарелке клапана.

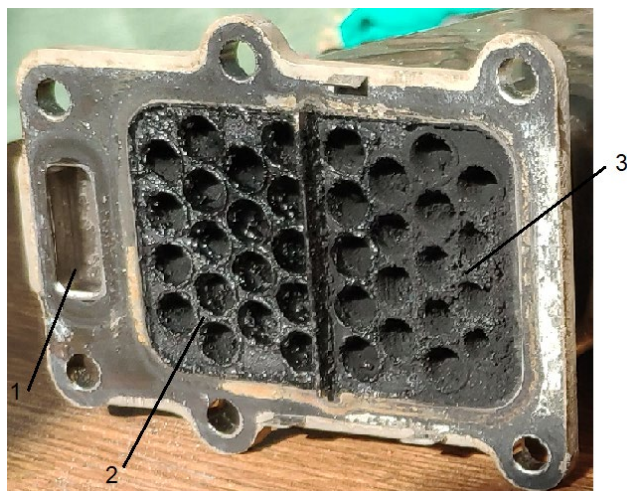


Рис. 1. Загрязнения в системе EGR: 1 – к каналу выхода охлаждающей жидкости, 2 – от канала входа отработавших газов от двигателя, 3 – к каналу выход отработавших газов из охладителя.

Коксование происходит, в основном, из-за частиц сажи, содержащихся в выхлопных газах. Реже встречаются неисправности управляющей цепи в виде обрывов.

Отказы системы EGR могут возникать из-за множества причин. Это неисправности одноимённого клапана, системы питания, датчика массового расхода воздуха, загрязнённого клапана системы вентиляции картера, завышенного уровня масла, наличия большого количества масла в интеркуллере или на выходе турбокомпрессора, в том числе из-за износов поршневых колец, направляющих клапанов, сальников клапанов, забитого нейтрализатора. Также провоцируют отказы системы короткие поездки, применение топлив, масел низкого качества.

Симптомы неисправной системы EGR проявляются как затруднённый пуск, дерганье и рывки на постоянной скорости, неравномерная работа двигателя на холостом ходу, внезапная остановка, пропуски воспламенения, хлопки в глушителе и во впускном трубопроводе [4], выделение черного дыма при разгоне, снижение мощности. Дополнительно растёт расход топлива. Ввиду увеличения скорости сгорания смеси, работа двигателя становится очень жёсткой.



Рис.2. Отложения на тарелке клапана системы EGR.

Для повышения показателей надёжности системы EGR необходимо исключить провоцирующие отказы причины. Снижение нагарообразования в выпускной системе может быть достигнуто добавлением в топливо специальной присадки, имеющейся в предложениях нескольких фирм. К сожалению, в регламентах технического обслуживания автомобилестроительных фирм и в сетях их официальных дилеров, отсутствуют процедуры профилактики системы EGR, что в сочетании с значительным спросом на данные услуги вынуждает авторемонтников разрабатывать свои комплексы операций [4,5]. Так, в работе [5] в качестве профилактического мероприятия при круглогодичной эксплуатации предлагает один раз в 30000 км или в два года, проводить чистку дроссельной заслонки, собственно клапана EGR, его диффузора, впускного патрубка к коллектору. Чистка производится без снятия с двигателя системы EGR.

3. Заключение:

Важность выполняемых функций требует высокой надёжности средств обеспечения экологической безопасности в выпускной системе дизельного автомобиля. В каталитическом нейтрализаторе, сажевом фильтре, системе рециркуляции отработавших газов постоянно происходят реакции химических превращений, поэтому их необходимо периодически обслуживать, в частности, очищать. Особенно это касается системы рециркуляции отработавших газов, имеющей в своём составе подвижные элементы, работающие в абразивной среде при высоких температурах. Надёжность компонентов выпускных систем в условиях эксплуатации у авторемонтников поддерживается за счёт рекомендаций автопроизводителей по замене отказавших элементов. Вместе с тем, имеются предпосылки для назначения некоторых профилактических и ремонтных воздействий, известен разрозненный опыт восстановления компонентов. Однако этот опыт не систематизирован и не стал достоянием технической общественности.

Литература:

1. Dityatev A.V., Belov V.I. Ekologicheskii standart euro 5 v Ukraine. "Avtomobilnyi transport i avtomobylebuduvannya. / V sb. Novitni tehnologii i metodi pldgotovtsi fahlvtslv "- Naukovl pratsl mlzhnarodnoYi naukovopraktichnoYi konferentsiYi, 19...20 zhovtnya 2017 r. - Harklv, 2017. s. 85 – 86.

2. Sazhevyiy filtr s kataliticheskim pokryitiem SSP 336. Sazhevy_filter_rus.pdf [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://vwts.ru>
3. Sistema EGR: neispravnosti, prichinyi ...- pro-sensys.com [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/raz-uzh-reshilis-otklyuchit-egr/>
4. Sistema retsirkulyatsii EGR. Printsip raboty. Obsluzhivanie. [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://www.drive2.ru/b/521556090488357201/>
5. Chistka klapana EGR. Osnovnyie polozheniya i instruktsiya. [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://www.drive2.ru/b/2199081/>

За контакти: канд.техн.наук Alexander Dityatiev, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, ул. Ярослава Мудрого, 25, Харьков, Украина, (+38) 068 608 20 95, alex-dit@ukr.net

ПРЕГЛЕД НА СЪВРЕМЕННИТЕ МОБИЛНИ СРЕДСТВА ЗА КОНТРОЛ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ НА АВТОМОБИЛИТЕ

REVIEW OF MODERN MOBILE MEANS OF CONTROL BY TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES

Ihor Marmut¹, Dmitry Sebko²

Abstract. The article reviews options for mobile diagnostic stations for mandatory technical inspections of cars. Mandatory technical inspection of passenger cars is available in all EU countries. In Ukraine, mandatory technical inspection for passenger cars was abolished in 2011. Currently, mandatory technical inspection is provided only for commercial vehicles: buses, trucks, licensed taxis. Having signed the association agreement with the EU in 2014, Ukraine undertook to return the technical inspection for all car owners. This requirement is contained in the 40th and 45th EU directives. Mobile diagnostic stations are a good alternative to stationary stations.

Keywords: mandatory technical inspection, mobile diagnostic station, criteria for use.

1. Introduction:

The constant increase in the country's car fleet puts forward increased requirements for the technical condition of cars. Checking the technical condition of cars can be done when passing a mandatory technical inspection. In Ukraine, it has long been planned to return a mandatory technical inspection for cars of individual owners [1, 2]. It was canceled back in 2011, but according to the directives of the European Union, this norm should be returned. The Ministry of Infrastructure was working on the relevant draft law even before the introduction of martial law.

The periodicity of technical inspection (TI) will depend on the age and type of vehicle. For example, the draft law states that passenger cars with no more than eight seats, in addition to the driver's seat, must be serviced 4 years after the first registration, and then every 2 years [3].

2. Presentation:

The analysis of the control and diagnostic equipment used in the technical inspection of cars allows dividing them into two large groups – stationary and mobile diagnostic stations (MDS) [4-7]. MDS is an alternative to a stationary station in the case when, for some reason, it is not possible to place a technical control line indoors. As the analysis of technical and patent literature showed, the development of MDS designs suitable for use by technical supervision bodies follows two main directions.

1. Mobile diagnostic stations, which are a converted motor vehicle (car or road train) on a wheeled chassis (option 1).

In fig. 1 presents a mobile technical control station of a German company MAHA (Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG) [8].



Fig. 1. Mobile technical control station of a German company MAHA

In fig. 2 presents the Energotest BRZ-20 mobile station for cars and light commercial

vehicles [9].



Fig. 2. Mobile technical control station Energotest BRZ-20 (Hungary)

In fig. 3 presents the integrated roadside inspection station Energotest MVA-40, which is built into a car semi-trailer [10].



Fig. 3. Comprehensive roadside inspection station Energotest MVA-40 (Hungary)

In fig. 4 presents the mobile station BM Mobile Trailer solution for cars and light commercial vehicles [11].



Fig. 4. Mobile station BM Mobile Trailer solution (Denmark)

2. Mobile diagnostic stations that do not have a wheeled chassis (option 2).

To move them from one place of work to another, general purpose motor vehicles (trucks, trailers) are used. For their unfolding and collapsing, lifting equipment is required.

In fig. 5 presents a universal mobile technical diagnostics station for all types of vehicles MTL-15 – manufacturer MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG [12].



Fig. 5. Universal mobile station for technical control of all types of motor vehicles MTL-15 by MAHA

In fig. 6 presents a mobile inspection station BM80000 [13].



Fig. 6. Mobile inspection station BM80000 (Denmark)

There are also mobile roller stands for checking the braking properties of cars [14] (fig. 7).



Fig. 7. Mobile braking roller stand BM3010 (Denmark)

All considered options of mobile stations include equipment for checking the technical condition of cars in accordance with the requirements of DSTU 3649:2010 [15]: a roller stand for checking braking systems, a device for checking steering, a device for checking headlights, devices for monitoring the toxicity of exhaust gases and others All versions of the stations have independent power supply, which allows you to perform the test in any conditions.

Table 1 shows the main characteristics of mobile technical control stations.

Table 1. Characteristics of mobile technical control stations

Indicator	Version 1				Version 2		
	Mobile technical	Energotest BRZ-20	Energotest MVA-40	BM Mobile	Universal mobile	Mobile inspection	Mobile braking

	control station of a German company MAHA			Trailer solution	station for technical control of all types of motor vehicles MTL-15 by MAHA	station BM80000 (BM 4010)	roller stand BM3010
Load on the stand, t	3,5	2,0	4,0	16,0	13,0	4,0	3,5
Diameter of rollers, mm	202	160	160	150	202	204	150
Inspection speed, km/h	5,0	3,2	5,0	3,0	3,0	5,0	2,0
Drive power, kW	6,0	7,6	6,0	11,0	18	3,8	1,1

3. Conclusions:

The difference in the designs of mobile stations according to option 1 and option 2 determines different ways of their use. Option 1 has much greater mobility (which, however, increases the cost of its operation), so such stations are advisable to use where frequent moving from place to place, rapid deployment and collapse are required. This is rational if a relatively small number of cars need to be checked at each place of operation of the station, and the distance from one place of work to another is quite large.

In option 2, the cost of inspections is somewhat lower, but high costs of transportation from one place of work to another. The organization of deployment and collapse is much more complicated. It is advantageous to use such stations in those places where the number of cars being inspected is large, and the submission of cars to the MDS does not require large idle runs. In addition, stations according to option 2 are very rational as a temporary means of organizing technical supervision. They can be installed in the summer on any site (in the autumn-winter period – in the appropriate room) and used in one place until the construction of the stationary diagnostic point is completed.

References:

1. Cherez rik tekhnolyad mozhe staty obov'yazkovym dlya vsikh: yaki avto yoho ne proyduť i chomu? [In a year, technical inspection may become mandatory for everyone: which cars will not pass it and why?]. Available: <http://surl.li/dcxyc>. Accessed on: April 11, 2023.
2. Obov'yazkovyy tekhnichnyy kontrol'. [Mandatory technical control]. Available: <http://surl.li/dcxxs>. Accessed on: April 11, 2023.
3. Povernennya tekhnolyadu dlya avtomobiliv: shcho proponuye Ministerstvo infrastruktury? [Return of technical inspection for cars: what the Ministry of Infrastructure offers?]. Available: <http://surl.li/dbsbc>. Accessed on: April 11, 2023.
4. Marmut I.A. (2001). Razrabotka nauchno-metodicheskikh osnov proyektirovaniya peredvizhnykh stantsiy diagnostiki [Development of scientific and methodological foundations for the design of mobile diagnostic stations]. Candidate's thesis. Kharkov: KhNAHU [in Ukrainian], 212 p.
5. Marmut I.A. (2011). Obosnovaniye ispol'zovaniya peredvizhnykh stantsiy dlya proverki avtomobiley [Rationale for the use of mobile vehicle inspection stations]. Transport, ekologiya – ustoychivoe razvitiye – Transport, ecology – sustainable development: Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference, (pp. 325-332). Varna.
6. Patrul'na politsiya otrymala mozhlyvist' provedennya mobil'nykh tekhnolyadiv avtomobiliv [The patrol police received the opportunity to conduct mobile technical inspections of cars]. Available: <http://surl.li/dbtim>. Accessed on: April 11, 2023.
7. Govorushchenko N.Y., Volkov V.P., Rabinovich E.Kh., Marmut I.A., Zuyev V.A. (2009). Rolikovyte stendy dlya proverki tormoznykh i tyagovykh svoystv avtomobiley (teoriya, raschet i konstruirovaniye) [Roller stands for testing brake and traction properties of cars (theory, calculation and design)]. Kharkov: KhNAHU [in Ukrainian], 344 p.
8. Mobile technical control station. MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG. Available:

<http://surl.li/dbsdv>. Accessed on: April 11, 2023.

9. Mobile roadside test station BRZ-20. Available: <http://surl.li/dfgki>. Accessed on: April 11, 2023.

10. Mobile roadside test station MVA-40. Available: <http://surl.li/dfgls>. Accessed on: April 11, 2023.

11. BM Mobile Trailer solution. Available: <http://surl.li/dfgmm>. Accessed on: April 11, 2023.

12. The test container MTL 15. MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG. Available: <http://surl.li/dcuqd>. Accessed on: April 11, 2023.

13. BM80000 Mobile Vehicle Inspection Lane. Available: <http://surl.li/dfgmy>. Accessed on: April 11, 2023.

14. Roller brake testers: <http://surl.li/dfgny>. Accessed on: April 11, 2023.

15. 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).

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 Dmitry Sebko, postgraduate, Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU), St. Yaroslav Mudryi, 25, Kharkiv, 61002, Ukraine, e-mail: dsebko@gmail.com, tel.: +38-057-707-36-87.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОПТИМАЛНИ СТАНДАРТИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ НА КОРМИЛНАТА УРЕДБА

DETERMINATION OF OPTIMAL STANDARDS FOR MANAGING THE TECHNICAL CONDITION OF DRIVING STEERING

Vyacheslav Pavlenko, Vladimir Kuzhel

Abstract: The steering system is a critical component of any vehicle that affects the safety and comfort of the driver and passengers while driving. Therefore, it is important to develop optimal standards for controlling the technical level of steering to ensure its functionality, reliability, and durability. In this article, we discuss the various factors that need to be considered when developing these standards, including the materials used, design specifications, and manufacturing processes. We also look at the importance of regular maintenance and quality control measures to ensure optimal steering condition. The article concludes with the definition of normative values for a diagnostic parameter that includes the stages of influence on the safety and performance of vehicles.

Keywords: steering, diagnostics, limit values, materials, production, quality control, reliability, durability, safety.

1. Introduction:

The system for managing the operational reliability of the steering system of front-wheel drive vehicles includes the following parameters: the maximum permissible values of the total α'_{py} and reduced backlash α'_{pm} and the frequency of monitoring these diagnostic parameters x_d .

The serviceability management system provides for routine monitoring of diagnostic parameters and the appointment of a certain set of technical interventions based on its results. In this case, the most important condition for improving the efficiency of the control system is to determine the optimal frequency of monitoring the technical condition of the system.

In this case, the optimal frequency should be understood as such a frequency that ensures trouble-free operation of the system with minimal specific costs for control operations, maintenance and repairs.

The task of establishing the frequency of steering diagnostics cannot be solved in isolation from studies of the reliability of the system and its elements, the technical condition of which affects the stability and controllability of the vehicle, and, consequently, traffic safety.

2. Presentation:

The analysis of the quantitative characteristics of the operational reliability of steering elements has shown that the following characteristics of the operational reliability of components and systems can be used as criteria for determining the optimal frequency of monitoring diagnostic parameters: probability of failure, probability of good condition (including recovery), failure rate, and time between failures. These characteristics cover a large number of factors affecting the reliability of the considered components, both structural and technological, and operational.

The task of determining the optimal periodicity of steering backlash measurement is considered as the task of finding the optimal control of a random process, as the choice of a control strategy for a preventive system (object) whose behavior is non-deterministic (random).

One of the main requirements for the implementation of optimal control methods is to establish such a frequency of monitoring the values of the induced and total backlash that would be less than the average run between failures when no control and

maintenance is performed. Taking this requirement into account, this control method will take into account all failures that lie in the distribution of runs between failures to the right of the value x_d - the desired optimal frequency of system diagnostics (Fig. 1).

Since the task of minimizing specific costs is essentially equivalent to maximizing technical availability, writing down the expression for determining specific costs and setting the derivative of this expression to zero, we will determine the optimal frequency of control. Obviously, the optimal control mode will be determined from condition [1]:

$$\frac{dM[C(x_d)]}{dtM[U(x_d)]} = 0, \quad (1)$$

where $M[C(x_d)]$ is the mathematical expectation of maintenance and repair costs at the set periodicity x_d of steering diagnostics; $M[U(x_d)]$ is the mathematical expectation of the system's operating time between preventive or repair actions at the control periodicity x .

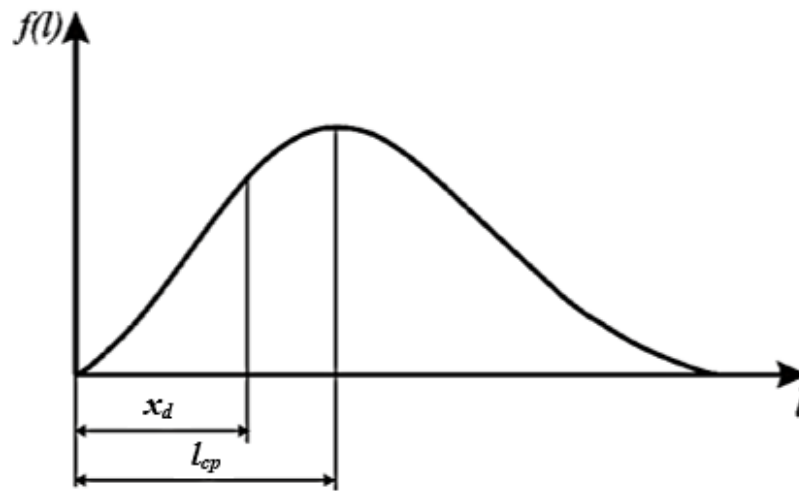


Fig. 1. Distribution function of mileage between failures (deviation of the values of total and reduced backlash in the steering system is more acceptable)

Thus, an equation can be written to determine the optimal frequency of steering system diagnostics:

$$\frac{F(x_d)}{[1-F(x_d)]^2} \int_0^{\tau} [1-F(l)] dl + \ln[1-F(x_d)] - \frac{C_{pm}}{C_{cr}} = 0, \quad (2)$$

where C_{pm} is the cost of preventive maintenance (control of total and reduced backlash, diagnostics and maintenance of components and systems that affect diagnostic parameters); C_{cr} is the cost of current repairs; x is the desired optimal diagnostic frequency; $F(l)$ is a standard distribution function.

This equation has a solution for any distribution law $F(l)$ [1].

The operating time of a vehicle's steering system from the beginning of operation until the occurrence of a malfunction that increases the backlash in the system is characterized by the failure probability function (distribution density) $f(l)$. The average mileage before the occurrence of the case of the total and reduced backlash values leaving the area of maximum permissible values is the mathematical expectation of the distribution series of a random variable and is generally determined by the formula:

$$l_{cp} = \int_{-\infty}^{+\infty} l f(l) dl. \quad (3)$$

If the service life of steering elements follows a normal distribution law [2], the function is described by the Gaussian equation:

$$f(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-l_{cp})^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

where l_{cp} is the average operating time before the appearance of backlash exceeding the maximum permissible value (mathematical expectation); σ is the standard deviation of a random variable.

The integral function of the normal distribution (cumulative curve plotted by the increasing sum of the number of cases) is described by:

$$F(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(l-l_{cp})^2}{2\sigma^2}} dl. \quad (5)$$

An analysis of the state of the art in determining the optimal standards for managing the technical condition of steering has shown that the main criterion for finding the optimal frequency of diagnosing objects on which traffic safety depends is the probability of failure-free operation.

However, in order to exclude cases of excessive reduction of the frequency of technical interventions on the steering of a car, it is necessary to check this frequency with an economic criterion. For this purpose, the most effective is the economic and probabilistic method for determining the frequency of technical influences developed by E.S. Kuznetsov [3, 4].

The author establishes the frequency of diagnostics (x_d) from the condition of minimum total specific costs for maintenance and repair (U) at a certain ratio of cost indicators of repair operations performed by force and on demand under the given characteristics of the law of operation distribution:

$$U = \frac{cF+dP}{x_d+L_P F} \Rightarrow \min, \quad (6)$$

where P is the probability of preventive maintenance (PM); F - probability of random failure ($F + P = 1$); $L_P = f(x_d)$ - time between failures.

To practically determine the optimal frequency of control of the total and induced backlash in steering, it is necessary to build a distribution function $F(l)$ of runs between failures of components that affect the increase in backlash in the system and determine it under specific operating conditions:

- basic distribution parameters (l_{ser} , σ , v);
- one-time costs of preventive (d) and repair (c) maintenance;
- total specific costs for the prevention and elimination of failures;
- optimal frequency of control - (x_d).

The solution to this problem requires additional statistical studies to determine the function $F(l)$ and its characteristics.

The most important stage in the development of a diagnostic system is the determination of standard values of diagnostic parameters that quantify the technical condition of the object. The following are used as normative indicators for diagnosing vehicles and their elements: nominal S_n , limit S_g and permissible S_p values.

In general, three methods are used to determine the standard values of diagnostic parameters:

- method of setting the limit value based on tolerance limits (with limited statistical information);
- method for determining the permissible value by the transient probability matrix (the change in the diagnostic parameter by operating time is stochastic and unpredictable);
- a method for determining the standard values of a diagnostic parameter in relation to its connection with a structural parameter.

The application of each of these methods is determined by information about the realization of diagnostic parameters and the nature of their relationship with the performance indicators of the unit. The third method is the most widely used for diagnosing machines. It involves determining the standard values of diagnostic parameters by their relationships with structural parameters while minimizing the specific costs of operation, maintenance, and repair, taking into account the accuracy of the parameter measurement.

Failure to comply with the standard values of diagnostic parameters that assess the technical condition of the steering system leads to a decrease in vehicle safety and additional operating costs (increased fuel consumption, repair costs due to reduced durability and reliability of components, increased tire wear, etc.). The standard values of these indicators cannot be uniform due to differences in operating conditions. Therefore, their determination is carried out differentially for specific operating conditions using a statistical method that takes into account the patterns of change in the technical condition of the object.

The essence of the method is that, based on the results of the steering inspection of a batch of cars, a histogram of the distribution of diagnostic parameter values and its approximating theoretical curve are constructed. It is assumed that the resulting distribution contains only those parameters that belong to serviceable objects. The values of parameters belonging to faulty objects will fall outside this distribution.

The diagnostic parameters that are farthest from the nominal or average value and belong to the resulting distribution can be referred to as threshold parameters. However, it should be borne in mind that these extreme values of diagnostic parameters can correspond to both the good and faulty state of the object. Therefore, by analogy with the methodology used in reliability theory, the scattering region of the diagnostic parameter is limited by the limits corresponding to the required level of probability of proper operation. This restriction is chosen taking into account the errors of the I and II kind that are possible during diagnostics.

A type I error (incorrect fault) is the recognition of a mechanism as faulty, when in fact it is still in good condition. A type II error (missed fault) is the recognition of a mechanism as serviceable when in fact it is in a faulty state.

The practice of operating machines shows that all values of the diagnostic parameter that are within the scatter of $S_{p0.85}$ correspond to a serviceable condition (Fig. 2). In this case, the error of the second kind (fault miss) will be minimal.

The values of the parameter that fall outside the scatter $S_{n0.95}$, limited by the probability level $P \geq 0.95$, correspond to a faulty state and the minimum value of the error of the first kind.

The values of the parameter within the range of $S_{n0.85} - S_{n0.95}$ will correspond to both the faulty and the faulty state. The probabilities of both states are the same, and the errors of the I and II kind will be approximately 5%.

Limiting standards for the most critical mechanisms and systems, such as steering and braking systems, for which type II errors should be minimal, are limited to a more stringent 85% probability level. For other mechanisms, for economic reasons, this limit is less stringent - 95%.

In the framework of this study, it is necessary to standardize only the maximum permissible value of the induced backlash in the steering, since the permissible value of the total backlash is set by the manufacturer.

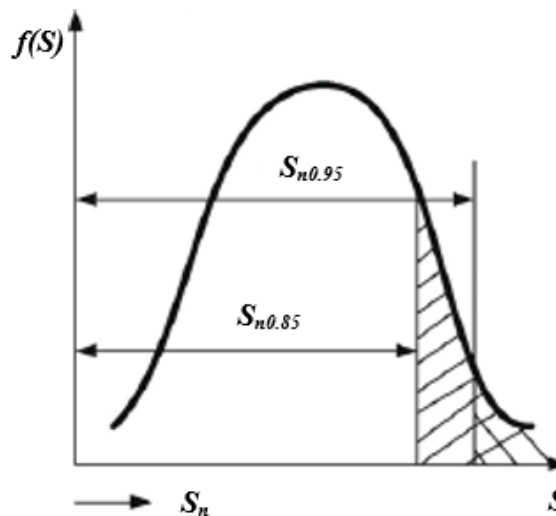


Fig. 2. Scheme for determining the limit values of diagnostic parameters

The sequence for determining the standard values of the diagnostic parameter includes the following stages [5]:

- measurement of α'_{pm} values at the maximum permissible value of the gap in the steering gear in the inspection sample;
- the results are presented in the form of a table in ascending order and the limits of their scattering are determined, i.e., the largest α'_{maxpm} and the smallest α'_{minpm} values;
- determine the number of intervals and the interval width of the resulting variation series $\Delta\alpha'$;
- after excluding abnormal results from the sample, the numerical characteristics (arithmetic mean $\bar{\alpha}'$, standard deviation σ and coefficient of variation v) are determined;
- to establish the law of distribution of the random variable α' , the results of information processing are graphically presented in the form of a histogram;
- based on the type of histogram and the value of the coefficient of variation v , the theoretical law of distribution of α' values is selected;
- the hypothesis that the survey results belong to the selected distribution law is tested using the agreement criteria (Pearson's χ^2 , Kolmogorov, etc.).

Having established the law of distribution of the parameter α'_{rm} and the probability level $P(0.85)$, its marginal standards are determined. For a normal law, for example, with a one-sided restriction and $P = 0.85$, they will be as follows:

$$\alpha'_{pm}^{np} = \bar{\alpha}'_{pm} + 1,5\sigma . \quad (7)$$

The values of the normative indicators obtained in this way are close to optimal, since the statistical material was obtained under real operating conditions and takes into account the interaction of the entire complex of factors characterizing the possible realization of the efficiency of the diagnostic object.

3. Conclusions.

Ensuring high indicators of the reliability of the functioning of the steering system of a car in operation is possible only if there is information about its technical condition, which can be obtained from the results of diagnostics.

The paper proposes standards for the steering performance management system (maximum permissible values of total and induced backlash, frequency of their control), which are determined by the economic and probabilistic method.

References:

1. Govorushchenko N.Ya. Diagnosis of the technical condition of cars / N.Ya.Govorushchenko - M.: Transport, 1970. - 256 c.
2. Govorushchenko N.Ya. Technical Operation of Cars / N.Ya.Govorushchenko - Kharkov: High School, 1984. - 312 c.
3. Kuznetsov E.S. Management of technical operation of vehicles / E.S. Kuznetsov - M.: Transport, 1990. - 272 c.
4. Smelyakov N.N. 4.Technical maintenance of machinery and equipment by foreign firms / N.N. Smelyakova - M.: Vneshtorgizdat, 1973. - 497c.
5. Miroshnikov, L.V. Diagnosis of the technical condition of cars on the road transport enterprises / L.V. Miroshnikov - M.: Transport, 1977. - 263 c.

За контакти:

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

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.

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВПРЫСКИВАНИЯ БЕНЗИНА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ФОРСУНКАМИ РАЗЛИЧНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА РАБОТУ ИНЖЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Юрий Горбик

INFLUENCE OF NON-UNIFORM INJECTION OF GASOLINE BY ELECTROMAGNETIC INJECTORS OF VARIOUS TECHNICAL CONDITIONS ON THE OPERATION OF AN INJECTION ENGINE

Yurij Gorbik

Abstract. The article proposes a method for determining the energy characteristics of a car equipped with a distributed fuel injection system on a stand with running drums, taking into account the technical condition of the injectors.

Keywords: car, injector, valve solenoid, stand, fuel consumption.

1. Введение:

Работа автомобильного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) основана на процессах преобразования химической энергии топлива в механическую работу. От качества протекания этих процессов зависят такие эксплуатационные свойства двигателя как экономичность и токсичность отработанных газов. Микропроцессорные системы управления (МПСУ), которые широко применяют на автомобильном транспорте, позволяют существенным образом улучшить указанные эксплуатационные свойства ДВС, обеспечивая оптимизацию процесса топливоподачи с учетом нагрузочных режимов и внешних факторов. Точное дозирование и мелкое распыливание бензина обеспечивают электромагнитные клапанные форсунки, являющиеся конечными узлами в этих системах.

В большинстве современных двигателях подача жидкого или газообразного топлива в цилиндры осуществляется механическим способом под управлением микропроцессорных систем преимущественно путем распыления с помощью клапанных форсунок. К работе форсунки предъявляются исключительно высокие требования, как по быстродействию, так и по точности дозировки заданного количества топлива. Для бензиновых двигателей электромагнит форсунки должен открывать и закрывать клапан за 1 миллисекунду. При диагностировании автомобиля на топливную экономичность или для решения задач нормирования топлива можно зная характеристики форсунок применяемых на данном типе двигателя и измерив, длительность их открытия мы с достаточной точностью можем измерять мгновенный расход топлива при движении автомобиля с заданной скоростью на дороге или на стенде с беговыми барабанами.

Основные принципы оценки топливной экономичности и нормирования расхода топлива заложены в работе [1], где с позиции системотехники и энергетического подхода рассмотрены конструктивные и эксплуатационные параметры эффективности работы транспортных средств. В работе [2] предлагается использовать новый метод расчета расхода топлива в процессе диагностирования на стенде с беговыми барабанами.

Практика обслуживания инжекторных систем впрыска позволяет утверждать, что при работе на отечественном топливе форсунки нуждаются в очистке через 30-40 тыс. км пробега автомобиля. Или примерно через два года эксплуатации. Однако, не пробег, не сроки не являются показатели необходимости мойки форсунок. Поскольку все зависит не только от условий и района эксплуатации, но и от случайных факторов, например: сбои в электронной системе управления двигателем (сбои рабочих режимов систем питания или зажигания). Кроме того, засорение системы питания может произойти в короткий срок, если приходилось заправляться низкокачественным бензином. Поэтому необходимо разработать методику диагностики форсунок, которая позволит принимать решение о необходимости мойки или замены форсунок.

Значительные трудности возникают при проведении технического обслуживания топливных систем, когда надо принять решение о необходимости мойки форсунок. Так,

как операция мойки форсунок не включена в плановые операции регламентных работ по обслуживанию и выполняется, как правило, по заявке владельца автомобиля.

Поэтому задача настоящих исследований состоит в разработке методики оценки отклонений эксплуатационных показателей форсунок от номинальных значений с целью поддержания энергетические и экологические характеристики автомобильных бензиновых двигателей на заданном уровне.

2. Изложение:

В реальных системах в основу алгоритма управления форсунками положена упрощенная модель определения цикловой подачи по статической производительности форсунки и продолжительности управляющего импульса. В этой модели принимается постоянное эффективное проходное сечение распылителя форсунки, а продолжительность открытого состояния клапана форсунки принимается равной продолжительности управляющего импульса, которую определяют по принципу базовой и корректирующей матриц [3]. По этой модели цикловая подача топлива [4]:

$$G_{ци} = g_{cm} \cdot \tau_k, \quad (1)$$

где g_{cm} – статическая производительность форсунки,
 τ_k – продолжительность управляющего импульса на форсунке.

Под статической производительностью форсунки g_{cm} понимают ее способность пропустить количество топлива G_n при постоянно открытом клапане за определенный промежуток времени τ_g . Таким образом, статическая производительность форсунки определяется способом статического пролития при постоянном давлении топлива и при постоянно открытом клапане за время τ_g и определяется по формуле:

$$g_{cm} = \frac{G_n}{\tau_g}. \quad (2)$$

При этом количество топлива:

$$G_n = \mu f_{con} \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n} \cdot \tau_g, \quad (3)$$

где μf_{con} - постоянное эффективное проходное сечение распылителя форсунки при полностью открытом клапане,

ΔP_n - постоянный перепад давления топлива на форсунке,

τ_g - время измерения при пролитии.

При подготовке проведения экспериментов для повышения точности измерений количества топлива производилась оценка статической производительности форсунок используемого автомобиля Skoda Octavia на стенде ASNU-01 фирмы Bosch, что обеспечивает высокую точность определения. Для воспроизведения статического режима пролития на обмотки электромагнитных форсунок подается постоянное напряжение. Время измерения $\tau_g = 10 - 30$ с, на протяжении которого форсунки открыты и происходит пролитие, формируется в электронном блоке с помощью генератора частоты и счетчика импульсов.

С учетом формул (2) и (3) статическая производительность форсунки представляет собой массовую скорость истечения топлива через распылитель и численно равняется:

$$g_{cm} = \mu f_{con} \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n}. \quad (4)$$

В уравнении (4) μf_{con} , ρ_n и ΔP_n – величины постоянные, а управляют топливоподачей, изменяя продолжительность электрического управляющего импульса τ_k , который подается на электромагнит форсунки. В системах управления двигателем для сохранности расходных характеристик форсунок при разных режимах работы двигателя в условиях эксплуатации, подача топлива ведется при постоянном перепаде $\Delta P_n = P_a - P_s$ между давлением топлива и давлением во впускном трубопроводе после дроссельной заслонки. Для этого в топливной системе введена обратная связь по давлению, для чего установлен стабилизатор перепада давления, редукционный клапан которого с мембранным приводом нагружен пружиной, причем полость над мембраной соединяется с полостью за дроссельной заслонкой.

Известно, что якорь электромагнита клапана запаздывает во времени при подъеме на величину τ_n и опускании на τ_o . Это приводит к тому, что продолжительность открытого состояния клапана форсунки $\tau_{впр}$ отличается от продолжительности электрического управляющего импульса τ_k , подаваемого на обмотку электромагнита форсунки на величину:

$$\tau_{впр} = \tau_k - \tau_n + \tau_o, \text{ или } \tau_{впр} = \tau_k - \Delta\tau_n, \quad (5)$$

где $\Delta\tau_n = \tau_n - \tau_o$ – учитывает несоответствие управляющего импульса τ_k к реальному времени впрыскивания $\tau_{впр}$.

Учитывая это условие формула (1) будет иметь вид:

$$G_{uni} = g_{cm} \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n). \quad (6)$$

Несоответствие $\Delta\tau_n$ можно определить путем динамического пролития форсунок с применением стенда по проверке и очистке форсунок ASNU-01 фирмы Bosch. Для этого использовали такой режим работы форсунок, когда в рампе стенда поддерживается постоянное давление топлива, а клапаны открываются на короткое время при подаче на обмотки форсунок управляющих импульсов продолжительностью $\tau_k = 1 - 20$ мс, которые формируются в электронном блоке на основе эталонных интервалов времени. Имеющийся счетчик импульсов в этом режиме измеряет количество цикловых подач j . Такой подход позволяет не применять секундомер, а устанавливать с помощью переключателя калиброванные интервалы времени и обеспечивает высокую повторяемость режимов испытаний [4].

Тогда цикловую подачу G_{und} , можно определить по результатам динамического пролития:

$$G_{und} = \frac{G_{nd}}{j}. \quad (7)$$

где G_{nd} – количество топлива, накопленное в измерительном сосуде стенда за время динамического пролития,

j – количество впрыскиваний (цикловых подач), сделанных за время пролития.

По результатам статического и динамического пролития определяем величину несоответствия $\Delta\tau_n$ для каждой форсунки:

$$\Delta\tau_n = \tau_k - \frac{G_{nd}}{G_n} \cdot \frac{\tau_e}{j}. \quad (8)$$

На практике удобнее пользоваться поправочным коэффициентом k_τ , который учитывает запаздывание срабатывания форсунок.

Его определяем из формулы:

$$k_\tau = 1 - \frac{\Delta\tau_n}{\tau_k}. \quad (9)$$

На основании выше изложенного для вычисления текущих значений цикловой подачи дискретными методами, в формуле (1) необходимо умножить статическую производительность форсунки g_{cm} на продолжительность электрического управляющего импульса τ_k и коэффициент k_τ , который учитывает запаздывание срабатывания форсунок.

Цикловая подача топлива через распыливающее отверстие форсунки с постоянным перепадом давления топлива ΔP_n будет определяться по формуле:

$$G_{uni} = g_{cm} \cdot \tau_k \cdot k_\tau = \mu f_{con} \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n} \cdot \tau_k \cdot k_\tau. \quad (10)$$

3 Проведение эксперимента:

Экспериментальные исследования проводились с использованием переднеприводного автомобиля Skoda Octavia с силовым агрегатом AGU 1,8 20V Turbo с использованием системы сбора данных, построенной на основе персонального компьютера, модуля введения аналоговых сигналов и программного приложения PowerGraf Professional. Для идентификации режимов работы двигателя используются сигналы датчиков частоты вращения, температуры охлаждающей жидкости, положения дроссельной заслонки, состава отработавших газов и включения стартера. Для нашего случая для определения расхода топлива автомобилем на стенде с беговыми барабанами при заданной скорости мы с помощью системы сбора данных снимали следующие сигналы: частоту вращения барабанов (величину напряжения на тахогенераторах), скорость автомобиля, длительность впрыска первой форсунки, сигнал положения распредвала. Затем используя математические модели можно с достаточной точностью определить расход топлива при заданной скорости движения на стенде и заданной нагрузки.

Удельный путевой расход топлива в л/100 км можно определить по формуле:

$$Q_{л/100км} = \frac{100 \cdot Q_n}{V_a}. \quad (11)$$

где Q_n – объемный часовой расход топлива по формуле, л/ч;

V_a – скорость автомобиля.

Объемный часовой расход топлива определяем по формуле:

$$Q_n = g_{cm} \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n) \cdot 1,2 \cdot n \cdot 10^{-4} = 0,0005 \cdot n \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n) \quad (12)$$

Для автомобиля Skoda Octavia $\Delta\tau_n = 0,04$ мс.

Частоту вращения коленчатого вала по определяем по формуле:

$$n = \frac{1,2 \cdot 10^5}{T_u}. \quad (13)$$

Используя программное приложение PowerGraf Professional обрабатываем массив

данных для заданной передачи КПП и скорости движения идентифицируем сигналы для заданного режима работы двигателя и измерив, электрические величины сигналов: продолжительность управляющего импульса τ_k на форсунке (мс) – из графика «Напряжение на форсунках», напряжение U_o из графика «скорость вращения барабанов», период обращения распределительного вала T_u (мс) – из графика «датчика фазы» и подставив эти значения в формулы (11), (12), (13) получим значение расхода топлива.

4. Заключение:

Фазированное впрыскивание обеспечивает равные условия смесеобразования во всех цилиндрах. Но из-за технологического разброса характеристик форсунок существует неравномерность подачи топлива. Если комплект форсунок для двигателя подобран с малыми отклонениями μf (например $\pm 3\%$), а время запаздывания примерно одинаковое, то неравномерность подачи бензина в цилиндры нового двигателя обеспечивается примерно в таких же пределах.

Изменение статических и динамических характеристик форсунок в процессе эксплуатации оказывает существенное влияние на неравномерность подачи топлива. Изменение проходного сечения распыливающих отверстий влияет на общую производительность форсунок. Разница в запаздывании перелёта клапанов форсунок в 0,1 мс приводит к росту неравномерности на режимах малых подач в 2...2,5 раза.

Описанный метод определения энергетических показателей автомобиля можно применять для работ по определению расхода топлива на автомобилях оборудованных системами распределенного впрыска топлива, а также для определения или уточнения базовых норм расхода на транспортную работу с учетом условий эксплуатации.. Предварительная проверка форсунок, их статическая и динамическая проливка на стенде исключает погрешности измерений связанные с техническим состоянием этих элементов системы впрыска топлива.

Литература (изцяло на латиница):

1. Govorushenko N.Ya. Sistemotekhnika transporta. / N.Ya. Govorushenko, A.N. Turenko. - Izd. 2-e, pererab. i doln. – Harkov: RIO HGADTU, 1999. – 468 s.
2. Govorushenko N.Ya. Metody sistemnogo raschetno-analiticheskogo i stendovogo diagno-stirovaniya legkovykh avtomobilej / N.Ya. Govorushenko, Yu.V. Gorbik // Avtomobilnyj transport: Sb. nauch. trudov. – Harkov: HNADU, 2009. - № 25. – S. 58-61.
3. Giryavec A.K. Teoriya upravleniya avtomobilnym benzinovym dvigatelem. M.: «Rus-skij servis», 1997. – 190 s.
4. Pojda A.M. Tehnichna ekspluatatsiya avtomobiliv z mikroprocesornimi sistemami keruvannya : laboratornij praktikum / A.M. Pojda. – Harkiv : HNADU, 2012. – 172 s.

За контакти:

Yurij Gorbik, 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: yur-agorbik@gmail.com, tel.: +38-057-707-36-87.

CONTROL OF VITRATI PALIVA WITH VANTAGE CARS BY THE REQUIREMENTS OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Gritsuk Igor, Volkov Vladimir, Yevhen Ukrainskyi, Volkova Tetiana, Pliekhov Oleksandr

Abstract. The purpose of the study is to improve the method of ensuring the fuel efficiency of trucks by means of intelligent transport systems in variable operating conditions. The analysis of the processes of ensuring the operational control of the fuel consumption of cargo vehicles shows the perspective of their implementation on the basis of modern intelligent transport systems, the main tool of which is the method of remote monitoring. A mathematical model of an improved method of ensuring the fuel efficiency of trucks has been developed, which includes a process and analytical component for estimating limit values, forming optimal characteristics and forecasting parameters of technical condition and fuel consumption by the engine and vehicle in the processes of cargo transportation. The mathematical model is built on the basis of differential and algebraic equations developed at Khnadu, National Technical University and personally by the authors. The improved method of determining and calculating fuel consumption by a vehicle in operating conditions is based on the IPC "Virtual Mechanic "NADI-12"" and IPC "Service Fuel Eco "NTU-HADI-12"" of the KHNADU.

Keywords: car, fuel economy, mathematical model, method, fuel consumption, monitoring, information sources, intelligent transport systems, operating conditions.

1. Introduction:

The efficiency of the functioning of vehicles (vehicles, cars) depends on the conditions of their operation. In the processes of technical operation of trucks, savings are expressed first of all in the form of rational use of fuel and lubricants. In order to find out how to increase economic efficiency, it is necessary to understand how fuel savings are obtained in practice, to identify the source of its formation. In general, up to 50% of the cost price transportation directly or indirectly depends on the quality and efficiency of the TOC. The fuel efficiency of a car directly evaluates the efficiency of its use. During the operation of the rolling stock, technical and organizational measures are carried out in order to effectively use the fuel economy of the vehicle and save energy.

Fuel efficiency is currently one of the most important operational properties of vehicles, the role of which is constantly growing. In operating road transport enterprises (PJSC), fuel accounts for about 25% of all freight transportation costs [1]. Annual surveys of the research laboratory of Great Britain established the influence of 17 different factors on the amount of fuel consumption [2]. The total number of factors determining fuel economy is much higher. In work [1], typical design and operational factors affecting fuel consumption during operation are considered. The author states that road, transport and natural and climatic conditions determine the cost of transportation, car performance and traffic safety. From the experience of operating cars, it is known that at the same average speed, fuel consumption can vary by up to 20% and will depend on the uneven nature of the movement [3].

Studies of monitoring and control of fuel consumption of parameters of the technical condition of vehicles in operating conditions are given sufficient attention in the researches of domestic and foreign scientists. [3, 4, 5, 6] made a significant contribution to the development of the theory of methods, methods and techniques for monitoring the main operational indicators and parameters of the technical condition of vehicles on various types of transport.

The analysis of the processes of ensuring the operational control of the fuel consumption of cargo vehicles shows the perspective of their implementation on the basis of modern intelligent transport systems, the main tool of which is the method of remote monitoring. Remote monitoring of cargo vehicles is an effective tool designed not only for monitoring the location and movement of vehicles, but also for a large number of parameters of their technical condition.

Monitoring the quality of movement and fuel consumption of vehicles enables the operation service and technical service of PJSC to receive operational information on fuel consumption indicators and to take preventive actions in a timely manner based on the parameters of the technical condition. For system operators (drivers and dispatchers), anticipatory diagnosis of vehicle accidents is one of the technologies for preventing time loss [7].

Ensuring control and management of fuel consumption and parameters of the technical condition of cargo vehicles of category N₃ in variable conditions of their operation is proposed to be

solved thanks to the improvement and formation of the method of determined indicators that ensure fuel efficiency on the basis of intelligent transport systems.

The purpose of the study is to improve the method of ensuring the fuel economy of trucks by means of intelligent transport systems by determining and calculating the fuel consumption of trucks in operating conditions.

2. Statement:

The process of improvement and formation of the method of ensuring the fuel economy of vehicles (on the example of a truck of category N₃) in variable conditions of operation by means of control based on intelligent transport systems involves clarification of information on fuel consumption, actual technical condition, methods and means of their implementation. Based on information on fuel consumption parameters and technical condition, the specified task can be expressed as a complex function in the implementation of the corresponding tasks shown in equation (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{Gtp}(\bar{H}_t, t, \Delta t, \bar{X}_i(t), \bar{X}_i(t - \Delta t), \dots, \bar{X}_i(t - n\Delta t), DK_{ti}) = S_{GII}; \\ S_{GII} = \Omega_l^{m_i}(e_Q, r)^J; \\ S_{GII} = F_{Gtp}(S_{T3S}; S_{T3L}; S_{T3M}); \\ S_{GII} = F_{Gtp}((M_{i1}, M_{i2}, M_{i3}); (T_{ST3}, P_{DU})); \\ M_{i1} = F_{i1i}(\bar{X}_{GMti}(t)); \\ M_{i2} = F_{i2i}(\bar{X}_{G2ti}(t)); \\ M_{i3} = F_{i3i}((\bar{X}_{Mt13i}(t)); (\bar{X}_{Mt23i}(t)); (\bar{X}_{Mt33i}(t)); (\bar{X}_{Mt43i}(t))); \\ T_{ST3} = F_{ST3i}((\bar{X}_{GMti}(t)), DK_{ti}); \\ P_{DU} = F_{DUi}(\bar{X}_{DUti}(t)). \end{array} \right. \quad (1)$$

де F_{Gtp} – information on the parameters of fuel consumption and the technical condition of N₃ category cargo vehicles under variable operating conditions in interaction with the infrastructure; $\bar{H}_t$ – vector of engine and train control bodies in time t ; t – current time; Δt – interval between measurements; n – number of intervals in the past; $\bar{X}_{i(t)}$ при $i = 1, \dots, m$ – parameters of vitrati paliva and characteristics of the technical state in the processes of monitoring in the process of monitoring of the minds of the exploitation of the interoperability with the infrastructure, which should be taken into account and included in the cross-reference of retrospective factors (speediness of technical specifications, the burden of a vintage road train only); m – number of parameters and characteristics to be changed; DK_{ti} – status of road train malfunctions based on the results of their appointment; Ω – display operator; S_{GII} – a system (bagatorizmirniy pokaznik) for ensuring the fuel economy of vehicles in modern minds of operation by means of control based on intelligent transport systems (in this case, the system S_{GII} – fermentation of warehouse authorities (pidob'ektiv) e_Q and it r expression for m_i in part J in l pidob'ektiv otrimannya informatsii i pidob'ektiv zabezpechenny palivnoi ekonomichnosti warehousing); m_i – the number of collaterals for obtaining information about the parameters of the vehicles; l – connections between the constituent elements (means) of observation and the very objects of ensuring the fuel economy of vehicles; e_Q – a set of sub-objects of ensuring the fuel efficiency of vehicles; r – set of relations between them; J – tasks of operational control and management; S_{T3S} – a component of the security functionality S_{GII} information about the operation of TK based on server solutions for monitoring; S_{T3L} – a component

of the functionality of providing S_{Gn} with information about the intended use and operation of the road train based on a local source of monitoring information; S_{T3M} - a component of the functionality of providing S_{Gn} with information about the operation of TK based on network databases of monitoring performance; F_{Gtp} – information on the parameters of the process of increasing the fuel economy of vehicles under operating conditions (1), as a combination of objective and subjective factors of vehicle operation; F_{i1i} – information on the parameters of fuel consumption rationing on the route (part of the route) of the vehicle; F_{i2i} – information on the parameters of the full weight of the cargo vehicle; F_{i3i} – information on parameters of operating conditions of vehicles with the following components: road, transport, natural and climatic and work culture in variable operating conditions in interaction with infrastructure; F_{ST3i} – information about the parameters of the technical condition of the vehicle; F_{DUi} – information about the parameters of vehicle control modes; $\bar{X}_{GMti}(t)$ at $i = 1, \dots, m$ – parameters of normalization of fuel consumption on the route (part of the route) of the vehicle, which are measured and included in the list of retrospective factors; $\bar{X}_{G2ti}(t)$ at $i = 1, \dots, m$ – total mass parameters (M_{i2}) vehicle; $\bar{X}_{Mt13i}(t)$, $\bar{X}_{Mt23i}(t)$, $\bar{X}_{Mt33i}(t)$, $\bar{X}_{Mt43i}(t)$ at $i = 1, \dots, m$ – parameters of operating conditions of vehicles with the following components (respectively): road, transport, natural and climatic and work culture in variable operating conditions in interaction with infrastructure, which are measured and included in the list of retrospective factors; $\bar{X}_{GMti}(t)$ - at $i = 1, \dots, m$ – parameters of the technical condition of TK in monitoring processes, which are measured and included in the list of retrospective factors; $\bar{X}_{DUit}(t)$ – at $i = 1, \dots, m$ – parameters of vehicle control modes.

The process component of the system forms the provision of fuel economy of cargo vehicles of category N3 in variable operating conditions based on operational control information. The analytical component is intended for the assessment of limit values, the formation of optimal characteristics and the forecasting of parameters of the technical condition and fuel consumption of the engine and vehicles in the processes of transporting goods. Also, the analytical component performs the calculation and analytical formation of the corresponding component of the implementation of operational control and, in general, ensuring the fuel economy of the vehicle in its individual components while reproducing the processes of ensuring fuel economy. For this purpose, we use the algorithm for ensuring [10] the fuel economy of N₃ category cargo vehicles in variable operating conditions by means of control based on intelligent transport systems, which was developed on the basis of provisions [2, 4, 8, 9].

Thus, in the part of the calculation and analytical system, taking into account the variable nature of the processes, the reduced rate of fuel consumption on the site was calculated:

$$G_{\Pi ij}^{\text{норм}}(t) = \frac{((G_{\text{б.лн}}^{\text{норм}} + G_{\text{пр } j}^{\text{норм}}(t) \cdot m_{\text{пр } j}) \cdot S_{ij} + G_{\text{тр.роб } ij}^{\text{норм}} \cdot m_{\text{вант } j} \cdot S_{\text{вант } ij}) \cdot (1 + 0.01 \cdot K_{Z ij}(t))}{100}, \quad (2)$$

де $G_{\Pi ij}^{\text{норм}}(t)$ – the fuel consumption rate for the i -th section of the j -th vehicle trip is given, (l/100 km); $G_{\text{б.лн}}^{\text{норм}}$ – basic linear rate of fuel consumption of vehicles, (l/100 km); $G_{\text{пр } j}^{\text{норм}}(t)$ – the rate of fuel consumption per ton of the weight of the equipped semi-trailer for the j th trip, (l/100 t·km); $m_{\text{пр } j}$ – curb weight of the semi-trailer, (t); S_{ij} – the length of the section and for the j th trip, (km); $G_{\text{тр.роб } ij}^{\text{норм}}(t)$ – the rate of fuel for carrying out transport work, (l/100 t·km); $m_{\text{вант } j}$ – mass of the

cargo transported by the vehicle for the j -th trip, (t) ; $S_{\text{вант } ij}$ – distance of the trip with cargo on the site and the j th trip, (km); $K_{z\,ij}(t)$ – the total correction factor that takes into account the operating conditions of the vehicle for the i -th section of the j -th trip.

Taking into account the variable nature of vehicle operation processes and, accordingly, fuel consumption on the sections, it was proposed to use the fuel consumption coefficient, which takes into account the vehicle movement modes on the sections of the route, to assess fuel economy $k_{\text{пв } ij}^{\text{p.p.}}(t)$ and the coefficient of sustainable fuel economy $k_{\text{ек.пал.}j}^{\text{ст.}}(t)$:

$$k_{\text{пв } ij}^{\text{p.p.}}(t) = 1 - \frac{G_{\text{п } ij}^{\Phi}(t)}{G_{\text{п } ij}^{\text{норм}}(t)}; \quad (3)$$

$$k_{\text{ек.пал.}j}^{\text{ст.}}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e^{-\frac{\delta G_{\text{п } ij}(t)}{G_{\text{п } ij}^{\text{норм}}(t)} \cdot 10}, \quad (4)$$

де $k_{\text{пв } ij}^{\text{p.p.}}(t)$ - the fuel consumption coefficient, which takes into account the modes of movement of the vehicle on the i -th section of the j -th trip; $G_{\text{п } ij}^{\Phi}(t)$ – actual fuel consumption on the route section on the i -th section of the j -th trip; $G_{\text{п } ij}^{\text{норм}}(t)$ – standard fuel consumption on the i -th section of the j -th trip; $k_{\text{ек.пал.}j}^{\text{ст.}}(t)$ – coefficient of sustainable fuel economy for the j -th trip; n – the number of sections of the j -th trip; $\delta G_{\text{п } ij}(t)$ – given fuel economy for the i -th section of the j -th trip, l/100 km; $G_{\text{п } ij}^{\text{норм}}(t)$ – fuel consumption rate for the i -th section of the j -th trip, l/100 km of the j -th trip, l/100 km; $G_{\text{п } ij}^{\text{норм}}(t)$ – fuel consumption rate for the i -th section of the j -th trip, l/100 km.

In order to determine the fuel efficiency of the vehicle under operating conditions, while reproducing the processes in the computational and analytical support, mathematical models were chosen based on differential and algebraic equations developed at KHNADU, NTU and personally by the authors, which were adapted with appropriate changes in the part of the initial data and algebraic equations for improvement of the existing method.

Formation of the processes of providing the necessary information for the SGn study is based on the basis of (1) solutions of external servers of STZS, in accordance with the provisions [3, 5, 10].

Local sources of information on vehicle STZL and network databases of vehicle STZM are also needed. Such an aggregate provides the possibility of creating a repository of accumulated information, supporting the user environment for receiving and editing the received information, systematizing the received information and displaying it in a complete complex.

The main sources of information and their results were obtained in the processes of forming the information field of the processes of observing the parameters of fuel consumption and the technical condition of vehicles under operating conditions. These are the coordinates of the cargo vehicle on the map in real time of operation, operational road models, the results of vehicle tracking, etc. The main sources of information about operating conditions for the formation of a system of remote operational control of fuel consumption and technical condition of vehicles, taking into account the features of the infrastructure, will be selected from [10]. In

order to solve the main tasks of the technical operation of vehicles, information is needed about the patterns of changes in fuel consumption of vehicles and their technical condition under the influence of operational factors. Information about the specified regularities is necessary for the effective application of scientifically based standards for maintaining vehicle in a working condition, for managing it [1, 11].

Operating conditions of vehicles affect the main modes of operation of their components, that is, speeding up or slowing down the change in fuel consumption parameters and technical condition. Performance indicators of technical operation are realized in operational conditions.

Taking into account the specified operating conditions is necessary when determining the need for the main material resources of the operating processes. These include spare parts and materials, production and technical base, working personnel, etc. It is customary to distinguish between the following in the processes of vehicle operation: road conditions; traffic conditions; natural-climatic and seasonal conditions; transport conditions (or transportation conditions), work culture, etc. [1, 11]. The most important factors of operating conditions, which vary widely, include road, transport and climatic conditions.

The components of the coefficient of operating conditions were determined as follows using the monitoring system [1, 10, 11, 12]:

- for the implementation of the research processes of fuel economy, technical condition and evaluation of the operating conditions of the vehicle, an operating model of the road was developed, which is the basis of the information interaction of the system:

$$F_{ets}(RV_R)_i = (Idt_{RV_i}, Categ_{RV_i}, Cod_{Dil_i}, Dt_{Descr_i}, Tp_{RV_{n_i}}, Tp_{Rn_i}, Tr_{V_i}), \quad (5)$$

where $F_{ets}(RV_R)_i$ - is the functionality of information support, which is similar to the relevant parameters of fuel efficiency and technical condition of the vehicle during the set time of operation of the vehicle on the road; Idt_{RV_i} - designation and sections of the vehicle traffic route (city, outside the city); $Categ_{RV_i}$ - category and sections of the road route in operating conditions; Cod_{Dil_i} - section code of the highway route, Dt_{Descr_i} - registration description of the section of the road route, $Tp_{RV_{n_i}}$ - a feature of the road, for example, the number of vehicle lanes, Tp_{Rn_i} - type (feature) of the composition and technology of the road surface of the site, Tr_{V_i} - geometric parameters of the movement path on the section of the route within the road;

- on the basis of the operating model of the road, an information model was developed in terms of the position, section and route of the cargo vehicle on the road under operating conditions. Each section of the road model is in the form of a vector of defined information parameters:

$$F_{ets}(RV_{Trc})_i = (Idt_{RV_i}, Idt_{PR_{Ri}}), \quad (6)$$

where Idt_{RV_i} - designation and fragment of the section of the distance of the movement of the cargo vehicle; $Idt_{PR_{Ri}}$ - designation of the fragment of the sections of the route of the movement of freight vehicles.

From the determined component sections of the route of the information model in the part of the vehicle position on the road, a traffic route is formed in the form of an object, which is accompanied by a vector of parameters:

$$F_{ts}(RV_{Mart})_i = (Idt_{RV_i}, Idt_{Rt_i}), \quad (7)$$

where Idt_{RV_i} – designation and sections of the distance of the movement of the cargo vehicle;
 Idt_{Rt_i} – designation of the route of movement of the cargo vehicle category N₃.

- the high-speed operational model of vehicle traffic modes under appropriate operating conditions is a function of linear events that are correlated with the traffic route:

$$F_{ets} \left(RV_{Rt_{Prop}} \right)_i = \left(Idt_{RV_i}, Idt_{Rt_i}, Rt_{Prop_i}, Idt_{SR_i}, Codt_{Fst_i}, Codt_{End_i}, Val_{V_i}, Dt_i, Base_{Spd_i} \right), \quad (8)$$

where Idt_{RV_i} - designation and fragment of the section of the movement of the cargo vehicle;
 Idt_{Rt_i} - designation of the distance of the route of the truck movement; Rt_{Prop_i} - type of distance of the route of the truck movement; Idt_{SR_i} - designation of a fragment of a high-speed vehicle traffic section; $Codt_{Fst_i}$ and $Codt_{End_i}$ - the beginning and the end, respectively, of the section (fragment) of the high-speed mode of movement of the cargo vehicle; Val_{V_i} - the critical speed of the truck (speed geozone) established by observation; Dt_i - date (time) of setting the speed of the truck; $Base_{Spd_i}$ - designation of the set (base) speed on the section of the truck's movement. At the same time, the tasks of determining and interacting with road, transport and atmospheric-climatic conditions are solved, and the state of operational characteristics of the road is assessed.

- assessment of the condition and type of road surface in operation [1, 10, 11, 12]. With the help of the monitoring results of the system, an assessment of the condition and type of road surface in operation is formed. The parameters (characteristic signs) that recognize road conditions, which determine the main limits of the permissible speed of motor vehicles, are the basic characteristics of the road: the longitudinal profile of the road, the height above sea level, the width of the carriageway and the condition of the pavement, the grip of the wheels on the road, etc. Information on the types, features and magnitude of road defects (damages) are compared with normative indicators for the speed of movement of cargo vehicles, the degree of their deviation is determined and a fateful assessment of the state of road conditions is formed (according to the condition of the road surface). [1, 10, 11, 12]:

$$O_{Dp}(t)_i = (O_{Dp_1}, O_{Dp_2}, O_{Dp_3}), \quad (9)$$

where O_{Dp_1} - very good and good condition, O_{Dp_2} - satisfactory condition of the road, O_{Dp_3} - unsatisfactory state of coverage [75, 92-94, 98].

After determining the evaluation of the fragments of the sections, the evaluations of the condition of the road surface are combined according to the detected fragments and defects, and a vehicle traffic model is formed for the fragments and common sections:

$$O_{Dp_i}(t)_i = \max_{j=1..N} O_{Dp_{ij}}(t_j)_i, \quad (10)$$

where $O_{Dp_{ij}}(t_j)_i$ - fixed assessment of the j-th defects on the i-th section of the fragment of the truck traffic mode model, N - defects (damage) detected on a fragment of the site, t – time.

The functional coverage of the considered fragment of the road section is formed on the basis of individual events that create a determination of the condition of the road and operating conditions for detected defects (damages and elements) [1, 10, 11, 12]:

$$F_{ets} (Evt_{Pot})_i = (Idt_{RV_i}, Dt_i, Dist_i, Dft_i, Discr_i), \quad (11)$$

де Idt_{RV_i} - позначення i -ї ділянки руху ТЗ; Dt_i - дата (час) встановлення швидкості ТЗ; $Dist_i$ - відстань від початку маршруту (координата); Dft_i - оцінка дефекту в балах; $Discr$ - дефект. - оцінка транспортних умов експлуатації [1, 10, 11, 12]. Оцінка транспортних умов експлуатації визначається, як результат неперервних (періодичних) перевірок. Тоді встановлюється подія, яка впливає на встановлені фактори безпеки руху ТЗ та особливості уваги саме на їх особливості. Як правило, оцінку виконують оператори в процесах руху ТЗ, транспортні детектори, інші учасники спостереження руху вантажних ТЗ і сами учасники руху. Результати проведених неперервних (періодичних) перевірок заносяться у бази даних вимірних параметрів та об'єктів системи спостереження. Кожна подія (зміна) транспортних умов експлуатації характеризується векторно, а саме:

$$F_{ets} (RV_{TrnInf})_i = (Idt_{RV_i}, Tp_i, Disc_i, Obj_i, ObjId_i, DtUpd_i) \quad (12)$$

where Idt_{RV_i} - designation of the i -th section of the vehicle movement; Tp_i - change (restriction) of transport operating conditions (traffic congestion, accident, etc.); $Disc_i$ - description of the event of change (restriction) of transport operating conditions; Obj_i - designation of change (restriction) of transport operating conditions; $ObjId_i$ - assessment of the state (indicator of influence) of changes (restrictions) in transport operating conditions; $DtUpd_i$ - date (time) of the evaluation [75, 92-94, 98].

The assessment of the condition in accordance with the change (restriction) of the transport conditions of operation from the point of view of regulatory documents and route documentation (in accordance with the transportation plan) is carried out according to the point system [10, 12]:

$$O_{etc} (t)_i = (O_{etc_1}, O_{etc_2}, O_{etc_3}), \quad (13)$$

де O_{etc_1} - optimal condition, O_{etc_2} – one that demands attention, O_{etc_3} - urgently needs intervention [1, 10, 11, 12].

Unification of estimates of changes (restrictions) of transport conditions of operation based on the results of the impact is carried out on sections of the high-speed model of modes of movement of freight vehicles:

$$O_{etc_i} (t)_i = \max_{j=1..N} O_{etc_{ij}} (t_{etj})_i, \quad (14)$$

де $O_{etc_{ij}} (t_{etj})_i$ - a fixed estimate of the j -th event on the i -th fragment of the section of the vehicle traffic mode model, N - кількість встановлених на фрагменті ділянки подій, t – time.

- adjustment of the speed of movement and fuel consumption of the truck depending on the established (established) operating conditions is carried out according to $K_{zij}(t)$ – total corrective factor that takes into account the operating conditions of the vehicle for the i -th section of the j -th trip selection factor (1). It was made specifically to ensure the safety of vehicles under appropriate operating conditions and rational management. It is proposed to adjust the vehicle speed in accordance with the rational fuel consumption and operating conditions. Priority is then

given to safety and fuel economy. The process of adjusting the speed of the vehicle is carried out by fragments of sections of the operational model of the road in accordance with the list of events accumulated as a result of preliminary monitoring and based on the components of the coefficient of operating conditions [1, 10, 11, 12]:

$$K_{zij}(t) = (O_{Dp_i}(t)_i, O_{Dc_i}(t)_i, O_{Gt_i}(t)_i), \quad (15)$$

де $O_{Dp_i}(t)_i$ - assessment of road operating conditions based on the type and condition of the road and its surface; $O_{Dc_i}(t)_i$ - evaluation of transport conditions of operation; $O_{Gt_i}(t)_i$ - estimation of fuel economy of vehicles in appropriate operating conditions based on server solutions and local sources of information when compared with the basic linear rates of fuel consumption of vehicles, which are established by regulatory indicators.

For each situation within the movement of the vehicle, $K_{zij}(t)$ must be determined and the adjustment of the speed of the vehicle must be carried out in accordance with the observation on the driving route, depending on the operating conditions - with minimum fuel consumption on the driving route

Vehicle speed $V_i(t)_i$ is determined on the i -th fragment of the plot:

$$V_i(t)_i = F(V_{ib}(t)_i, V_i(t-\tau)_i, K_{zij}(t-\tau)_i), \quad (16)$$

де $V_{ib}(t)_i$ - recommended (base) speed of the vehicle, $V_i(t-\tau)_i$ - the speed of the vehicle is set according to the results of the monitoring, $K_{zij}(t-\tau)_i$ - a total correction factor is established that takes into account the operating conditions of the vehicle.

After that, the mode of movement of the vehicle is adjusted in the appropriate conditions of its operation.

Next (Table 1), the indicators of speed and fuel consumption of the vehicle under operating conditions are determined, which is based on the description of their characteristics [1, 8, 9, 10]. Formation of indicators of speed and fuel consumption of vehicles in operating conditions is performed on the basis of preparation and input of input data regarding vehicles in operating conditions. After that, the speed, traction, dynamic, and fuel characteristics of the vehicle are modeled. At the end of the simulation, the reliability of the results is checked according to the characteristics of the real vehicle, namely, according to speed indicators and fuel economy indicators.

In the described information model of the operational fuel consumption control system [5, 10, 13, 14], the system software in ITS conditions can have a structure [5, 10]. It consists of the following main components, has an address orientation and is divided into general software (software) and special software. The program direction of the software directly refers to the on-board equipment and to the operator's workplace or the server part.

To ensure the control of fuel consumption by loaded vehicles of category N3 during the transportation of goods, a system of remote control of fuel consumption based on intelligent transport systems was used [5]. In order to implement the task in the analytical part of the system, the main approaches and implementations based on mathematical models were improved, which allow to determine, analyze and evaluate fuel economy, which is based primarily on fuel consumption in operating conditions.

The implementation of improvement processes in terms of approaches consists in the variability of the use of available applied mathematical programs that have been improved in the

necessary parts from previously developed ones [13, 14], namely: calculation of the speed and fuel consumption of vehicles in separate driving modes and driving cycles in accordance with the Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) [15]; formation of measures to maintain the technical condition of vehicles on the basis of the probabilistic model of the TOC-ASU system of technological calculation of PJSC / module for correcting standards of maintenance and repair under operating conditions, taking into account remote monitoring information [5]. The improved method was developed on the basis of a mathematical model for monitoring and controlling indicators of Automobile transport enterprises / NTU engines; calculation module of the dynamic system "TZ-road" in IPC "IdenMonDiaOperCon "HNADU-16"" and IPC "MonDiaFor "HADI-15"" [10] / KhNADU; in the composition: Technical regulations of the virtual enterprise for the operation of motor transport "KHNADU TESA", Results of determining the indicators of the technological calculation of the commercial operation of the engineering and technical service during maintenance and repair using the software product "Virtual mechanic "NADI-12"" and the technological calculation of the commercial operation of engineering and technical service during maintenance and repair and environmental indicators of operation of the Vehicle "Service Fuel Eco "NTU-HADI-12"" [14] / KHNADU. In each of the mathematical programs, only the components and components necessary for the analysis of fuel efficiency were subject to improvement.

3. Conclusions:

A general approach to the improvement and formation of a method of ensuring fuel efficiency of cargo vehicles of category N3 in variable operating conditions by means of intelligent transport systems is formulated. The processes of solving the tasks are based on the implementation of the system interaction of three interrelated components: process, information and analytical.

The method of determining and calculating the fuel consumption of N3 category trucks in operating conditions using system provisions and research methods has been improved. In order to implement the task in the analytical part of the system, the main approaches and implementations based on mathematical models were improved, which allow to determine, analyze and evaluate fuel economy, which is based primarily on fuel consumption in operating conditions.

The improved method of determining and calculating the fuel consumption of vehicles in operating conditions is based on the IPC "Virtual mechanic "NADI-12"" and IPC "Service Fuel Eco "NTU-HADI-12"" of the KHNADU. In each of the mathematical programs, only the necessary components and components were subject to improvement for the analysis of fuel efficiency.

Literature (изцяло на латиница):

[1]. Hovorushchenko N.Ia., Turenko A.N. Systemotekhnika transporta. Yzd. 2-e, pererab. y dop. -Kharkov: RYO KhHADTU, 1999. - 468 .

[2]. Hrytsuk I. V., Volkov V. P., Ukrainskyi Ye. O., Volodarets M. V., Makarova T. V., Ryzhova V. Yu. Osoblyvosti zabezpechennia normuvannia pokaznykiv i keruvannia palyvnoi ekonomichnistiu transportnoho zasobu v umovakh ekspluatatsii // Visnyk mashynobuduvannia ta transportu / Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichniy universytet. Vynysia. VNTU, 2022. Vyp. №1(15). - S. 52-59.

[3]. Hovorushchenko N.Ia. Ekonomyia toplyva y snyzhenye toksychnosty na avtomobylnom transporte. M. : Transport, 1990. 135 s.

[4]. Hrytsuk I.V. Kontseptsiiia zabezpechennia optymalnoho temperaturnoho stanu dvyhuniv i transportnykh zasobiv v umovakh ekspluatatsii : dys. ... d-ra tekhn. nauk : 05.22.20. Kharkiv, 2016. 552 s

- [5]. Yntehratsyia tekhnicheskoi ekspluatatsyy avtomobylei v struktury y protsessy yntellektualnykh transportnykh system: monohrafiya / V.P. Volkov y dr.; pod. red. Volkova V.P. - Donetsk: Noulydzh, 2013. - 398 s.
- [6]. Osoblyvosti monitorynh u stanu transportnykh zasobiv z vykorystanniam bortovykh diahnostychnykh kompleksiv / V.P. Mateichyk y dr. // Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohistyka. - 2014. - Vyp. 13. S. 126–138.
- [7]. Osoblyvosti formuvannia metodyky zastosuvannia klasyfikatsii umov ekspluatatsii transportnykh zasobiv v informatsiinykh umovakh ITS / V.P. Volkov ta in. // Visnyk NTU «KhPI». Seriya : Transportne mashynobuduvannia. - Kharkiv, 2017. № 14 (1236). - S. 10–20.
- [8]. Mateichyk V.P., Tsiuman M.P. Doslidzhennia vplyvu rehuliuvalnykh parametriv na palyvnu ekonomichnist i ekolohichni pokaznyky benzynovoho dvyhuna z systemoiu neitralizatsii vidpratsovanykh haziv // Naukovi notatky : mizhvuz. zb. - Luts'k, 2010. - № 28. - S. 331–335.
- [9]. Osoblyvosti alhorytmu doslidzhennia palyvnoi ekonomichnosti ta ekolohichnykh pokaznykiv transportnoho zasobu z urakhuvanniam prohrivu v protsesi rukhu / V.P. Mateichyk ta in. // Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnolohii : elektronne naukove fakhove vydannia / Khark. nats. avtomob.-dor. un-t. - Kharkiv: KhNADU, 2015. - Vyp. № 8. - C. 31-38.
- [10]. Informatsiini systemy monitorynhu tekhnichnoho stanu avtomobiliv: monohrafiia / V.P. Volkov ta in. ; pid red. V.P. Volkova. - Kharkiv : Vyd-vo Panov A.M., 2018. - 298 s.
- [11]. Hovorushchenko N.Ia. Tekhnicheskai ekspluatatsyia avtomobylei. - Kharkov: Vyshcha shkola, 1984. - 312 s.
- [12]. Hovorushchenko N.Ia. Voprosy teoryi ekspluatatsyy avtomobylei na dorohakh s razlychnoi stepeniю rovnosti pokryti. - Kharkov: yzd-vo Kharkovskoho hos. un-ta, 1964. - 34 s.
- [13]. Tekhnichni rehlement prohramnoho produktu «Virtualnyi mekhanik «HADI-12»» pry reiestratsii v nomu novoho transportnoho zasobu / Volkov V. P. ta in.; zaiavnyk i patentovlasnyk Volkov V.P. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 47233 vid 15.01.2013. Zaiavka vid 15.11.2012 №47525.
- [14]. Tekhnichni rehlement prohramnoho produktu «Service Fuel Eco «NTU-HADI-12»» pry zvychainii roboti (Tvir naukovopraktychnoho kharakteru) / Volkov V. P. ta in.; zaiavnyk i patentovlasnyk KhNADU. Svidotstvo pro reiestratsii. avtorskoho prava na tvir № 53292 vid 24.01.2014. Zaiavka vid 22.11.2013 №53604.
- [15]. DSTU UN/ECE R 83-05:2009. Yedyni tekhnichni prypysy shchodo ofitsiinoho zatverdzhennia kolisnykh transportnykh zasobiv stosovno vykydiv. - Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2011. - 56 s.

За контакти:

Doctor of Technical Sciences Volodymyr Volkov, Full Professor, Head of the Department of "Technical operation and service vehicles", Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU), Kharkiv, Ukraine; tel.: (+38067) 747-21-77; e-mail: volf-949@ukr.net.

Gritsuk Igor, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Operation of Ship Power Plants, Kherson State Maritime Academy, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

Volkov Vladimir - Doctor of Technical Science (s), Professor, Head of Department of Technical Exploitation and Service of Cars, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: volf-949@ukr.net

Ukrainskyi Evgeny, candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Aviation Works and Services Organization of the National Aviation University, e-mail: e.a.ukrainskyi@gmail.com

Volkova Tetiana - Dr.Sc. (Eng.), Associate Professor of the Department of Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: wolf949@ukr.net.

Pliekhov Oleksandr - student of group A-53-22, Faculty of of Automotive, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: plehovoleksandr@gmail.com

PECULIARITIES OF TRAINING SPECIALISTS IN THE IMPLEMENTATION OF THE CAR RECYCLING SYSTEM IN UKRAINE

Volkov Vladimir, Vnykova Nataliia, Pozdnyakova Olena, Volkova Tetiana, Pliekhova Ganna

Abstract. The purpose of the work is to develop a methodology and program for training specialists for the organization of production activities in the field of transport machines and technologies in a way that would ensure rational use of nature and minimization of the effects of motor vehicles on the state of the environment throughout the entire life cycle. When developing the program, innovative teaching methods and educational technologies were used, namely: methods of synectics, multidimensional matrices, free associations, and inversion, which are focused on finding ideas for solving creative tasks in new, unexpected directions, especially in the modern conditions of Ukraine. The syllabus of the discipline "Environmental aspects of car recycling" has been developed, which consists of a theoretical course of lectures and practical works. The lecture course includes 2 blocks of lectures. The first one is dedicated to researching the environmental aspects of modern technologies for recycling metal parts of motor vehicles: ferrous and non-ferrous metals, batteries and catalytic converters. The second block is devoted to the analysis of technologies of recycling and disposal of non-metallic car parts: polymer, lubricants and worn tires. In practical work, applicants learn the elements of LCA - analysis of the impact of motor vehicles on the environment. To test knowledge, test tasks of various levels and an exam are provided. The results of the work can be used in the development of curricula of various disciplines for a wide range of specialties that deal with issues of rational environmental management, especially in the field of construction and operation of cars.

Keywords: innovative methods of education, recycling, rational use of nature, environmentally friendly technologies, waste disposal, auto components

1. Introduction:

In the XXI century distance education has become one of the most popular educational formats of higher education. The main factors in the development of distance education are the new needs of the labor market, which requires employees who are ready to quickly adapt to changing environmental conditions and constantly improve themselves. Until now, the main part of the development of distance education lay in the field of humanities or special technical disciplines and was almost not integrated into the teaching of natural and scientific disciplines in higher education [1].

In the XXI century the role of distance education in the international practice of higher education has fundamentally changed. It has turned into one of the most popular and highly effective models used all over the world. Distance education is traditionally understood as the process of individual self-learning of information using digital media, without the presence of a teacher, who becomes the coordinator of the educational process [2].

Since the beginning of the 2000s, the principles of distance learning have been actively implemented in universities around the world. In the 1980s, this format was most common in Australia, and since 2008, such technologies have been offered by almost every university in the United States and most institutions of higher education in Europe. Special significance in the practice of modern education is acquired by methods of work that stimulate the independent activity of students of higher education.

In 2015, the International Council for Open and Distance Education conducted a survey with the participation of 427 respondents studying on all continents. It has been established that the main advantage of distance educational technologies for students from different countries is the opportunity to combine study with work [3].

2. Statement:

Modern distance education offers many formats and technological tools, including: control, simulators, simulations, demonstration programs, automated training systems, multimedia and virtual reality programs, electronic textbooks, intelligent, expert training systems and much more. This is especially important in the modern difficult economic conditions of Ukraine, when even the leading higher educational institutions do not have a developed modern experimental base for the practical assimilation of technical and natural-scientific disciplines [4].

The most common option is a combination of the traditional face-to-face model and innovative distance learning approaches. This involves a flexible combination of independent work with various sources of information, educational materials and systematic operational interaction with leading teachers and consultants. Natural and scientific disciplines are central to the fundamental training of applicants for environmental specialties.

Pedagogical conditions for the use of distance learning technology are adapted to the existing conditions of teaching in higher education. The literature cites the peculiarities of the conceptual model of teaching, which consists in the unity of three basic structural components [1, 2, 5]:

- informative;
- psychological and pedagogical;
- cybernetic.

The information component includes distance learning methods that are related to the content of the educational material. Of particular importance is the availability of the material for the student audience, its novelty, reinterpretation of already known material, demonstration of the practical significance of the topic. The model envisages multi-level interaction between the student of higher education and the teacher. Emphasis is placed on the independent work of a student of higher education.

The psychological and pedagogical component is aimed at increasing creative activity, developing students' self-confidence, internal organization, ability to cooperate, and orientation towards success. It involves active interaction with the teacher, analysis of test results, observations, conversations, questionnaires using mathematical data processing tools. For master's degree holders of the 2nd level of education, who in the future may work as teachers in institutions of higher education, the development of such character traits as tolerance, the ability to inspire by one's own example to achieve the chosen goals will be of particular importance. The ability to accept failure as an experience that helps to achieve the goal. It is necessary to raise a comprehensively developed personality who is knowledgeable in various fields of science and culture and can be formulated as follows: "an educated person should know a lot about a highly specialized field and a little about many things."

The cybernetic component includes all possible methods and technical tools for obtaining, processing and storing information from information networks to virtual reality programs. The cybernetic component implies the mastering of innovative learning technologies, including digital ones, by both teaching staff and students of higher education.

This model reflects modern scientific approaches to the essence of distance learning and offers a new mechanism for reforming the education system. The inclusion of students of higher education in the system of specially organized psychological conditions of educational activity within the framework of distance learning contributes to the development of their independence in modern conditions, which are complicated by the simultaneous action of war and COVID-19 in Ukraine [5].

The accelerated transfer of learning to a distance format in the conditions of a pandemic and military operations has significant differences from properly planned online learning based on mass open online courses. Educational organizations, forced to work with students of higher education remotely in order to reduce the risks of the spread of COVID-19 and in war conditions, should be aware of this difference when evaluating the effectiveness of "online learning" with the use of distance educational technologies [6]. Teachers are forced to organize the educational process using distance learning technologies based on various methods of delivering electronic content and communication tools [7].

This especially applies to the teaching of natural and scientific disciplines for students of the 2nd level of education in the specialty 101 "Ecology" at the Kharkiv National Automobile and Road University (KHNADU).

Every year, landfills around the world are replenished with approximately 10 million tons of waste from end-of-life vehicles (EVA). Currently, environmental safety throughout the entire life cycle is one of the main indicators that determines the quality and competitiveness of cars on modern world markets [8].

In developed countries, a comprehensive multi-level system of identification and certification of automotive components, testing, certification and approval of vehicles from the standpoint of their environmental safety has been formed. EU countries have introduced a ban on the use of toxic metals and substances that destroy the ozone layer in automotive materials.

Automotive corporations are obliged to take into account issues of environmental protection and environmental safety of cars even at the stage of designing new models. Developed and implemented economic mechanisms for stimulating the activities of car recycling enterprises. With such an organization of auto-recycling, it becomes a profitable industry that provides millions of jobs in the developed countries of the world and contributes to the protection of the environment, the preservation of natural resources due to the utilization and recycling of waste [9].

At the moment, the auto-recycling system has just begun to take shape in Ukraine, and for its development and implementation in production, specialists are needed who will be knowledgeable about issues of environmental protection and resource conservation in the process of recycling vehicles. Until now, Ukraine does not have a single law regulating the disposal of end-of-life vehicles. Already at the beginning of 2011, there were about 2.1 million passenger cars in the structure of the car fleet of Ukraine, which were manufactured before 1985. The volume of their annual disposal can amount to 210,000 cars per year. In recent years, the construction of new modern enterprises for the disposal of used lubricants, batteries, shredder plants for the disposal of car bodies and worn tires has begun in Ukraine. Military actions on the territory of our country have stopped this process, but, in our opinion, it is necessary to train specialists who will be able to take an active part in the formation of the auto-recycling system in Ukraine in the near future.

The car is an integral part of modern man's existence, but it has a significant environmental impact on humanity and the environment. There are extremely many factors of the environmental impact of cars on the environment and the human body at all stages of the complete life cycle - during the production, operation and disposal of vehicles. In the comparative analysis of environmental safety factors of cars, all stages of the complete life cycle are increasingly taken into account. Not only the car itself has a negative environmental impact, but also the entire accompanying infrastructure of its production and maintenance. Therefore, it is necessary to consider and analyze in detail the effect on the environment of the entire complex of automobile companies, transport enterprises, car repair and maintenance centers, highway networks, etc. In all developed countries of the world, much attention is paid to the processing of secondary raw materials and various types of industrial waste, as it allows solving a number of the most important technological, economic and environmental tasks: returning valuable and scarce materials to the sphere of production activity, reducing energy costs and the need for water for production new products, prevent or significantly reduce the ingress of toxic products into the natural environment.

Currently, environmental safety throughout the entire life cycle is one of the main indicators that determines the quality and competitiveness of cars on modern world markets. The disposal of end-of-life cars requires the development of infrastructure and a legislative framework to regulate the interaction of all participants in the process. The development of the automotive industry has led mankind to adopt a number of directives, laws and regulations. In developed countries, a comprehensive multi-level system of identification and certification of automotive components, testing, certification and approval of vehicles from the standpoint of their environmental safety has been formed. No product of mass production is regulated during its production by so many laws, norms and requirements, is not characterized by such

increased attention during its operation, and is not disposed of with such organization and thoroughness as a car. Leading industrial countries are creating more and more stringent requirements for product manufacturers in order to minimize the negative impact on nature throughout the full life cycle of a car. Automotive corporations are obliged to take into account issues of environmental protection and environmental safety of cars even at the stage of designing new models. For this, an inventory is made of all consumed energy and material resources, direct and indirect factors affecting the environment throughout all stages of its life cycle. It is known that VEAs at the end of their service life have the same mass and almost the same composition of components and materials as a new car and therefore are a source of valuable secondary raw materials for the production of ferrous and non-ferrous metals, rubber products and plastics.

The biggest organizational problems are caused by the first steps on the way to the disposal of cars: the processes of drawing up the necessary papers, transferring the vehicle to recycling centers, collecting, transporting, carrying out environmentally safe dismantling, and draining operating fluids. Since 2015, EU countries have been producing cars that only 5% of their mass will end up in landfills. With such an organization of auto-recycling, it becomes a profitable industry that provides many jobs

The organization of an effective auto-recycling system in the country provides solutions to a number of the most important environmental problems and new financial revenues to the budget. In more than 50 countries of the world, car recycling systems have been implemented and enterprises are successfully operating for the processing of almost all materials and auto components of cars at the end of their life cycle. Unfortunately, a systematic approach to the disposal of motor vehicles has not yet been developed in Ukraine.

Attempts to implement the law on the disposal of motor vehicles, which were carried out in 2014 in Ukraine, were not successful and did not find support in society. However, a large number of old cars that do not meet modern environmental standards require the immediate organization of a system of disposal of motor vehicles after the end of their service life in Ukraine. Thus, for the implementation of the car recycling system in Ukraine in the near future, it is necessary to immediately train specialists who will possess knowledge and skills not only in the issue of the design and operation of cars, but also in their disposal at the end of their life cycle with the use of resource- and energy-saving technologies, which do not harm the environment.

Taking into account all these factors, a new discipline was developed at the Department of Ecology of the KhNADU, the purpose of which is to prepare specialists for the organization and regulation of production processes in the field of transport vehicles and transport technologies in a way that would ensure rational use of nature and minimization of the consequences of the production, operation and disposal of motor vehicles on the state of the environment using resource-saving technologies.

The subject of the discipline is the regularities of the formation of the system of recycling cars and auto components and the specific features of the ecological aspects of the technological processes of secondary processing and recycling of vehicles.

The main sections of the syllabus of the discipline are reflected in the textbook [9]. The educational discipline "Resource-saving and environmental protection technologies in transport" is taught to students of the 2nd level of education in the specialty 101 Ecology in the field of knowledge 01 Natural sciences. The main tasks of the discipline are the formation of the acquirers of knowledge, skills and ideas about the modern world experience of organizing the system of disposal of end-of-life vehicles (EVA), the use of resource-saving and environmental protection technologies for recycling vehicles after the end of their life cycle and the conditions for their use in industrial production in Ukraine. As a result of studying the discipline, the student of the 2nd level of education should know:

- the best experience of countries with a developed automobile industry in the formation of the legislative and regulatory framework and the organization of the disposal of VE;
- peculiarities of the processing of metal parts of the VEA;
- peculiarities of the processing of plastic parts of VEA;
- resource-saving technologies for recycling auto components, namely, batteries, engines, catalytic converters, electrical and electronic equipment, and worn tires;
- regularities of technological processes of recycling of working fluids and the field of their application in industrial production;
- the main directions of industrial, legislative and economic activity, which are necessary for the organization of the auto-recycling system in Ukraine.

As a result of studying the discipline, the applicant should be able to: use international reference and normative literature in the field of secondary processing and recycling of vehicles; carry out primary analysis and identification of plastic parts of cars in order to sort them during secondary processing. In accordance with the requirements of the Directive 2000/53/EC, calculate the recycling coefficient and the utilization coefficient of VEA in accordance with the requirements of the ISO 22628 standard and decide on the direction of their utilization. To analyze indicators of energy efficiency and reduction of greenhouse gas emissions in the transport industry in accordance with the requirements of Directive 2009/33/EC with the help of a specialized computer program and to determine ways to reduce the impact of motor vehicles on the environment.

The structure of the discipline is formed from a theoretical course of lectures and practical classes and consists of 3 meaningful blocks.

The first substantive block is devoted to the issues of forming a legislative and regulatory framework in the field of waste disposal and auto components. It characterizes the current state of the problem of disposal of VEA. Priority tasks for processing and disposal of motor vehicle waste in Ukraine are determined.

The second substantive block is devoted to the analysis of technologies for the recycling of metal parts of vehicles, in particular, the specific features of the processing of ferrous metal scrap from motor vehicles. Special attention is paid to the analysis of ecological aspects of the technological processes of disposal of scrap lead batteries. The significant growth in the production of electric vehicles in recent years has led to the generation of specific waste lithium-ion batteries at the next stage, the amount of which will grow rapidly in the future. Therefore, a separate topic is devoted to the analysis of the environmental component of such devices during the entire life cycle and the environmental aspects of specific technologies for the disposal of toxic components of lithium-ion batteries.

In recent years, spent catalytic converters have become an increasingly powerful source of secondary platinum and other platinum group metals. A separate section is devoted to the determination of ecological and economic problems and the advantages of various technologies for their disposal.

The third meaningful block is devoted to the disposal of non-metallic parts of the VEA. The need to use the IMDS and GADSL International system and database of automobile components and materials in the design and disposal of automobiles is substantiated [10, 11]. The requirements of international standards for marking and use of plastics in cars are given. The state of the problem of disposal of lubricants in the world and in Ukraine is characterized.

Special attention is paid to resource-saving technologies for the disposal of worn tires. The current state of the problem of the disposal of used tires in the EU countries, in the world and in Ukraine is characterized. Ecological aspects of burning car tires in cement kilns are studied. Varieties of technological processes of grinding worn tires by mechanical methods are considered, in particular Ukrainian technologies of mechanical tire grinding. Areas of practical application of rubber crumb from worn tires are studied. Ecological and economic aspects of used tire pyrolysis technologies and the Ukrainian experience of used tire recycling by pyrolysis

are analyzed. The possibility of using tire pyrolysis products for the production of alternative fuel is determined [12].

This direction is one of the main directions of the scientific activity of the Department of Ecology of the KhNADU. The results of many years of scientific research are presented in 3 monographs, many articles and allowed to create 6 patents and 3 author's certificates. Scientific research is embodied in the educational process.

Acquirers consolidate theoretical knowledge in practical classes that have different topics [13].

The first classes are dedicated to the assimilation of the methods for assessing the degree of recycling and the degree of disposal of used cars. In their calculations, applicants use the modern ISO methodology and learn the basics of using international databases of automotive components and materials. The method of calculating the recycling rate and the car disposal rate after the end of operation is carried out according to the stages of its disassembly: preparation for disposal; dismantling; separation of metals; processing of non-metallic residues.

At the "preparation for disposal" stage, the calculation includes the masses of the following components: batteries; oil filters; tanks (tanks, cylinders) for liquefied or compressed natural gas; catalytic converters; shock absorbers; refrigerants in the air conditioning system; fluids for washing glass and headlights, fluids in the hydraulic suspension. At the "dismantling stage" components that are suitable for reuse and recycling are determined. At the "metal sorting stage" the mass of materials is determined as the difference between the total mass of metals in the car and the mass that was taken into account when determining the previous two stages. The obtained results allow the acquirers to draw conclusions about the compliance of the vehicles with the requirements of the EU Directives.

In order to solve the issue of directions for the disposal of polymer automotive materials, collectors learn express methods of identification of automotive polymer components. These methods are based on the use of qualitative specific reactions that allow us to distinguish between thermoplastic and thermosetting polymers. They are based on the application of flame color reactions, the action of various solvents, the difference in density, etc. The use of such reactions does not require the presence of expensive special equipment, which is especially convenient in difficult modern conditions, but allows to relatively accurately solve the question: is it possible to recycle certain polymer parts, or only their use as an alternative fuel. Visual effects of such reactions can be presented in video files, which can be added to the electronic course of the discipline.

For example, one of the simpler experiments to determine the possibility of further recycling of polymer components is a test with water. It is necessary to cut a small strip from the bottom of the bumper. Clean it of dirt and paint. Place it in a container with water. If the plastic does not sink, it is thermoplastics (PE, PP, PP + EPDM), which are subject to recycling. 80% of bumpers are made of these plastics. If they sink in water, they are reactive plastics (PUR/TPUR), from which 15% of bumpers are made. They are mainly subject to thermal disposal. In fig. 1 shows an example of the behavior of thermoplastic (A) and thermoset (B) polymers

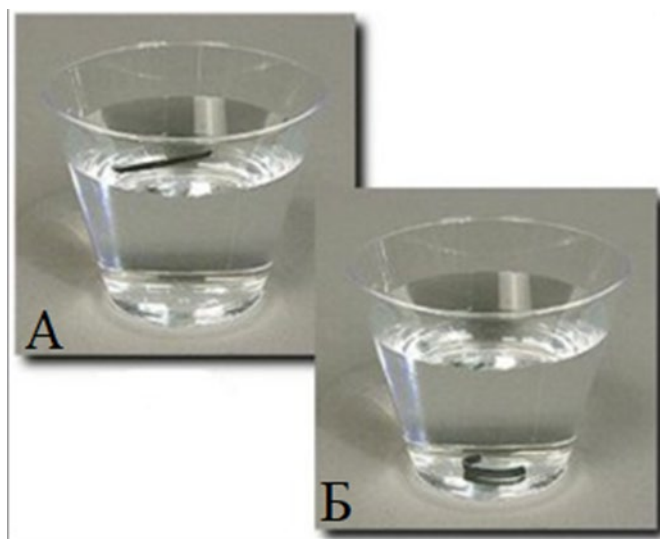


Figure 1 – Water behavior of polymer samples of various car bumpers

For example, one of the researchers allows you to identify plastics by the nature of their combustion, as burning plastic samples is a fairly reliable way of their identification. Collectors conduct an analysis of the behavior of a plastic sample in an open source of fire, as well as the products of the accompanying oxidation process (character of combustion, emitted smell, sound). The obtained results are compared with the known behavior of standard samples of plastics during combustion. Most polymers burn, but the nature of their burning is different. In addition, after removing them from the flame, some die out, others continue to burn. Some burn with a crackle, while others burn with a smoldering flame. All these signs, taking into account the determination of the smell during the burning of the polymer, help to determine its type. According to the results of the experiment, it is possible to divide the mixture of plastics into 2 groups: thermoplastic polymers, which are subject to recycling, and thermoset polymers, from which it is not possible to obtain secondary raw materials and therefore they are subject to burning or burial in special landfills.

With the help of a special computer program of the ecological calculator, the impact on the environment of motor vehicles during the entire life cycle is determined. The program was created by specialists of the Volvo corporation to estimate the consumption of energy, water, emissions of the main toxic substances of exhaust gases and carbon dioxide for Volvo tractors [14].

3. Conclusions:

Based on the results of the calculations, applicants have the opportunity to evaluate the effectiveness of the use of various types of biodiesel fuel in comparison with traditional diesel fuel and draw conclusions about its comprehensive impact on the environment throughout the entire life cycle of a motor vehicle. The results of the practical work convince the applicants that when evaluating the effectiveness of certain areas of improving the environment, it is necessary to apply a comprehensive approach that analyzes the activity of the motor vehicle throughout its life cycle.

This approach makes it possible to find the optimal ratio between the positive and negative consequences of using any solution, namely biodiesel fuel, and to prevent the increase in the consumption of natural resources and the emission of certain substances while reducing the impact of other environmental pollutants such as carbon dioxide.

In our opinion, the organization of an effective auto-recycling system in Ukraine will provide a solution to a number of the most important environmental problems, new jobs and new financial revenues to the budget of Ukraine. After the end of the war, a large amount of military equipment, including cars, will need to be disposed of, which, on the one hand, will contribute to the improvement of

the environment, and on the other hand, will lead to the saving of natural resources due to the use of waste. In our opinion, specialists in the field of resource and energy saving will be very necessary in Ukraine. Kharkiv National Automobile and Road University has full methodological support and everything necessary to train such specialists

Literature (изцяло на латиница):

[1]. Tekhnolohii dystantsiinoho navchannia: metodolohiia stvorennia ta suprovodu navchalnykh kursiv navch. posib. / A. I. Prokopenko [ta in.]; M-vo osvity i nauky Ukrainy, Kharkiv. nats. ped. un-t im. H. S. Skovorody, In-t informatyzatsii osvity, Kaf. inform. tekhnolohii, Nauk.-navch. lab. rozrobky prohram. zabezpechennia. – Kharkiv: Mitra, 2019. – 80 s.

[2]. Kukharenko V. M. Tiutor dystantsiinoho ta zmishanoho navchannia: posibnyk / V. M. Kukharenko. – Kyiv : Milenium, 2019. – 307 s.

[3]. Systema elektronnoho navchannia VNZ na bazi MOODLE: metodychnyi posibnyk / Yu. V. Tryus, I. V. Herasymenko, V. M. Franchuk ; za red. Yu. V. Tryusa. – Cherkasy, 2020. – 220 s.

[4]. Современные платформы для дистанционного обучения: широкий выбор, безграничные возможности. URL: <http://hrdocs.ru/poleznaya-informaciya/sovremennyye-platformy-dlya-distancionnogo-obucheniya-shirokij-vyibor,-bezgranichnyie-vozmozhnosti> (data zvernennia: 29.04.2020).

[5]. Hetta V. H. Dystantsiine navchannia: dydaktyka, metodyka, orhanizatsiia : monohrafiia– Chernihiv, 2017. – 286 s.

[6]. Bakirov V. Pandemiia mozhe nazavzhdy zminyty vyshchu osvitu [Elektronnyi resurs] / V. Bakirov, M. Oharkov // Dzerkalo tyzhnia. – 2021. – 16 sich. – URL: <https://zn.ua/ukr/EDUCATION/pandemija-mozhe-nazavzhdi-zminiti-vishchu-osvitu.html>.

[7]. Vodennikova O.S., Vodennikova L.V., Haiduk L.P. Zastosuvannia dystantsiinoho navchannia v zakladykh vyshchoi osvity. Вѣдешчыте yzsledvanyia -2020: materyaly za XVI mezhdun. nauch. prakt. konf. Volume 7 Pedagogichesky nauky (Sofyia, 15-22 february, 2020 h.). Sofyia: Bial HRAD-BH. 2020. S. 9-12

[8]. Vnukova N. V. Naukovo metodolohichni osnovy bezpeky kompleksu avtomobil-doroha-seredovyshe. Avtoref. dys. d. t. n. 21.06.011/Vnukova N. V. KhNADU.- 2015. – 36 s.

[9]. Vnukova N. V., Volkov V. P., Hrytsuk I. V., Pozdniakova O. Yi., Volkova T. V. Ekobezpeka ta resursozberezhennia pry utylizatsii avtomobiliv» Pidruchnyk.- Kherson: Vydavnytstvo OLDI_PLIuS, 2021r, 229s.

[10]. International Material Data System (IMDS) [Электронный ресурс]. – Rezhym dostupa: www.mdsystem.com.

[11]. Global Automotive Declarable Substance List (GADSL) - 2012 GADSL Version 1.0, r.44 [Электронный ресурс]. – Rezhym dostupa: www.gadsl.org

[12]. Hrytsenko, A. V. Vnukova N. V., Pozdniakova E. Y. Sovmestnoe szhyhanye produktov pyrolyza shyn y drevesnykh pellet / A. V. Hrytsenko, N. V. Vnukova, E. Y. Pozdniakova // Энергетика. Yzv. vyssh. ucheb. zavedenyi y energiyeticheskyykh obyedynenyi SNH. 2021. T. 64, № 4. S. 363–376. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2021-64-4-363-376>

[13]. Vnukova N.V., Pozdniakova O.I. «Resursozberihaiuchi ta pryrodookhoronni tekhnolohii na transporti» Svidotstvo pro avtorske pravo na sluzhbovyi tvir naukovo-praktychnoho kharakteru № 58460 vid 05.02.2015 r.

[14]. Volkov, V., Vnukova V., Taran, I., Pozdnyakova O., Volkova, T. Influence of diesel vehicles on the biosphere. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. Vol. 5, 94-99, (2021). URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-5/094>.

За контакти:

Doctor of Technical Sciences Volodymyr Volkov, Full Professor, Head of the Department of "Technical operation and service vehicles", Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU), Kharkiv, Ukraine; tel.: (+38067) 747-21-77; e-mail: volf-949@ukr.net.

Volkov Vladimir - Doctor of Technical Science (s), Professor, Head of Department of Technical Exploitation and Service of Cars, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: volf-949@ukr.net

Vnykova Nataliia - Doctor of Technical Science (s), Professor, Head of Department of ecology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: vnukovanv@ukr.net

Pozdnyakova Olena - candidate of chemical science, association prof. of ecology department Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: pei.xadi@gmail.com

Volkova Tetiana - Dr.Sc. (Eng.), Associate Professor of the Department of Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: wolf949@ukr.net.

Pliekhova Ganna - Dr.Sc. (Eng.), Associate Professor of the Department of of Informatics and Applied Mathematics, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: plehovaanna11@gmail.com

МЕТОДЫ КАЛИБРОВКИ СПИДОМЕТРА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ В ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

METHODS FOR CALIBRATING THE SPEEDOMETER OF A PASSENGER CAR IN ROAD CONDITIONS

Yuriy Zytsev¹, Pavel Voroshyllov²

Abstract. This article describes methods of calibrating car speedometer on the road without expensive equipment. The most accurate results are obtained by using marking elements, for instance, the standard road guard fence. The most practical method is synchronous video recording of speedometer and the display of receiver for satellite signals GPS or/and GLONASS.

Key words: road, speedometer calibration, marking, GPS

1. Введение:

В пути водитель непрерывно осуществляет органолептический мониторинг состояния автомобиля. Но возможности органов чувств ограничены, из-за чего он может ощутить появление неисправности слишком поздно. Также при выполнении научных исследований, например, при сравнительных испытаниях различных топлив, необходимо добиваться сопоставимости условий проведения тестов. Один из важнейших показателей, по которым оценивается сопоставимость, – скорость автомобиля. Наибольшую точность измерения скорости обеспечивают бесконтактные оптические спидометры CORREVIT в составе систем CORRSYS-DATRON (ок. 20 000 US \$), немного им уступают приборы VBOX фирмы RACELOGIC (ок. 10 000 US \$). Упрощенный вариант такой системы VBOX Lite + OLED-дисплей стоит 2400 долларов [1]. Не всякая научная организация, особенно университет, может использовать такое оборудование, поэтому чаще скорость измеряют спидометром тестового автомобиля. Спидометр – это преобразователь частоты вращения выходного вала трансмиссии или колес автомобиля. Он неизбежно отражает все погрешности, вызываемые неопределенностью радиуса качения колеса, в том числе, из-за атмосферных условий, степени прогрева шин, загрузки автомобиля и ее распределения в продольном и поперечном направлениях и т.п. Так что калибровка спидометра является необходимым этапом испытаний и в ответственных случаях должна выполняться в начале и в конце каждого испытательного дня. Испытания альтернативных топлив, когда счет идет на единицы и даже доли процентов, именно такой случай. Калибровка спидометра необходима:

1. при переходе на новые передаточные числа;
2. переход на другой профиль или диаметр ведущих колес;
3. установка другой приборной панели;
4. желание избавиться от заводской погрешности спидометра.

Также неправильные показатели скорости на дороге могут привести к довольно неприятным последствиям, таким как дискомфорт езды в потоке, штраф, аварийная ситуация и ДТП.

2. Изложение:

В серьезных испытаниях лучше использовать системы измерения скорости, не связанные с колесами автомобиля, например, навигаторы или приемники спутниковых сигналов GPS/ГЛОНАСС, либо внешние базы расстояния – метки на дороге. Но в любом варианте испытатели должны получать информацию о скорости немедленно, не дожидаясь окончания обработки записей, так что калибровать спидометр необходимо.

Наилучшие результаты дает калибровка по надежной разметке дороги, например, по барьерному ограждению. Однако такое ограждение есть не везде. Кроме того, на

результат сильно влияет длительность замера – чем больше пройденный при замере путь, тем точнее вычисление средней скорости и тем увереннее водитель выдерживает заданную скорость движения – см. табл. 1.

Таблица 1 - Калибровка спидометра автомобиля Volkswagen Passat B4 по видеозаписи ограждения (T_i – текущее время, V_i – средняя скорость на интервале, V_{cp} – средняя скорость от начала замера)

Путь, м	T_i , с	V_i	V_{cp}	T_i , с	V_i	V_{cp}	T_i , с	V_i	V_{cp}
	40 км/ч			50 км/ч			60 км/ч		
24	44,133	37,03	37,03	151,6	38,10	38,10	45,967	45,45	45,45
54	46,933	38,57	37,87	154	45,00	41,65	47,866	56,87	51,16
84	49,6	40,49	38,77	155,932	55,90	45,82	49,8	55,84	52,74
114	52,2	41,54	39,46	158,132	49,09	46,64	51,799	54,03	53,07
144	54,966	39,05	39,37	160,265	50,63	47,42	53,799	54,00	53,26
174	57,7	39,50	39,40	162,465	49,09	47,70	55,799	54,00	53,39
204	60,533	38,12	39,20	164,532	52,25	48,32	57,799	54,00	53,48
234				166,665	50,63	48,60	59,733	55,84	53,77
264	66,2	38,12	38,95	168,8	50,59	48,82	61,699	54,93	53,90
294	68,933	39,52	39,01	171	49,09	48,85	63,599	56,84	54,19
324	71,666	39,52	39,05	173,16	50,00	48,95	65,5	56,81	54,42
354	74,466	38,57	39,01	175,433	47,51	48,83	67,4	56,84	54,62

Научная группа обычно проводит испытания на прямом горизонтальном участке дороги с твердым покрытием, которая защищена стандартным барьерным ограждением типа 11Д04 высотой 0,75 м по ГОСТ 26804-86. Ограждение набрано из частей заводского изготовления, что обеспечивает довольно точный шаг стоек – $4 \pm 0,010$ м по стандарту ($4 \pm 0,005$ м по замеру рулеткой). Дополнительно на штампованные двухволновые балки ограждения в сборе нанесены полосы – черные длиной 1 м и белые по 2 м. Тщательные проверки показали, что шаг полос соблюден хорошо. Длина мерного участка дороги, подсчитанная по стойкам, составила 1754 м, а по полосам – 1752 м (расхождение 0,1 %). Кроме того, вдоль дороги установлены столбы освещения с шагом 30 м. Современные спутниковые карты с высоким разрешением подтверждают надежность ограждения в качестве разметки дороги.

Для калибровки спидометра по этой разметке выполнялся проезд мимо ограждения с заданной постоянной скоростью, во время которого производилась синхронная видеозапись ограждения и показаний спидометра двумя цифровыми фотоаппаратами Canon PowerShift A700 и A2000 IS. В отдельных случаях использовались видеокамеры мобильных телефонов, например, Apple iPhone 4.

Каждый отдельный кадр видеозаписи показывает положение снимаемого объекта (например, стрелки спидометра или стойки ограждения) в данный момент времени. Для проверки внутренних часов видеокамер выполнена видеосъемка часов Интернета с экрана монитора в течение 180 секунд – это наибольшая длительность одного клипа записи испытаний. По трем упомянутым видеоустройствам длительности составили 180,398, 179,999 и 180,161 с, соответствующие относительные погрешности 0,22, 0,17 и 0,09 %. Такая погрешность представляется допустимой.

Отработка методов калибровки проводилась на автомобиле Lada Priora BA3-21703 с шинами Fulda Kristall Montero 3 M+S 185/60 R14 82T. Общая масса автомобиля с людьми и оборудованием 1454 кг.

Порядок выполнения калибровки был таким: водитель вел автомобиль, выдерживая заданную скорость, и снимал на видео движение стрелок спидометра и тахометра. Оператор снимал ограждение. Руководитель эксперимента задавал режимы (скорость и длительность площадки) и снимал показания приемника GPS Triton 300 фирмы Magellan, настроенного на индикацию текущей скорости с одним знаком после запятой (например, 48,4 км/ч) и сменой индикации каждую секунду.

Калибровку выполняли тремя методами [2]:

- a) сравнением показаний спидометра с показаниями приемника GPS;
- b) сравнением постоянной скорости по спидометру с частным от деления пути вдоль ограждения на время измерения;
- c) сравнением постоянной скорости по спидометру с частным от деления пути по треку GPS на время измерения.

Время измерения длилось от 70 до 120 секунд, выдерживать заданную скорость без отклонений не удавалось, поэтому по видеозаписям движения стрелки спидометра определяли продолжительность индикации t_i каждой скорости V_i и подсчитывали средневзвешенную скорость:

$$V = \sum_{i=1}^n t_i \cdot V_i / \sum_{i=1}^n t_i. \quad (1)$$

По техническим причинам калибровка по индикации GPS проведена только для скоростей 50 км/ч и ниже (табл. 1, фиг. 1).

Таблица 2 – Результаты калибровки спидометра

V по спидометру	12	21,7	30	38,2	50	60	70	80	90	100
V по ограждению	10,96	19,84	26,40	34,63	45,00	55,30	62,86	72,67	81,54	91,16
V по треку	12,51	19,23	27,55	34,53	45,78	54,65	62,15	71,72	79,13	90,62
V по индик. GPS	10,99	18,93	26,66	34,58	45,11					

Согласно таблице, значения фактической скорости по ограждению и по индикации GPS совпадают в четырех случаях из пяти, по треку заметно отличаются. Очевидно, самые точные значения дает видеозапись ограждения, исходящая из прямых замеров пути. А трек – результат обработки спутниковых сигналов в самом приемнике, далее – в программе связи приемника GPS с компьютером Vantage Point, в самом компьютере, а завершается обработка ручным счетом с указанной погрешностью, поскольку встроенные в программу функции Play (Воспроизведение трека) и Odometer (Одометр) не обеспечивают нужной разрешающей способности считывания.

Тип шин влияет на калибровку, хотя и мало: ранее на всесезонных шинах КАМА EURO 224 было получено калибровочное уравнение $y=0,91575x - 0,7093$, теперь на зимних шинах Fulda Kristall Montero 3 того же размера $y=0,9106x - 0,2197$, т.е. график шел на 0,49 км/ч ниже, а коэффициент наклона был больше на 0,0056, т.е. на 0,6 %. Разрыв по времени между этими двумя калибровками 19 месяцев.



Фиг. 1. График калибровки спидометра Lada Priora

Следовательно, характеристика спидометра, во-первых, близка к линейной, во-вторых, достаточно стабильна. Поэтому можно не опасаться внезапных отклонений от калибровочного уравнения в ходе эксперимента (но перед каждым новым экспериментом калибровку следует повторить).

Итак, значения скорости по GPS практически совпадают со значениями по ограждению, которые достаточно точны по определению. Важно, что выполнять калибровку по дисплею GPS можно на дороге без разметки. С учетом этого вывода калибровка цифрового спидометра автомобиля Honda Civic (модель 2006 г.) была проведена на дороге без разметки с умеренной интенсивностью движения. Покрытие сухое и чистое. Температура воздуха -2°C . Масса автомобиля с людьми и оборудованием 1540 кг. Шины зимние Fulda Kristal Montero 3 205/55 R16 91T, давление 0,216 МПа (2,2 бар).

В ходе эксперимента водитель управлял автомобилем и снимал спидометр фотоаппаратом, удерживаемым на ступице руля (фиг. 2). Оператор одновременно снимал приемник GPS другим фотоаппаратом. Аппараты были синхронизированы (фиг. 3). Однако водитель и оператор не согласовывали моменты включения и выключения видеозаписи, поэтому окончательная синхронизация осуществлялась при просушивании записей, по одинаковым звукам на аудиодорожках.



Фиг. 2. Видеосъемка приборов автомобиля Honda Civic

При замерах автомобиль двигался вначале на север, затем в южном направлении. Длительность замеров была разной – от 5 до 50 с, в зависимости от того, что позволяла

дорожная ситуация и как долго индицировалось спидометром одно значение скорости. Приемник GPS был настроен на режим записи трека и смены индикации через одну секунду. Тест выполнялся в пределах городской черты, поэтому был выбран верхний предел скорости 70 км/ч по спидометру. Получен достаточный для калибровки материал, обработан и представлен здесь в виде табл. 2 и фиг. 4.



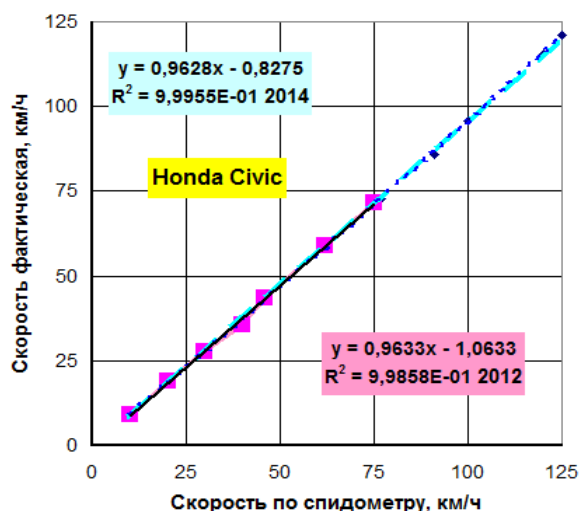
Фиг. 3. Синхронные кадры видеозаписей спидометра и тахометра и приемника сигналов GPS Magellan Triton 300 (с экрана программы Virtual Dub)

Таблица 2. Калибровочная таблица спидометра Honda Civic (2006)

Спидометр	10	18	20	30	31	39
GPS	9,30	16,58	17,55	27,56	28,41	36,20

Спидометр	40	51	52	62	62	71
GPS	37,42	48,18	48,77	58,23	57,65	67,26

Требуется отметить две особенности процесса калибровки. Первая - это сложность поддержания постоянной скорости. При ручном поддержании скорости 10 км/ч истинные значения скорости за 30 секунд замера колебались от 8,5 до 9,7 км/ч при среднем $m=9,303$ км/ч (среднеквадратичное отклонение $\sigma=0,306$, коэффициент вариации $v=0,033$) [3].



Фиг. 4. График калибровки спидометра Honda Civic [4]

Электронная система «адаптивный круиз-контроль» в базовых комплектациях устанавливается лишь на дорогие автомобили либо идет как опция, т.е. за дополнительную оплату. Эта система обеспечила лучшую стабильность [4]. Так, при показаниях спидометра 62 км/ч истинные значения скорости колебались от 57,2 до 58,7 км/ч при среднем $m=58,225$ км/ч ($\sigma=0,388$, $v=0,033$). Еще лучше были показатели при 71 км/ч: $m=67,26$ км/ч ($\sigma=0,128$, $v=0,002$). Однако система круиз-контроля на этом автомобиле начинает работать со скорости около 50 км/ч (30 миль в час), и на меньших скоростях водителю приходится выдерживать режим самостоятельно.

Чтобы обойти эту сложность, использовался следующий порядок обработки: на видеозаписи цифрового спидометра выбирали интервалы времени, в течение которых индизировалась нужная скорость, например, 10 км/ч. На видеозаписи дисплея приемника GPS находили участки, синхронные с выбранными, и вычисляли средние значения скорости по GPS в нарастающем ряду этих участков (длительностью около 1 секунды каждый). Длину ряда считали достаточной, когда изменение средней скорости за n измерений по сравнению со средней за $n-1$ измерений становилось пренебрежимо малым. В случае скорости 10 км/ч это произошло после 25 участков, когда расхождение накопленных средних скоростей в двух последовательных участках упало ниже 0,01 %. Заметно, что ниже 1 % расхождение спустилось после 19 секунд. Таким образом, затрата лишних 6 секунд времени при обработке окупилась довольно хорошим повышением точности в 100 раз.

Второй сложностью является различие результатов при движении автомобиля в противоположных направлениях. Калибровочное уравнение при движении на юг имеет вид $V_{GPS}=0,9545 \cdot V_{SPEED} - 1,0093$, а при движении на север – $V_{GPS}=0,9467 \cdot V_{SPEED} - 0,4137$. Различие невелико, но все же при 70 км/ч составляет $65,855-65,806=0,0496 \approx 0,05$ км/ч.

Объясняется это различие тем, что приемник GPS, расположенный под лобовым стеклом, принимает сигналы в основном из части неба, к которой движется автомобиль. Задняя часть неба экранирована металлической крышей автомобиля, и оттуда поступает меньше сигналов. Спутники американской системы позиционирования GPS имеют наклон орбиты к экватору 55° . Тест проходил на 50° северной широты. Поэтому в северной части неба спутники поднимаются над горизонтом максимум на 5° , и точность измерения невелика. При движении в южном направлении перед приемником открыт довольно большой сектор наблюдения, сигналы поступают от большего числа спутников и точность позиционирования выше. При пользовании системой ГЛОНАСС этот вредный эффект заметно слабее, так как орбита спутников российской системы имеет наклонение $63...65^\circ$. Меньше он скажется и в более южных районах, например, вблизи Варны, на широте около 43° [3].

Итак, в ответственных случаях следует отдавать предпочтение калибровке, выполняемой при движении на юг, если приемник расположен под лобовым стеклом. При движении в северном направлении можно перенести приемник под наклонное заднее стекло.

Отметим случаи, когда использовать калибровку по спутниковым сигналам нежелательно. Не следует выполнять такую калибровку на дорогах с заметным уклоном – в этом случае ошибка, вызванная перепадом высот, может заметно искажать показания скорости. Не следует проводить калибровку на узких городских улицах среди высоких домов, в густом лесу.

3. Заключение:

Калибровка по спутниковым сигналам расходится с более точной градуировкой по разметке дороги на 1%. При дорожных испытаниях необходимо пользоваться калиброванным спидометром; если нет дорогого оборудования и особой разметки дороги, самым точным и практичным методом калибровки спидометра является параллельная

синхронная видеозапись показаний спидометра и приемника спутниковых сигналов. Также при использовании спутниковых сигналов калибровку проводить на ровной дороге, без высоких, домов деревьев, гор и других предметов искажающих правильность полученных данных. Калибровку по сигналам GPS лучше проводить при движении автомобиля на юг.

Литература (изцяло на латиница):

1. Фомин А. Измерено ЗР. Скорость: Немаксимальная максималка / Анатолий Фомин / За рулем. – 2009. – № 1.
2. Färnlund J. Performance measurements on chassis dynamometers / Jonny Färnlund, Nils G. Engström / Publ. by Rototest Research Institute, March 2005 Part 2/2/ p/ 15-22/22 SAL-N05030802-CH2-PRIO4.PDF.
3. The Pneumatic Tire / U.S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration. DOT HS 810 561 2006. 707 p. / http://www.nhtsa.gov/staticfiles/safercar/pdf/PneumaticTire_HS-810-561.pdf
4. Тарасов Р. Дети эволюции. Обзор премиальных седанов среднего класса / Руслан Тарасов // Клаксон, № 10 (498), 2012 г.

За контакти:

¹ senior lecturer eng. Yuriy Zybtshev, Kharkov National Automobile Highway University. Department " "Technical operation and service of cars named after prof. Govorushchenko N.Ya.", Yroslava Mudrogo str. 25, Kharkov, Ukraine, +38(050)1839444 // +38(067)1432144, dandz2805@gmail.com

² student, Pavlo Voroshylov, specialty: automobile transport, automotive faculty, Kharkov National Automobile Highway University, Yroslava Mudrogo str. 25, Kharkov, Ukraine, +38(066)7474555, voropasha01@gmail.com

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ГРАФ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ АВТОМОБИЛЯ

INTEGRATED GRAPH OF CONTROL OF VEHICLE HYBRID POWER PLANTS

Alexey Bazhinov, Tetiana Bazhynova

Abstract. The algorithmization technology for the synthesis of controllers has been developed. impacts on the basis of the created integrated graph, which will allow you to quickly synthesize the solution of control problems without the participation of the decision maker.

Keywords: hybrid power plant, automobile, graph, strata, method.

1. Введение

В настоящее время возникла необходимость придания информационно-измерительной и 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 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 гибридных автомобилей. Это определяет актуальность совершенствования и разработки новых методов моделирования и оптимизации ИИУС управления силовыми установками гибридных автомобилей на основе современной теории автоматического управления, векторной оптимизации.

2. Изложение

Для систем автоматического управления ГСУ целесообразно применение в качестве основного математического аппарата раздела комбинаторной топологии – линейных направленных графов обладающие наглядностью и экономией в вычислениях. Использование графического представления системы линейных дифференциальных уравнений для решения задач анализа и синтеза приведено в работе [1] и предложены две формы представления уравнений – схемная и графная – получившие дальнейшее развитие в виде структурных схем направленных графов. Первая форма представления (схемная) легла в основу направления анализа динамических систем, получившего название структурных методов представленная [2]. Вторая форма (графная) не получила такого широкого применения, хотя успешно использовалась в структурных исследованиях [3]. Возможность использования направленных графов для решения задач синтеза линейных систем автоматического управления [4]. Однако в перечисленных работах не приводятся решения задач управления ГСУ автомобиля.

Для решения этой проблемы предлагается метод построения интегрированного графа алгоритмизации синтеза решения задачи управления процессами ГСУ. Вершины графа располагаются на различных уровнях абстракции – стратах. Каждый уровень характеризуется своим набором законов и принципов, которые описывают поведение разрабатываемой системы. Для эффективности

такого иерархического описания необходима независимость моделей различных уровней системы. Отличием этой концепции иерархии от других является введение так называемой стратифицированной системы. Уровни абстракции, включающие стратифицированное описание называются стратами [5].

Целью решения задачи алгоритмизации синтеза является получение управления процессами гибридной силовой установки автомобиля (СГУ), минимизирующего заданные функционалы. Введение страт позволяет выделить типовые этапы решения задач синтеза управления, и за счет рассмотрения лишь альтернативных путей найти более оптимальные алгоритмы поиска решений на графе пространства состояний.

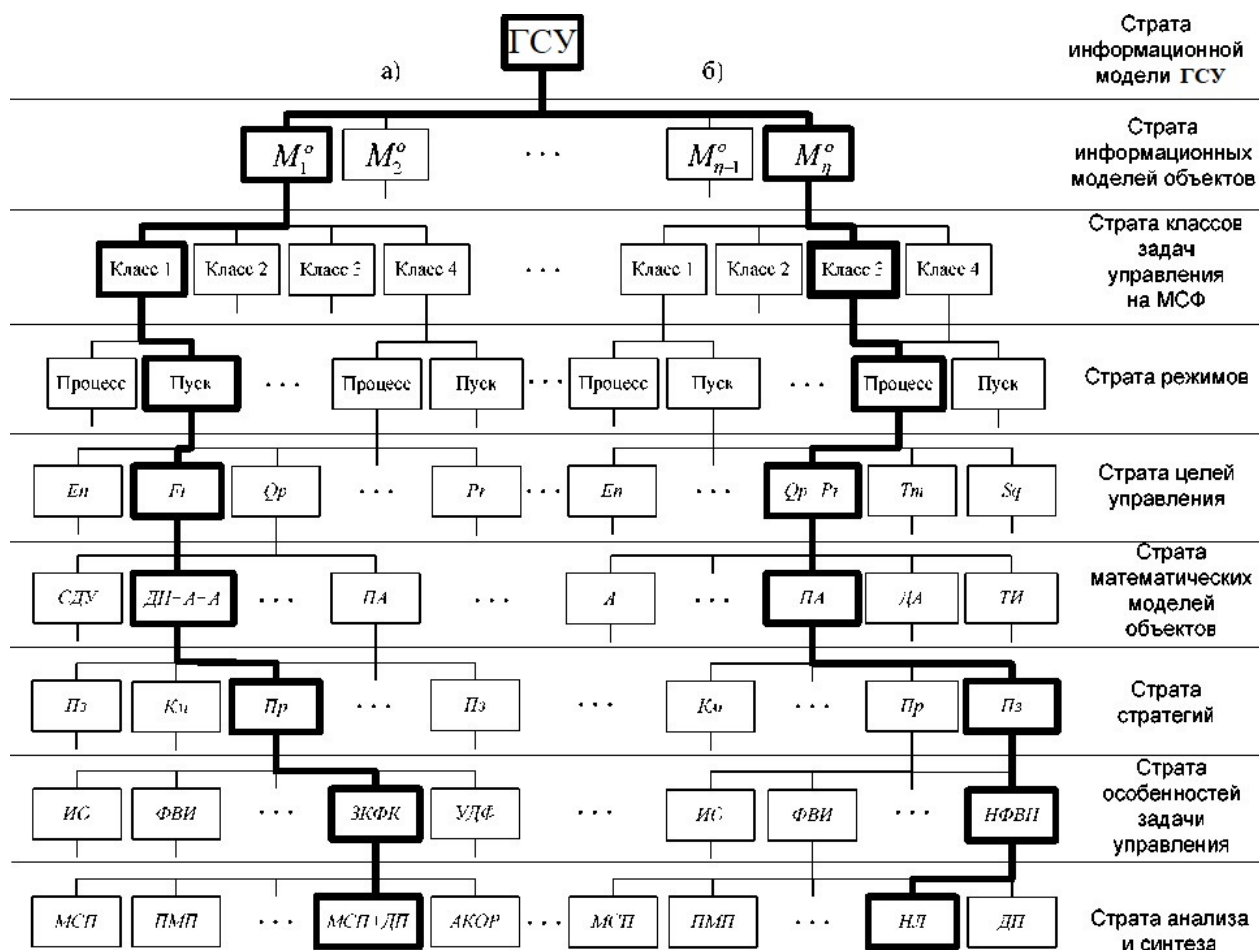
Технология метода отражает представление множества задач алгоритмизации синтеза управления СГУ с учетом внешних условий эксплуатации. Во внешних условиях вершины графа соответствуют состояниям решения задач и представляют собой фреймы знаний, оперирование которыми реализуется с использованием алгоритмов процедур программных модулей. Ребра графа представляют информацию, которая передается и получается в результате функционирования программных модулей. Вершины располагаются на различных уровнях абстракции (стратах).

Граф содержит страту целей, определяемых режимами работы агрегатов, составляющих ГСУ. Цели соответствуют минимизируемым функционалам, которые в свою очередь определяют решаемую задачу. Поиск в пространстве состояний характеризует решение конкретной задачи как процесс нахождения пути на графе, являющегося конкретным алгоритмом.

Интегрированный граф гибридной технологии (фиг.1) содержит следующие страты: информационной модели всей СГУ, информационных моделей силовых агрегатов, классов задач на множестве состояний функционирования (МСФ), режимов работы, целей управления, математических моделей агрегатов, стратегий управления, особенностей задач, анализа и синтеза.

При функционировании экспериментального гибридного автомобиля передача информации между агрегатами, базами данных активными процедурами осуществляется посредством диалогов интеллектуального интерфейса, имеющего в своем составе экспертную систему. Верхние страты предназначены для идентификации информационных моделей СГУ и ее агрегатов и систем. Процедуры модулей, принадлежащих страте информационной модели всей СГУ и страте информационных моделей объектов управления, задают различные сценарии диалога ГСУ с внешними условиями. В результате выполнения этих сценариев извлекается необходимая информация об объекте управления в виде морфологической модели M_h^o , хранимой в базе данных.

Цель принадлежит множеству целей: затраты энергии, расход топлива, безопасности движения, производительность транспортного процесса и т.д. Для достижения каждой цели минимизируется соответствующий ей функционал. Для достижения нескольких целей могут использоваться комбинированные функционалы. Страта классов задач управления на МСФ дает возможность при описании моделей СГУ рассматривать условия работы ее с комплексным учетом воздействия внешних условий и другими факторами имеющими детерминированную, вероятностную или нечеткую (расплывчатую) природу. Изменение h происходит в случайные моменты времени. В зависимости от изменения h на интервале времени управления и идентификации значений h выделяют четыре класса задач управления на МСФ.



Фиг.1. Интегрированный граф метода алгоритмизации синтеза управляющих воздействий режимами силовой гибридной установки:

а) Синтез решения для режима «Рекуперация»; б) Синтез решения для режима «Движение».

Страта режимов и страта целей служат для определения функционала, задающего конкретную цель управления. Смена режима работы объекта управления меняет цель управления. Так, например, в режиме «Движение» СГУ может быть в режиме наката, т.е. не иметь нагрузку, поэтому решать задачу повышения ее качества на данном этапе бессмысленно.

Страта моделей служит для идентификации математической модели объекта, подходящей для решения задачи алгоритмизации синтеза управления. При этом фреймы модулей идентификации дают возможность, с учетом полученных экспериментальных данных, подобрать наиболее перспективную модель объекта управления из множества альтернативных адекватных моделей. Модели могут быть представлены в виде: ДУ – систем дифференциальных уравнений в частных производных с граничными условиями; ПА – процедурно-аналитических моделей (нейронные сети, модели с нечеткой логикой и т.д.); А – инерционный объект первого порядка (апериодическое звено), ДА – двойного апериодического звена, ДИ – двойного интегратора; ТИ – тройного интегратора; а также многозонных моделей т.е. систем дифференциальных уравнений с разрывной правой частью, например, ДА+ДА, ДИ+А+А и т.д.

Страта стратегий предлагает следующие стратегии реализации оптимального управления: S_{AP} – корректируемую стратегию управления или стратегию с применением нечеткой логики (Кр), $S_{пр}$ – программную (Пр), $S_{пз}$ – позиционную (Пз), $S_{комб}$ – комбинированные стратегии управления (Км),

$S_{\text{ФК}}$ – с фильтром Калмана (ФК) $S_{\text{ПМ}}$ – прогнозирующей моделью (ПМ); и их разновидности.

Страта особенностей содержит фреймы, позволяющие решать задачи с учетом: интегральных ограничений (ИО), фиксированным и нефиксированным временным интервалом управления (ФВИ и НФВИ), закрепленными и незакрепленными концами траектории фазовых координат (ЗКФК и НКФК), фиксированными и интервальными параметрами моделей объектов (ФП и ИП), с учетом ДФ (УДФ) и т.д.

Страта анализа и синтеза содержит процедуры реализации методов: синтезирующих переменных (МСП), принципа максимума Понтрягина (ПМП), аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР), динамического программирования (ДП), комбинированных (МСП+ДП), нечеткой логики (НЛ) и т.д.

Важнейшими компонентами системы, использующими интегрированный граф технологии, являются база знаний (БЗ) и база данных (БД).

БЗ обеспечивает не только рассуждения на основе опыта, но и фундаментальные знания о математических методах анализа и синтеза и знания прикладного характера, используемые разработчиками алгоритмического обеспечения, в том числе математические постановки задач управления, а также соотношения, определяющие виды функций управления для используемых функционалов, определяющие синтезирующие переменные, используемые при решении задач имитационного моделирования, и др. Эти соотношения применяются при разработке новых моделей на базе принципов наследования.

В БД содержатся сведения о результатах внедрения системы компьютерного оптимального управления, полученный эффект использования синтезированных алгоритмов управления, различные виды моделей процессов, параметры и состав моделей для многозонных объектов, а также используемые стратегии, условия решения задач управления и т.д.

Позиции, а) и б) на (фиг.1) показаны примеры путей синтеза решения задачи управления, используемые при построении рабочего процесса ИИУС ГСУ.

Разработка рабочего процесса ИИУС ГСУ проводится в две стадии. На первой стадии, назовем ее исследовательской, используется персональный компьютер, содержащий полную версию интегрированного графа технологии интеллектуализации синтеза решения задачи управления ГСУ (фиг.1) с полным наполнением страт.

На исследовательской стадии происходит анализ агрегатов ГСУ, в результате чего формируется новый интегрированный граф технологии интеллектуализации синтеза решения задачи управления ГСУ путем наполнения его страт баз данных и знаний знаниями об исследуемых объектах, составляющих ГСУ (например рис.1 а) или б)). Для этого посредством реализованных сценариев диалога с пользователем определяются: информационная модель гибридного автомобиля; информационные модели агрегатов силовой установки автомобиля; множество состояний функционирования гибридного автомобиля; нагрузочно-скоростной режим работы гибридной силовой установки; цели управления режимами работы объекта; вид математической модели изучаемого процесса и ее параметры, исходя из данных эксперимента; действующие по каналам управления и измерения ДФ; стратегии управления; особенности задачи управления; формулировки постановок задач; производится анализ и синтез задачи управления.

Результатом исследовательской стадии, является построение нового интегрированного графа технологии интеллектуализации синтеза задачи управления, лежащего в основе функционирования ИИУС ГСУ. Построение заключается в определении из общих множеств типовых элементов исходного

графа, множества элементов результирующего графа, реализующих решения задач конкретной ГСУ. Наряду с построением графа на исследовательской стадии решается задача структурного построения проектных решений, т.е. находится оптимальное проектное решение архитектуры ИИУС ГСУ.

На второй стадии построен граф технологии интеллектуализации синтеза задачи управления для конкретного исследованного агрегата управления (например, тяговая аккумуляторная батарея, двигатель внутреннего сгорания) записывается в выбранный для данного проектного решения контроллер, и наличие ПК с полной версией графа перестает быть необходимым. Использование построенного графа технологии интеллектуализации синтеза запоминающего оперативного устройства (ЗОУ) позволяет оперативно синтезировать решения задач управления без участия лица, принимающего решение.

3. Заключение

Разработан интегрированный граф технологии алгоритмизации синтеза управляющих воздействий. В пространстве состояний вершины графа соответствуют этапам решения задач и представляют собой фреймы знаний, оперирование которыми реализуется с использованием алгоритмов программных модулей. Ребра графа – это информация, передаваемая и получаемая в результате работы модулей. Вершины графа располагаются на различных уровнях абстракции – стратах. Каждый уровень характеризуется рядом особенностей, с помощью которых описывается поведение ГСУ. Введение страт позволяет выделить типовые этапы решения задач синтеза управления, и за счет рассмотрения лишь альтернативных путей найти более оптимальные алгоритмы поиска решений на графе пространства режимов работы ГСУ.

Литература

1. Chernyshov, N.G. Energy saving system for technological equipmen heating control / N.G Chernyshov, S. V. Artemova // Allerton Press, Inc., New York //Automatic Control and Computer Sciences. 2001, № 2.
2. Bazhinov, A., Bazhinova T., Podrigalo, M., Kholodov. M., et al., « Dynamics Hybrid Vehicle Driven with Electric Motor Driving Wheels from Batteries», SAE Technical Paper 2022-01-0667, 2022, doi: 10.4271/2022-01-0667.
- 3., Bazhinov A.V., Kravtsov M.N., Bazhinova T.A. Determination of the quality index of cars. Bazhinov O., Bazhynova T., Kravtsov M. Determination of Quality of cars. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. Volume 110, 2022. DOI:<https://doi.org/10.20858/sjsutst.polsl.pl>.
4. Zhang Yi, Liu Heping, Wang Huabin. "Torque Control Strategy for Parallel Hybrid Electric Vehicles using Fuzzy Logic".WSEAS Transactions on Systems, iss. 4, vol. 10. – 2011. – P. 116-125.
5. Serikov S.A. Neural network model of internal combustion engine.// Cybernetics and Systems Analysis. -2010. –Volume 46, Issue 6. – P. 998-1007.

За контакти: prof., doct. techn. nauk Alexey Bazhinov Name Surname, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine, phone 8098 33 794 45, e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРО И ГИБРИДНОГО ТРАНСПОРТА

ELECTROMAGNETIC HAZARD OF HYBRID VEHICLES

Alexsey Bazhinov, Mikhail Kravtsov

Abstract. The technique and results of measurements of the magnetic induction of cars with an internal combustion engine, electric cars and hybrid cars are given. The magnetic field induction of an electric car is twice that of a car with an internal combustion engine and does not depend on the speed of movement. The magnetic field induction of a hybrid vehicle is greater than that of an electric vehicle and tends to be speed dependent. The induction of the magnetic field when charging in the parking lot of an electric car inside is much less than when driving

Keywords: hybrid car, electromagnetic radiation, induction, electric car.

Введение:

К антропогенным источникам электромагнитного излучения относятся: электротранспорт (трамваи, троллейбусы, поезда, электротранспорт метрополитена, гибридный и чисто электрический транспорт); линии электропередач городского освещения, высоковольтные линии (ЛЭП); электропроводка в середине зданий, телекоммуникации; бытовые электроприборы; теле- и радиостанции и транслирующие антенны; радары, персональные компьютеры, мобильные телефоны и т. д. Все эти источники излучают электромагнитные поля, которые проникая в клетку человека оказывают на неё негативное действие.

Электромагнитные волны характеризуются длиной L , которые излучает их источник, частотой F и скоростью A их движения. Электромагнитные поля – это не видимые области энергии так же называемые излучения, производимые электричеством, то есть движением электронов или тока по проводу. Электромагнитное поле (ЭМП) – это особая форма материи, с помощью которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами. Источниками сменных электрических и магнитных полей в электрических и гибридном транспорте являются узлы, в которых имеется высокое переменное напряжение, и узлы, работающие с большими токами.

Степень воздействия ЭМП на организм человека зависит от диапазона частот, интенсивности и продолжительности действия, характера излучения (непрерывное или модулированное), режима облучения, размера облучаемой поверхности тела, индивидуальных особенностей организма. ЭМП могут вызвать биологические и функциональные неблагоприятные эффекты в организме человека.

2. Изложение

Еще в 2002 г., когда только начиналось широкое внедрение гибридных автомобилей, один из шведских журналов провел экспертизу двух моделей с бензиновыми двигателями и выявил в них высокий уровень электромагнитного

излучения, производимого электронными сетями [1]. Сейчас наибольшее беспокойство выражают владельцы гибридных автомобилей. Они не поспешили приобрести детекторы магнитных полей и ужаснулись показаниями этих приборов [2]. Уже появилась новая услуга по внутренней изоляции салона машины от излучения. У водителей при вождении гибридной «Хонды» повышается давление и возникает сонливость, когда они находятся за рулем автомобиля [3]. Причем раньше с ними такого не случалось. Независимое тестирование гибридной «Тойоты» выявило повышенное электромагнитное излучение там, где сидят водитель и пассажир сзади слева [4].

У самого популярного гибридного автомобиля Toyota Prius уровень излучения составил 30-170 миллигаусс, что в 15-135 раз выше нормы. Исследование проводила общественная комиссия под руководством доктора Эли Штерна (Израиль), занимающаяся контролем излучения от линий высоковольтных передач [4].

По данным [4,5] процент, электромагнитного загрязнения городской среды от автотранспортных средств может достигать 30%. характеристики электромагнитного поля (ЭМП) в зависимости от интенсивности движения автотранспорта представлены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели электромагнитного поля

Интенсивность движения	Частотный диапазон					
	5 Гц – 2 кГц		2 кГц – 400 кГц		50 Гц	
	Характеристики ЕМП					
	Е, В/м	И, мкТл	Е, В/м	В, мкТл	Е, В/м	В, мкТл
40 АТЗ/мин	7	0.1	0.3	1	2	2
60 АТЗ/мин	16	0.3	0.9	1	6	3

Измерение магнитных и электрических полей проводилось с использованием изотропных зондов для диапазона от 100 кГц до 60 ГГц. Большой графический дисплей позволяет легко считывать результаты. Простота в обращении благодаря интеллектуальному интерфейсу, обеспечивающему автоматическое определение параметров подключенного зонда. Возможность сохранения до 5000 результатов измерений

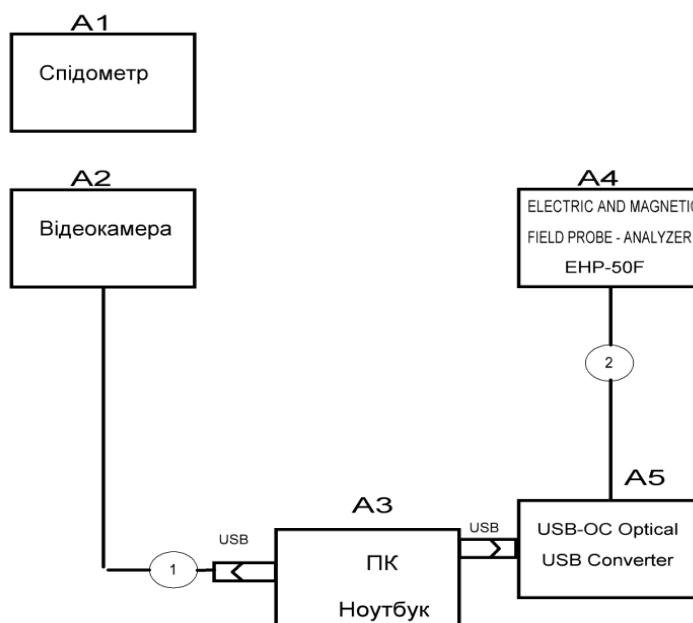
Прибор для измерения электромагнитных полей Narda NBM-550 позволил получать сверхточные результаты измерений неионизирующих излучений. Narda NBM-550 с охватом всех частот от длинноволновых до микроволновых излучений. Прибор для измерения постоянного и переменного электромагнитного поля Narda NBM-550 применяется для проверки соответствия требованиям стандартов безопасности человека.

Как видно из результатов измерений таблицы 2, больше всего ЭМП наблюдается в кабине автомобиля, где расположен пассажир. Согласно ГСНП №239-96 норма составляет 2,5 мкВт/см². Европейские стандарты FCC и ANSI/IEEE C.1-1992 допускают показания 1,5 мкВт/см².

Нижче приведена методика измерений магнитной индукции автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, электромобилей и гибридных автомобилей. Структурная схема измерений представлена на фиг.1.

Таблица 2. Результаты измерений магнитных и электромагнитных полей

Место измерений	Измерение магнитного полч (А / Т)	Измерение электромагнитного поля (мкВт / см ²)	Соответствие нормативным документам (+ -)
Двигатель	0,27	0,75	-
Аккумулятор	0,02	9,45	-
Пассажир-место	0,565	15,4	-



Фиг.1. Схема измерений

Измерение скорости автомобиля осуществлялось штатным спидометром автомобиля A1. Фиксация показаний скорости происходила через видеокамеру A2 на компьютер - ноутбук A3. Использовался прибор измерений магнитной индукции A4 типа EHP-50F. Данные измерений индукции через оптический кабель 2 и преобразователь A5 поступали на компьютер, индицировались на дисплее в виде данных и спектра в диапазоне 0 - 100 Гц и записывались в файл с помощью программы записи с экрана компьютера.

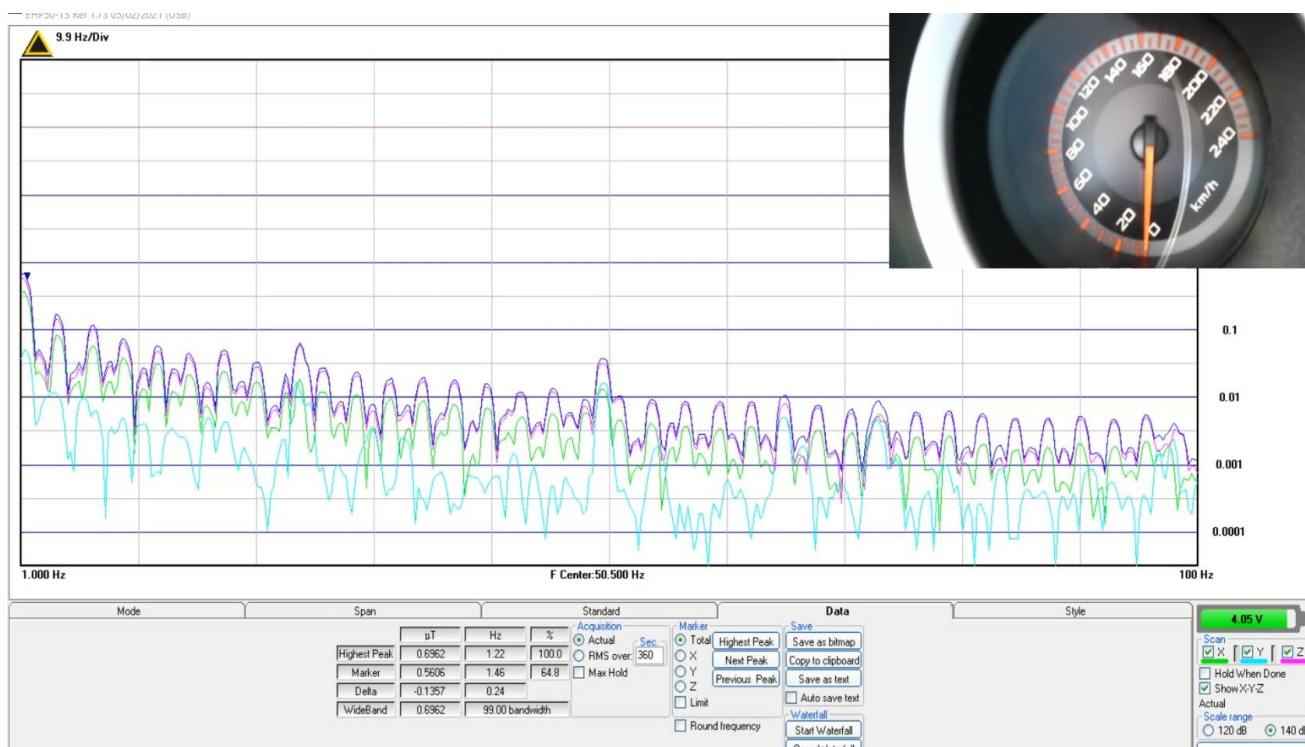
Измеритель индукции малых магнитных полей типа EHP-50F – низкочастотный зонд-анализатор изотропного электрического и магнитного поля. Он обеспечивает передовые технологические решения для анализа поля в

диапазоне частот от 1 до 400 кГц в чрезвычайно высоком динамическом диапазоне. А также включает одновременные измерения по осям X, Y и Z с помощью мощного встроенного анализатора спектра.

ENP-50F может использоваться как с портативным полевым измерителем NBM-550, так и с персональным компьютером (ПК). Обеспечивается автономный режим работы для непрерывного сбора данных до 24 часов. ENP-50F содержит энергонезависимую память, в которой хранятся таблицы калибровки частоты и уровня, и внутренний оптический повторитель, позволяющий подключаться к внешним устройствам через оптическое волокно. Спектральный анализ, полученный через DSP, выполняется на восьми различных значениях диапазона частот и отображается на мониторы ПК или NBM-550.

Электрическое или магнитное поле улавливается тремя датчиками на ортогональных осях X, Y и Z. Далее происходит -аналого- цифровое преобразование, превращающее сигнал в числовую информацию, обработанную блоком цифровой обработки сигнала.

Типичный спектр показан на фиг. 2. При анализе использовалась амплитуда и частота магнитной индукции первой гармоники, указанные в таблице внизу графика.



Фиг. 2. Спектр колебаний магнитной индукции и данные измерений

После окончания эксперимента файлы видео просматривались и посекундно записывались их результаты в таблицы приложений. Показания с частотой сети 50 Гц исключались как промахи. После чего был проведен их статистический и корреляционный анализ.

Исследования автомобиля Lancer 10 с двигателем внутреннего сгорания показали, что среднее значение индукции магнитного поля составляет $0,43 \pm 0,12$

мкТл. Коэффициент покрытия $K=2,0$ при доверительной вероятности $P=0,95$. Индукция магнитного поля не зависит от скорости движения.

Среднее значение индукции магнитного поля внутри электромобиля $B=0,85\pm0,18$ мкТл; Коэффициент покрытия $K=2$ при доверительной вероятности $P=0,95$. Индукция магнитного поля у электромобиля вдвое больше, чем у автомобиля с двигателем внутреннего сгорания и не зависит от скорости движения.

Среднее значение индукции магнитного поля внутри гибридного автомобиля $B=1,28\pm0,61$ мкТл; Коэффициент покрытия $K=2$ при доверительной вероятности $P=0,95$. Индукция магнитного поля у гибридного автомобиля больше, чем у электромобиля и имеет тенденцию зависимости от скорости движения.

Среднее значение индукции магнитного поля внутри электромобиля при медленной зарядке аккумулятора $B=0,08\pm0,012$ мкТл; Коэффициент покрытия $K=2$ при доверительной вероятности $P=0,95$.

Индукция магнитного поля при зарядке на парковке у электромобиля внутри значительно меньше, чем при движении ($0,85$ мкТл).

Среднее значение индукции магнитного поля внутри электромобиля при быстрой зарядке аккумулятора $B=0,12\pm0,02$ мкТл; Коэффициент покрытия $K=2$ при доверительной вероятности $P=0,95$.

3. Заключение

Проведенные исследования свидетельствуют, что электрооборудование в электротранспорте и, в частности, в электромобиле и гибридном автомобиле является источником переменного ЭМП, обладающего сильной временной и пространственной неоднородностью в диапазоне частот от 0 до сотен мегагерц. Это связано с тем, что МП в электромобиле и гибридном автомобиле являются суперпозицией полей многих источников. Непосредственными источниками МП в автомобилях с электротягой являются тяговые электродвигатели, батареи, токонесущие элементы, различное электрооборудование, например, пускотормозное сопротивление, групповые переключатели, реостатные блоки, электрические цепи вентиляции, освещения, обогрева и т. д. Электронные устройства на борту как правило, более высокочастотные, чем МП, связанные с изменениями режима движения электромобилей и гибридных автомобилей.

Литература:

1. Wolfgang, Maes. Stress durch Strom und Strahlung/Maes Wolfgang; Institut fuer Baubiologie und Oekologie. - Neubeuren, 2004. - 800 s.
2. Al't V.V., Savchenko O.F. Innovatsionnoe razvitie APK na osnove informatsionnyh resursov // Достижения науки і техніки APK. - 2009. - № 10. - С. 25-29.
- 3.. 5. Titov E.V., Migalev I.E. Metodika kontroly elektromagnitnoe obstanovki na ob"ektakh APK // Vestnik KrasGAU. - 2012. - № 7. - С. 136-138.
4. SanPiN 2.2.2/2.4.1340-03. Gigienicheskie trebuvaniy do personalnym elektronovychislitel'nyh mashinam i organizatsii raboty. - Vved. 2003-06-30. - M.: Izd-vo standartov, 2003. - 27 s.

5. SanPiN 2.1.2.1002-00. Sanitarnoepidemiologicheskie trebovaniya do zhilix daniiv i pomeshcheniyam. - Vved. 2001-07-01. - M.: Izd-vo standartov, 2001. - 13 s.

За контакти: prof., doct. techn. nauk Alexey Bazhinov Name Surname, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine, phone 8098 33 794 45, e-mail:

alexey.bazhinov@gmail.com

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

ВЛИЯНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНОВ НА ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

EFFECT OF THE OCTANE NUMBER OF GASOLINES ON THE TOXICITY OF THE EXHAUST GASES

Bezrodnyi Vladimir, Bezrodnaya Alexandra

Abstract. The main sources of air pollution in large cities are currently industrial enterprises and cars. Exhaust gases from car engines pollute the atmosphere wherever they work. Therefore, it is believed that the atmospheric air is now polluted more by the exhaust gases of car engines and less by emissions from industrial enterprises. Reducing air pollution by toxic substances from the combustion products of car engines has become one of the problems facing humanity. Cars emit toxic substances mainly as part of the exhaust gases discharged through the exhaust system from the engine cylinders, in the form of crankcase gases, as well as in the form of vapors from fuel tanks during refueling and the carburetor. Modern methods of gas analysis have established about 200 harmful compounds and substances that make up the exhaust gases. The most toxic are carbon monoxide CO, unburned hydrocarbons CmHn and nitrogen oxides NOx. For these substances, the maximum allowable content standards are established by the laws of industrialized countries.

Keywords: Octane, toxicity, additives, research.

1. Введение:

Основными источниками загрязнения воздуха больших городов в настоящее время являются промышленные предприятия и автомобили. Отработавшие же газы двигателей автомобилей загрязняют атмосферу всюду, где они работают. Поэтому считается, что атмосферный воздух сейчас загрязняется больше отработавшими газами двигателей автомобилей и меньше выбросами промышленных предприятий. Уменьшение загрязнения воздуха токсичными веществами продуктов сгорания двигателей автомобилей превратилось в одну из проблем, стоящих перед человечеством. Токсичные вещества автомобили выделяют главным образом в составе отработавших газов, отводимых через систему выпуска из цилиндров двигателя, в виде картерных газов, а также в виде испарений из топливных баков при заправке и карбюратора. Современными методами газового анализа установлено около 200 вредных соединений и веществ, входящих в состав отработавших газов. К наиболее токсичным относятся окись углерода CO, несгоревшие углеводороды CmHn и окислы азота NOx. На эти вещества установлены законодательствами промышленно развитых стран предельно допустимые нормы содержания.

2. Изложение:

В настоящее время все больше внимания уделяется повышению экономичности и снижению токсичности отходящих газов. Это обусловлено экологическими проблемами, высокими ценами на нефть и необходимостью экономить ее.

Решение этих проблем проводится по нескольким направлениям: усовершенствование конструкции двигателей, реконструкция действующих и создание новых технологических процессов в нефтепереработке, направленных на повышение качества углеводных топлив и разработка различных добавок и присадок, позволяющих улучшить эксплуатационные и экологические показатели моторных топлив.

Первые два направления связаны с серьезной реконструкцией предприятий машиностроения и нефтеперерабатывающих заводов, что требует длительного периода, что зависит от уровня капиталовложений в указанные отрасли промышленности. В сложившейся в Украине экономической ситуации, на мой взгляд, более динамично может развиваться третье направление – введение в моторные топлива разных добавок и присадок.

Наиболее эффективно процессы, происходящие в двигателе автомобиля, и, следовательно, на состав продуктов сгорания, производят высокооктановые кислородсодержащие добавки. Поэтому в настоящее время актуальным вопросом является исследование влияния этих добавок на токсичность отработавших газов.

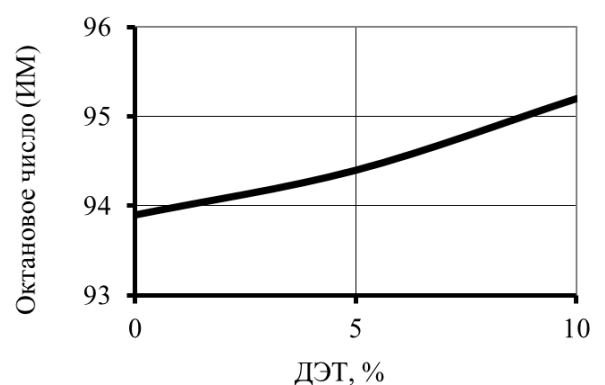
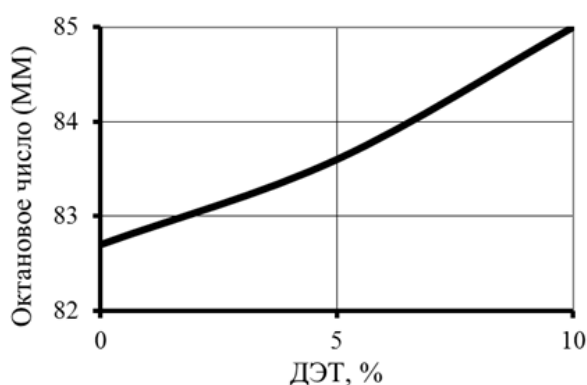
Были проведены исследования влияния добавки этанольной топливной (ДЭТ) на топливную экономичность и токсичность отходящего газа. В качестве испытуемого топлива, в которое добавлялась ДЭТ, был выбран товарный бензин А-92 с октановым числом по моторному методу 82,7 и исследовательскому методу 93,9. Эксперимент проводили на чистом товарном бензине А-92 и с добавлением в него соответственно 5% и 10% ДЭТ.

Прежде чем оценивать влияние ДЭТ на топливную экономичность и токсичность отработавших газов, были проведены исследования антидетонационной эффективности ДЭТ. Испытания проводили на моторной установке УИТ-65 по моторному (ГОСТ 511-82) и исследовательскому (ГОСТ 8526-82) методам. Такие исследования проводились в лаборатории кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей ХНАДУ на установке по определению октановых чисел УИТ-65. Результаты этих исследований представлены на фигуре 1.

Как видно из результатов исследования антидетонационной эффективности ДЭТ, она повышает октановое число товарного бензина, как по моторному, так и по исследовательскому методам, причем с одинаковой интенсивностью. Поэтому целесообразно проводить исследование влияния этой добавки на токсичность отработавших газов.

Таблица 1 - Результаты исследования антидетонационной эффективности товарного бензина А-92 при добавлении присадки ДЭТ

Состав исследуемых смесей	Октановое число исследуемых смесей	
	по моторному методу	по исследовательскому методу
А-92	82,7	93,9
А-92+5% ДЭТ	83,6	94,4
А-92+10% ДЭТ	85	95,2



Фиг.1. Зависимость октанового числа бензина А-92 по моторному и исследовательскому методам от процентного содержания в нем ДЭТ

Токсичность отработавших газов оценивали по содержанию в них окиси углерода (СО) и углеводородов (СН) с помощью газоанализатора UREX-3110. Нормы содержания этих компонентов в отработавших газах, в соответствии с ДСТУ 4277:2004, действующим в настоящее время в Украине, приведены в таблице 2 [1].

Таблица 2 – Допустимое содержание СО и СН в отработавших газах бензиновых автомобилей в соответствии с ДСТУ 4277:2004

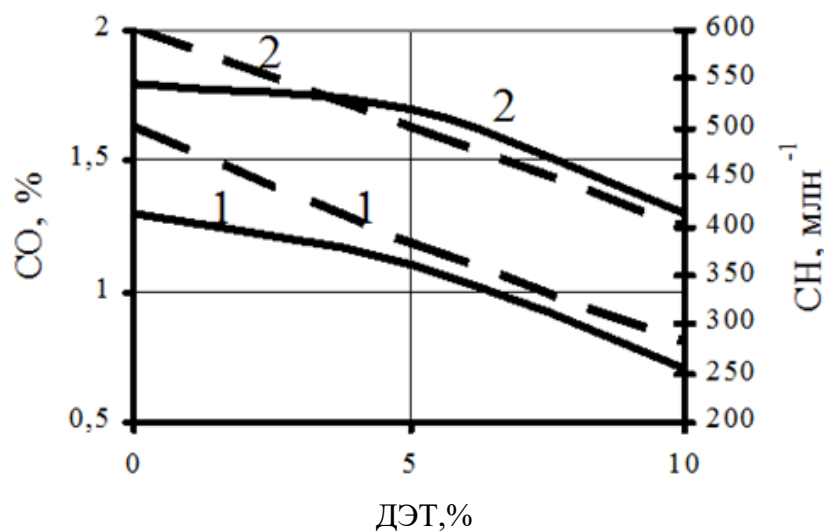
Частота вращения	Предельно допустимое содержание окиси углерода, объемная доля, %	Предельно допустимое содержание углеводородов, объемная доля, млн ⁻¹ . Для двигателей с числом цилиндров	
		до 4	больше 4
$n_{\min}$	3,5	1200	2500
$n_{\text{пов}}$	2,0	600	1000

Измерения токсичности проводили на автомобиле ВАЗ-2107 без нагрузки при двух частотах вращения коленчатого вала двигателя – 860 мин⁻¹ и 2800 мин⁻¹ (таблица 3).

Результаты этих исследований представлены на фигуре 2.

Таблица 3 – Измерения токсичности отработавших газов

Вредные вещества	Токсичность					
	$n=860 \text{ мин}^{-1}$			$n=2860 \text{ мин}^{-1}$		
	А-92	А-92 +5%ДЭТ	А-92 +10%ДЭТ	А-92	А-92 +5%ДЭТ	А-92 +10%ДЭТ
СО, %	1,3	1,1	0,7	1,8	1,7	1,3
СН, млн ⁻¹	500	380	280	600	500	400



1 – $n=860 \text{ мин}^{-1}$; 2 – $n=2800 \text{ мин}^{-1}$

Фиг. 2. Зависимость токсичности отработавших газов (СО – сплошные линии, СН – штриховые линии) и часовой расход топлива от процентного содержания в нем ДЭТ без нагрузки при разных оборотах коленчатого вала

Из результатов испытаний видно, что при добавлении присадки ДЭП к товарному бензину А-92 при работе автомобиля без погрузки происходит снижение токсичности отходящих газов при всех оборотах используемых в эксперименте. При этом эти характеристики улучшаются при увеличении концентрации ДЭП в бензине. Поэтому можно заключить, что при данном режиме работы наиболее благоприятным является 10% содержание ДЭП в бензине.

После проведения экспериментальных исследований влияния присадок на качества бензинов и эксплуатационные качества автомобилей целесообразно провести экономическую оценку полученных результатов с целью определения актуальности применения предлагаемых смесей автомобильных бензинов с разными добавками и присадками. То есть провести стоимостную оценку применения чистых товарных бензинов и бензинов с добавлением добавок и присадок, которые рассматривались в экспериментальной части.

3. Заключение:

При использовании спиртовых добавок, в частности такой, как добавка этанольная топливная (ДЭТ) наблюдается снижение токсичности отработавших газов бензинового двигателя. Это говорит о целесообразности использования такой добавки. Применение этой добавки повышает октановое число и уменьшает загрязнение окружающей среды.

Литература (изцяло на латиница):

1. ДСТУ 4277:2004 Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR ASSESSING THE STAFFING PROCESSES OF MAINTENANCE AND REPAIR OF CARS AT ENTERPRISES

Serhei Mastepan, Associate Professor, Ph.D., Kharkov National Automobile & Highway University, Nikolai Vinogradov, Associate Professor, Ph.D., Victor Kuzmin, senior Lecture, Donbass National Academy of Construction and Architecture

Abstract. The work proposes a system for assessing the level of ensuring the effectiveness of the organization system and the development of personnel potential, which is based on the indicators of the functioning of the production process and will ensure: a high level of labor organization, conditions for maintaining the efficiency of the performers of the production process, eliminating the harmful effects of production, the use by employees of technical means of maintenance and car repair, information and regulatory systems. A system of indicators for professional evaluation of employees has been formed in the areas of performance of functions, personal qualities, level of innovative activity, professional growth through training

Keywords: automobile transport company, car, maintenance, repair, personnel support of production, level assessment

1. Introduction:

The production process of a road transport enterprise is a complex set of primary actions: main, auxiliary and servicing. The process includes social, technical, technological, personnel, organizational, managerial components. It is both technical and organizational in complexity.

An important component of the production process is staffing. To ensure the efficiency of the functioning of the enterprise: the level of profitability and profitability of production services for the maintenance and repair of vehicles, it is necessary to develop a system for assessing the state, level, effectiveness of the use of staffing of production processes, directions for the development of the labor production potential of the organization of work at the enterprise.

Road transport enterprises are complex human-machine systems that, during their functioning, need to solve a number of important issues in the formation of an assessment and the development of staffing. Methods of development, improvement of staffing of an enterprise for car repair and repair are not always based on new models and management methods.

An important problem for enterprises is the need to improve the efficiency and quality of production services for the maintenance and repair of vehicles. An analysis of work on the development of production processes [1, 2, 3, 4] showed that high-quality maintenance and repair of vehicles due to human resources makes a significant contribution to the economic growth of an enterprise.

Enterprises provided with skilled workers usually use the latest advanced technologies, modern technological equipment, high management approaches, methods and systems, have better performance indicators and, as a result, significant growth rates of production services.

At enterprises, an important issue is to increase the efficiency of using production capacity, the potential of structural divisions, since the costs of the production base at the cost of services for the maintenance and repair of vehicles are significant.

To ensure the efficient operation of vehicles, production services for their maintenance and repair, the appropriate composition and structure of trained personnel at the enterprise are necessary. Considerable attention is constantly paid to the issues of optimizing the staffing of production structures of enterprises [5].

An important task for enterprises is the planning and regulation of the implementation and development of production processes based on the scientific organization of labor. Scientific organization of labor is the process of improving the organization of labor based on the achievements of science and best practices [4].

The modern development of personnel support for production activities has certain trends in the progressive development of the production base and the sphere of operation of enterprises. The defining ones are [3, 6]:

- increasing the science intensity of technological actions and technological equipment, the level of professional training of workers employed in production;
- formation of a system for improving the qualifications of employees of the enterprise;
- the use of modern forms and methods of organizing work, motivating employees;
- organization of relationships between individual constituent elements of the overall production process;
- improvement of organizational and managerial methods, models in production;
- providing employees with technical means of a higher level;
- increasing the degree of computerization, automation of technical systems at the enterprise;
- ensuring the maintenance and repair of vehicles with modern systems of information and regulatory support.

2. Statement:

The production structure of the enterprise as a system must take into account the human factor. When forming the staffing of the production structure, the road transport enterprise needs to solve the following tasks:

- link, in accordance with the objectives of the production system, the functions, relationships, powers and responsibilities of all employees horizontally and vertically of the overall enterprise management structure;
- to explore methods for assessing the organization of labor at the enterprise and the professional level of workers involved in the production process.

The implementation of plans for the development of staffing of the enterprise involves the development of a long-term training program, advanced training of employees, which provides for compliance with the following basic conditions [1, 4, 7] :

- professional training of employees should correspond to the directions and level of development of science and technology, be associated with strategic plans for the improvement and development of production at the enterprise;
- the training program should contribute to the achievement of the personal goals of the employees of the enterprise;
- the program of training and advanced training should contribute to the advancement of the employee in a business career;
- the program of training and advanced training should contribute to the advancement of the employee in a business career.

Personnel management at a road transport enterprise should be carried out according to strategic programs for the development of car maintenance and repair production and constantly monitored in certain areas of socio-economic efficiency of functioning (Fig. 1).

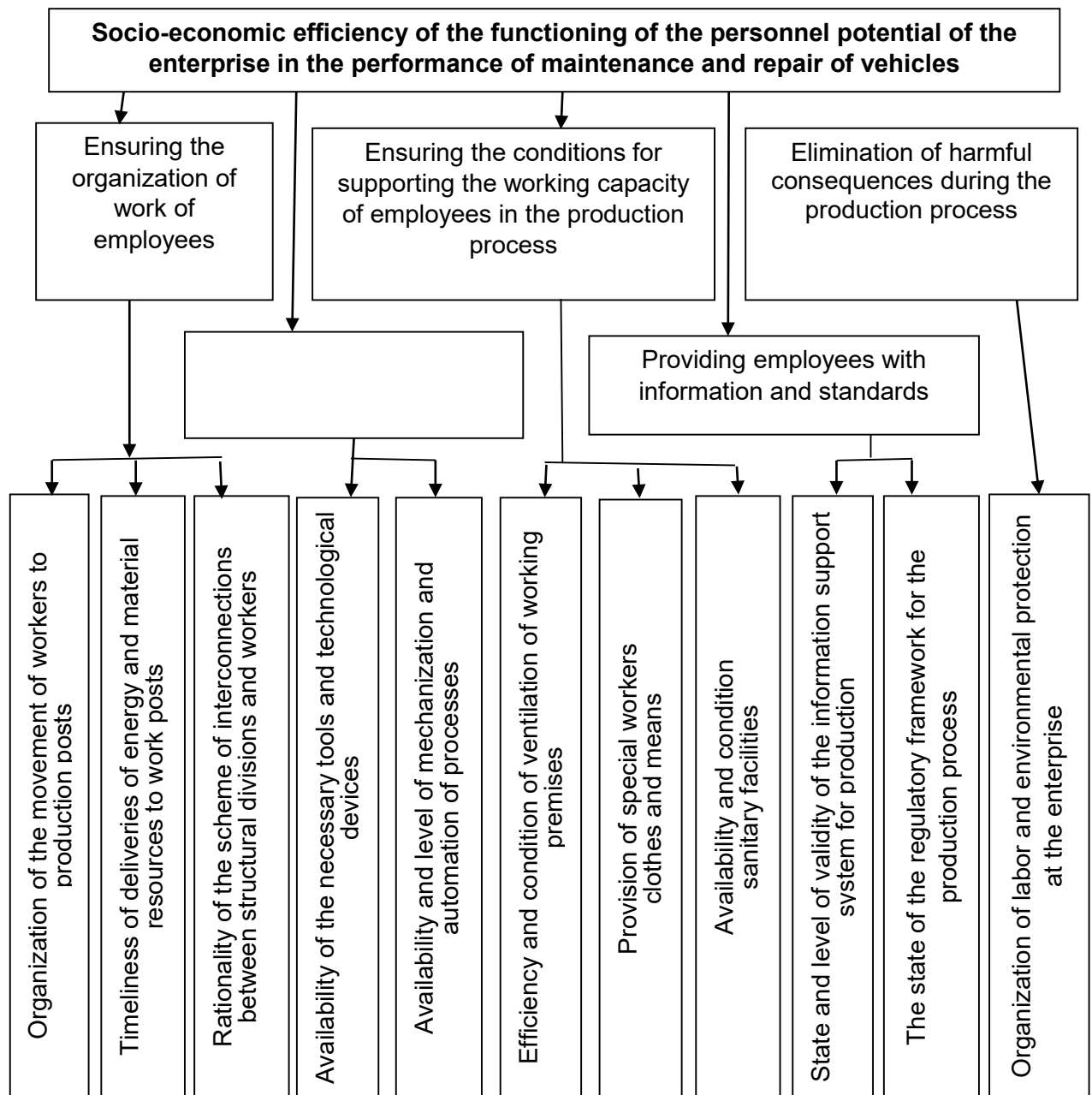


Fig. 1. Scheme of formation of socio-economic efficiency of functioning personnel potential of the enterprise

The effectiveness of the personnel management system can be expressed through a change, an improvement in the performance of the production process:

- improving the quality of maintenance and repair of vehicles;
- reducing the number of claims for poorly performed services;
- increase in the range and volume of production services for the maintenance and repair of vehicles;
- reducing the consumption of energy and material resources;
- growth of labor productivity of workers;
- reducing the cost of maintenance and repair of the vehicle.

An important task at the enterprise is to assess the professional level of employees who implement the production process of car maintenance and repair. The assessment should be carried out in different directions (Fig. 2).

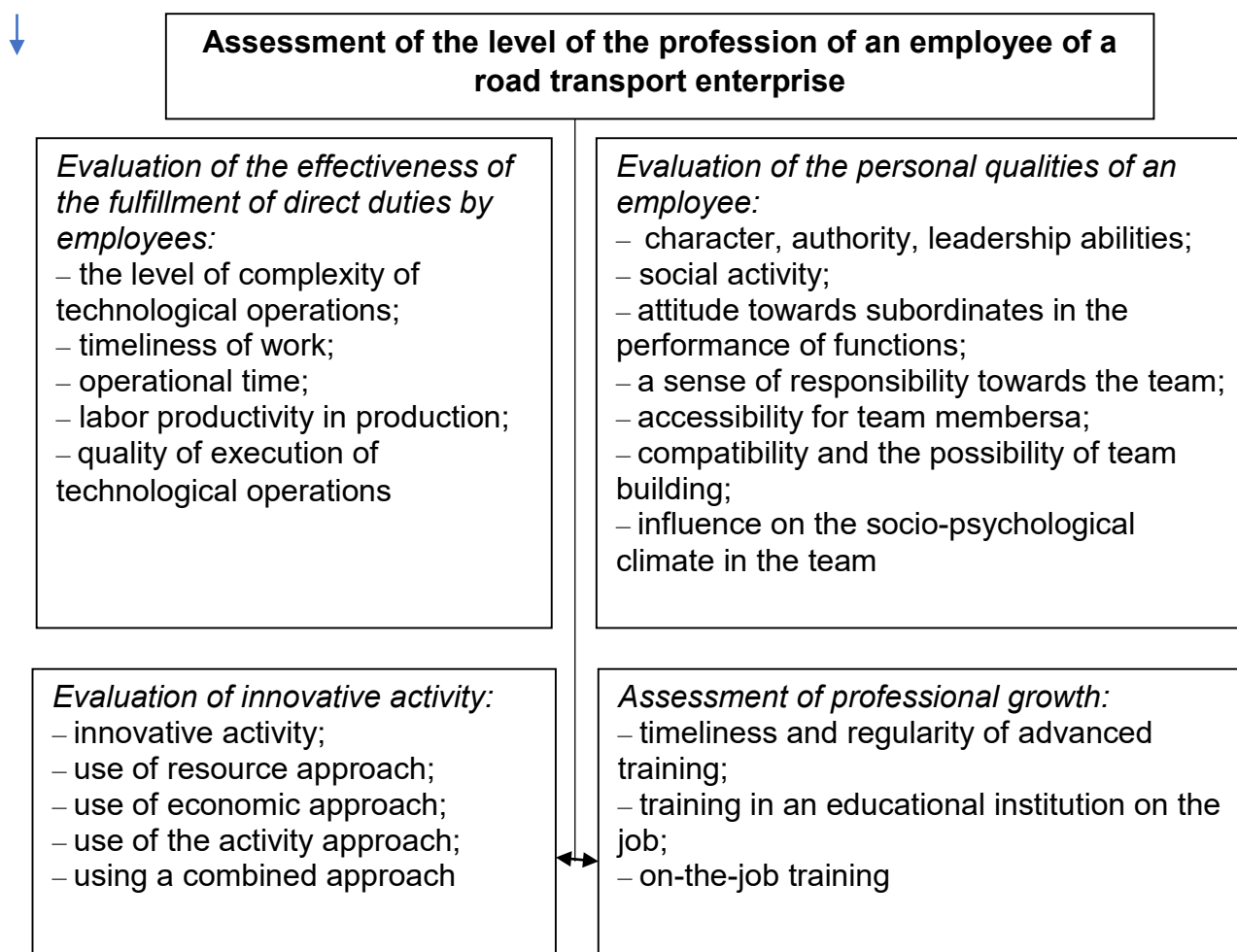


Fig. 2. Scheme of the direction of evaluation of workers in the production process at the enterprise

When evaluating the organization of the labor process of an enterprise, the professional level of employees and their implementation, it is advisable to develop a set of indicators, in which individual indicators create a comprehensive characteristic of the employee and the level of organization of the production process.

It is advisable to assess the level of discipline of functioning in the production process of staffing by the coefficient K_B characterizing the state of labor discipline in the enterprise team:

$$K_B = 1 - \frac{t_B}{\Phi_M \cdot N_3}, \quad (1)$$

where t_B – loss of working time by an enterprise during a certain period (decade, month) as a result of violations of labor discipline, man-hour;

Φ_M – workplace time fund, hour;

N_3 – the number of employees of the enterprise working in the same period, people.

During the configuration, the efficiency of the organization of the labor process can be found by the utilization rate of the working time fund:

$$K_w = \frac{T_{\Pi 3} + T_{Oi} + T_{O3} + T_{OP} + T_{OB} + T_B + T_J + T_T}{T_{3M}}, \quad (2)$$

where $T_{пз}$ – time of preparatory, final operations at the workplace, hour;
 T_{Oi} – time of receipt of the tool, hour;
 T_{O3} – time to receive spare parts, hour;
 T_{OP} – execution of technological operations, hour;
 T_{OB} – debugging and troubleshooting of technological equipment at the workplace, hour;
 T_{OB} – time for rest and personal needs, hour;
 T_J – time to perform work to improve the quality of services, hour;
 T_T – time to perform work on the introduction of new technical solutions, hour;
 T_{3M} – shift time, hour.

3. Conclusion:

Based on the results of the assessment of the activities and professional level of employees, it is necessary to improve the organization of the maintenance and repair of vehicles at the enterprise, to develop measures to ensure the improvement of skills and motivation of the performers of the production process.

Literature:

1. Канарчук В.Є., Курніков І.П. «Виробничі системи на транспорті»: Підручник. - К.: Вища школа, 1997. – 359с.
2. Марков О. Д. Автосервис: рынок, автомобиль, клиент. – М.: Транспорт, 1999.-164 с.
3. Редзюк А. М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; монографія за заг. ред. А. М. Редзюка. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400 с.
4. Федонін О.С., Рєпіна І.М., Олексик О.І. Потенціал підприємства: формування та оцінка. – К.: КНЕУ, 2004. – 316 с.
5. Техническая кибернетика транспорта: Учебное пособие / Н.Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
6. Організація виробництва: Навч. посібник / Онищенко В. О. – К.: Лібро, 2003. – 336 с.
7. Мартиненко І. О., Чумаченко І. В. Формування системи професійного навчання персоналу машинобудівних підприємств. Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ». ISSN 2072-294X. Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі: проблеми теорії та практики, 2011, № 4(16). – С. 16-27.

Contacts: Mastepan Serhei Nykolaevich, Associate Professor, Ph.D., Kharkov National Automobile & Highway University, Vinogradov Nikolai Semenovich, Associate Professor, Ph.D., Kuzmin Victor Stepanovich, senior Lecture, Donbass National Academy of Construction and Architecture, phone: **+380.....**
 +380509752312, +380508638976, e-mail: mastepansm@gmail.com, m.s.vynohradov@donnaba.edu.ua,
v.s.kuzmin@donnaba.edu.ua

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

DETERMINATION OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF SERVICE AND REPAIR PROCESSES OF CARS DEPENDING ON THE SOLVENCY OF CONSUMERS

Serhii Mastepan, docent, PhD, Olena Mastepan, graduate student, Kharkov National Automobile & Highway University

Abstract. The paper proposes a new method and mechanism for assessing and determining the conditions for the development of the enterprise's production potential, considering consumer demand for car service services. Quality and price together form the value of the service. It is advisable to increase the quality of maintenance and repair of cars by increasing production volumes and reducing the cost of a unit of work for maintenance and repair of vehicles.

Keywords: enterprise, maintenance and repair of cars, quality, production efficiency, solvency, cost of service

1. Introduction:

Improving the quality of car service services is a decisive condition for the successful functioning of an enterprise in the service market. In these circumstances, there is a need for enterprises to search for new methods of tracking, monitoring the processes of production of services and, based on this, managing the production processes of enterprises.

The provision of services should be considered as a complex process, the components of which form the quality of the functioning of the entire enterprise. An optimal control system can be created by monitoring all components of the overall production process.

Road transport enterprises always want to increase their profits and profitability by increasing and balancing their production potential. There is a need to develop a system for monitoring the effectiveness of production activities, a methodology for assessing and developing the production potential of an enterprise, taking into account consumer demand for car service services.

Improvement of the system, forms and methods of management as a complex of organizational forms and economic relations between structural units, owners and other stakeholders is given considerable attention in practice and in scientific research. The questions of the dependence of demand for services for the maintenance and repair of vehicles on the solvency of consumers remain little studied.

The aim of the work is to develop a mechanism to justify a rational increase in the cost of maintenance and repair of vehicles, taking into account the economic condition of consumers of services and the need to develop the production processes of the enterprise.

To achieve the set goals, it is necessary:

to analyze the state of the theory and practice of monitoring and the formation of prices for the maintenance and repair of vehicles, depending on the economic condition of consumers of car service services;

develop a mechanism for determining a rational price for a car service service, taking into account the state of the market in the region and the country.

2. Statement:

Quality and price together form the value of the vehicle maintenance and repair service for the consumer.

The experience of countries with highly developed technologies shows that the most profitable investments are in the quality of products and services. But it should be remembered that additional costs for quality must be economically feasible. The demand for vehicle

maintenance and repair services and the cost per standard hour of work should be able to recover the cost of quality improvement.

There is a need to determine the optimal level of costs for improving the quality of maintenance and repair of vehicles. It is achieved when the difference between the additional effect of quality improvement and the additional costs of such an improvement is the largest (Fig. 1).

According to many studies [1, 2, 3, 4], the essence of the production of services for the maintenance and repair of vehicles as an economic category lies in the combination of socio-economic processes and relations in the sphere of production, their distribution between producers and consumers. The production of services is defined by researchers as a complex complex, representing a set of elements of various, but interconnected sectors and industries of the economy. The functional task of these elements is an activity aimed at meeting the individual needs of car owners associated with the use, operation, support and restoration of vehicle performance throughout the entire life cycle.

General quality management in accordance with DSTU ISO (7) provides for the management of an activity or production process in order to satisfy certain requests and expectations of certain consumer groups with quality products and services.

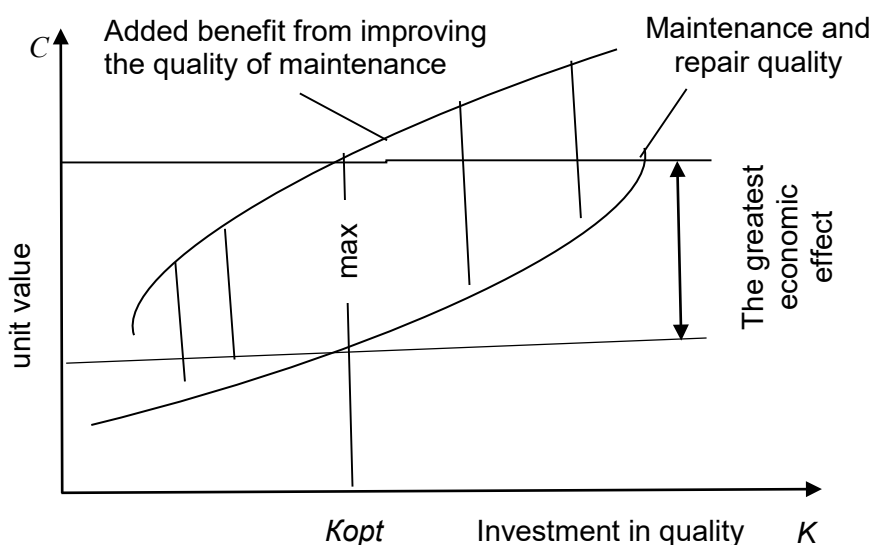


Figure 1 – Determination of the optimal level of service quality

International ISO standards suggest an integrated approach to the functioning and interaction of processes. Based on this, it is necessary to determine the basic requirements for monitoring the effectiveness of the development of the vehicle maintenance and repair system. First of all, in this direction it is advisable to carry out:

- rationing and ensuring the efficiency and quality of services, in which the parameters of the production process and the characteristics of services must be constantly improved, taking into account the development of equipment and technologies, in accordance with the expectations of consumers;

- the result of quality assurance should be mutually beneficial for both consumers and the enterprise;

- ensuring the quality and efficiency of production should be based on the optimization of production costs by the enterprise and the formation of acceptable prices for maintenance and repair services for consumers;

the functioning of the system for ensuring and managing the quality of maintenance and repair services should be clearly regulated and determined by the current standards and regulatory, technical and reference documentation.

Capital investments in quality improvement should provide additional income for the enterprise either by increasing the price for services and maintaining the achieved volumes of maintenance and repair of vehicles, or by maintaining the preliminary price level and increasing the volume of demand for services.

Methods and means of organizing the processes of maintenance and repair of vehicles are an integral part of the overall production process and the basis for the formation of a technical service management system. An important component of the enterprise production process management system is the methods of ensuring the operational management of the processes of development of the production of maintenance and repair of vehicles based on monitoring the relationship between producers and consumers of services.

Improving the quality requires economic justification for the directions of personnel, technical, technological and organizational development of the production of quality services [8, 9, 10].

The main characteristics and components of the process of maintenance and repair of vehicles, which determine both the quality of the service and the efficiency of the production process, must be constantly paid attention.

When monitoring the quality of vehicle maintenance and repair services, the main thing is to compare the quality object in time and space with the design characteristics laid down in the standards or technological processes.

To ensure the development of technological actions for the maintenance and repair of vehicles, it is necessary to monitor and evaluate production efficiency and establish an appropriate level of investment in improving the quality and efficiency of services [9, 10]. Investments in production do not always lead to a significant increase in efficiency and quality of maintenance and repair.

As a result of the implementation of measures to improve the quality, the volume of sales of services may increase by an amount $(Q_1 - Q_b)$. Additional profit ΔP in this case can be determined by the formula:

$$\Delta P = (Q_1 - Q_b) * \frac{P_b}{Q_b}, \quad (1)$$

where Q_1 – volume of maintenance and repair services after quality improvement for the selected period (year, quarter, month);

Q_b – volume of services for the same previous period;

P_b – profit of the enterprise for the previous period.

Enterprises performing maintenance and repair of vehicles constantly set themselves the goal of developing the production sector. At the same time, they are faced with the problem of mandatory accounting for fluctuations in the level of solvency of the population. Capital investments in the development of the production of maintenance and repair services do not always bring the desired result due to the low solvency of the population and the natural, in connection with this, a decrease in the intensity of car operation.

Enterprises need to solve the difficult task of monitoring and determining the interrelated technical and technological level of service production, production profitability and a reasonable price for vehicle maintenance and repair services, which will guarantee both demand and stable financial stability of the enterprise.

The average level of demand for services, s , can be expressed in terms of value. At a fixed price level, the dependence of real consumption of maintenance and repair services on per capita income can be written by a differential equation [8]:

$$\frac{ds}{dz} = a_1 c^\alpha (s - u_1)(u_2 - s), \quad (2)$$

where z – the minimum consumer funds that he can allocate for the technical retention of his car in the existing conditions of life, due to real incomes;

c – the level of real per capita income in the region;

u_1 – the minimum level of consumption of services for the maintenance and repair of vehicles;

u_2 – the maximum level of consumption of services in a positive state of the economy in the country;

a_1, α – constants depending on the state of the economy and the market in the region, and $a_1 > 0, \alpha > 0$.

Indicators u_1 and u_2 can be calculated from the cost of materials, spare parts, work and other costs using the average annual mileage of cars during crisis periods and during economic recovery (in conditions of saturation). The solution of this differential equation is the function [8]:

$$s(c) = u_1 + \frac{(u_2 - u_1)G(c)}{b_1 + G(c)} \quad (3)$$

where b_1 – a constant that depends on the level of the economy and the state of the service market;

$$G(c) = \exp \frac{u_2 - u_1}{\alpha} a_1 c^{\alpha+1}. \quad (4)$$

Function (4) is a generalized logistic curve (Fig. 2), all values of which lie between $s = u_1$ and $s = u_2$. This is a monotonically increasing function of s with one inflection point

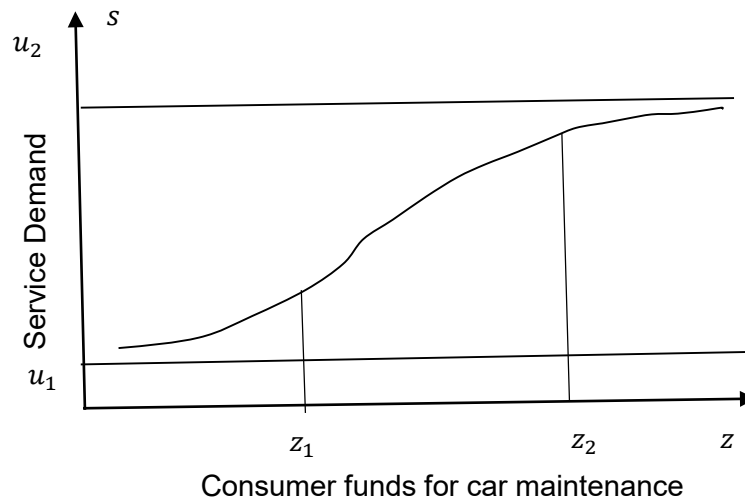


Fig. 2 – Logistic curve of dependence of the demand for maintenance and repair of cars on the purchasing power of consumers

With very small funds for the maintenance of the car z (to the left of the point z_1 on the logistic curve), the dependence of the demand for services s on the funds for the maintenance of the car z is insignificant, and its change cannot always be traced in the market for car maintenance and repair services.

In the current situation, it is inappropriate for the enterprise to break the unstable state by changing the pricing policy. During this period, it is irrational to produce a significant increase in production capacity. With the growth of z , the monotonically growing logistic dependence of s on z acquires economic and price meaning: in such a situation, an enterprise can predict and plan the development of the service production sector and justify the possibility of increasing prices for maintenance and repair of vehicles.

The most favorable for the manufacturer of services for the maintenance and repair of vehicles is the section of the curve between the critical points z_1 and z_2 (see Fig. 2). During this period, under the circumstances of the growth of the solvency of consumers of services, the use of vehicles and, accordingly, the demand for services increases significantly.

In the section to the right of the point z_2 , the demand for services is gradually slowing down, due to the fact that the intensity of vehicle operation is approaching the maximum determined by the owner.

3. Conclusion:

It is expedient to improve the quality of maintenance and repair of vehicles by increasing production volumes and reducing the unit cost of maintenance and repair of vehicles.

When developing measures to develop production and set prices for car service, it is necessary to take into account the dependence of the consumption of maintenance and repair services on the real incomes of consumers.

Literature:

1. Техническая кибернетика транспорта: Учебное пособие / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
2. Развитие автомобильного транспорта в Украине. [Электронный ресурс] – Режим доступа к статье: <http://www.trans-port.com.ua/>.
3. Організація виробництва: Навч. посібник / Онищенко В. О. – К.: Лібро, 2003. – 336 с.
4. Федонін О.С., Репіна І.М., Олексик О.І. Потенціал підприємства: формування та оцінка. – К.: КНЕУ, 2004. – 316 с.
5. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Системи управління якістю. Вимоги. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 22 с.
6. Канарчук В.Є., Курніков І.П. «Виробничі системи на транспорті»: Підручник. – К.: Вища школа, 1997. – 359с.
7. Федонін О.С., Репіна І.М., Олексик О.І. Потенціал підприємства: формування та оцінка. – К.: КНЕУ, 2004. – 316 с.
8. Verhulst, P. F., (1838). Notice sur la loi que la population pour suit dans son accroissement. Correspondence mathématique et physique: С. 113–121.
9. Курніков І. П. Управління запасами в автосервісі в умовах невизначеності попиту // Автошляховик України. – 2002. - №1. С. 15-17.
10. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Барілович Л.П. и др. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах. – К.: Логос, 1996.- 348 с.

Contacts: Mastepan Serhii Nykolaevich, Associate Professor, Ph.D., Mastepan Olena Anatolian, graduate student, Kharkov National Automobile & Highway University, phone: +3805096538, +380508015103, e-mail: mastepansm@gmail.com, optimus_27@ukr.net

ФОРМИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

FORMATION OF DIRECTIONS OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF VEHICLE MAINTENANCE AND REPAIR AT ENTERPRISES

Nikolai Mastepan, Associate Professor, Ph.D., Dmytro Savenok, Associate Professor, Ph.D., Viktoriia Kuzmina, senior teacher, Dmytro Obolonkov, senior teacher, Donbass National Academy of Construction and Architecture

Abstract. The efficiency and quality of car maintenance and repair requires constant updating of technical and technological support. The most important issues of technical and technological development are: ensuring progressive development, the need to increase the capacity of the production base, development of production processes. When forming the development program, priority areas should be modern, safe, ecological technologies. The development of a strategy for the development of technical and technological support requires the planning of measures to analyze the state of the process in internal and external environments.

Keywords: car, service, technological processes, equipment, condition assessment, development strategy

1. Introduction:

The efficiency and quality of maintenance and repair of vehicles requires constant updating of the technical, technological, information support of the overall production process of a road transport enterprise, improvement of staffing, and an increase in the organizational level of the structure and management system. To do this, it is necessary to analyze the overall production process of the enterprise, its components: technical and technological, personnel, regulatory support, to search for and implement modern new technologies. It is also necessary to analyze and justify organizational and managerial decisions taking into account the external environment: state and regional regulations, the service market, financial, labor, material, energy, information resources.

The aim of the work is to develop a methodology for the formation of directions for the technical and technological development of the production process of maintenance and repair of vehicles at a motor transport enterprise and a mechanism for assessing the state and validity of decisions in certain areas of development, improving production, its volumes, and timing of implementation.

It is necessary to analyze approaches to the formation of directions and develop requirements for the preparation of a strategic program for the technical and technological development of the production of maintenance and repair of vehicles.

2. Statement:

The production process is a combination of objects, tools and living labor in space and time, functioning to meet the needs of the enterprise's production [1].

In the conditions of rapid changes in the design of cars, automation, computerization of technological equipment, production processes must be updated in a timely manner.

Technologies for the maintenance and repair of vehicles and technological equipment should be built taking into account external factors that affect the vehicle during its operation and production process, take into account the real capabilities of the enterprise, and be justified.

Management of production processes of enterprises is necessary to ensure the production of quality services and efficient, optimal processes. Optimal processes can only be in the presence of technologies, schemes, methods and optimizing tools that provide a high level of production performance.

The development of production processes should be aimed at meeting such expectations of service consumers as service time, cost and quality of service. It is also necessary to ensure acceptable economic performance indicators for the enterprise: profit, profitability, labor productivity, etc.

To ensure a sufficient level of quality of car maintenance and repair, researchers recommend implementing a number of requirements for the modernization and improvement of production processes, among which the main ones are [2, 3, 4]:

- study of consumers' expectations of the quality of service and repair of cars;
- study of technological processes and elements of quality assurance systems at the enterprises of the industry;
- assessment of the existing level and improvement of technological processes of maintenance and repair of vehicles at the enterprise.

When developing programs, drawing up plans and tasks for the development of production processes for servicing and repairing cars, specialists determine the following main tasks [1, 5]:

- formation of the foundations of a functional, process approach to the implementation of the production of maintenance and repair of vehicles;
- analysis and accounting of the state of the market for services and resources in the region where the enterprise is located and determining the pace, directions and sequence of development of individual components of production;
- search and analysis of the latest modern technologies and their justification.
- search, analysis and formation of a list of the latest technical support for the processes of maintenance and repair of vehicles;
- analysis of the professional level of employees of the enterprise, preparation of training programs for working with the latest technologies;
- formation of requirements for staffing the production process;
- analysis and adjustment of schemes, methods of organization, management of information, regulatory support of production processes in accordance with new technologies being introduced;
- improvement of economic analysis processes, justification of production decisions, pricing methods for consumers for the production of services.

At the present stage of the state of development of road transport, the most important issues of technical and technological development for many enterprises in the country are:

- ensuring the progressive development of the production base of the enterprise in accordance with the constant increase in the car park in the country and, accordingly, the expansion of the service market;
- the need to constantly increase the capacity of the production base to ensure the competitiveness of the enterprise;
- modernization of production processes; introduction of modern advanced technologies at enterprises that correspond to the level of design of modern cars.

The formation of the technical and technological direction of development of the production process of an enterprise should be carried out in order to ensure at a sufficient level such indicators of its functioning [1, 6, 7]:

- ensuring quality indicators for maintenance and repair services;
- the ratio of the latest and obsolete technologies in percent at the enterprise;
- the level of mechanization of work at sites, enterprises;
- the average age of the technological equipment used in the production process;
- the level of physical deterioration of equipment;
- technical equipment of labor;
- labor productivity in the production of services;
- cost of production of services, etc.

The formation of directions for the technical and technological development of the production of maintenance and repair of vehicles should include:

- formulating goals and determining the main priorities for the development of production;
- development of an assessment system, analysis of the current state of technical and technological support and determination of development directions;
- determination of characteristics, criteria, indicators for evaluating the effectiveness of various solutions for the development of technical and technological support of the enterprise;
- development of a targeted development program;
- drawing up work plans for the implementation of the target program for the development of technical and technological support for the production of maintenance and repair of vehicles;
- control over the implementation of the target program and production development plans.

When developing a program for the development of technical and technological support for the production process, priority areas should be environmentally friendly technologies and equipment that ensure the environmental safety of vehicles, environmentally friendly, waste-free and resource-saving technologies for car maintenance and repair, and the use of environmentally friendly materials.

An important indicator of the need to replace technical and technological support is the wear rate of technological equipment [2, 8, 9]:

$$K_3 = 1 - \frac{C_{\text{ТУЗ}}}{C_{\text{ТУП}}}, \quad (1)$$

where $C_{\text{ТУЗ}}$ – residual value of worn-out technological equipment and equipment at the enterprise;
 $C_{\text{ТУП}}$ – the initial cost of technological equipment and tooling.

At the enterprise, it is important to conduct a valuation of the use of technical and technological means in the processes of maintenance and repair of vehicles. The share of costs for technical and technological support of production will characterize the level of concentration of the enterprise's management bodies on the main component that ensures the quality and efficiency of the production of services. Such an assessment will be represented by a part of the cost of technical and technological support in the total cost of fixed assets of the enterprise:

$$b_{\text{ТТЗ}} = \frac{C_{\text{Т}} + C_{\text{ТУ}} + C_{\text{ТО}} + C_{\text{И}} + C_{\text{ЗКЯ}}}{C_{\text{ОВФ}}}, \quad (2)$$

where $C_{\text{Т}}$ – costs for the purchase, development, implementation in production of maintenance and repair of currently existing technological processes;

$C_{\text{ТУ}}$ – the cost of purchasing, introducing into production the technological equipment of the enterprise;

$C_{\text{ТО}}$ – the cost of technological equipment of production processes;

$C_{\text{И}}$ – the cost of the tool used in production;

$C_{\text{ЗКЯ}}$ – the cost of quality control tools for all processes of car maintenance and repair and the final service;;

$C_{\text{ОВФ}}$ – the total cost of fixed assets of the enterprise.

The indicators obtained for individual industries will characterize the level of technical and technological support of the processes used at the enterprise. It should be compared with similar indicators of the best companies in the automotive industry.

Analysis of information based on the results of evaluating individual components of the overall production process and its technical and technological support according to reasonable characteristics, criteria, indicators of the functioning of the process of maintenance and repair of vehicles allows you to determine the main directions and terms for the introduction of the latest

technological equipment, modern technologies, provide the production process with the necessary information and regulatory arrays, to create a mechanism for influencing the overall process of servicing and repairing cars and the production processes of individual structural divisions.

The activity of such a mechanism should be aimed at ensuring the functional sustainability of the production system: the ability to withstand negative changes in the socio-economic situation in the country and other non-technical impacts.

The development of a strategy for the development of technical and technological support of the production process requires planning measures to analyze the state of this problem of the enterprise in the internal and external environment (Fig. 1).

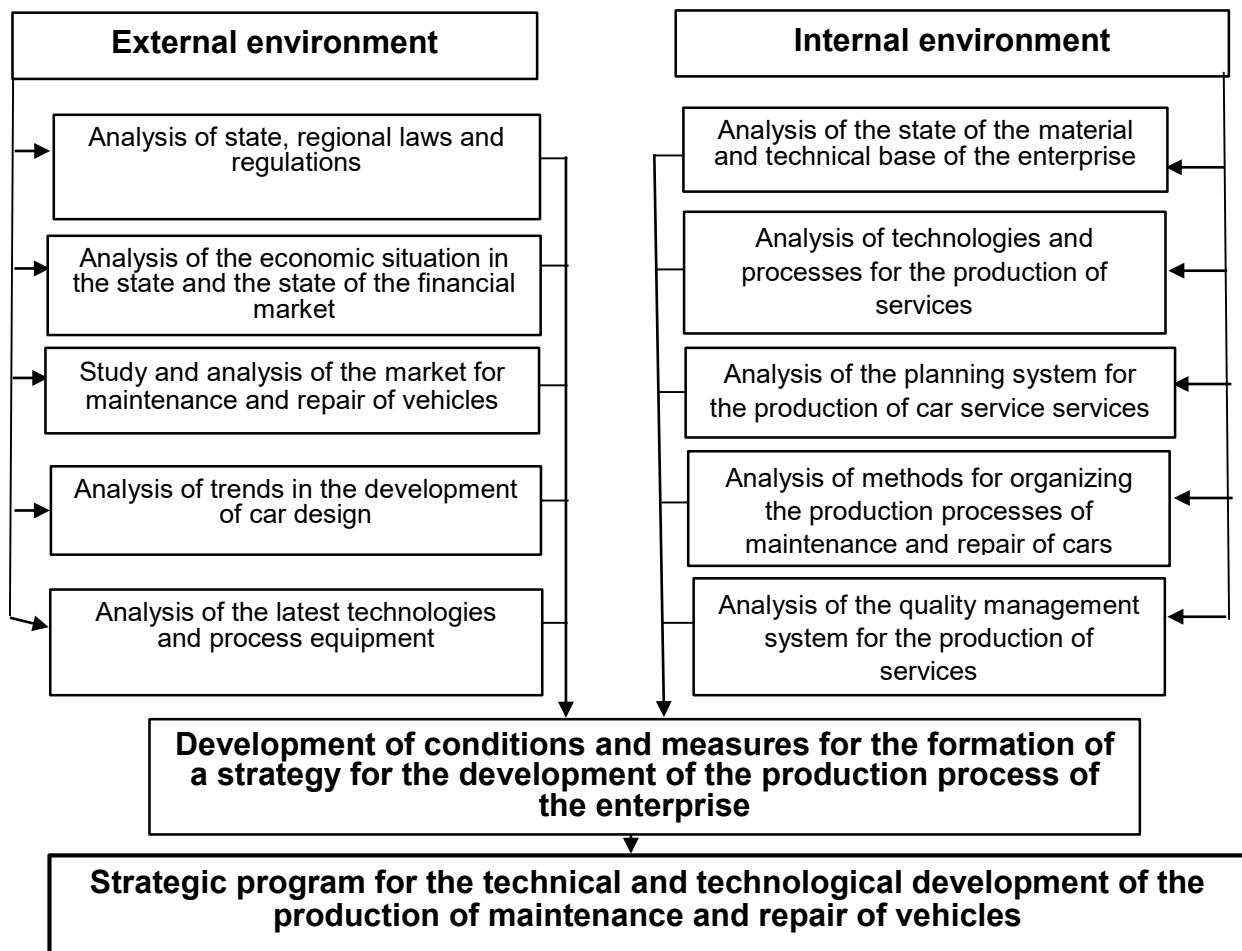


Fig. 1 – Formation of a strategy for the technical and technological development of the production process of a car service enterprise

The analysis of information based on the results of assessing the individual components of the external and internal environments of the general production process of the enterprise according to certain criteria, indicators, characteristics allows you to determine the main directions for the necessary and justified development of technologies and technological equipment of the production process, allows you to create a mechanism for influencing production.

The level of progressive development of the technical and technological support of the production process of the enterprise must be assessed by its effectiveness in the maintenance and repair of vehicles and the dynamics of changes in the technical and economic characteristics of the enterprise.

The use of the development management mechanism should provide a rationale for management decisions and actions that ensure the stability and improvement of the functioning of the production process of the enterprise and individual structural divisions through feedback.

An objective assessment of the quality functioning of the mechanism for managing the development of technical and technological support is the compliance of services for the maintenance and repair of cars with the expectations of consumers, as well as acceptable performance indicators for the functioning of the enterprise and its individual structural divisions.

The use of the development management mechanism should formalize all activities, forms and methods for the development and implementation of the target program and plans for the technical and technological development of the production process of maintenance and repair of vehicles.

3. Conclusion:

The methods of research and the formation of a program for the technical and technological development of the production process of servicing and repairing cars are analyzed.

Requirements for the development of a strategy and drawing up plans for the technical and technological development of the production process of a road transport enterprise have been formed.

Literature:

1. ДСТУ 2960-94. Організація промислового виробництва. Основні поняття. Терміни та визначення.
2. Канарчук В.Є., Курніков І.П. «Виробничі системи на транспорті»: підручник. - К.: Вища школа, 1997. – 359с.
3. Тюленєва Ю.В. Оцінка ефективності управління виробничим потенціалом підприємства / Ю.В. Тюленєва, О.Л. Сичков // Науковий вісник Ужгородського національного університету. – 2015. – Вип. 5. – С. 126-129.
4. Краснокутська Н.С. Потенціал підприємства: формування та оцінка: Навчальний посібник. – Київ: Центр навчальної літератури, 2005. – 352 с.
5. Герасимчук З.В. Виробничий потенціал регіону: методика оцінки та механізми його нарощування / З.В. Герасимчук, Л.Л. Ковальська // Луцьк: ЛДТУ, 2003. — 242 с.
6. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: Учебник В 3 кн. – К.: Вища шк., 1991. – Кн.2. Организация, планирование и управление / В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко, И.П. Курников, И.А. Луйк. – 406с.
7. Марков О.Д. Автосервис: рынок, автомобиль, клиент. - М.: Транспорт, 1999.-164 с.
8. Кривончак О.В. Шляхи покращення використання виробничого потенціалу підприємства / О.В. Кривончак, Н.В. Фурман // Наука й економіка, № 2 (38), 2015. – С. 49-52.
9. Гончар М.Ф. Особливості управління виробничим потенціалом промислового підприємства / М.Ф. Гончар, Л.Ю. Холявка // Науковий вісник НЛТУ України, Вип. 22.9., 2012. – С.179-184.

Contacts: Mastepan Nikolai Antonovich, Associate Professor, Ph.D., Savenok Dmytro Valeryovich, Associate Professor, Ph.D., Kuzmina Viktoriia Pavlivna, senior teacher, Obolonkov Dmytro Fedorovich, senior teacher, Donbass National Academy of Construction and Architecture, phone: +380954927056, +380958934683, +380992818088, +380953055609. e-mail: m.a.mastepan@donnaba.edu.ua, d.v.savenok@donnaba.edu.ua, v.p.kuzmina@donnaba.edu.ua, d.f.obolonkov@donnaba.edu.ua.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО УСЛУГ ПРЕДПРИЯТИЯ АВТОСЕРВИСА

ORGANIZATION OF THE COST PLANNING PROCESS FOR THE QUALITY OF SERVICES OF A CAR SERVICE ENTERPRISE

Volodymyr Makarov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tamara Makarova, Associate Professor, Ph.D., Vinnitsa National Technical University, Nicholas Mastepan, Associate Professor, Ph.D., Donbass National Academy of Construction and Architecture, Olena Mastepan, graduate student, Kharkov National Automobile & Highway University

Abstract. The requirements for the quality and efficiency of production of car maintenance and repair services are considered. A mathematical model of the service price acceptable for a car service company has been developed. A mechanism for determining the directions of production process development most influencing the quality of services has been developed.

Keywords: car, enterprise, service, quality, costs, development

1. Introduction:

Effective cost management for ensuring the quality of the production processes of automotive maintenance and repair services should ensure the quality of services expected by consumers and at the same time not worsen the balanced performance indicators aimed at ensuring production efficiency.

The system for assessing and rationing the costs of ensuring the quality of services should include an analysis of the level of quality, the system of the quality cost planning system operating at the enterprise, contain the information necessary for rationing the level of costs and making appropriate management decisions to improve the flow of individual processes, the work of structural divisions of the enterprise.

Creation of a large cost management system for the quality of the production process is the most important task of the enterprise. It is known that the most profitable investment in the economy is the investment of quality.

The growth of the performance indicators of road transport enterprises is significantly influenced, on the one hand, by the costs associated with improving the quality of products, and the losses of consumers due to insufficient financing of processes and measures to determine the quality of services.

The principle of scientific quality regulation is high planning standards based on advanced information and production technologies.

In connection with the transition to market conditions of the economy and the expansion of the systems of car service enterprises, the problem of substantiation and rates of financing of high-quality production processes and the final car service becomes especially relevant.

2. Statement:

Most of the processes for the production of car service services, as well as the costs of improving the efficiency and quality of its production, respectively, are better considered as probabilistic systems. A car service enterprise operates under the influence of external and internal factors on the production process, which create a probabilistic formation of the characteristics of individual components of the service production process.

Research on the formation of costs for the quality of production of car service services should be based on understanding, analysis and description of the phenomena occurring in the production process, in the system of organizing and managing the functioning of the production base, taking into account the factors that form and determine its activities.

The sum of all costs for the efficiency and quality of car service services is conventionally divided into two groups [1, 2] (Fig. 1)..

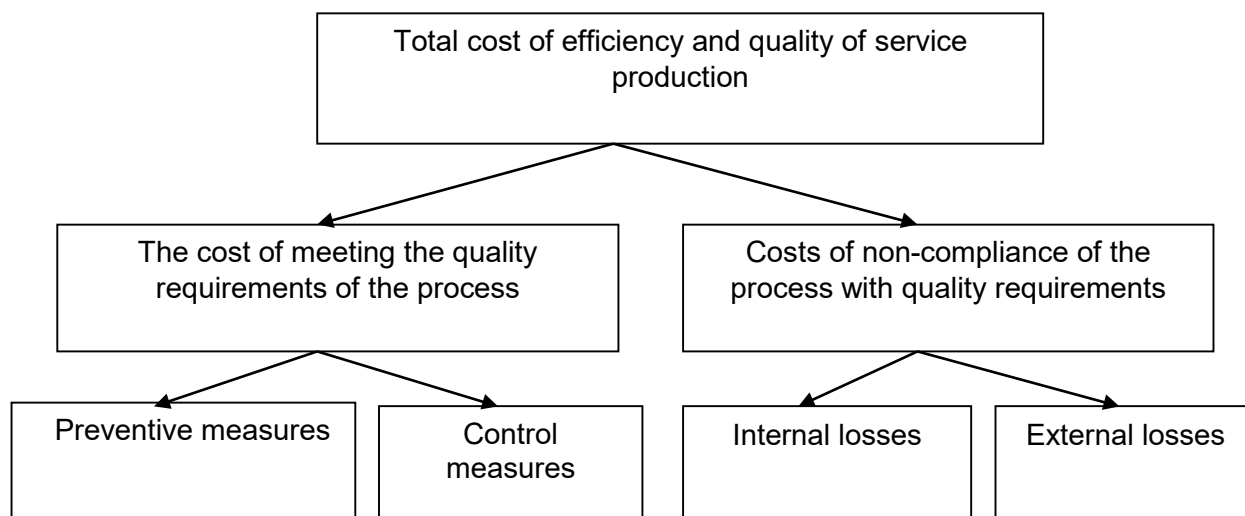


Fig. 2.1 - Total cost of service quality

When analyzing and evaluating the costs of the efficiency and quality of car service production, it is desirable to determine the following components of the enterprise's activities [1, 3, 4]:

- identifying the need and assessing the size of investments in guaranteed efficiency and quality of car service production;

- determination of requirements and conditions for ensuring the required level of quality of services while reducing the savings in the total costs of the production process;

- identifying the relationship between costs for the efficiency and quality of service production and the results of the enterprise's activities in order to determine the possibility of increasing the level of investment in quality improvement;

- determination of the critical components of the process of production of services, activities that require the adoption of urgent measures to improve production.

When using modern concepts of cost management for the efficiency and quality of service production, it is necessary to have reasonable criteria for assessing the effectiveness of costs for various components of the production process and activities.

An important criterion for the cost-effectiveness of the quality of service production is the level, the degree of their usefulness. The indicator of cost effectiveness E in this case is the ratio between the costs of quality B and the losses C associated with the inconsistency of the car service service.

$$E = C - B, \quad (1)$$

The process approach in managing the production of services involves determining the cost effectiveness of the quality of not only the overall process, but also its individual components: all technological operations, the functioning of the production management system, the supply of material resources, etc.

As a criterion for the effectiveness of managing costs for the efficiency and quality of service production, the coefficient of efficiency of costs for quality K can be used. It can be calculated by the formula:

$$K = \frac{(B_j - C_n)}{B_j} * 100\%, \quad (2)$$

where B_j – enterprise costs for the efficiency and quality of service production;

C_n – costs of nonconforming service production.

In the above formula, the criterion for the effectiveness of investments in quality shows how effective investments in the production process were. The best result will be achieved when the costs of service production mismatch C_n will approach zero, then the coefficient K will approach one

Car service enterprises operate in a market economy in conditions of fierce competition between manufacturers, which makes it necessary to constantly search for and invest resources in production, to ensure the cost of efficiency and quality of production of car maintenance and repair services. At the same time, it is important to ensure cost-effectiveness for the quality and efficiency of car service production (Fig. 2).

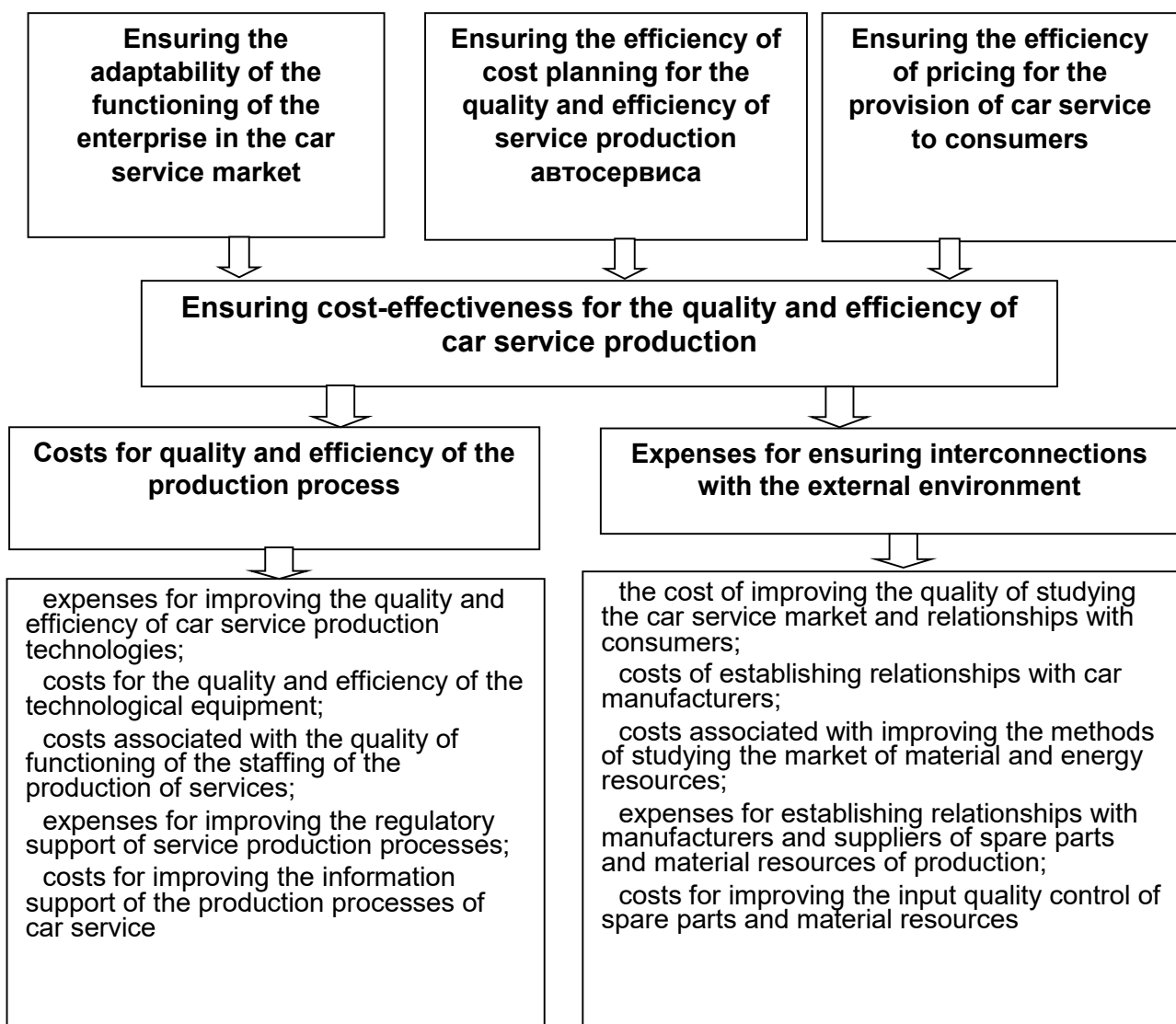


Fig. 2 - The main components of ensuring cost effectiveness for the quality of car service services

According to the methods of implementation, competition can be divided into price and non-price [3, 4, 5]. Price competition provides for the offer of services at lower prices than competitors,

non-price competition - in the offer of goods and services of the highest quality, with greater reliability and service life, higher productivity.

The distribution of quality cost management should be carried out through such functions as rationing, planning, accounting, analysis of cost indicators for the quality of service production. The implementation of these functions is based on a process approach with the orientation of all processes to the consumer, that is, the observance of the principle: focus on the consumer.

To normalize single indicators characterizing a service (the cost of a service, energy consumption, service time, etc.), it is advisable to use a differential assessment method. At the same time, the level of achievement of investments in the production of services is determined in comparison with the basic indicators: average for the industry, compared with the best similar enterprises, competitors.

формуле The calculation of relative indicators for assessing the quality of service Q_i is carried out according to the formula:

$$Q_i = \frac{P_i}{P_{ib}}, \quad (3)$$

where P_i – the value of the i -th indicator of the quality of service in the direction of activity (labor costs, materials, etc.);

P_{ib} – the value of the i -th basic indicator of the process in the direction of activity;

$i = 1, \dots, n$ – the number of property characteristics to evaluate.

3. Conclusion:

Studies of the directions of expenses for the quality of car service services should be based on the analysis and description of the phenomena occurring in the production process, in the system of organizing and managing the functioning of the production base, taking into account the factors that form and determine its activities.

When analyzing and evaluating the costs of the efficiency and quality of the production of car service services, it is necessary to determine such components of the enterprise's activities, a guaranteed increase in the efficiency and quality of services, identifying the relationship between costs for the efficiency and quality of the production of services; definition of critical components of the production process.

The criterion for evaluating the directions of development of the production process can be used the coefficient of efficiency of quality costs in certain areas and components of the process.

Literature:

1. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорту (на прикладі автомобільного транспорту). // В двох частинах. Частина 1. - Харків: РІО ХГАДТУ, 1998. – 255с.
2. Канарчук В.С., Курніков І.П. Виробничі системи на транспорті: Підручник. – К.: Вища школа, 1997. – 359 с.
3. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації / М.І. Шаповал. – К.: Вид-во Європейського університету, 2001. – 174 с.
4. Сіднева Ж.К. Розвиток системного підходу до управління якістю / Ж.К. Сіднева // Формування ринкових відносин в Україні, № 9, 2007. – С. 74-77.
5. Момот О.І. Менеджмент якості та елементи системи якості / О.І. Момот. – К.: ЦУЛ, 2007. – 368 с.

Contacts: Makarov Volodymyr Andriyonych, Professor, Doctor of Technical Sciences, Makarova Tamara Volodymyrivna, Associate Professor, Ph.D., Vinnitsa National Technical University, Mastepan Nicholas Antonovich, Associate Professor, Ph.D., Olena Mastepan, graduate student, Kharkov National Automobile & Highway University, phone: +380950577947, +380731235169 +380954927056, +380508015103, e-mail: xxxx xxxx
mastepanma@gmail.com, optimus_27@ukr.net

DIAGNOSTIC FEATURES OF THE CYLINDER PISTON GROUP OF GASOLINE ENGINES OF A CAR

Irina Saraieva¹, Oleksandr Vorobiov², Dmytro Sebko³

Abstract. The task of diagnosing the engine is reduced to establishing the belonging of the technical condition to one of two subsets - serviceable and serviceable or faulty, but serviceable. It is necessary to recognize and localize the fault location. The analysis of the diagnostic and structural parameters of the engine's CPG is carried out. A typical range of diagnostic parameters has been established for most modern gasoline engines.

Keywords: car, engine, diagnostics, cylinder, piston, clearance, compression.

1. Introduction:

When diagnosing a cylinder-piston group (CPG) of a gasoline engine without disassembling it, there is a problem of correct diagnosis. First of all, this is due to both the complexity of the design of the internal combustion engine (ICE) and the complexity of the processes that accompany the conversion of thermal energy into mechanical work. The most loaded elements that perceive both mechanical and thermal loads in the internal combustion engine are the CPG and the valve group.

2. Statement:

The CPG belongs to the crank mechanism (KShM) and ensures the tightness of the engine cycles. CPG includes cylinders, pistons and piston rings. The main factors under the influence of which a change in the technical condition of the engine CPG occurs are: high pressure of 3-5 MPa; high gas temperature up to 2500oK inside the cylinder; relocation of the piston in the vicinity of its top dead center (TDC) (figure 1).

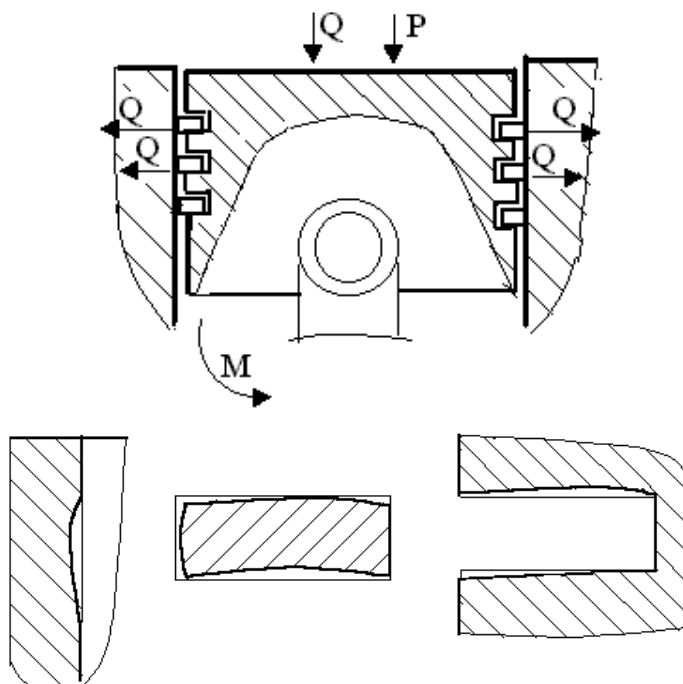


Figure 1. The main factors affecting the wear of engine CPG parts:

P – pressure;

Q – heat load flows;

M is the moment causing the piston shift

The greatest load in this case is perceived by the upper compression ring, the piston partition under this ring and the upper belt of the cylinder. The increase in pressure during

combustion leads to a significant increase in the force of pressing the ring against the surface of the cylinder and the lower surface of the piston groove. In this case, up to 50-60% of the total heat released is removed through the upper compression ring. In order to ensure heat transfer through the ring, the ring needs to fit snugly against the piston groove and against the cylinder surface. In addition, the upper compression ring operates under conditions of greater oil starvation than other rings, which is also a significant factor that increases the wear of both the ring itself and the upper cylinder belt.

As the piston approaches TDC, under the action of the gas pressure force, the friction force between the piston bosses and the piston pin increases. This causes the piston to rotate along with the connecting rod, that is, the piston moves from one wall of the sleeve to the other, the so-called piston shifting. The piston shifting near TDC, depending on the degree of wear and the ignition timing, occurs with a strong shock impulse, which additionally loads the CPG. Structurally, the moment of the beginning of the shift and the speed of the piston shift depend on the displacement of the axis of the piston pin. It has been established that the displacement of the piston pin relative to the piston axis by the optimal value (1-2.5 mm) leads to a decrease in the wear of the cylinder liner in the upper zone by 20-23% and a decrease in ring wear by 28%.

However, the problem of wear and hence control of this wear remains. As a result of thermal and mechanical loads, the upper compression ring acquires a characteristic cross-sectional profile with an asymmetric barrel shape of the outer surface and a slight concavity at the ends. The lower surface of the piston groove becomes conical with a rounded edge, and a characteristic wear appears on the cylinder wall, in the vicinity of TDC.

If the above listed malfunctions are not eliminated in time, a stronger destruction of the CPG occurs with a fracture of the piston rings and the formation of scoring on the surface of the cylinder. The type of technical condition of an object is characterized by the conformity or non-compliance of the quality of the object with certain technical requirements established by the technical documentation for this object. There are the following types of technical condition: serviceability and malfunction, operability and inoperability, correct functioning and incorrect functioning.

The operation algorithm of the CPG is reduced to ensuring the tightness of engine cycles. In this case, excess pressure from the over-piston space should not penetrate into the engine crankcase, and oil should not flow from the crankcase into the combustion chamber. Consequently, the CPG of the engine, which carries high thermal and mechanical loads, under the influence of which the type of its technical condition changes, is serviceable if all the elements included in this group are operational and function correctly: pistons, piston rings, cylinders, and faulty if incorrectly at least one element from this group is functioning, which leads to a violation of the tightness of the combustion chamber, oil entering it, a drop in compression pressure in it and a breakthrough of gases into the engine crankcase.

Modern car engines, with rare exceptions, are multi-cylinder. The failure of a cylinder does not mean a complete loss of performance of the entire engine. However, such a faulty, but operable state of the engine leads to a deterioration in its design and operational characteristics: power loss, reduced torque, increased consumption of fuels and lubricants.

The CPG of an engine, not without reason, can be attributed to a complex mechanical object of diagnostics, in which the number of mating parts is proportional to the number of cylinders, and the complexity of the processes accompanying the conversion of thermal energy into mechanical work reduces the possibility of using accurate analytical dependencies. Direct access to the structural parameters of the CPG is limited. The task of diagnosing the CPG is reduced to establishing that the technical condition belongs to one of two subsets - serviceable and operable or faulty, but operable, as well as recognizing and localizing the fault location.

The analysis of diagnostic and structural parameters of the CPG of the engine was carried out [1-13]. A characteristic range of diagnostic parameters has been established for most modern gasoline engines (Table 1.) [14, 15].

Table 1. Characteristics of the structural parameters of the CPG of modern gasoline engines of passenger cars

Names of controlled parameters	Nominal values of the parameter, mm	Permissible parameter values, mm	Maximum possible values of the parameter, mm
Piston ring gap	0,3-0,4 for upper	0,7-0,8	0,9-1,0
	0,2-0,3 for medium and oil scraper	0,7-0,8	0,9-1,0
	0,4-0,5 for type-setting oil scraper	1,2-1,4	1,5
Gap between piston and ring at groove height	0,015-0,02	0,03-0,09	0,1
clearance between cylinder and piston in the upper chord	0,02-0,05	0,06-0,09	0,12- 0,15

3. Conclusion:

To date, the most common, accessible and reliable are the methods of technical diagnostics of the CPG, which give a general assessment of the tightness of the over-piston space. However, these and other well-known methods do not provide the desired information about the technical condition of the CPG and the tightness of the engine valves, due to the inaccuracy and inconsistency of the information obtained, the reliability of which is 35-75%. At the same time, the reliability of the diagnostic conclusion is largely determined by the experience of the operator and, therefore, is subjective. The analysis of diagnostic and structural parameters of the CPG of the engine has been carried out. A characteristic range of diagnostic parameters has been established for most modern gasoline engines.

Literature (in Latin):

1. Avtomobili Volkswagen "Passat". Rukovodstvo po remontu. – M.: Assotsiatsiya nezavisimyykh izdateley, 1997. – 254s.
2. Rukovodstvo po remontu i ekspluatatsii Scoda Felicia, benzin/dizel'. Sost. V.A. Derevyanko; per. s pol. V. Mitskevich; Per. s nem. N.N. Krasotova. – M: Petit, 2000. – 252s.
3. Rukovodstvo po remontu i ekspluatatsii VW Polo, benzin/dizel'. Sost. V.A. Derevyanko; per. s pol. V. Mitskevich; Per. s nem. N.N. Krasotova. – M: Petit, 1995. – 272s.
4. Rukovodstvo po remontu, ekspluatatsii i obsluzhivaniyu avtomobiley VAZ-2110, VAZ-2111, VAZ-2112. Sost. Yametov V.A., Kosarev S.N. i dr., - M.: Rus'Avtokniga, 2001. – 208s.
5. Rukovodstvo po remontu i ekspluatatsii Opel Omega, benzin/ Sost. V.A. Derevyanko; per. s pol. V. Mitskevich; Per. s nem. N.N. Krasotova. – M: Petit, 2000. – 288s.
6. Rukovodstvo po remontu i ekspluatatsii Opej Vectra, benzin/ Sost. V.A. Derevyanko; per. s pol. V. Mitskevich; Per. s nem. N.N. Krasotova. – M: Petit, 2000. – 256s.
7. Rukovodstvo po remontu i ekspluatatsii Mercedes 190, 190E & 190D. Sost. V.A. Derevyanko; per. s pol. V. Mitskevich; Per. s nem. N.N. Krasotova. – M: Petit, 2000. – 272s.
8. Rukovodstvo po remontu, ekspluatatsii i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu Mercedes-Benz/ Dvigateli - 200, 200D, 230, 250, 250D, 260, 280, 300, 300D,320. Tekhno-Vook 2001. - 336s.

9. Rukovodstvo po remontu i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu avtomobiley Daewoo Nexia s 1994 g. vypuska. Tekhno-Vook, 2001. - 272s.
10. Rukovodstvo po remontu i ekspluatatsii Ford Mondeo, benzin/ Sost. V.A. Derevyanko; per. s pol. V. Mitskevich; Per. s nem. N.N. Krasotova. – M: Petit, 2001. – 296s.
11. Rukovodstvo po remontu i ekspluatatsii BMW 5, benzin/dizel'. Sost. V.A. Derevyanko; per. s pol. V. Mitskevich; Per. s nem. N.N. Krasotova. – M: Petit, 2000. – 224s.
12. Rukovodstvo po remontu i ekspluatatsii Nissan Bluebird, benzin/dizel', 84-91 gody vypuska./Sost. V.A. Derevyanko; per. s pol. V. Mitskevich; Per. s nem. N.N. Krasotova. – M: Petit, 2000. – 272s.
13. Rukovodstvo po remontu i ekspluatatsii Renault 19 benzin/dizel'. Sost. V.A. Derevyanko; per. s pol. V. Mitskevich; Per. s nem. N.N. Krasotova. – M: Petit, 2000. – 272s.
14. Sarayeva I.YU. Regressionnyy analiz sluchayno velichiny kompressii / Otkrytyye informatsionnyye i komp'yuternyye integrovannyye tekhnologii: sb. nauch. tr. – Khar'kov: Nats. aerokosm. un-t «KHAI», 2011. vyp. 51. – S. 105-110. 18.
- 15 Saraêva Í. Metod díagnostiki germetichností kameri zgorannya benzinovogo dviguna avtomobílya. Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy – Pieszow, 2017. – S. 85-93.

Contacts:

¹ Irina Saraieva, Associate Professor (Assoc. Prof.), Candidate of Science in Engineering (Ph. D. (Eng.)), Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU), St. Yaroslav Mudry, 25, Kharkiv, 61002, Ukraine, e-mail: sarayeva9@gmail.com, tel.: +38-057-707-36-87.

² Oleksandr Vorobiov , P.G., Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU), St. Yaroslav Mudry, 25, Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +38 093-47-76-660, e-mail: sanechek007@icloud.com.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2882-957X>.

³ Dmytro Sebko, P.G., Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine. +38 099-107-22-82, e-mail: dsebko@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6851-3369>

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА РАЗХОДА НА ГОРИВО ЗА ОБОРУДВАНЕ, МОНТИРАНО НА ПРЕВОЗНОТО СРЕДСТВО ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВА ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ, КОТОРОЕ УСТАНОВЛЕНО НА ТРАНСПОРТНОМ СРЕДСТВЕ

FEATURES OF CALCULATING FUEL CONSUMPTION FOR EQUIPMENT THAT IS INSTALLED ON A VEHICLE

Krivoshapov Sergey ¹

Abstract. The main types of special equipment, which is installed on specialized vehicles, are considered. A mathematical model has been developed for calculating fuel consumption for special equipment driven by an internal combustion engine. An example of calculating fuel consumption using a mathematical model is given. Graphical dependences of fuel consumption for the operation of additional equipment have been built. Recommendations are made and directions of work in the future are determined.

Keywords: vehicle, operating conditions, fuel consumption, vehicle efficiency, special equipment, engine load conditions.

1. Введение:

Современный мир характеризуется высоким уровнем мобильности. Благодаря автомобилям люди имеют возможность путешествовать на значительные расстояния. Автомобили также используют для перемещения специализированного оборудования, которое позволяет выполнять различные задачи, необходимые в строительстве, сельском хозяйстве, коммунальной сфере.

На долю автомобильного транспорта приходится более 80 % строительных материалов, машин и оборудования [1]. Себестоимость транспортных расходов в структуре затрат строительных работ могут достигать 12-15 % [1].

Специализированный автомобиль – это грузовой автомобиль, предназначенный для перевозки определенного вида грузов и оборудованный для этого специальным кузовом и приспособлениями. Специальное оборудование, устанавливаемое на такие автомобили, позволяет загружать и разгружать автомобиль (самосвалы, гидроборт, погрузчики, манипуляторы и др.), перемещать груз в процессе движения (бетономешалки), поддерживать температурный диапазон в кузове (термобудки, рефрижераторы).

Специальные автомобили не предназначены для выполнения транспортной работы. К ним относятся: автомобили скорой помощи, автовышки, автокраны, мастерские, пожарные автомобили и др. Такие автомобили выполняют специальные виды работы, для которой также необходимо использовать специальное оборудование.

Для движения автомобиля и работы специализированного оборудования требует источник энергетического ресурса, в качестве которого, зачастую, выступает жидкие виды топлива: бензин или дизельное топливо. Доля затрат на топливо может составлять половины стоимости транспортной операции, и эти затраты растут, когда используется специальное оборудование.

При планировании хозяйственной деятельности необходимо знать потребления горюче-смазочных материалов. Если для самого автомобиля нормы расхода топлива указывает законодательно [2, 3] или определяет завод-производитель, то нормы потребления топлива специальным оборудованием часто неизвестны. Такие нормы расхода топлива могут быть установлены экспериментальным путем или рассчитаны по математическим моделям.

2. Изложение:

Установка специализированного оборудования, как правило, осуществляется на базовые модели автомобилей. При этом двигатель, трансмиссия, шасси, элементы управления и конструктивные особенности исходного автомобиля значительно не

изменяются. Меняется только снаряженная масса автомобиля на величину веса дополнительного оборудования.

Вес автомобиля (G_a) учитывается в математической модели, разработанной проф. Говорущенко Н.Я. [4], согласно которой расход топлива можно определить по следующей формуле в л/100 км:

$$Q = \frac{1}{\eta_i} \cdot \left[A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C \cdot (G_a \cdot \psi + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2) \right], \quad (1)$$

где V_a – скорость автомобиля, км/ч; A, B, C – постоянные коэффициенты; η_i – индикаторный коэффициент полезного действия; i_k – средневзвешенное передаточное число коробки смены передач; ψ – коэффициент суммарного дорожного сопротивления движению автомобиля; k – фактор обтекаемости, Н·с²/м²; G_a – вес автомобиля, Н.

В формулу расхода топлива (1) включены коэффициенты A, B, C , зависящие от конструкции автомобиля и качества применяемого топлива:

$$A = \frac{7.8 \cdot a_m \cdot V_h \cdot i_0}{H_n \cdot \rho_t \cdot r_k}; \quad B = \frac{0.687 \cdot b_m \cdot V_h \cdot S_n \cdot i_0^2}{H_n \cdot \rho_t \cdot r_k^2}; \quad C = \frac{100}{H_n \cdot \rho_t \cdot \eta_{mp}}, \quad (2)$$

где V_h – рабочий объем двигателя, л; i_0 – передаточное число главной передачи; r_k – динамический радиус колеса, м; S_n – ход поршня, м.

Рассчитаем путевой расход топлива на примере автомобиля КрАЗ-6322 с двигателем ЯМЗ-238, который выпускается Кременчугским автомобильным заводом в Украине. На базе этого автомобиля могут устанавливаться различные виды оборудования: КО-503ИВ – илососный автомобиль; МНУ-320 – мобильная насосная установка; АЦТВ-10 – автоцистерна; АТЗ-20 – топливозаправщик; МЭЗ-330 – автотрактор; АФ1 – автомобиль-фургон; МРМ-Б – передвижная авторемонтная мастерская; ЭОВ-4421МУ – одноковшовый гидравлический экскаватор и другая комплектация [5].

На рис.1 приведен график изменения расхода топлива от скорости автомобиля и массы транспортного средства, которая изменялась от снаряженной массы до максимального значения, который устанавливает завод-изготовитель [5].

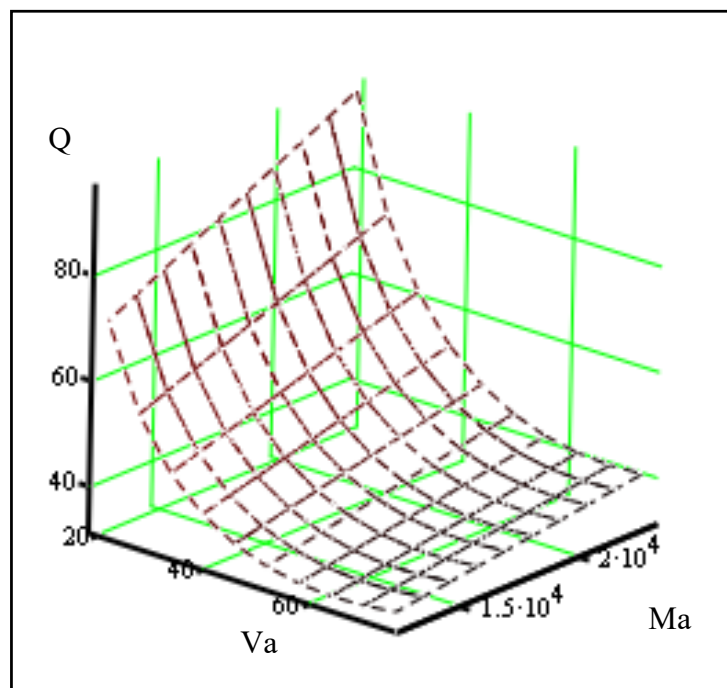


Рис. 1. Изменение расхода топлива от скорости и массы автомобиля КрАЗ-6322

Как и следовало ожидать, увеличение массы автомобиля приводит к увеличению расхода топлива. Изменение расхода топлива от массы автомобиля близко к линейному закону. Однако, из рис. 1 видно, что масса автомобиля оказывает влияние на изменение расхода топлива больше при малых скоростях движения (угол наклона графика при 20 км/ч больше чем при 70 км/ч).

Специальное оборудование, для работы которого требуется дополнительная энергия, может работать от двигателя внутреннего сгорания или иметь собственный двигатель [6]. Когда привод осуществляется от двигателя автомобиля, то специальное оборудование может работать в процессе движения транспортного средства или когда автомобиль стоит на месте. В зависимости от этого расход топлива для специального оборудования будет нормироваться в л/100 км или л/ч. Специальное оборудование, которое использует свою энергетическую установку не привязано к режиму работы автомобиля, а его расход нормируется в л/ч.

По формуле (1) нельзя определить расход топлива, когда автомобиль не двигателя, поскольку эта формула завязана на среднюю скорость движения автомобиля и передаточные числа коробки передач, значение которых на неподвижном автомобиле равняется нулю, поскольку нет передачи энергии от двигателя к колесам автомобиля.

В любом случае привод специального оборудования выступает как дополнительная нагрузка на двигатель. Расход топлива будет зависеть, как от величины нагрузки, которую можно определить через мощность, так будет зависеть от скоростного режима работы двигателя, которая определяется частотой вращения выходного вала.

Часовой расход топлива в кг/ч можно определить по следующей формуле

$$G_t = g_e \cdot N_e \quad (3)$$

Удельный расход топлива в г/кВт·ч рассчитывается так

$$g_e = \frac{3600}{H_h \cdot \eta_e} \quad (4)$$

Эффективный КПД ДВС состоит из индикаторного и механического КПД

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m \quad (5)$$

Потери энергии в двигателе учитываются механическим КПД по формуле

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_e + P_m} \quad (6)$$

В теории ДВС среднее значение давления потери принято рассчитывать по следующей эмпирической зависимости

$$P_m = a_m + b_m \cdot W_n \quad (7)$$

где W_n - средняя скорость движения поршня, которую можно определить так

$$W_n = \frac{2 \cdot S_n}{60} \cdot n \quad (8)$$

Формула для расчета эффективной мощности в кВт такая

$$N_e = \frac{V_h \cdot P_e \cdot n}{120 \cdot 10^3} \quad (9)$$

Из этой формулы можно получить среднее эффективное давление в кПа

$$P_e = \frac{120 \cdot 10^3 \cdot N_e}{V_h \cdot n} \quad (10)$$

Объединив все предыдущие формулы можно получить общую зависимость часового расхода топлива в кг/ч:

$$G_t = \frac{3 \cdot a_n \cdot V_h \cdot n + 0.1 \cdot b_n \cdot S_n \cdot V_h \cdot n^2 + 360 \cdot 10^3 \cdot N_e}{100 \cdot H_n \cdot \eta_i} \quad (11)$$

где a_m и b_m - коэффициенты потерь ДВС; V_h - рабочий объем двигателя, л; S_n - ход поршня, м; H_n - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; η_i - индикаторный КПД двигателя; n - обороты коленчатого вала двигателя, мин⁻¹; N_e - эффективная мощность двигателя, кВт.

Изменение индикаторного КПД можно описать регрессионной моделью [7] через полином третьей степени на всем диапазоне эффективной мощности, вида:

$$\eta_i = A_i + B_i \cdot \frac{N_e}{N_{e \max}} + C_i \cdot \left(\frac{N_e}{N_{e \max}} \right)^2 + D_i \cdot \left(\frac{N_e}{N_{e \max}} \right)^3 \quad (12)$$

где A_i , B_i , C_i , D_i - эмпирические коэффициенты; $N_{e \max}$ - максимальная (номинальная) мощность ДВС, кВт.

Значение эмпирических коэффициентов, входящих в формулу (12), зависит от типа топлива. Их значение можно принять следующими [8]:

- для бензинового двигателя - $A_i = 0.283$, $B_i = 0.302$, $C_i = -0.339$, $D_i = 0.044$

- для дизельного двигателя - $A_i = 0.423$, $B_i = 0.387$, $C_i = -0.548$, $D_i = 0.175$

На рис. 2 изображена графическая зависимость часового расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала ДВС и средней эффективной мощности.

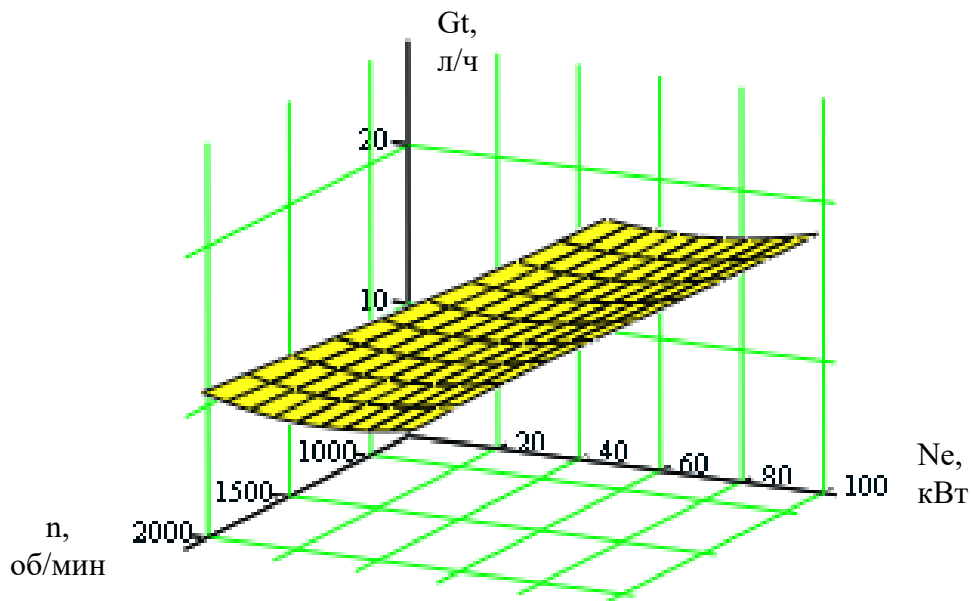


Рис. 2. Изменение часового расхода топлива от частоты вращения и мощности на выходном валу ДВС

Из рис. 2 видно, что с увеличением мощности и оборотов двигателя часовой расход топлива увеличивается. Поэтому при нормировании расхода топлива необходимо учитывать не только потребляемую мощность спецоборудованием, но и изменение скоростного режима работы двигателя.

Определим часовой расход топлива автомобиля КрАЗ-6322 к которому подключено оборудование с такими характеристиками: частота вращения коленчатого вала – 1500 мин⁻¹; мощность – 50 кВт. Тогда по формуле (11) с учетом зависимости (12) часовой расход топлива составит – 13,9 л/ч.

При расчетах расхода топлива специального оборудования необходимо учитывать потери энергии, которые происходят при передаче от двигателя, и потери, которые происходят в самом оборудовании.

Если необходимо определить часовой расход топлива для двигателя, который работает без нагрузки, когда эффективная мощность $N_e = 0$, рекомендуется использовать методику, описанную в работе [9]. Для определения индикаторный КПД двигателя, вместо формулы (12), можно использовать методику [10].

3. Заключение:

Предложенная математическая модель, хоть и приближенно, но позволяет рассчитать часовой расход топлива на привод вспомогательного оборудования в зависимости от мощности и оборотов коленчатого вала. Это позволит более эффективно нормировать потребления топлива при различных режимах нагружения.

Литература:

1. Encyclopedia of Mechanical Engineering XXL. URL: <https://mash-xxl.info/article/94851/>.
2. Norms of consumption of fuel and lubricants in road transport, Normative document approved by the Ministry of Infrastructure of Ukraine on October 7, 2011.. Kyiv, State Department of Road Transport of Ukraine, 2012. p. 0-120
3. DBN V.2.8-12-2000 "Typical rates of consumption of fuel and lubricating materials for the operation of machinery in construction". Order of the State Building of Ukraine dated November 24, 2003 No. 194, the term of implementation is set as of April 1, 2004.
4. Govorushhenko N.Ja. Fuel economy and toxicity reduction in road transport. Moscow, Transport, 1990. 0-135.
5. KrAZ special equipment for the civil sector. URL: <http://www.autokraz.com.ua/index.php/ru/fabrication/automobile/civil/spec>.
6. Krivoschapov S.I. Methodology for calculating the fuel consumption of specialized rolling stock. XVIII scientific and technical conference with international participation "Transport, ecology - sustainable development". Varna: Ekovarna, 2010. p. 458-465.
7. Govorushhenko N.Ja., Turenko A.N. Transport systems engineering (on the example of road transport). Kharkov, RIO KhGADTU, 1998, 0-474.
8. Krivoschapov S.I. Mathematical modeling for calculating hourly fuel consumption for low-power gasoline and diesel generators. Modern energy installations on transport and technologies and equipment for their maintenance. 14th International Scientific and Practical Conference, March 16-18, 2023. Kherson: Kherson State Maritime Academy. p. 113-116
9. Krivoschapov S.I., Nazarov A.I., Mysiura M.I., Marmut I.A. Calculation methods for determining of fuel consumption per hour by transport vehicles. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. № 977. doi 10.1088/1757-899X/977/1/012004
10. Krivoschapov S.I. Development of a methodology and algorithm for general car diagnostics by changing the efficiency factor: dis. ... cand. tech. sciences; 05.22.10. Kharkov: KhGADTU, 1999. p. 0-216.

За контакти:

¹ Ass Prof. PhD. Krivoschapov Sergey 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@lhadi.kharkov.ua.

МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ГОРИВОПОДАВАНЕ НА ГАЗОВ КОНТРОЛЕР

METHOD FOR DETERMINING THE FUEL SUPPLY PARAMETERS OF A GAS CONTROLLER

Stoyan Stoyanov

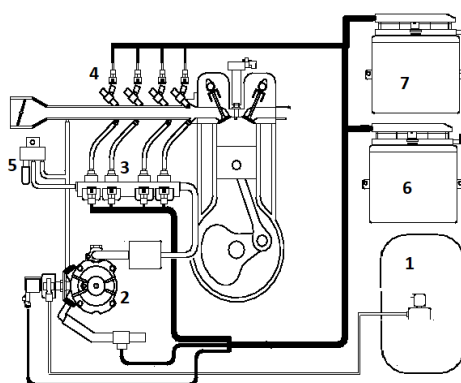
Abstract. Modern LPG systems determine the amount of fuel by processing data from gas pressure and temperature sensors, as well as information about the duration of the control signal to the petrol injectors, formed by the electronic engine control unit. They provide possibilities for making various corrections in the injections time when the system is installed to different engines. These options are described in the system installation manuals, but they lack the dependencies between the selected values and the thermodynamic laws on which they are based. The article presents an overview of the principle of operation of an electronically controlled LPG fuel system, theoretical dependences in the flow of gases through the orifice, as well as the dependences between the fuel supply time and the thermodynamic state of the gaseous fuel.

Keywords: LPG system, fuel supply time, LPG flow, gas controller setup.

1. Въведение:

Съвременните електронни системи за захранване на двигателите с газови горива определят времената за горивоподаване чрез обработка на сигнали от сензори за налягането и температурата на газа, както и от управляващия сигнал към бензиновите инжектори, формиран от електронния блок за управление на бензиновата уредба. При тях са предвидени възможности за извършване на корекции в управляващите сигнали във връзка с особеностите на газовите горива. Тези възможности са описани в инструкциите за инсталиране и настройване на газовата уредба, но в тях липсват зависимостите между избраните стойности и термодинамичните закони, на които се основават. В доклада са разгледани принципа на действие на газова горивна уредба с електронно управление и теоретичните зависимости при изтичане на газове през дюзи. Изведени са зависимостите между коефициентите за определяне на времето за горивоподаване и термодинамичното състояние на газовото гориво.

2. Изложение:



Фиг. 1. Схема на газова уредба с електронно управление [1]

1 резервоар, 2 редуктор изпарител, 3 газови инжектори, 4 бензинови инжектори, 5 сензори за налягане и температура на газа и налягането в пълнителния колектор, 6 контролер на газовата уредба, 7 контролер на бензиновата уредба

Съвременните газови уредби с електронно управление (фиг.1) са проектирани така, че да бъдат съвместими с широк спектър от съществуващи двигатели. Принципа на действието им се базира на съвместната работа с оригиналната горивна уредба на двигателя, която формира необходимата циклова порция гориво чрез обработването на

сигнали от различни сензори. Обработката се извършва от електронен блок, който управлява бензиновите инжектори с електрически импулс с определена продължителност. Различните характеристики на използваните горива, като необходима циклова порция гориво и различните закони при изтичане на течности и газове, налага газовата уредба да бъде управлявана от отделен електронен блок, и да използва различни по конструкция електромагнитни вентили. Тези вентили (газови инжектори) са с по-големи проходни отвори и с по-ниско електрическо съпротивление от бензиновите и се използва различна стратегия за управлението им [2]. При работа с газово гориво, контролера за управление на газовата уредба изключва бензиновите инжектори, измерва времето за горивоподаване, определено от бензиновия контролер и го променя в зависимост от термодинамичното състояние на газа и конструктивните особености на уредбата по зависимостта:

$$t_r = t_b \cdot k_{кор} \quad (1)$$

t_r - време за подаване на газово гориво, t_b – време за подаване на бензин, $k_{кор}$ – коефициент за коригиране на времето за горивоподаване

Термодинамичното състояние на газовото гориво се определя от стойностите на налягането и температурата му, измерени от допълнително монтирани сензори, заедно със сензор измерващ абсолютното налягане в пълнителния колектор. Стойността служи за изчисляване на диференциалното налягане върху газовите инжектори.

При дюзите използвани в газовите инжектори, вида на изтичането зависи от молекулния състав на флуида, от температурата и налягането му на входа на дюзата, и от налягането на средата в която изтича. Скоростта на изтичане е право пропорционална на диференциалното налягане върху дюзата, и обратно пропорционална на нейното сечение, плътността и вискозитета на газа. При увеличаване на диференциалното налягане, скоростта на изтичане се увеличава до момент, в който стойността и достига до скоростта на звука за съответните условия. При тази скорост се наблюдава явлението уплътняване на потока, като на практика превишаването и е невъзможно. Изтичането на газове при тези условия се нарича критично. Установено е, че за определяне на вида изтичане може да се използва отношението (β) между налягането на газа (P_2) на изхода на дюзата към налягането (P_1) на входа и.

$$\beta = \frac{P_2}{P_1} \quad (2)$$

Това отношение има стойности в границите от 0 до 1, като съществува такава стойност $\beta_{кр}$, при която скоростта на изтичане става равна на скоростта на звука. Тази стойност се нарича критично отношение, а изтичането на газ може да бъде или докритично, при $\beta > \beta_{кр}$, или критично при $\beta \leq \beta_{кр}$. При критично изтичане, дебита през дюзата зависи само от налягането (P_1) на входа на дюзата и не зависи от налягането (P_2) на средата, в която изтича флуида. Установено е, че $\beta_{кр}$ за даден вид газ зависи единствено от неговия молекулен състав и температура, като за смес от пропан и бутан при 20°C има приблизителна стойност 0,58.

$$\beta_{кр} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}, \quad k = \frac{C_p}{C_v} \quad (3)$$

k – адиабатен показател, C_p – специфичен топлинен капацитет при постоянно налягане, C_v – специфичен топлинен капацитет при постоянен обем.

С изключение на преходните режими на работа на двигателите, изтичането през газовите инжектори е винаги критично [3], и зависи от налягането (P_1) и плътността (ρ_1) на газа на входа на инжектора, от площта (A) на напречното сечение на дюзата и от вида на използвания газ, съгласно следната зависимост:

$$\dot{m} = C_d \cdot A \cdot \sqrt{k \cdot \rho_1 \cdot P_1 \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, [\text{kg/s}] \quad (4)$$

където C_d е коефициент на изтичане. Този коефициент е равен на отношението на действителното количество към теоретично изчисленото количество газ преминал през инжектора и отчита влиянието на конструкцията му.

За изчисляване на времената за горивоподаване, контролера на газовата уредба използва информация от сензорите за налягане и температура на газовото гориво, налягането в пълнителния колектор на двигателя и предварително зададени коефициенти за трансформация. Определянето на тези коефициенти се прави при инсталиране на уредбата, като за целта се изпълнява процедура по настройване на системата [4,5,6,7].

Конфигурирането на контролера за управление на газовата горивна уредба към конкретен двигател се извършва основно по два начина. При стриктно спазване на инструкциите за монтиране на уредбата и разпоредбите в правило №115, в паметта на контролера се зарежда конфигурационен файл, разработен за конкретната марка и модел автомобил [8,9]. Този метод е подходящ за случаите при които голяма серия еднакви автомобили се оборудват за работа с газови горива. При индивидуалния подход, при който елементите изграждащи уредбата се подбират от разнообразието в търговската мрежа, и начина на монтиране е според опита и решението на различни техници, е необходимо конфигуриране на контролера по процедура разработена от производителя на уредбата. Тази процедура може да бъде изпълнена в автоматичен или в ръчен режим, или комбинация от двете възможности, като целта е определяне на коефициентите за коригиране на времето за горивоподаване $k_{\text{кор}}$ (1).

$$k_{\text{кор}} = f(k_{\text{ст}}, k_{\text{дин}}) \quad (5)$$

$k_{\text{ст}}$ – статични коефициенти за корекция, $k_{\text{дин}}$ – динамични коефициенти за корекция

Към статичните определящи фактори се отнасят диаметъра на дюзата, избраната стойност на диференциалното налягане поддържано от редуктора, вида на газовото гориво и бързодействието на газовите инжектори. Динамичните фактори зависят от режима на работа на двигателя и състоянието на газовото гориво. Към тях се отнасят честота на въртене на коляновия вал, времето за впръскване на бензин, определено от електронния блок за управление на двигателя, налягането и температурата на газа на входа на инжекторите и промени в стойността на диференциалното налягане.

Диаметъра на дюзата се избира при монтиране на газовата уредба към автомобила. Ако се знае необходимата максимална циклова порция гориво и разполагаемото време през което това количество гориво се подава, за изчисляването на диаметъра на дюзата може да се използва зависимостта:

$$d = \sqrt{\frac{1,6 \cdot G_{\text{г.мах}}}{t \cdot \dot{m}}} \quad (6)$$

$G_{\text{г.мах}}$ – маса на максималната циклова порция гориво, t – време за горивоподаване при максимална честота, $\dot{m}$ – дебит през инжектора при максимално налягане, определен по зависимост (4) при $A = 1$, $C_d = \min \approx 0,75$.

Резултатът се закръглява до по-големия наличен размер за съответния инжектор. Използването на тази зависимост е свързано с трудности при определяне на необходимата максимална циклова порция гориво. В практиката, за избора на диаметър на дюзата се използва информация от производителите на газови инжектори, които предоставят необходимите данни под формата на таблици или калкулатори [10,11,12,13]. Като входни данни се използва обема на двигателя или неговата максимална мощност. При неподходящ избор, коефициента за трансформация може да получи стойности, при които времето за горивоподаване да бъде по-кратко от бързодействието на газовия инжектор,

или по-дълго от времето за протичане на един работен цикъл при максимална честота на въртене. При този случай, за определяне на нов подходящ диаметър (d) на дюзата може да се използва зависимостта:

$$d = d_0 \cdot \sqrt{\frac{t_0}{t}} \quad (7)$$

където: d_0 е първоначално избрания диаметър, t_0 е времето за горивоподаване определено от контролера при диаметър d_0 , t – време за горивоподаване което трябва да бъде постигнато. Получената стойност е приблизителна, тъй като не отчита влиянието на коефициента на изтичане (4). Този коефициент се определя експериментално и има различни стойности при дюзи с различен диаметър [14].

Зависимост на коефициента за корекция от състава на газа.

Втечените нефтени газове (ВНГ), които се използват като гориво в автомобилните двигатели са смес от различни газове (главно пропан и бутан) в различни пропорции, в зависимост от държавата и сезона в които се използват [15]. Съгласно БДС 5670-83 "Газове въглеродородни втечени", ВНГ се произвеждат в два вида смеси - зимна смес (60% пропан и 40% бутан) и лятна смес (40% пропан и 60% бутан). Те имат свойството да са в газова фаза при нормални условия, но се втечняват веднага щом бъдат подложени на сравнително слабо налягане [16]. За получаване на стехиометрична гориво-въздушна смес при използване на зимна смес ВНГ са необходими 93,97 % въздух и 6,03 % гориво от теглото на сместа и съответно 93,95 % въздух и 6,05 % гориво при лятна смес. Разликата във времето за подаване на необходимото количество гориво при използване на двете смеси е приблизително 2,1 %. Тази разлика се коригира от системата за управление на двигателя по съдържанието на кислород в отработените газове и по тази причина в газовия контролер не е предвидена корекция по състав на горивото.

Зависимост на коефициента за корекция от бързодействието на инжектора.

В зависимост от конструктивните особености на различните видове инжектори, времето от началото на електрическия импулс до пълното отваряне на вентила е различно [17,18]. Времена за горивоподаване с продължителност по-кратка от времето за отваряне водят до неравномерност на цикловата порция. При конфигурирането на газовия контролер към конкретен двигател се прави избор за инсталираните газови инжектори по марка и съпротивление на намотката, от база данни с предварително зададени времена за отваряне. Тази стойност се записва в паметта на контролера и при изчисляване на времето за горивоподаване служи като минимална стойност за t_r (1), независимо от другите променливи.

Зависимост на коефициента за корекция от температурата на газа.

Температурата на газа на входа на инжекторите не се регулира и зависи от конструкцията на редуктор-изпарителя, дължината на връзката между редуктора и газовите инжектори, температурата на охладителната течност, мястото на монтиране на газовите инжектори и др. Сензора измерващ температурата на газа също може да бъде монтиран на различни места, и на практика не измерва точната стойност на входа на инжекторите. Коригиране на времето според промяната на температурата се извършва по следния начин. При първоначалното настройване на системата и определяне на коефициентите за трансформация, в паметта на газовия контролер се записва текущата стойност на измерената температура и стойността се приема като базова. При работа на уредбата при тази температура, времето за горивоподаване не зависи от абсолютната и стойност и коефициента за корекция по температура има стойност единица. Корекцията се задейства при температура на газа $T_{\text{тек}}$, различна от базовата.

$$t_{(T_{\text{тек}})} = k_T \cdot t_{(T_0)} \quad (8)$$

$t_{(T_{\text{тек}})}$ – време за подаване на газ при текуща температура на газа, $t_{(T_0)}$ - време за подаване на газ при базова температура на газа, k_T – коефициент на трансформация по температура.

Ако се приеме, че специфичният топлинен капацитет и коефициента на изтичане на газа не се променят в диапазона, в който се изменя температурата на горивото, то коефициента за корекция по температура има следната зависимост:

$$k_T = \sqrt{\frac{273,15+T_{\text{тек}}}{273,15+T_6}} \quad (9)$$

Зависимост на коефициента за корекция от налягането на газа.

Налягането на входа на инжекторите е другият основен параметър, определящ термодинамичното състояние на газа и масовия дебит през вентила. При определяне на цикловата порция бензин и времената за горивоподаване, в контролера за управление на двигателя са заложили стратегии съобразени с поведението на течните горива. При еднакво време за горивоподаване и еднакво диференциално налягане на входа и изхода на бензиновия инжектор, количеството изтекло течно гориво е еднакво, независимо от абсолютната стойност на налягането му. При газовете в условията на критично изтичане, дебита през газовите инжектори зависи от абсолютното налягане на входа на инжектора и не зависи от диференциалното налягане (4). В условията при които работят газовите горивни уредби, при една и съща продължителност на управляващия сигнал към инжектора, цикловата порция гориво се променя до 50 % в зависимост от налягането на газа [3]. За да се запази зависимостта, при едно и също време за горивоподаване, определено от бензиновия контролер, да се подава едно и също количество газово гориво, независимо от налягането му, е необходимо времето за подаване на газ да се коригира по следната зависимост:

$$t_r = t_6 \cdot k_p \quad k_p = \frac{P_{max}}{P_x} \quad (10)$$

t_r - време за подаване на газово гориво, t_6 – време за подаване на бензин, k_p - коефициент на трансформация по налягане, P_{max} – максимална работна стойност на налягането на газа, равна на сумата от максималното налягане в пълнителния колектор и стойността на диференциалното налягане ΔP поддържано от редуктора, P_x – текуща стойност на налягането на газа.

При изменение на налягането в пълнителния колектор в границите от 30 до 100 kPa абсолютно налягане, и избрано диференциално налягане 100 kPa, налягането на газа на входа на инжекторите се изменя от 130 до 200 kPa, а коефициента на трансформация по налягане приема стойностите от табл.1.

Таблица 1

P_x [kPa]	130	140	150	160	170	180	190	200
k_p	1,54	1,43	1,33	1,25	1,18	1,11	1,05	1,00

Зависимост на коефициента за корекция при отклонение от стойността на номиналното диференциално налягане.

За номинална стойност се счита, диференциалното налягане, което се поддържа от газовия редуктор в установен режим на работа и при което е била извършена настройката на уредбата. Възможни са следните случаи:

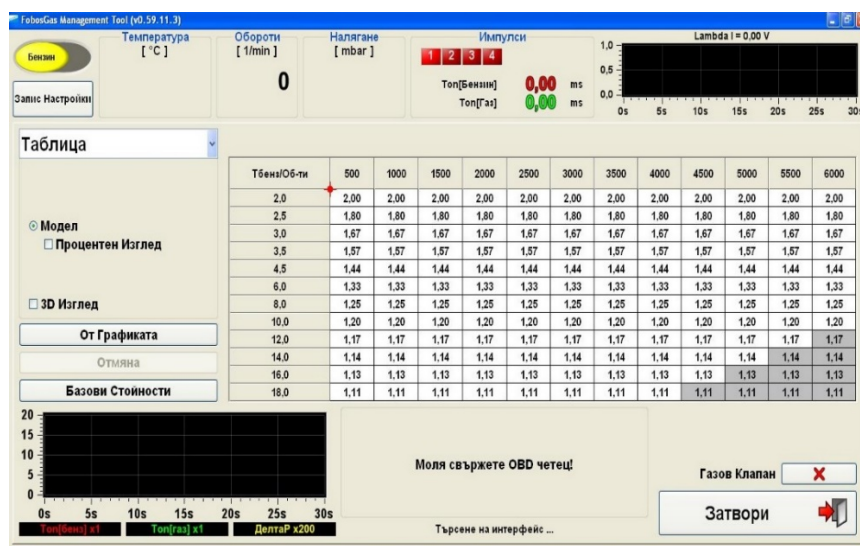
- промяна на абсолютното налягане в пълнителния колектор по-бързо от промяната на налягането на газовото гориво;
- промяна на настройката на редуктора без новата стойност да се програмира в контролера и без да е изпълнена процедура за определяне на нови коефициенти на корекция;
- повреда в системата (например прекъсната връзка между редуктора и пълнителния колектор).

С изключение на последните два случая, промени в стойността на диференциалното налягане се случват за кратко време, необходимо за установяване на системата. Отклонения в стойността на ΔP водят до промяна на налягането на газа на входа на инжекторите, стойността на което е равна на сумата от налягането в пълнителния колектор и диференциалното налягане подържано от редуктора. За да се запази качеството на гориво-въздушната смес при отклонения в стойността на ΔP , времето за горивоподаване се коригира по следната зависимост:

$$t_{(\Delta P_{\text{тек}})} = k_{\Delta P} \cdot t_{(\Delta P_{\text{ном}})} \quad k_{\Delta P} = \frac{P_{\text{ПК}} + \Delta P_{\text{НОМ}}}{P_{\text{ПК}} + \Delta P_{\text{ТЕК}}} \quad (11)$$

$t_{(\Delta P_{\text{тек}})}$ – време за подаване на газ при текуща стойност на ΔP , $t_{(\Delta P_{\text{ном}})}$ - време за подаване на газ при номинална стойност на ΔP , $k_{\Delta P}$ – коефициент на трансформация по промяна на ΔP , $P_{\text{ПК}}$ – абсолютно налягане в пълнителния колектор, $\Delta P_{\text{тек}}$ – текуща стойност на ΔP , $\Delta P_{\text{ном}}$ – номинално диференциално налягане при което е била извършена настройката на системата.

За окончателното изчисляване на коефициентите за трансформация, факторите които определят времето за горивоподаване се групират в една основна и няколко спомагателни таблици.



Фиг. 5. Основна таблица за коефициентите на трансформация

В основната таблица (фиг.5) се записват стойностите на коефициентите за корекция, определени при автоматичното настройване на системата към конкретен двигател. Стойностите са спрямо изменението на честотата на въртене и времената за подаване на бензин, определени от контролера за управление на бензиновата уредба. Съществува връзка между времената за подаване на бензин, натоварването на двигателя и абсолютното налягане в пълнителния колектор. При работа на двигателя на празен ход, при който дроселната клапа е затворена, абсолютното налягане в пълнителния колектор е около 30 kPa и времето за подаване на бензин е кратко. При постоянно диференциално налягане, налягането на газа е с най-малката си работна стойност, а коефициента за корекция е най-голям. В режим на пълно натоварване и напълно отворена дроселна клапа, налягането в пълнителния колектор и налягането на газа достигат до най-високата си работна стойност. В този режим, определеното време за подаване на бензин е с най-голяма продължителност а коефициента за трансформация е най-малък. При различните марки газови контролери, коефициентите в тази таблица се записват като десетични дробни, като цели числа или в проценти отклонение от базовите стойности. При всички случаи, коефициентите отразяват влиянието на налягането на газовото гориво по зависимост (10) и влиянието на индивидуалните решения при монтиране на уредбата.

Спомагателните таблици определят коефициентите за коригиране на времето при промяна на температурата на газа и промяна в стойността на диференциалното налягане (фиг.6). Обикновено, в програмната среда за настройване на газовия контролер, корекцията по температура и отклонение в стойността на диференциалното налягане се въвежда в проценти. В такъв случай стойностите на коефициентите от (9) и (11) се изчисляват по зависимостта:

$$(k_x - 1) \cdot 100 \% \quad (12)$$

k_x - коефициент на трансформация по температура или промяна на ΔP .

The screenshot displays a software interface for engine control with several tabs: 'Информация', 'Основни', 'Фини', 'Превкл.', 'Експерт', 'Индикация', and 'Мех. инж.'. The 'Експерт' tab is active, showing three main sections:

- Корекция цилиндри**: Six digital displays for cylinders 1 through 6, all showing '0.00' with up/down arrows.
- Динамични кор.**: A table for dynamic corrections.

Диф. нал.		Темп.	
144	-12	104	4
136	-10	100	2
128	-8	96	0
120	-6	92	0
112	-4	88	0
104	-2	84	-1
96	0	80	-2
88	0	76	-3
80	0	72	-4
72	0	68	-5
64	2	64	-6
56	4	60	-7
48	6	56	-8
40	8	52	-9
32	10	48	-10
24	12	44	-12
- Преобразувай Full Group в Semi Sequent под обор.**: Includes an RPM display set to '1000', a checkbox for 'Включено преобр.', a 'Възстанови оригинален Full Group над време' section with a 'ms' display set to '5.0', and an 'Извади време на впръскване' section with an 'IT substr.' display set to '0.6'.

At the bottom left, there is a 'Защита от презастъпване на дюзи' section with a checkbox for 'Включено' and a 'Време /ms/' display set to '0.1'. A 'Редуктор' checkbox and 'Препор.' buttons are also present.

Фиг. 6. Таблица за коригиране на времето при промяна на ΔP и температурата на газа [5].

3. Заключение:

Параметрите на горивоподаване при двигателите с принудително възпламеняване и изгаряне на хомогенни смеси се определят основно за всеки режим на работа от честотата на въртене на коляновия вал и натоварването. При конвертиране на двигателите за работа с газови горива, продължителността на управляващия електрически импулс се коригира поради различните свойства на газовите горива в сравнение с бензиновите горива. Основните фактори които влияят върху корекцията са налягането и температурата на газовото гориво, както и избрания диаметър на дюзата. Поради значителната маса на котвата, от значение са и периодите на отваряне и затваряне на инжектора и неговата конструкция. Разработената методика дава възможност да бъде определено влиянието на термодинамичното състояние на газовото гориво върху корекцията на управляващия импулс и да се изследва влиянието на конструктивните особености на газовите инжектори върху формиране величината на цикловата порция гориво.

Литература:

1. Vogels Autogas Systems "Hardware Manual LPG Engine kit VGI";
2. Mihaylov, V., Ivanov, Z., Mersinkov, H., Stoyanov, S., Wrobel, R., Influence of the control signal on parameters of low impedance injectors for SI engines. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering DOI: 10.1088/1757-899X/1031/1/012018, ISSN: 1757-899X;
3. Ivanov, Z., Stoyanov, S., Mihaylov, V., Santos, H., Flow characteristics of gas injectors., IOP Conference Series: Materials Science and Engineering DOI:10.1088/1757-899X/664/1/012021, eISSN: 1757-899X;
4. FobosGas Management Tool, Описание на програмното осигуряване.
5. Работа със сервизния софтуер на LPG/CNG инжекционен контролер BLUETRONIC Ver. 4.6/4.4;

6. STAG Autogas systems, "INSTALLATION MANUAL FOR LPG SYSTEMS DESIGNED FOR DIRECT PETROL INJECTION ENGINES" ver. 1.6 2017;
7. Lovato Easy FAST smart "Installation manual", rev 0, 2010;
8. EMER S.p.A., "INSTRUCTION MANUAL for the retrofit installation EMER BAT LPG FIAT";
9. Правило № 115 на Икономическата комисия за Европа на Организацията на обединените нации (ИКЕ на ООН), L 323/91, 2014;
10. TA GAS TECHNOLOGY "Sequential Gas Injection System Installer's Manual";
11. Tomasetto Achille SPA "Catalogo Iniettori Rail Injectors model IT01 Plus";
12. HANA ENGINEERING "NGV & LPG HANA Injector H2000 Series";
13. KEIHIN "New Generation KEIHIN GAS Injector for CNG % LPG", Toka-Seiki, 2006;
14. Szpica, D., Borawski A., Mieczkowski G., Numerical determination of low pressure gas injector flow characteristics depending on outlet nozzle diameter. Eng. Rural Dev., 2020, 730–738. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2020.19.TF169>;
15. Paczuski, M., Marchwiany, M., Puławski, R., Pankowski, A., Kurpiel, K., & Przedlacki, M. (2016). Liquefied Petroleum Gas (LPG) as a Fuel for Internal Combustion Engines. Al-ternative Fuels, Technical and Environmental Conditions, Krzysztof Biernat, IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/61736>;
16. <https://v-gas.bg>, Fiziko himichni svoistva;
17. Ivanov, Z., Mihaylov, V., Vibrational state of gas injection valves for spark-ignited (SI) engines. XVIII Научно-техническа конференция с международно участие ЕКО-Варна, стр.502-510, изд. ТУ-Варна, 2012, ISBN 954-20-00030;
18. Ivanov, Z., Mihaylov, V., Mersinkov, H., Optical method for measurement needle lift of electromagnetic valves for LPG/CNG injection. XX Научно-техническа конференция с международно участие ЕКО-Варна, стр.415-422, изд. ТУ-Варна, 2014, ISSN 2367-6299;

За контакти: Stoyan Stoyanov, Technical University of Varna, Department of Automotive Engineering", Varna, Bulgaria, e-mail: s.stoyanov@tu-varna.bg

DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES ENGINES WITH NEURON NETWORKS TECHNOLOGY USAGE

Andrii Molodan, Olexandr Polyanskii, Yevgen Dubinin, Mykola Poltavskii

Abstract: The article proposes neural network technology usage to solve the problems of diagnosing the vehicle engines technical conditions. This allow to work with real data obtained for an individual and reference vehicle engine, as well as with data calculated using the mathematical model, based on the comparison of which you can make informed decisions about the nature and location of a particular defect. This improves the functional stability of the wheeled vehicles and improves the performance of its intelligent on-board systems. It has been proven that in order to reduce the redundancy of a neural network, it is necessary to reduce the number of neurons in the hidden layer for a given level of network training error. For diagnosing engines the input signals are voltages received in an artificial neural network from sensors that are standard, and additionally indicate the technical condition of vehicles engines.

Keywords: neural network, diagnostics, technical condition, vehicle, engine.

1. Introduction:

Vehicle engine (VE), as a renewable object, during the service life requires continuous monitoring, the labor intensity of which depends on the level of automation of the processes of obtaining, processing, storing, documenting information about the current state of engine, the sequence and methods of which are determined by the monitoring information technology.

The main directions that determine the improvement of the quality of information technologies for monitoring the technical condition of VE should be considered the intellectualization of information processing processes with the involvement of methods of intellectual data analysis, which are capable of improving the quality of recognition of the technical condition of VE under the influence of unknown factors, as well as the integration of information processes (distributed local databases and global database).

2. Analysis of recent achievements and publications:

The analysis of published works devoted to the application of neural networks (NN) for diagnosing the parameters of vehicles engines shows that the main trends and characteristic features of solving the tasks of diagnosing based on NN are highlighted in the existing works. At the same time, they are dedicated, as a rule, to the solution individual tasks (for example, diagnosing the state of pressure at the end of the compression stroke [1], forming the space of diagnostic signs of the state of vehicle engines for building a neural network classifier [2]). They do not contain instructions on the choice of architecture, structure and algorithms of NN training, there is no engineering methodology for designing such networks in relation to the tasks of diagnosing the technical condition of engines.

Despite the significant amount of research in this area, information technologies for monitoring the technical condition of the vehicle engine are not perfect for a number of reasons, the main of which are, on the one hand, the disconnection of test databases, the lack of intelligent components that allow high-quality and effective support decision-making and, as a result, reduce the total time spent on VE maintenance. On the other hand, the non-stationarity of physical processes in the engine, the complexity of its mathematical description, the dependence of the technical characteristics on external operating conditions, the limited composition of the measured thermogas-dynamic parameters of engine, their technological spread, etc. The specified factors lead to make decisions about the technical condition of the vehicle engine in conditions of significant uncertainty.

3. Purpose and formulation of the task.

The purpose of this work is to improve the methods of monitoring and diagnosing the technical condition of vehicles engines to ensure the reliability and functional stability of their

traction properties using an artificial neural network.

4. Application of neural network technology for diagnostics of the technical condition of engines.

The FDI (Fault Detection and Identification) method is used as the basis of the proposed methodology for solving problems of control and diagnostics of the technical condition of the VE, based on the comparison of the results of measurements of the gas-dynamic parameters of the real VE with the calculated parameters calculated according to its mathematical model [3-4].

Figure 1 shows a typical implementation of the FDI method, where $\bar{U}$ – vector of controlling influences; $\bar{Y}_m$ – vector of parameters calculated using the mathematical model (MM) of VE; $\bar{Y}_g$ – vector of output parameters of the engine, obtained by measuring with the help of sensors; $\bar{\varepsilon} = \bar{Y}_g - \bar{Y}_m$ – deviation, which is the difference of vectors $\bar{Y}_g$ and $\bar{Y}_m$.

As a mathematical model is used neural network model of VE. The range of tasks solved with the help of such a model within the framework of the FDI method is quite wide – from the tasks of monitoring and diagnosing the technical condition of the VE to adjusting its parameters (choosing the rational shutdown of cylinders to use the required power).

The main stages of the engineering method of building a neural network model include:

- preliminary data analysis at the stage of setting the problem and choosing the architecture of the neural network;

- data transformation (preprocessing) to build a more effective network setup procedure;
- choice of neural network architecture;
- choosing the structure of the neural network;
- selection of learning algorithm;
- neural network training and testing;
- analysis of the accuracy of the neural network solution;
- making a decision based on the results obtained.

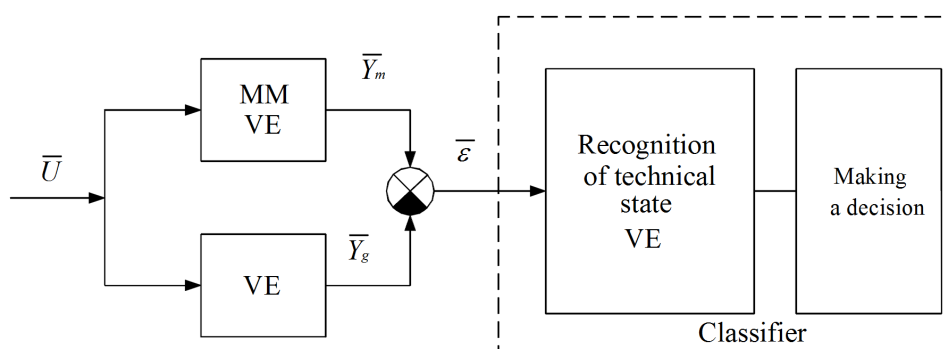


Figure 1 – Implementation of the FDI method for diagnosing the technical condition of vehicles engines

State of VE, as an object of diagnosis, is determined by the value of the vector of initial parameters Y , the values of which may change in the event of emergency or critical situations in the operation of engine.

It is assumed that all possible states can be broken down into $(r + 1)$ regions (classes) $S_0, S_1, \dots, S_r$. Finding the state vector X in the region S_0 is defined as an event that corresponds to the working state of the VE. In case of any of the possible failures of elements

(nodes) in the operation of VE (sudden or gradual) vector X belongs to one of the regions $S_0, \dots, S_r$, which is considered as an event related to the faulty condition of the engine S_0

$$\tilde{O} \in \overline{S_0} = US_\alpha; \alpha = 1, \dots, r. \quad (1)$$

Then the task of diagnosing the VE state is to establish correspondence between the coordinates of the observation vector Y and space of states $\{S_\alpha\}$ and based on observed realizations Y estimate the membership of the state vector X region S_0 or $S_\alpha \subset \overline{S_0}$, that is, to determine which of the classes the state of a particular copy of VE belongs to.

As mentioned above, it is advisable to use the FDI method as a basis for building VE diagnostic systems. The implementation of the FDI method for diagnosing the technical condition of engines in a neural network basis (Fig. 2) is reduced to the following sequence of steps:

- storage of reference characteristics of the average VE in the form of an "information portrait" based on the NN-1 network;
- comparison of the parameters of a separate VE with the data calculated using NN-1;
- on the basis of the analysis of the vector of the obtained disconnections (deviations) ΔY between the values of the vector of the measured parameters of a specific engine and the vector of data calculated with the help of NN-1, the decision is made about the technical condition of the VE (at this stage, the second neural network NN-2 is used).

The following can be used as characteristics of an individual VE at the NN-2 setting (training) stage:

- a) mathematical model of the engine with simulated defects;
- b) real data on defective VE obtained at the test stage.

The NN-2 network (Fig. 3) is a binary neuro classifier, the inputs of which receive the above values deviations Δy_i , and the outputs form a binary Vector $R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$, whose components reflect the results of the diagnosis.

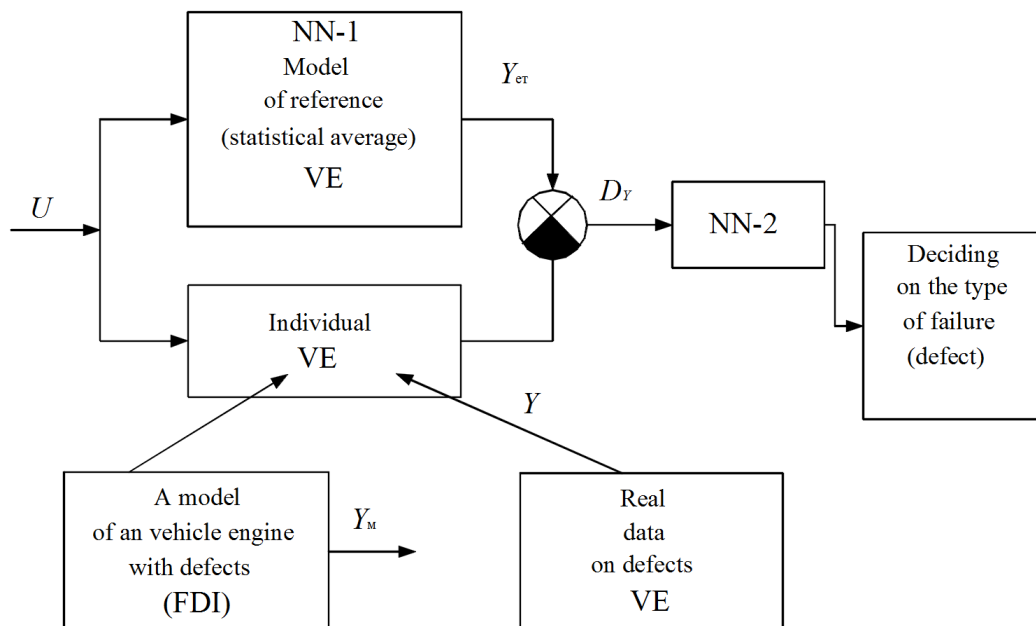


Figure 2 – Implementation of the FDI method in a neural network basis for diagnosing the technical condition of vehicles engines

To solve the task of diagnosis of VE in the neural network basis, a training sample is used, which is formed in two stages. At the first stage, a direct task related to the creation of a data bank of defects is solved. For this purpose, on the mathematical model describing the individual VE, the manifestations of defects associated with the change, for example, the efficiency of the cylinder-piston group, the efficiency of the thermogas-dynamic mode, etc., are simulated (Fig. 3). At the second stage, they are calculated deviation, caused by one or another VE defect from its reference state: $\Delta Y = Y_{\text{ET}} - Y_{\text{M}}$.

According to the data on failures ΔY_i a training sample is formed, which in general can be represented as $\Delta Y_i \rightarrow R(i = 1, 2, \dots, n)$.

Information was used as diagnostic features (inputs of NN-2) about 11 parameters and work of the vehicle engine: the power developed by the engine ΔP ; coolant temperature ΔT_{OP} ; air consumption for fuel combustion ΔG ; oil pressure Δp_M ; fuel consumption Δg ; noise (detonation) $\Delta \psi$; pressure at the end of the compression stroke ΔC ; fuel combustion quality by exhaust gases and Δk ; amount of crankcase gases ΔS ; gas pressure in the engine crankcase Δp_G ; the number of disconnected cylinders Δi .

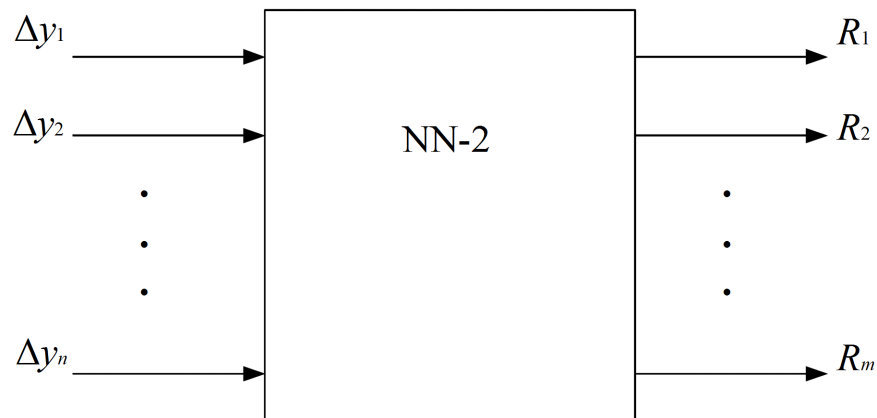


Figure 3 – Classifier based on NN-2 for diagnosing the technical condition of vehicles engines

For learning to recognize defects by a neural network, five generalized classes of vehicle engine states were selected as part of the training sample (Table 1):

S_0 is the healthy state corresponding to the vector $R = [0; 0; 0]$;

S_1 – a defect in the cylinder-piston group corresponding to the vector $R = [0; 1; 0]$;

S_2 – a defect in the fuel supply system corresponding to the vector $R = [1; 0; 0]$;

S_3 is a defect in the thermogas-dynamic regime, corresponding to the vector $R = [0; 1; 1]$;

S_4 is a combustion chamber tightness defect corresponding to the vector $R = [1; 0; 1]$.

When compiling the training sample, it was taken into account that the appearance of a defect in the engine is usually associated with and with a change in the geometric dimensions of the parts of the CPG, which leads to a change in the characteristics of its nodes and its thermogaso-dynamic parameters. Thus, a decrease in the efficiency of the cylinder-piston group and its degree of compression is usually caused by coking, a decrease in elasticity or breakage of piston rings, wear or burrs of the mirror of the cylinder sleeve, as well as the destruction of sliding bearings, oil "starvation", burnt valves or gaskets cylinder heads. A decrease in the efficiency of thermogas-dynamic parameters can be caused by

such defects: later ignition, contamination injection nozzles, fuel and air filters, contamination of the cooling system or lack of coolant in it, as well as violation of adjustments in the fuel supply system, etc.

To check the quality of the work of the neural network classifier (NN-2), it is necessary to test it, that is, to present to the input of the network data that are not part of the training sample. In the process of testing NN-perceptron the following cases were considered:

- decrease in the efficiency of the cylinder-piston group by 1% ($-1\% \eta_{\text{exp}}$);
- reduction of cylinder-piston efficiency by 3% ($-3\% \eta_{\text{exp}}$);
- appearance defects in the presence of noise ($\sigma = 0,01$; $M = 0$);
- double defect (simultaneous reduction in the efficiency of the cylinder-piston group by 3% ($-3\% \eta_{\text{exp}}$) and the efficiency of thermogas-dynamic parameters by 3% ($-3\% \eta_{\text{exp}}$).

Table 1 – Binary classification of VE states

Status number	Binary outputs of NN			State	Localization of the defect
	R_1	R_2	R_3		
1	0	0	0	ETALON	Reference state (S_0)
2	0	1	0	PiKND5%	Defect in the cylinder-piston group (S_1)
3	0	1	0	KPDKND5	
4	0	1	0	GVND5%	
5	0	1	0	PiKVD5%	
6	0	1	0	KPDKVD5	
7	0	1	0	GVVD5%	
8	1	0	1	Fkr_c5%	A defect in the fuel supply system (S_2)
9	1	0	1	SIGSOP5	
10	1	0	1	PR_Fc5%	
11	1	0	0	KPDMVD5	Defect in thermogasdynamic mode (S_3)
12	1	0	0	KPDMND5	
13	1	0	0	KPDTVD5	
14	1	0	0	KPDTND5	
15	1	0	0	ATVD5%	
16	1	0	0	ATND5%	
17	0	1	1	SIGKC5%	Defect in the tightness of the combustion chamber (S_4)
18	0	1	1	PR_Kc5%	

The results of testing the neural network classifier built on the basis of a perceptron, taking into account the cases listed above, showed a high quality of diagnosing the technical condition of VE, which is confirmed by the results shown in Table 2.

The analysis of Table 2 shows that the values of the outputs of the neuroclassifier during its testing differ from the outputs of NN-2 on the training sample (Table 1), where the network was trained on precedents characterized by a 5% deviation of the VE state parameters. By component values R_i at the same time, it is possible to estimate the intensity of the defect (the greater the intensity of the defect, the smaller the distance to the corresponding precedent). In the case of a double defect (5th line of Table 2), the value of the network outputs R_1 and R_2 are approximately the same, which indicates that the VE state is equidistant from the two precedents.

Table 2 – Quality of work of the neural network classifier (NN-2) for diagnosing the technical condition of vehicles engines

Term No	Value of outputs NN-2			State
	R_1	R_2	R_3	
1	0.151	0.711	0.231	Defect in the cylinder-piston group (– 1% η_{exp})
2 (with noise)	0.225	0.775	0.357	
3	0.181	0.821	0.351	A defect in the cylinder-piston group (– 3% η_{exp})
4 (with noise)	0.317	0.725	0.315	
5	0.51	0.47	0.07	Defect in the cylinder-piston group and the thermogas-dynamic mode (– 1 % η_{exp}) (– 3% η_{exp})

A study was conducted on the dependence of the effectiveness of VE diagnosis on the number of regular sensors (measured parameters). To investigate this issue, taking into account the peculiarities of the neural network implementation of the diagnosis procedure, the method of principal components was used [5]. Based on the covariance analysis of the data, it was established that among the ten measured parameters, 7 parameters can be singled out as the main components: ΔP , ΔT_{OP} , ΔG , Δg , ΔC , Δk , ΔS .

Table 3 shows the results of diagnosing the state of VE using NN with different numbers of standard sensors used (from seven to four).

In this case, the error of NN training is calculated according to the formula

$$A_{ed} = \|R_{et} - R\|, \quad (2)$$

where R_{et} – vector of reference (desired) outputs NN-2;

R – vector of actual network outputs;

$\|\bullet\|$ is the Euclidean norm.

Information was used as diagnostic features (inputs of NN-2) about 11 parameters and work of engine: the power developed by the engine ΔP ; coolant temperature ΔT_{OP} ; air consumption for fuel combustion ΔG ; oil pressure Δp_M ; fuel consumption Δg ; noise (detonation) $\Delta \psi$; pressure at the end of the compression stroke ΔC ; fuel combustion quality by exhaust and gases and Δk ; amount of crankcase gases ΔS ; gas pressure in the engine crankcase Δp_G ; the number of disconnected cylinders Δi .

Desired values (R_{et}) and at the NN outputs correspond to the values R_1 , R_2 , R_3 , (Table 1), the number of columns of the training sample successively decreased from 7 to 4. In Fig. 4 shows the dependence of the change in learning errors (A_{ed}) and testing (A_{test}) of the network from the number of used sensors (network inputs). The results of the analysis (Fig. 4) show that the quality of the VE diagnosis process deteriorates when the number of sensors decreases. At the same time, the use of 5-7 full-time sensors is sufficient to localize the defect with the accuracy of a node, since the total squared error of the network in this case does not exceed 0.03 on the training sample (that is, for reference defects) and 0.225 on the test sample (for previously unknown defects).

Table 3 – Change in the learning and testing error of NN depending on the number of sensors installed in the VE

Measured parameters	Learning error (E_{ed})	Test error (E_{test})
$\Delta P, \Delta T_{OP}, \Delta G, \Delta p_M, \Delta g, \Delta \psi, \Delta C, \Delta k, \Delta S, \Delta p_G, \Delta i.$	0.031	0.0315
$\Delta P, \Delta T_{OP}, \Delta G, \Delta g, \Delta C, \Delta k, \Delta S.$	0.017	0.125
$\Delta P, \Delta T_{OP}, \Delta G, \Delta C, \Delta k, \Delta S.$	0.028	0.165
$\Delta P, \Delta T_{OP}, \Delta G, \Delta k, \Delta S.$	0.041	0.201
$\Delta P, \Delta G, \Delta k, \Delta S.$	0.063	0.251

For the purpose of comparative evaluation of the effectiveness of the developed neural network method of diagnosis, a comparison of the proposed method of solving the problem with the solution of this problem based on the method of least squares was carried out. This method is based on the construction of an approximation dependence $R = f(\Delta Y)$, where R – vector of outputs of the classifier (Fig. 4), given in the Table 3, a ΔY is the vector of parameter deviations at the input of the classifier.

The implementation of algorithms in the neural network basis is possible on the basis of Kohonen networks (Fig. 4), which are considered self-learning (self-organizing). The basis of learning such networks is competition between neurons. In this case, the Kohonen network has 10 inputs and 5 outputs $R_1...R_5$ (by the number of generalized state classes in Table 1). Weighting coefficients of synaptic connections of each i -th neuron of the output layer of Kohonen's NN [6] form a vector

$$w_i = [w_{i1}, w_{i2}, ..., w_{i10}]^T, (i = 1, 2, ..., n). \quad (3)$$

When activating the Kohonen NN by an input vector ΔY the neuron whose weights are the least different from the corresponding components of the input vector wins the competition, i.e. for the winning neuron w_p relation is performed

$$d(\Delta Y, w_p) = \min d(\Delta Y, w_i), 1 \leq i \leq n. \quad (4)$$

where $d(\Delta Y, w_p)$ is the distance (in the sense of the chosen metric) between vectors ΔY and $w_i = (w_1, w_2, ..., w_n)^T$;
 n – the number of NN outputs of the output layer (in this case $n = 5$).

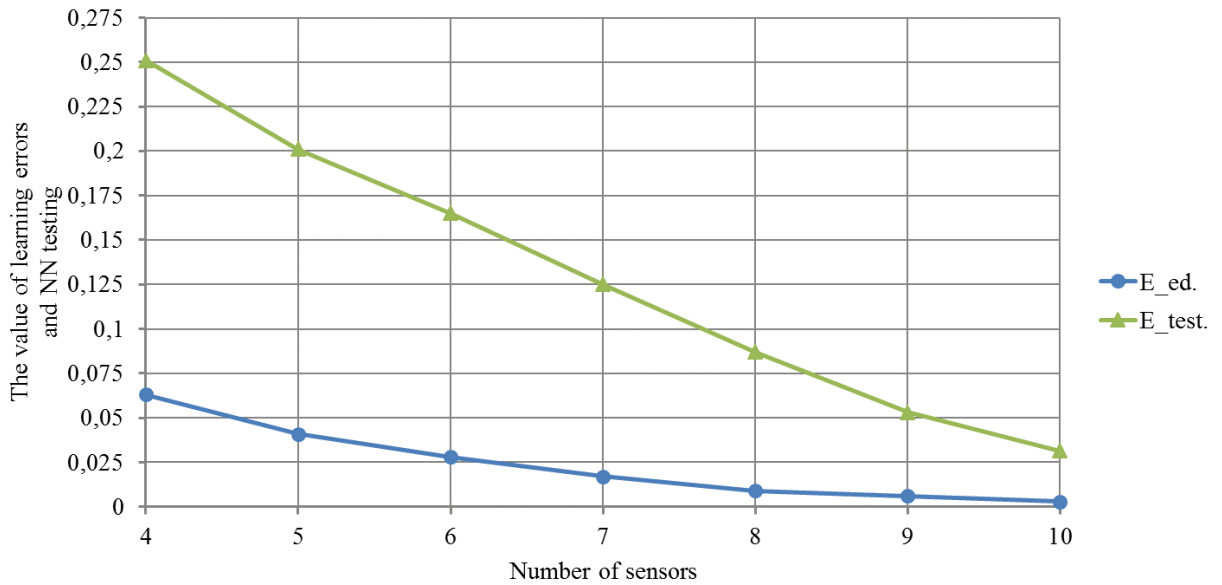


Fig. 4 – Dependence of the quality of training and testing of NN on the number of measured parameters of VE

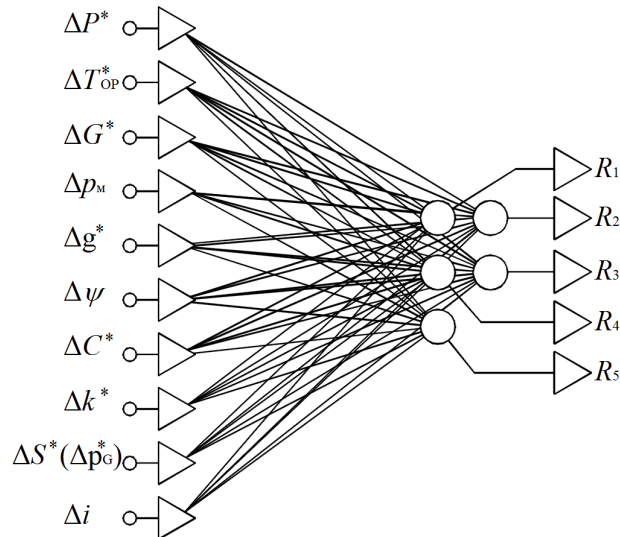


Fig. 5 – Classifier based on NN Kohonen for diagnosing the technical condition of vehicles engines when part of the cylinders are disconnected

The winning neuron forms a topological neighborhood around itself $S_p(k)$ with a certain energy, and all neurons lying within this neighborhood undergo adaptation, during which their vectors of weighting coefficients change in the direction of the vector ΔY according to the rule

$$w_i(k+1) = w_i(k) + \eta_i(k) [\Delta Y - w_i(k)], \quad (5)$$

where $\eta_i(k)$ – learning rate i -th neuron from the neighborhood $S_p(k)$ in k -th moment of time. The value of the learning coefficient decreases with increasing distance between i -th neuron and the winner, and the weight coefficients of neurons outside the neighborhood $S_p(k)$, do not change.

The goal of learning NN Kohonen [6] based on the competition of neurons is considered to be such an arrangement of neurons (selection of the values of their weighting coefficients) that minimizes the value of the expected distortion, estimated by the approximation error of the input vector ΔY , the values of the weight coefficients of the winning neuron. At L input vectors $(\Delta Y)_j$, $(j = 1, 2, \dots, L)$ and Euclidean metrics, this error can be expressed as

$$E = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \|(\Delta Y)_j - w_p(j)\|^2, \quad (6)$$

where $w_p(j)$ – weighting coefficients of the winning neuron when the vector network is presented $(\Delta Y)_j$.

The results of the training process of NN Kohonen (after 70-80 training cycles) are shown in Table 4.

As can be seen from Table 4, the Kohonen network independently conducted a cluster analysis. A comparison of these results with the data (Table 1), where the reference conditions of the engine are given, shows their complete agreement with the NN classification. Here, the 2nd line determines the number of diagnosed conditions assigned by the NN to the corresponding class (out of the total number of 11 conditions presented to it).

Table 4 – Results of NN Kohonen's work for diagnosing the technical condition of vehicles engines when part of the cylinders are disconnected

Network outputs	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
Number of States (Frequency of Winnings)	5	7	1	2	3
State	Defect in the cylinder-piston group	Defect in the fuel supply system	Good condition	Defect in the tightness of the combustion chamber	Defect in thermogas-dynamic mode

Analysis of the results of testing the classifier based on Kohonen's NN [6] shows that the winning neuron (for lines 1, 2, 3, 4) is the neuron with the output R_1 , which means that according to Table 1, a defect is detected in the cylinder-piston group. As before, the intensity of the defect can be judged by the numerical value at each of the NN outputs.

Table 5 – Test results of the classifier for diagnosing the technical condition of VE built on the basis of Kohonen's NN

Term No	Value of outputs NN-2					State
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	
1	0.62	0.091	0.01	0.014	0.1	Defect in the cylinder-piston group
2 (with noise)	0.73	0.21	0.21	0.17	0.25	
3	0.68	0.175	0.25	0.037	0.17	Defect in the cylinder-piston group
4 (with noise)	0.77	0.35	0.35	0.179	0.33	
5	0.53	0.51	0.01	0.019	0.01	Defect in the cylinder-piston group and thermogas-dynamic parameters

The results of testing unknown VE states using the Kohonen network are shown in Table 5. By analogy with the previously considered examples, the quality of work of the Kohonen NN [6] was investigated on a test sample in conditions without noise (1st and 3rd rows of Table 6) , as well as in conditions of an additive component of white noise ($\sigma = 0,01$; $M = 0$), for a 1% and 3% change in the efficiency of the cylinder-piston group (2nd and 4th rows of Table 5). The last line of Table 6 corresponds to a double defect consisting in a simultaneous change in the efficiency of the cylinder-piston group and thermogas-dynamic parameters. In the 5th row of Table 5, there are two winning neurons, since the maximum values of the signals have a place for the outputs R_1 and R_2 . According to Table 1, NN Kohonen reveals the above-mentioned double defect (reduction in the efficiency of the cylinder-piston group and thermogas-dynamic parameters).

The final stage of implementing the FDI method for diagnosing the technical condition of the VE (Fig. 1) is making a decision about the type of failure in the VE based on the numerical vector analysis R . A graphical interpretation of decision making for a perceptron and the method of least squares is shown in Fig. 6, where the vertices of the cube correspond to the centers of clusters (VE reference states) (Table 1).

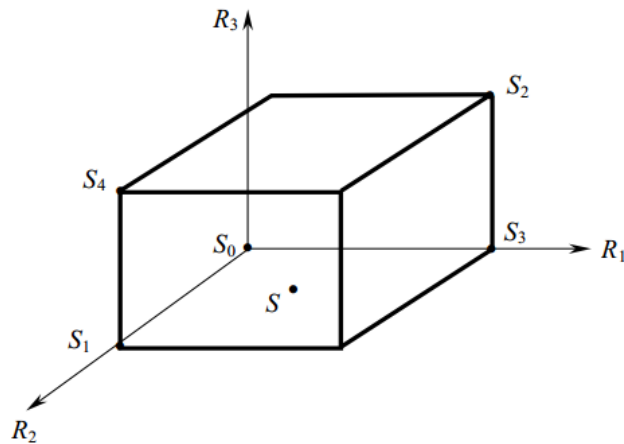
The actual state vector of the vehicle engine S can take a value at any point inside the given cube

$$S = (R_1, R_2, R_3)^T, \quad 0 \leq R_i \leq 1. \quad (7)$$

The determination of the technical condition of the VE is carried out according to the "nearest neighbor" rule, on the basis of which the VE is included in the class to which its nearest neighbor (or most of its nearest neighbors) belongs. The decisive rule, on the basis of which a decision is made (diagnosis) is written as follows $S \rightarrow S_p$, if

$$\begin{aligned}
 d(S, S_p) &= \\
 &= \sqrt{(S - S_0)^2 + (S - S_1)^2 + (S - S_2)^2 +} \\
 &\quad \sqrt{+ (S - S_3)^2 + (S - S_4)^2 + \dots + (S - S_n)^2} =, \\
 &= \sqrt{\sum_{k=1}^n (S - S_k)^2} \rightarrow \min
 \end{aligned} \quad (8)$$

where d is the distance to the center of the nearest (p -th) cluster (precedent). At the same time, the distance d is calculated, for example, using the Euclidean metric (8).



S_0 – the center of the cluster (precedent), corresponding to the working one (reference) VE state; S_1 – the center of the cluster, corresponding to the defect of the cylinder-piston group; S_2 – the center of the cluster corresponding to the defect in the fuel supply system; S_3 is the center of the cluster corresponding to the defect in the thermogasdynamic regime; S_4 – the center of the cluster, corresponding to the defect in the tightness of the combustion chamber

Fig. 6 – Graphical interpretation of the process of diagnosing the technical condition of the VE

Let's consider this procedure on the example of the task of diagnosing a double defect associated with a decrease in the efficiency of the cylinder-piston group and thermogasdynamic parameters by 3%. The magnitude of the vector at the output of the NN-2 perceptron in this case $R = (0,54; 0,44; 0,02)^T$. Then, taking into account the reference states $S_0, \dots, S_4$ tractor engine (Table 1) and using formula (8), we can calculate the distance d from the corresponding precedent to the centers of the clusters

$$d_0(S, S_0) = 0,701; d_3(S, S_3) = 0,657; d_1(S, S_1) = 0,738; d_4(S, S_4) = 1,75; \\ d_2(S, S_2) = 1,47.$$

Analysis of the obtained values $d_i(S, S_i)$ shows that the result of solving this task will be $S \in S_0 \cup S_1 \cup S_3$, that is, the proposed neural network precedent is approximately equidistant from the following states: normal state (S_0), a defect in the cylinder-piston group (S_1) and a defect in the fuel supply system (S_2). Thus, the diagnosis of the network is moderate in terms of the intensity of defects in 2 units of the vehicle engine (cylinder-piston group and fuel supply system).

5. Conclusions:

1. Proposed neural network technologies for solving the problems of diagnosing the technical condition of vehicle engine. They allow to work both with real data obtained for an individual and reference (statistical average) engine, and with data calculated using its mathematical model, based on a comparison of which we can make informed decisions about the nature and location of a particular defect. This makes it possible to increase the functional stability of the vehicle and improve the operation of its intelligent on-board systems.

2. It is proved that to reduce the redundancy of the neural network, it is necessary to reduce the number of neurons of the hidden layer at a given level of network training error.

The minimum number of neurons of the hidden layer for the case of 10 regular sensors controlling parameters of engine and five classes of typical defects of VE nodes can be reduced to 5-7 with high quality recognition.

3. As input signals for diagnosing the vehicle engine, the voltages received from the sensors that are standard, and additionally indicate the technical condition.

6. Literature:

1. Patton, RJ Issues in Fault Diagnosis for Dynamic Systems / RJ Patton, PM Frank, RN Clark. - Springer-Verlag, London, 2000. - 536 p.
2. Narendra, KS Neural Networks for Control. Theory and Practice // Proceedings of the IEEE, Vol. 84, No. 10, 1996, pp. 1385-1405.
3. Molodan AO Vyznachennia potuzhnosti i roboty vymushenykh kolyvan pry vidkliuchenni tsylindriv v dvyhuni kolisnoi mashyny / AO Molodan // Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti. – Lutsk: Lutskiy NTU, 2019. – No. 2(13). – PP 116-123.
4. Advanced Multivariable Control Systems of Aeroengines // Eds.: Sun Jianguo, VI Vasilyev, BG Ilyasov, Beijing, China, BUAA Press, 2005. – 621 p.
5. Molodan AO Naukovi osnovy zabezpechennia nadiinosti i funktsionalnoi stabilizati kolisnykh mashyn v rezhymy vidkliuchennia chastyny tsylindriv: dys. ... d-ra. tekhn. nauk: spets. 05.22.20 ekspluatatsiia ta remont zasobiv transportu. Kharkiv, KhNADU, 2021. – 387 p.
6. Nejronnye seti Kohonen. – [Electronic resource]. Update date: 28.01.2016. URL: <https://neuronus.com/theory/nn/955-nejronnye-seti-kohonena.html> (date of request 01.05.2018).

За контакти: D-r of science, Professor Polyanskii Olexandr, D-r of science, Professor Molodan Andrii, D-r of science, Professor Dubinin Yevgen, PhD. Eng., postgraduate Poltavskii Nikolai, Kharkiv National Automobile and Highway University. Department “Technology of Machine Building and Repair”, Ukraine, 61002, Kharkiv, St. Ya. Mudriy, 25, e-mail: tmirm@khadi.kharkov.ua, tel. +38057-707-37-33.

ВИКОРИСТАННЯ МАСШТАБНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ПЛАНЕТОХОДІВ

THE USE OF SCALE MODELING IN THE DESIGN OF PLANET ROVERS

Mykhailo Podryhalo, Vitalii Shein

Abstract. The proposed study considers a method for choosing scale factors for physical quantities included in the state function of such a type of mobile technology as planetary rovers under the condition of a changing gravity. The paper presents the results of calculating the scale factors for the main physical quantities used in the construction of mathematical models of robots and planetary rovers designed to explore other planets in the surrounding space. As a result of the study, the correlation between the scale factor of acceleration and the scale factors of other physical quantities, which have not yet been determined, has been determined.

By taking into account the differences in the gravitational parameters of the Earth and the planet of interest, it is proposed to improve the methods for designing robots and planetary rovers through the use of scale modeling. This improvement makes it possible to identify possible failures and deviations of the actual dynamic characteristics from the expected ones at an early stage of design. The proposed system of scale factors makes it possible to determine the value of mechanical quantities in the motion of a robot or planetary rover under conditions when the free fall acceleration differs from that on Earth.

Keywords: research of planets, gravitational parameters, design of planetary rovers, scale modeling, scales of physical quantities similarity.

1 Вступ:

Використання масштабного моделювання дозволяє прискорити процес дослідження нових машин та скоротити терміни постановки їх на виробництво.

Сьогодні людство прагне освоїти планети навколишнього космічного простору, для чого створюються різноманітні роботи і планетоходи. Однак на різних планетах існують різні за напруженістю (за показниками гравітації) поля тяжіння, що впливає на динамічні характеристики роботів та планетоходів.

У даній науковій розвідці запропоновано метод, що дозволяє за допомогою масштабного моделювання прогнозувати динамічні характеристики вказаних машин під час руху планетою з відомими гравітаційними параметрами.

2 Викладення:

Масштабне моделювання широко використовується при проєктуванні морських і річкових засобів, літаків і гелікоптерів. Застосування методів масштабного моделювання дозволяє уникнути серйозних помилок на ранній стадії проєктування, своєчасно виправити їх і скоротити час на постановку виробництва машин.

Застосуванням масштабного моделювання для дослідження мобільних машин займалися А.С. Курочкін [1], П.Б. Прогній [2], В.С. Колесников та В.В. Персіанов [3].

У дослідженні [3] запропоновано систему масштабних коефіцієнтів, доповнену авторами цієї статті, для визначення фізичних величин, що входять у диференціальне рівняння натурального зразка мобільної машини та її моделі (табл. 1).

Таблиця 1 – Масштаби подоби механічних величин

№ п/п	Найменування механічної величини	Розмірність	Масштаб подоби	Формула для розрахунку масштабу подоби
1	2	3	4	5
1	Лінійний розмір (характерний)	$[L]$, м	m_L	L_H / L_M
2	Час	$[t]$, с	m_t	$\sqrt{m_L}$
3	Маса	$[m]$, кг	m_M	m_L^3
4	Швидкість	$[L \cdot t^{-1}]$, м/с	m_v	$\sqrt{m_L}$

1	2	3	4	5
5	Сила	$[m \cdot L \cdot t^{-2}]$, Н	m_F	m_L^3
6	Потужність	$[F \cdot V]$, Вт	m_N	$m_L^{7/2}$
7	Робота (енергія)	$[N \cdot t]$, Дж	m_W	m_L^4
8	Момент інерції	$[m \cdot L^2]$, кг·м ²	m_Y	m_L^5
9	Коефіцієнт жорсткості	$[F / L]$, Н/м	m_c	m_L^2
10	Коефіцієнт загасання	$[F \cdot t \cdot L^{-1}]$, Н·с/м	m_β	$m_L^{5/2}$
11	Коефіцієнт відводу шин	$[F]$, Н/рад	$m_Y = m_\delta$	m_L^3
12	Коефіцієнт демпфування шини	$[F \cdot t]$, Нс	m_λ	$m_L^{5/2}$

У роботах М.А. Подригало та В.С. Шеїна. визначено, що масштабний коефіцієнт прискорень m_g при моделюванні в умовах Землі завжди дорівнює одиниці, оскільки, який масштаб не був би обраний, моделювання відбуватиметься в полі тяжіння, що діє на Землі. Інша річ, якщо моделювання буде здійснюватися для планети, яка має відмінне від Землі прискорення вільного падіння.

Моделювання руху мобільних об'єктів, за умов коли прискорення вільного падіння відрізняється від його показників за умов Землі, має важливе значення при проектуванні роботів і планетоходів.

Метою дослідження є вдосконалення методів проектування роботів і планетоходів шляхом застосування масштабного моделювання за рахунок врахування відмінностей гравітаційних параметрів Землі та планети, що цікавить.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити завдання визначення масштабних коефіцієнтів за умови, що масштабний коефіцієнт прискорень не дорівнює одиниці.

Масштабний коефіцієнт прискорень у даному випадку може бути визначений як

$$m_g = \frac{g_3}{g_{ПЛ}}, \quad (1)$$

де g_3 – прискорення вільного падіння в точці Землі, що розглядається;

$g_{ПЛ}$ – прискорення вільного падіння в розглянутій точці планети, що цікавить.

Маса – це міра інертності тіла, скалярна величина. Тому сміємо припустити, що на будь-якій планеті її величина залишається постійною і масштабний коефіцієнт маси m_M можна прийняти рівним одиниці.

Масштабний коефіцієнт швидкості визначаємо через співвідношення гальмівних шляхів машини на Землі (натурний зразок) і на планеті, що цікавить (масштабна модель).

Гальмівний шлях S_{T3} на Землі

$$S_{T3} = \frac{V_3^2}{2\phi g_3}. \quad (2)$$

Гальмівний шлях $S_{ПЛ}$ на планеті, що цікавить

$$S_{ПЛ} = \frac{V_{ПЛ}^2}{2\phi g_{ПЛ}}, \quad (3)$$

де $V_3, V_{ПЛ}$ – швидкість машини на Землі і на планеті, що цікавить, відповідно.

Лінійний масштабний коефіцієнт знаходимо шляхом поділу лівої та правої частин рівняння (2) на ліву та праву частину рівняння (3)

$$m_L = \frac{S_{T3}}{S_{ПЛ}} = \left(\frac{V_3}{V_{ПЛ}} \right)^2 \cdot \frac{g_{ПЛ}}{g_3} = \frac{m_v^2}{m_g}. \quad (4)$$

З рівняння (4) знаходимо

$$m_V = \sqrt{m_L \cdot m_g}. \quad (5)$$

Оскільки при потраплянні мобільної машини на планету, що цікавить, її лінійні розміри не змінюються, $m_L=1$ і вираз (5) набуде вигляду

$$m_V = \sqrt{m_g}. \quad (6)$$

При визначенні масштабного коефіцієнта часу скористаємось рівняннями

$$t_3 = \frac{S_3}{V_3} \quad (7)$$

та

$$t_{ПЛ} = \frac{S_{ПЛ}}{V_{ПЛ}}, \quad (8)$$

де $t_3, t_{ПЛ}$ – час, що вимірюється на Землі і на планеті, що цікавить, відповідно.

Масштабний коефіцієнт часу

$$m_t = \frac{t_3}{t_{ПЛ}} = \frac{S_3}{S_{ПЛ}} \cdot \frac{V_{ПЛ}}{V_3} = \frac{m_L}{m_V} = \frac{1}{\sqrt{m_g}} = m_g^{-1/2}. \quad (9)$$

При визначенні масштабного коефіцієнта сили скористаємось рівняннями

$$F_3 = m \cdot g_3; \quad (10)$$

$$F_{ПЛ} = m g_{ПЛ}, \quad (11)$$

де $F_3, F_{ПЛ}$ – розміри сил, що діють на Землі і на планеті, що цікавить, відповідно;
 m – маса мобільної машини.

Масштабний коефіцієнт сили

$$m_F = \frac{F_3}{F_{ПЛ}} = \frac{m g_3}{m g_{ПЛ}} = \frac{g_3}{g_{ПЛ}} = m_g. \quad (12)$$

Масштабний коефіцієнт потужності знаходимо із співвідношень

$$N_3 = F_3 \cdot V_3 \quad (13)$$

та

$$N_{ПЛ} = F_{ПЛ} \cdot V_{ПЛ} . \quad (14)$$

Звідки знаходимо

$$m_N = \frac{N_3}{N_{ПЛ}} = \frac{F_3}{F_{ПЛ}} \cdot \frac{V_3}{V_{ПЛ}} = m_F \cdot m_V = m_g \sqrt{m_g} = m_g^{3/2} . \quad (15)$$

Масштабний коефіцієнт роботи (енергії) знаходимо з рівнянь

$$A_{W3} = F_3 \cdot S_3 ; \quad (16)$$

$$A_{WПЛ} = F_{ПЛ} \cdot S_{ПЛ} , \quad (17)$$

де A_{W3} , $A_{WПЛ}$ – розміри роботи (енергії) на Землі і на планеті, що цікавить.

Таким чином

$$m_W = \frac{A_W}{A_{WПЛ}} = \frac{F_3}{F_{ПЛ}} \cdot \frac{S_3}{S_{ПЛ}} = m_F \cdot m_L = m_g . \quad (18)$$

Масштабний коефіцієнт моменту інерції може бути знайдений із рівнянь

$$I_3 = m_3 \cdot L_3^2 \quad (19)$$

та

$$I_{ПЛ} = m_{ПЛ} \cdot L_{ПЛ}^2 . \quad (20)$$

Розділивши ліву та праву частини (19) на ліву та праву частини (20), отримаємо

$$m_I = \frac{I_3}{I_{ПЛ}} = \frac{m_3}{m_{ПЛ}} \cdot \left(\frac{L_3}{L_{ПЛ}} \right)^2 = m_M \cdot m_L^2 = 1 . \quad (21)$$

У таблиці 2 наведено масштаби подоби механічних величин для випадку проєктування роботів та планетоходів, призначених для дослідження інших планет.

Таблиця 2 – Масштаби подоби для проєктування роботів та планетоходів

№ п/п	Найменування механічної величини	Розмірність	Масштаб подоби	Формула для розрахунку масштабу подоби
1	2	3	4	5
1	Прискорення	$[g_3/g_{ПЛ}]$, м/с ²	m_g	$g_3/g_{ПЛ}$
2	Лінійний розмір (характерний)	$[L]$, м	m_L	1
3	Час	$[t]$, с	m_t	$m_g^{-1/2}$
4	Маса	$[m]$, кг	m_M	1
5	Швидкість	$[L \cdot t^{-1}]$, м/с	m_V	$m_g^{1/2}$
6	Сила	$[m \cdot L \cdot t^{-2}]$, Н	m_F	m_g

1	2	3	4	5
7	Потужність	$[F \cdot V]$, Вт	m_N	$m_g^{3/2}$
8	Робота (енергія)	$[N \cdot f]$, Дж	m_W	m_g
9	Момент інерції	$[m \cdot L^2]$, кг·м ²	m_I	1

Отримана система масштабних коефіцієнтів дозволяє при проектуванні роботів та планетоходів для дослідження інших планет прогнозувати їхні динамічні характеристики, що дозволяє на ранній стадії виявляти можливі відмови та відхилення реальних результатів від очікуваних.

3 Висновок:

1. Використання масштабного моделювання при створенні роботів та планетоходів для дослідження інших планет дозволяє на ранній стадії проектування виявити можливі відмови та відхилення дійсних динамічних характеристик від очікуваних.

2. Пропонована система масштабних коефіцієнтів дозволяє визначити значення механічних величин за умов руху робота чи планетоходу за умов, коли прискорення вільного падіння відрізняється від земних показників.

Література:

1. Курочкін О.С. Дослідження маневреності та стійкості автомобільного поїзда з довгобазним багатовісним напівпричепом: дис. ... канд. техн. наук. Київ, 1978. 161 с.
2. Прогній П.Б. До аналізу стійкості автопоїзда у гальмівному режимі. *Вісник національного транспортного університету*. 2013. Випуск 27. С. 299-305.
3. Колесников В.С., Персианов В.В. К вопросу выбора масштабов подобия для исследования устойчивости автомобиля при торможении на моделях // Двигатели и автомобили. Труды Волгоградского политехнического института. – Волгоград, 1970. – с. 196 – 202.

За контакти: D-r of science, Professor, Mykhailo Podryhalo, Ph.D., associate professor Vitalii Shein, Kharkiv National Automobile and Highway University. Department "Technology of Machine Building and Repair", Ukraine, 61002, Kharkiv, St. Ya. Mudriy, 25, e-mail: tmirm@khadi.kharkov.ua, tel. +38(050)889-2151.