

¹Волков В.П.,
²Грицук І.В.,
¹Волкова Т.В.,
¹Волков Ю.В.,
³Бережна Н.Г.,
¹Горбик Ю.В.

¹Харківський національний
автомобільно-дорожній університет,
²Херсонська державна морська
академія, м. Херсон, Україна,
³Харківський національний технічний
університет сільського господарства
ім. П.Василенка,
г. Харків, Україна
E-mail: wolf949@ukr.net

ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

УДК 656.3.44.083

Волков В.П., Грицук І.В., Волкова Т.В., Волков Ю.В., Бережна Н.Г., Горбик Ю.В. «Дистанційний контроль технічного стану автомобілів»

Наведено дані стосовно поточного стану автотранспорту в Україні та недоліки існуючого технічного обслуговування і ремонту автомобілів при експлуатації. Розроблено сучасну технологію дистанційної оцінки робочого стану автомобілів. Для неї, на підставі загального підходу щодо дослідження системи, сформована інформаційно-комунікаційна модель системи дистанційного моніторингу технічного стану автомобіля: «автомобіль - водій - умови експлуатації - інфраструктура експлуатації автомобіля (транспорт і автомобільні дороги)». Модель включає взаємодію компонентів моніторингу: автомобіль з водієм і бортову інформаційну систему; умови експлуатації транспортного засобу (дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні умови і культура праці); транспортна інфраструктура і дорожня інфраструктура). Для реалізації запропонованої технології розроблений інформаційний програмний комплекс «IdeaMonDiaOperCon HNADU-16 », деякі з яких представлені в статті.

Ключові слова: *технічне обслуговування, дистанційний контроль, технічний стан автомобіля, транспортний засіб, моніторинг, взаємодія.*

Волков В.П., Грицук І.В., Волкова Т.В., Волков Ю.В., Бережная Н.Г., Горбик Ю.В. "Дистанционный контроль технического состояния автомобилей"

Приведены данные о текущем состоянии автотранспорта в Украине и недостатках существующего технического обслуживания и ремонта автомобилей при эксплуатации. Разработана современная технология дистанционной оценки рабочего состояния автомобилей. Для нее, на основании общего подхода к исследованию системы, сформирована информационно-коммуникационная модель системы дистанционного мониторинга технического состояния автомобиля: «автомобиль - водитель - условия эксплуатации - инфраструктура эксплуатации автомобиля (транспорт и автомобильные дороги)». Модель включает взаимодействие компонентов мониторинга: автомобиль с водителем и бортовую информационную систему; условия эксплуатации транспортного средства (дорожные, транспортные, атмосферно-климатические условия и культура труда); транспортная инфраструктура и дорожная инфраструктура). Для реализации предлагаемой технологии разработан информационный программный комплекс «IdeaMonDiaOperCon HNADU-16», некоторые из которых представлены в статье.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, дистанционный контроль, техническое состояние автомобиля, транспортное средство, мониторинг, взаимодействие.*

Volkov V.P., Gritsuk I.V., Volkova T.V., Volkov Y.V., Berezhna N.G., Gorbik Y.V. "Distance control of the technical condition of cars"

The data on the current state of motor transport in Ukraine and the disadvantages of existing maintenance and repair of cars in the technical operation of cars are given. The modern technology of remote estimation of the working condition of cars is developed, for which the information and communication model of the system of remote monitoring of the technical condition of the car is formed on the basis of the general approach to the research of the system "car - driver - operating conditions - infrastructure of operation of the car (transport and highways)". The model includes the interaction of components of monitoring components: a car with a driver and an on-board information system; Conditions of operation of the vehicle (road, transport,

atmospheric and climatic conditions and culture of labor); transport infrastructure and road infrastructure). To implement the proposed technology an information program complex "IdenMonDiaOperCon" HNADU-16 "was developed, some of which are presented in the article.

Key words: *maintenance, distance control, vehicle technical condition, vehicle, monitoring, interaction*

Актуальность проблемы

На основании результатов анализа современного состояния автомобильного транспорта (АТ) и ее подсистемы - технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) выявлено, что основная часть автомобилей в Украине сосредоточена в небольших по размеру и количеству предприятиях. Так, доля перевозчиков, имеющих в эксплуатации только одно транспортное средство (ТС) составляет 61%, до трех ТС - 22,4%, до пяти ТС - 7%, до десяти - 5,4, более 10 ТС - 4,3%. Это привело к существенному ухудшению контроля технического состояния ТС, увеличению количества ДТП, вызванных неисправностью автомобилей, и загрязнению окружающей среды.

Существующая в ТЭА система технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), сформировалась на базе упрощенной модели функционирования транспортной инфраструктуры: автомобиль в основном работает с привязкой к собственному предприятию. При этом обслуживающая и ремонтная база была сосредоточена в рамках конкретного предприятия автомобильного транспорта (ПАТ) и все виды технических воздействий осуществлялись им самим. У существующей системы ТО и ремонта негибкость в части обеспечения безотказной работы автомобиля на линии проявляется в однообразии подхода к автомобилям разного возраста: перечень операций и периодичность ТО идентичны и для нового автомобиля, и для автомобиля перед его капитальным ремонтом и списанием. В связи с этим, существующая система ТО и Р уже не отвечает современным требованиям.

Анализ последних исследований

Техническая эксплуатация автомобилей, по определению [1-3] является одной из важнейших подсистем АТ, которая, в свою очередь, представляет подсистему транспорта в структуре достаточно сложной транспортно-коммуникационной программы государства. Основной целью ТЭА как подсистемы АТ, является обеспечение необходимого уровня технического состояния ТС. В целом до 50% себестоимости перевозок прямо или косвенно зависит от качества и эффективности ТЭА. Важность ТЭА подтверждается тем, что, например, в поддержку автомобилей в работоспособном состоянии в США тратится примерно 30 млрд. долларов в год, а во всем мире на ТЭА в год тратится примерно 100 млрд. долларов. В США на эксплуатацию одного автомобиля в год расходы составляют 1800-1900 долларов [4].

Постепенное развитие новых видов перевозок приводит к увеличению времени пребывания ТС далеко от основной производственной базы, и, вследствие этого, повышается роль профилактического ТО автомобилей. Поэтому создание гибкой "адаптивной" системы контроля и управления техническим состоянием автомобиля с элементами индивидуального подхода к каждому конкретному автомобилю становится первоочередной задачей. Такая система является перспективной в связи с применением на автомобилях сложных высокоэффективных электронных систем управления, встроенной бортовой диагностики, развития спутниковых систем навигации и мобильной связи. Кроме того, использование современных технологий (например FADEC (Full authority digital electronic control system)) и средств позволяет не только контролировать географическое положение ТС и осуществлять связь с диспетчером ПАТ, но и осуществлять дистанционный мониторинг с оценкой уровня технического

состояния ТС на протяжении жизненного цикла (ЖЦ), что вполне позволяет реализовать практически любые задачи по выявлению и прогнозированию технического состояния автомобиля.

Концепция FADEC направлена на создание единой структуры из бортовых систем управления рабочими процессами узлов и агрегатов ТС, систем контроля, систем организационно-функциональной поддержки процессов его эксплуатации, позволяющей формировать информационные системы организационно-функциональной поддержки (сбора, анализа и управления потоками информации) процессов эксплуатации, то есть позволяет реализовать на практике подход ИПИ / CALS / PLM-технологии. ИПИ / CALS / PLM-технологии, то есть информационная поддержка поставок и ЖЦ изделий - это современный подход к проектированию, производству и эксплуатации высокотехнологичной и наукоемкой продукции, который заключается в использовании современных информационных технологий на всех стадиях ЖЦ изделий [5]. Эффективность их использования подтверждается такими информационными системами на транспорте, как GPS-Trace Orange, M2M, СКРТ, Teletrack, Dynafleet® [6-9]. Совокупность на ПАТ традиционных предприятий и абсолютно новых образований (например, GPS-Trace Orange, M2M, СКРТ и др.), представляющие электронные информационные системы и технологии, формирует на ПАТ и АО в целом совершенно новые принципы технической эксплуатации ТС.

Формулировка цели исследования

Целью исследования является разработка метода и технологии дистанционного контроля работоспособности автомобилей с учетом комплекса условий эксплуатации.

Методический подход в проведении исследования

Известно [2, 3], что большинство задач в процессе совершенствования методов контроля технического состояния автомобиля, которые решают технические службы эксплуатации ТС, имеют информационную составляющую оценки: дорожных условий эксплуатации (УЭ) ТС в части высоты дороги над уровнем моря, продольной профиля (рельефа местности), типа и состояния дорожного покрытия; ремонта, строительства и обслуживания объектов дорожной инфраструктуры; их мониторинг; прогнозирования возможных аварийных ситуаций, транспортных условий в части насыщенности и интенсивности движения ТС, особенностей груза, режима и скорости движения; атмосферно-климатических условий, культуры эксплуатации ТС и т.д. В связи с этим, за основу формирования дистанционного контроля технического состояния положен общий подход к исследованию системы «автомобиль - водитель - условия эксплуатации - инфраструктура эксплуатации автомобиля (транспортная и автомобильных дорог)», который включает в себя системное взаимодействие составляющих компонентов мониторинга: ТС с водителем и бортовым информационным комплексом (БИНК) условий эксплуатации ТС (дорожные, транспортные, атмосферно-климатические условия и культура труда), транспортной инфраструктуры и инфраструктуры автомобильных дорог. если это представить процессом формирования единой информационной функции, описывающей взаимодействие всех составляющих, то она имеет вид:

$$\begin{array}{ccc}
 \Omega_{ТС} = F(\Omega_{ТС} + \Omega_{ВТС}) & \xrightarrow{F_{ТС \rightarrow ТСУЭ+ВТС}} & \\
 & \nearrow^{F_{УЭ \rightarrow ТСУЭ}} & \Omega_{ТС\ УЭ} \\
 \Omega_{ТИ, ИАД} = F(\Omega_{ТИ} + \Omega_{ИАД}) & \xrightarrow{F_{ТИ, ИАД \rightarrow ТИ+ИАД}} &
 \end{array}
 \quad (1)$$

где $\Omega_{ТС}$ – множество моделей параметров технического состояния ТС, как $\Omega_{ТС} = F(\Omega_{ТС} + \Omega_{ВТС})$ системное взаимодействие параметров технического состояния ТС и водителя (человека), что, в свою очередь, связана с процессом трансформации информации о параметрах технического состояния ТС и процессами, зависящими от физиологических возможностей человека, технических данных ТС и степени их противодействия негативным воздействиям внешней среды;

$\Omega_{ВТС}$ – множество моделей состояния человека (водителя) ТС;

$\Omega_{УЭ}$ – множество моделей параметров условий эксплуатации ТС;

$\Omega_{ТИ, ИАД} = F(\Omega_{ТИ} + \Omega_{ИАД})$ – множество моделей параметров инфраструктуры и инфраструктуры автомобильных дорог;

$\Omega_{ТС\ УЭ}$ – множество моделей параметров технического состояния ТС в соответствующих условиях эксплуатации;

$F_{ТС \rightarrow ТСУЭ + ВТС}$ – функциональное отображение моделей параметров технического состояния ТС и водителя ТС;

$F_{ТС \rightarrow ТСУЭ}$ – функциональное отображение моделей параметров технического состояния ТС;

$F_{ТИ, ИАД \rightarrow ТИ + ИАД}$ – функциональное отображение моделей параметров транспортной инфраструктуры и инфраструктуры автомобильных дорог.

Считаем целесообразным объединить в множество моделей $\Omega_{ТС}$ параметров технического состояния ТС в условиях эксплуатации, а именно $\Omega_{ТС}$ во взаимодействии с $\Omega_{ВТС}$. При этом, исходим из того, что функционирование единой системы ТС и водителя $F(\Omega_{ТС} + \Omega_{ВТС})$ меняется в условиях эксплуатации в виде технико-экономических показателей ТС. При этом понимаем, что система адаптируется к различным условиям эксплуатации, меняя свои эксплуатационные свойства. Также, считаем целесообразным, совместить все воздействия окружающей среды на ТС в виде изменения моделей условий эксплуатации, моделей параметров транспортной инфраструктуры и инфраструктуры автомобильных дорог в виде множества моделей $\Omega_{УЭ}$ параметров УЭ ТС.

На основании изложенного, в общем унифицированном виде процесс мониторинга технического состояния ТС в УЭ является процессом трансформации информации состояния и процессов функционирования ТС и УЭ.

Формально, обозначенное отображения имеет вид:

$$\begin{array}{ccc}
 \Omega_{\Sigma ТС} & \xrightarrow{F_{\Sigma ТС \rightarrow \Sigma ТС\ УЭ}} & \\
 & \nearrow^{F_{\Sigma УЭ \rightarrow \Sigma ТС\ УЭ}} & \Omega_{\Sigma ТС\ УЭ} \\
 \Omega_{\Sigma УЭ} & \xrightarrow{F_{\Sigma УЭ \rightarrow \Sigma ТС\ УЭ}} &
 \end{array}
 \quad (2)$$

где $\Omega_{\Sigma TC}$ – множество совокупных моделей параметров технического состояния ТС;

$\Omega_{\Sigma UE}$ – множество совокупных моделей параметров УЭ ТС;

$\Omega_{\Sigma TC \cup \Sigma UE}$ – множество совокупных моделей параметров технического состояния ТС в соответствующих УЭ;

$F_{\Sigma TC} \rightarrow \Sigma_{TC \cup UE}$ – функциональное отображение совокупных моделей параметров технического состояния ТС;

$F_{\Sigma UE} \rightarrow \Sigma_{TC \cup UE}$ – функциональное отображение совокупных моделей параметров УЭ ТС.

В процессе формирования информационной системы мониторинга автомобиля в УЭ в частях обеспечения выполнения: идентификации ТС, сбора данных о техническом состоянии ТС, проведения мониторинга и прогнозирования параметров технического состояния ТС, идентификации условий эксплуатации ТС, диагностирования состояния ТС, проверки соответствия состояния ТС, был использован морфологический анализ. При этом для функционального элемента «автомобиль (ТС)» выделено 12 признаков, причем для классификационного элемента «легковой автомобиль» дополнительно выделено 4 признака, для классификационного элемента «автобус» - 1, для классификационного элемента «грузовой автомобиль» - 2 признака. Для функционального элемента «Двигатель автомобиля (ТС)» выделены 4 признака. Для функционального элемента «Оснащение ТС информационно-коммуникационным оборудованием» - 3 признака. Для функционального элемента «Внешние сети» 1 признак в 4-х вариантах. Для функционального элемента «Мониторинга состояния ТС и условий эксплуатации» также выделены 3 признака. Для каждой из 23 морфологической признаков системы выбрано основных варианта их реализации (от 2 до 10). Изменение конструктивного выражения конкретного варианта любой из 23 признаков формирует новую схему обеспечения информационной системы мониторинга ТС в условиях эксплуатации. Количество возможных схем информационной системы мониторинга ТС в условиях эксплуатации в случае использования созданной морфологической матрицы составляет:

- для легкового автомобиля (ТС): $N = 8 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 = 4,749 \cdot 10^{13}$;

- для автобуса: $N = 8 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 = 1,691 \cdot 10^{12}$;

- для грузового автомобиля (ТС): $N = 8 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 = 2,368 \cdot 10^{13}$, а для одного варианта ТС при использовании морфологической матрицы в части оснащения ТС информационно-коммуникационным оборудованием, внешних сетей, мониторинга состояния ТС и условий эксплуатации: $N_1 = 768$. Для аналогичного варианта при дополнительном использовании морфологической матрицы в части двигателя автомобиля (ТС): $N_{11} = 12288$.

Результаты исследований

Одной из составляющих разработки технологии дистанционного получения информации об условиях эксплуатации ТС в условиях ITS является подход к применению классификации условий эксплуатации ТС. Рассмотрим основные шаги применения классификации условий эксплуатации в информационных условиях ITS на примере движения отдельного ТС при взаимодействии с инфраструктурой автомобильных дорог в реальных условиях эксплуатации.

Современные бортовые системы мониторинга параметров технического состояния в условиях ITS позволяют идентифицировать ТС, осуществлять непрерывное автоматическое измерение параметров, характеризующих техническое состояние ТС, диагностирование, а именно контроль исправности ТС и его составных элементов, распознавание и предотвращение развития отказов в его работе и в конечном счете - обеспечение функционирования адаптивной системы ТО и Р ТС за техническим состоянием [10].

Дистанционное получение информации об условиях эксплуатации ТС в условиях ITS $S_{y.э.ΣTC_i}(t)_i$ построено на основе серверных решений $S_{y.э.TC_i}(t)_i$ согласно положениям [2, 11], локального источника информации $S_{y.э.Vd_i}(t)_i$ и сетевых баз данных $S_{y.э.Net_i}(t)_i$:

$$S_{y.э.ΣTC_i}(t)_i = (S_{y.э.TC_i}(t)_i, S_{y.э.Vd_i}(t)_i, S_{y.э.Net_i}(t)_i) \quad (3)$$

При этом были использованы имеющиеся источники информации в части координат ТС на местности в реальном времени, модель автомобильной дороги, модели объектов инфраструктуры дорог, территориальных природных и техногенных систем, полученные результаты трекинга ТС.

Для оценки условий эксплуатации ТС использовалась *географическая модель автомобильной дороги в Torque, Yandex.Maps*, которая была основой системы анализа и представляет собой слой линейных объектов с параметрами информационного взаимодействия:

$$F_{ts}(RV_{Road})_i = (Ident_{RV_i}, Cat_{RV_i}, Cod_{Dil_i}, Distanse_{Descr_i}, Type_{RVn_i}, Type_{Roadn_i}, Track_{V_i}), \quad (4)$$

где $F_{ts}(RV_{Road})_i$ – информация, аналогичная соответствующим параметрам технического состояния ТС в соответствующих УЭ в соответствующий момент времени для информационной системы автомобильной дороги; $Ident_{RV_i}$ – идентификатор i участка движения ТС; Cat_{RV_i} – категория i автомобильной дороги; Cod_{Dil_i} – код участка автомобильной дороги, $Distanse_{Descr_i}$ – описание участка автомобильной дороги; $Type_{RVn_i}$ – количество полос движения; $Type_{Roadn_i}$ – тип дорожного покрытия, $Track_{V_i}$ – ширина полосы движения.

На основе географической модели автомобильной дороги была разработана информационная модель положения ТС на автомобильной дороге. Каждый участок модели описывается следующим вектором параметров:

$$F_{ts}(RV_{Traffic})_i = (Ident_{RV_i}, Ident_{PRoute_i}), \quad (5)$$

где $Ident_{RV_i}$ – идентификатор i участка движения ТС; $Ident_{PRoute_i}$ – идентификатор участков маршрута движения ТС.

С участков маршрута информационной модели положение ТС на автомобильной дороге формируется маршрут движения. Он представляет собой конкретный путь движения ТС, реализованный в виде линейного объекта и сопровождаемый следующим вектором параметров:

$$F_{ts}(RV_{Marshrut})_i = (Ident_{RV_i}, Ident_{Route_i}), \quad (6)$$

где $Ident_{RV_i}$ – идентификатор i участка движения ТС; $Ident_{Route_i}$ – идентификатор маршрута движения ТС.

Скоростная модель режимов движения ТС представляет собой таблицу линейных событий, которая накладывается на маршрут движения и имеет следующую структуру:

$$F_{ts} \left(RV_{Route_{Properties}} \right)_i = \left(Ident_{RV_i}, Ident_{Route_i}, Route_{Property_i}, Ident_{SR_i}, \right. \\ \left. Coordinate_{First_i}, Coordinate_{End_i}, Value_{V_i}, Date_i, Base_{Speed_i} \right), \quad (7)$$

где $Ident_{RV_i}$ – идентификатор i участка движения ТС;

$Ident_{Route_i}$ – идентификатор маршрута движения ТС;

$Route_{Property_i}$ – тип маршрута движения ТС;

$Ident_{SR_i}$ – идентификатор участка скоростного режима движения ТС;

$Coordinate_{First_i}$ – начало участка скоростного режима движения ТС;

$Coordinate_{End_i}$ – конец участка скоростного режима движения ТС;

$Value_{V_i}$ – установленная допустимая скорость движения ТС;

$Date_i$ – дата установления скорости движения ТС;

$Base_{Speed_i}$ – установленная (базовая) скорость на участке движения ТС.

Для обеспечения безопасности движения ТС в соответствующих УЭ и эффективного управления ТС предлагается проводить корректировку скорости движения ТС в зависимости от сложившихся УЭ. При этом приоритет, безусловно, отдается обеспечению безопасности и экономии топлива.

Корректировка скорости движения ТС осуществляется по участкам скоростной модели автомобильной дороги в соответствии с матрицей событий:

$$A_{iK}(t) = (O_{p_i}(t), O_{c_i}(t), O_{t_i}(t), O_{Gt_i}(t)), K = 1,8 \quad (8)$$

где $O_{p_i}(t)$ – оценка типа и состояния дорожного покрытия;

$O_{c_i}(t)$ – оценка состояния объектов транспортной инфраструктуры;

$O_{t_i}(t)$ – оценка уровня опасности природных и техногенных объектов;

$O_{Gt_i}(t)$ – оценка экономии топлива ТС в УЭ на основе серверных решений и локального источника информации (ТС) в процессе сравнения с линейными нормами расхода топлива ТС, установленных нормативными показателями [2, 10, 11].

Матрица событий устанавливает соответствие между значениями оценок и степенью аварийности i -го участка скоростной модели движения ТС. Предлагается использовать 8 степеней аварийности (опасности) движения в зависимости от условий эксплуатации ТС.

Для каждой ситуации $A_{iK}(t)$ должна быть определена корректировка скорости движения ТС в соответствии с реальным маршрутом движения при минимальном расходе топлива на маршруте в зависимости от УЭ.

Тогда скорость движения ТС ТЗ $V_i(t)$ на i -м участке может быть определена следующим образом:

$$V_i(t) = F(V_{ib}(t), V_i(t-\tau), A_{iK}(t-\tau)), \quad (9)$$

где $V_{ib}(t)_i$ – рекомендуемая (базовая) скорость ТС;

$V_i(t-\tau)_i$ – установленная скорость ТС;

$A_{iK}(t-\tau)$ – установленная аварийность (опасность) движения в зависимости от условий эксплуатации ТС.

Наряду с моделью автомобильной дороги, в информационной модели, существует возможность описывать координаты объектов дорожной инфраструктуры. С помощью существующей карты, возможно зафиксировать координаты и особенности влияния на движение ТС в условиях эксплуатации мостов, переездов, светофоров и тому подобное. Также на особенности условий эксплуатации влияют имеющиеся прилегающие техногенные объекты (с указанием типа и вида производства) или природные территориальные системы. Все вышеперечисленные объекты типизированы по характеристикам и содержат параметр оценки воздействия на процессы движения ТС и условия эксплуатации ТС.

В результате обработки данных дистанционного опроса водителя с помощью бортового информационного комплекса (БИНК) формируется оценка типа и состояния дорожного покрытия в процессе эксплуатации ТС. Параметрами, характеризующими дорожные условия, по которым устанавливаются (классификационные признаки) ограничения допустимой скорости или закрытие движения ТС, являются: продольный профиль дороги, высота над уровнем моря, ширина проезжей части и состояние покрытия, сцепление колес с дорогой и т.д. [2, 11].

Данные о типах и величине дефектов сравниваются с нормативными показателями скорости движения ТС [2, 11], определяется степень отклонения и формируется балльная оценка состояния дорожных условий (по состоянию дорожных покрытий):

$$O_p(t)_i = (O_{p_1}, O_{p_2}, O_{p_3}), \quad (10)$$

где O_{p_1} – отличное и хорошее состояние,

O_{p_2} – удовлетворительное состояние,

O_{p_3} – неудовлетворительное состояние.

Далее, для оценки в ИПК анализируемого участка дорожного покрытия формируется таблица точечных событий, содержащая балльную оценку состояния дорожных условий эксплуатации для каждого обнаруженного дефекта, такого вида:

$$F_{is}(Event\ Point)_i = (Ident_{RV_i}, Date_i, Distans_i, Defect_i, Discribe_i) \quad (11)$$

где $Ident_{RV_i}$ – идентификатор i участка движения ТС;

$Date_i$ – дата установления скорости движения ТС;

$Distans_i$ – расстояние от начальной точки маршрута (линейная координата);

$Defect_i$ – балльная оценка дефекта;

$Discribe_i$ – вид дефекта.

Объединение оценок состояния дорожного покрытия по выявленным дефектами осуществляется для участков скоростной модели режимов движения ТС в соответствии с выражением вида:

$$O_{p_i}(t)_i = \max_{j=1..N} O_{p_j}(t)_i, \quad (12)$$

где $O_{p_{ij}}(t)_i$ – бальная оценка j -го дефекта на i -м участке модели режимов скоростей ТС;

N – количество выявленных на участке дефектов; t – фактор времени.

Данные о расходе топлива ТС в УЭ определяются (раздел 3 и 4) на основе серверных решений и локального источника информации (ТС) в процессе сравнения с линейными нормами расхода топлива ТС, установленных нормативными показателями [4, 7, 138], и определяют степень отклонения:

$$O_{Gt_i}(t)_i = \max_{j=1..N} O_{Gt_{ij}}(t)_i \quad (13)$$

где $O_{Gt_{ij}}(t)_i$ – наибольший расход топлива Gt_{ij} j -го объекта мониторинга (ТЗ) на i -м участке модели режимов скоростей движения ТС;

N – количество определенных расходов топлива на соответствующих участках;

t – фактор времени.

Для разработки модели мониторинга параметров технического состояния ТС использовано множество компонентов и составляющих системы информации, в части технических параметров состояния двигателя ТС, технических параметров состояния ТС и параметров УЭ ТС [12]:

$$M_{np.o.} = \langle F, H, P, O, V_{вх.}, V_{вых.}, R \rangle, \quad (14)$$

где $F = \{f_i | i = \overline{1, I}\}$ – множество функций пользования (функции автоматизации), выполняемых системой мониторинга параметров технического состояния ТС;

$H = \{h_j | j = \overline{1, J}\}$ – множество задач обработки данных системы мониторинга параметров технического состояния ТС;

$P = \{p_k | k = \overline{1, K}\}$ – множество пользователей (количество и состав персонала), которое обеспечивает работу с системой мониторинга параметров технического состояния ТС;

$V_{вх.} = \{v_l | l \in \overline{L_{вх.}}\}$ – множество входных информационных элементов;

$V_{вых.} = \{v_l | l \in \overline{L_{вых.}}\}$ – множество выходных информационных элементов;

$V = V_{вх.} \cup V_{вых.}$ – полное множество информационных элементов;

$O = \{o_m | m = \overline{1, M}\}$ – множество объектов автоматизации ТС, которые можно представить самостоятельными частями для блоков сбора и передачи информации от двигателя ТС; от ТС о его параметры; о УЭ ТС; о результатах выполнения идентификации; о результатах проведения диагностики; о параметрах экологической безопасности; о расходе топлива;

$R = \{r_y | y = \overline{1, Y}\}$ – множество соотношений (взаимосвязей) между компонентами

$M_{np.o.}$ предметной области системы мониторинга параметров технического состояния ТС.

Практические рекомендации

В соответствии с поставленной задачей, а именно формирование модели мониторинга параметров технического состояния ТС, в зависимости от технической возможности и математического обеспечения, она должна описывать для соответствующего объекта автоматизации все необходимые *информационные*

элементы (входные и выходные данные), а именно, полное множество информационных элементов $V = \{v_l / L = 1, L\}$ в данном случае имеет 60 основных информационных элементов объектов ТС. Для реализации предложенной технологии дистанционного контроля работоспособного состояния ТС авторами разработан ИПК «IdenMonDiaOperCon« HNADU-16 »» [10, 13]. Некоторые результаты дистанционного контроля скорости движения и расхода топлива ТС показаны на рис. 1 и 2.

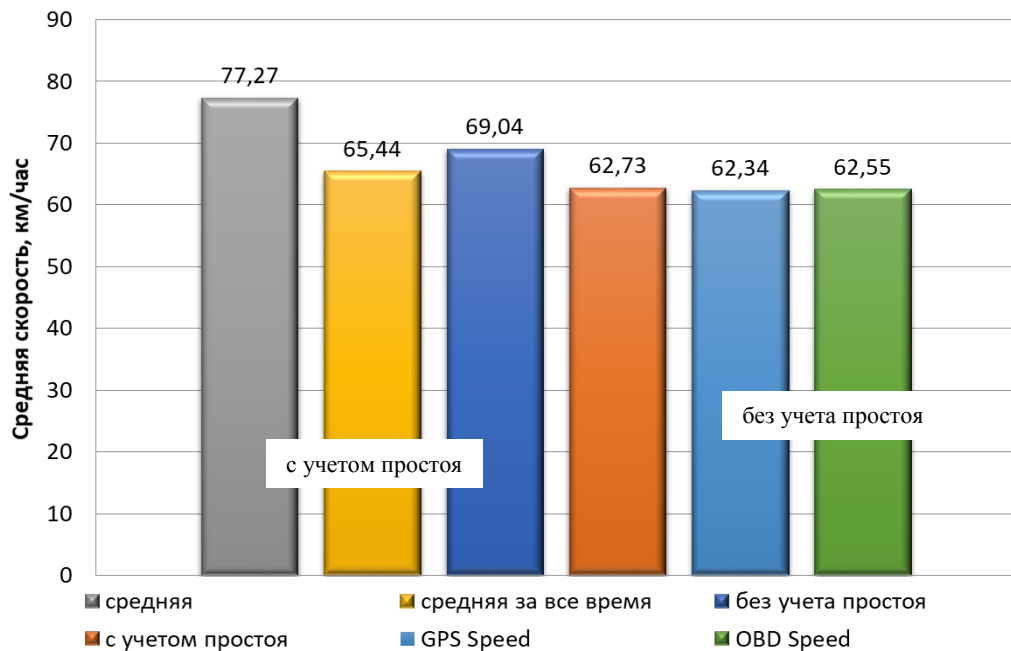


Рис. 1. Результаты определения изменения средней скорости движения ТС

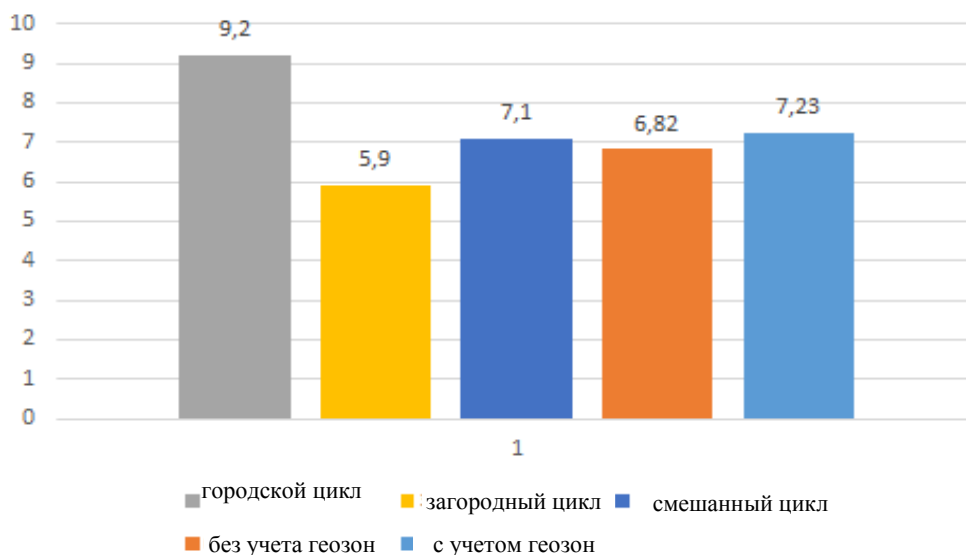


Рис. 2. Результаты определения изменения расхода топлива ТС в процессе движения

Выводы

Предложенная современная технология общего информационного обеспечения процессов мониторинга параметров технического состояния ТС обеспечивает полноценный сбор и обработку информации в реальном времени от бортовой

информационной системы мониторинга, размещенной на ТС, и от системы сбора информации, которая работает во взаимодействии с водителем и инфраструктурой транспорта на основе текущего состояния дорожных, транспортных, климатических условий эксплуатации и технических сооружений, в процессах сравнения с нормативными данными и данными предыдущего контроля; отображение обстановки на участке движения автомобиля и результатов анализа в реальном времени и по соответствующим запросам; идентификацию предаварийного и аварийного состояний пути; архивирования результатов мониторинга; разработка рекомендаций по скоростного режима на участках движения ТС по результатам анализа.

Список использованных источников

1. Российская автотранспортная энциклопедия. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств. Т.3. – 2001. – 455 с.
2. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Говорущенко Н.Я. – Х.: Вища школа, 1984. – 312 с.
3. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Кузнецов Е.С. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.
4. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей в США / Е.С.Кузнецов. – М.: Транспорт, 1978. – 168 с.
5. *Torque*. [Электронный ресурс] // *androids.in.ua – ANDROID*. – Режим доступа: <http://androids.in.ua/1193-torque.html>.
6. *GPS-Trace Orange* [Электронный ресурс] // Словари и энциклопедии на Академике. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1430780>.
7. *M2M*. Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. – Режим доступа: <http://uk.wikipedia.org/wiki/M2M>.
8. СКРТ. [Электронный ресурс] // СКРТ – Мониторинг транспорта и контроль расхода топлива. – Режим доступа: <http://www.ckpt.ru/>.
9. Общее описание системы спутникового мониторинга «*Teletrack*» [Электронный ресурс] // Система «*Teletrack*». – Режим доступа: <http://autovision.com.ua/blogcategory/sistema-teletrack/opisanie-sistemy/>.
10. Волков В.П. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Волков [та інш.]; – Харків: ФОП Панов, 2018. – 299 с.
11. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
12. Атрощенко В.А. Технические возможности повышения ресурса автономных электростанций энергетических систем. Монография. / В.А. Атрощенко, Ю.Д. Шевцов П.В. Яцынин [и др.]. – Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2010. – 192 с.
13. Твір науково-практичного характеру «Технічний регламент і результати роботи інформаційного програмного комплексу (продукту) «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS)* при здійсненні ідентифікації, моніторингу параметрів технічного стану, діагностування, ідентифікації умов експлуатації транспортного засобу в умовах інтелектуальних транспортних систем» / В.П. Волков, І.В. Грицук, О.В. Предко [та ін] // Заявка від 04.04.2016 № 64765. – 2 с.

References

1. Rossiiskaya avtotransportnaya enciklopediya. Tehnicheskaya ekspluatatsiya, obslujivanie i remont avtotransportnyh sredstv. T.3. – 2001. – 455 p.
2. Govoruschenko N.YA. Tehnicheskaya ekspluatatsiya avtomobilei / Govoruschenko N.YA. – H.: Vischa shkola, 1984. – 312 p.
3. Kuznecov E.S. Upravlenie tehnicheckoi ekspluatatsiei avtomobilei / Kuznecov E.S. – M.: Transport, 1982. – 224 p.
4. Kuznecov E. S. Tehnicheskaya ekspluatatsiya avtomobilei v SSHA / E. S.Kuznecov. – M.: Transport, 1978. – 168 p.
5. Torque. [Elektronnyi resurs] // androids.in.ua – ANDROID. – Rejim dostupa: <http://androids.in.ua/1193-torque.html>. Seyed A. Niknam, Tomcy Thomas, J. Wesley Hines, Rapinder Sawhney. Analysis of Acoustic Emission Data for Bearings subject to Unbalance, *International Journal of Prognostics and Health Management*, 2013, Vol. 15, pp. 1–10.
6. GPS-Trace Orange [Elektronnyi resurs] // Slovare i enciklopedii na Akademike. – Rejim dostupa: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1430780>.
7. M2M. Material iz Vikipedii – svobodnoi enciklopedii [Elektronnyi resurs] // Vikipediya – svobodnaya enciklopediya. – Rejim dostupa: <http://uk.wikipedia.org/wiki/M2M>.
8. SKRT. [Elektronnyi resurs] // SKRT – Monitoring transporta i kontrol' rashoda topliva. – Rejim dostupa: <http://www.ckpt.ru/>.
9. Obschee opisanie sistemy sputnikovogo monitoringa «Teletrack» [Elektronnyi resurs] // Sistema «Teletrack». – Rejim dostupa: <http://autovision.com.ua/blogcategory/sistema-teletrack/opisanie-sistemy/>.
10. Volkov V.P. Informaciini sistemi monitoringu tehnicheckogo stanu avtomobiliv / V.P. Volkov, I.V. Gricuk, YU.V. Volkov [ta insh.]; – Harkiv: FOP Panov, 2018. – 299 p.
11. Govoruschenko N.YA. Sistemotehnika transporta (na primere avtomobil'nogo transporta) / N.YA. Govoruschenko, A.N. Turenko – Har'kov: RIO HGADTU, 1999. – 468 s.
12. Atroschenko V.A. Tehnicheckie vozmojnosti povysheniya resursa avtonomnyh elektrostancii energeticheskikh sistem. Monografiya. / V.A. Atroschenko, YU.D. SHEvcov P.V. YAcynin [i dr.]. – Krasnodar: Izdatel'skii Dom - YUg, 2010. – 192 p.
13. Tvir naukovopraktichnogo harakteru «Tehnicheckii reglament i rezul'tati roboti informaciinogo programnogo kompleksu (produktu) «IdenMonDiaOperSon «HNADU-16»» (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS) pri zdiisnenni identifikacii, monitoringu parametriv tehnicheckogo stanu, diagnostuvannya, identifikacii umov ekspluatatsii transportnogo zasobu v umovah intelektual'nih transportnih sistem» / V.P. Volkov, I.V. Gricuk, O.V. Predko [ta in] // Zayavka vid 04.04.2016 № 64765. – 2 p.