

МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В АДАПТИВНЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

THE METHOD OF IDENTIFICATION OF VEHICLE TRAFFIC CONDITIONS IN ADAPTIVE MAINTENANCE SYSTEMS

Рассматриваются задачи, связанные с разработкой алгоритмов анализа данных для обеспечения возможности функционирования адаптивных систем технического обслуживания. В частности, описаны исследования, выполненные для разработки методики идентификации условий движения как одного из основных факторов, оказывающих влияние на величину сервисного интервала. Предложено идентифицировать условия движения по величине коэффициента вариации скорости путем анализа ранговой корреляции между экспериментально полученными значениями коэффициента вариации скорости для различных условий движения и определенными для них индексами категорий условий эксплуатации. Для расчета коэффициента вариации скорости обоснованы соответствующие величины отрезков времени и предложены граничные значения для идентификации различных условий. Также показано, что применение коэффициента вариации скорости позволяет учитывать стили вождения. Сформулированы шаги по практическому применению разработанной методики.

Ключевые слова: адаптивные системы технического обслуживания, мониторинг эксплуатации автотранспорта, стили вождения, планирование технического обслуживания.

The paper considers the problems associated with the development of data analysis algorithms to enable adaptive maintenance systems. In particular, the research is described which was carried out to develop a methodology for the identification of driving conditions as one of the main factors influencing the service interval value. It is proposed to identify driving conditions by the value of the coefficient of speed variation by analyzing the rank correlation between the experimentally obtained values of the coefficient of speed variation for different driving conditions and the indices of operating conditions categories defined for them. It is also shown that the application of the speed variation coefficient allows taking into account driving styles. Steps for practical application of the developed methodology are formulated.

Keywords: adaptive maintenance systems, monitoring of vehicle operation, driving styles, maintenance planning.

Введение

Повышение эффективности систем технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) автомобильной техники, являющееся одной из ключевых задач технической эксплуатации транспортных средств, в последние годы связано с разработкой так называемых адаптивных систем ТО и Р.

В основу функционирования данных систем положено индивидуальное принятие решений о выполнении технических воздей-

ствий для обеспечения технической готовности транспортных средств (ТС). Индивидуальная коррекция сервисных интервалов и выполняемых при их достижении перечней регламентных работ по ТО осуществляется в таких системах на основе анализа параметров, характеризующих условия эксплуатации и техническое состояние ТС. Как правило, данный анализ выполняется непрерывно на основе информации, получаемой с помощью систем мониторинга эксплуата-

ции, в результате чего сервисные интервалы «приспосабливаются», «адаптируются» под условия эксплуатации каждого конкретного ТС. В связи с этим термин «адаптивная система технического обслуживания», хотя и не является нормативно закрепленным, в последнее время стал общепринятым.

Решению задач формирования таких систем посвящено множество работ, например [1–5]. Значительная их доля посвящена решению частных задач — разработке алгоритмов, позволяющих на основе анализа тех или иных параметров, характеризующих действие различных факторов, принимать решения об индивидуальной коррекции сервисного интервала (реже — перечня выполняемых работ) [6–9].

В то же время факторы, влияющие на величину сервисного интервала, обоснованы в теории технической эксплуатации ТС достаточно давно¹. Их перечень является общепризнанным, так как основан на анализе физических и физико-химических процессов, протекающих при эксплуатации ТС, следствием которых является изменение технического состояния. В планово-предупредительных системах ТО и Р он закреплен нормативно и используется для определения значений коэффициентов,

¹ Кузнецов Е. С., Болдин А. П., Власов В. М. и др. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 2004.

корректирующих величину сервисного интервала². Поэтому очевидным решением для формирования адаптивных систем ТО является обеспечение непрерывного контроля действия данных факторов для обеспечения непрерывного изменения значений корректирующих коэффициентов.

Систематизация данных факторов приведена на схеме (рис. 1), на которой видно, что при эксплуатации ТС в пределах одного региона практически все факторы, кроме условий движения и типа дорожного покрытия, можно охарактеризовать как условно постоянные. Более того, для большинства случаев эксплуатации в регионах с развитой дорожной сетью постоянным можно считать и тип дорожного покрытия. С учетом того, что методика учета типа и состояния дорожного покрытия разработана и изложена автором в ряде публикаций [10, 11], актуальной является задача разработки методики идентификации условий движения ТС для ее использования в адаптивных системах ТО.

Методы

Под условиями движения в контексте технической эксплуатации понимают реальную обстановку на дороге, в которой находится ТС в данный момент, то есть характер движения транспортного потока и ТС в нем.

² ОНТП-01-91. РД 3107938-0176-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. URL: <https://base.garant.ru/70809786/>

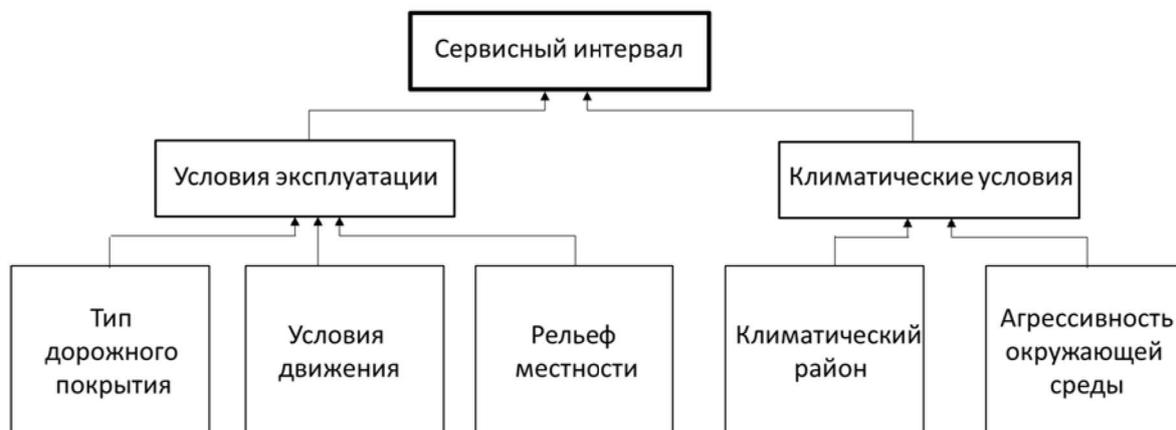


Рис. 1. Факторы, учитываемые при коррекции сервисного интервала

Условия движения общепринято характеризовать через скорость, количественно оценивая ее изменчивость или постоянство, то есть вариацию.

В математической статистике показателем изменчивости, отражающим вариацию какого-либо признака и используемым для оценки и сравнения вариативности одного и того же признака в различных совокупностях с различными значениями математических ожиданий этого признака, является коэффициент вариации³. Данный параметр целесообразно использовать и для оценки вариации скорости движения транспортного средства с целью идентификации и непрерывного контроля условий движения.

Для подтверждения данной гипотезы на рис. 2 представлен график изменения скорости движения транспортного средства категории М1 при движении по улично-дорожной сети Санкт-Петербурга с выездом

³ Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Физматгиз, 1962. 564 с.

на кольцевую автомобильную дорогу (непрерывный контроль скорости осуществлялся с интервалом, равным одной секунде).

Для расчета приведенных на рис. 2 значений коэффициента вариации скорости использована формула

$$CV_v = \frac{1}{v_{\delta}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{\delta}} (v_i - \bar{v}_{\delta})^2}{n_{\delta} - 1}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где CV_v — коэффициент вариации скорости, %; δ — период времени, для которого определяется значение коэффициента вариации скорости, с; v_{δ} — математическое ожидание значений скорости за период времени δ , км/ч; $\bar{v}_{\delta} = n_{\delta}^{-1} \sum_{i=1}^{n_{\delta}} v_i$; v_i — значения скоростей в период времени δ , км/ч; n_{δ} — количество значений скоростей, измеренных в период времени δ .

График, приведенный на рис. 2, выбран в качестве характерного примера, который показывает, что в пределах одной ездки условия движения могут существенно изме-

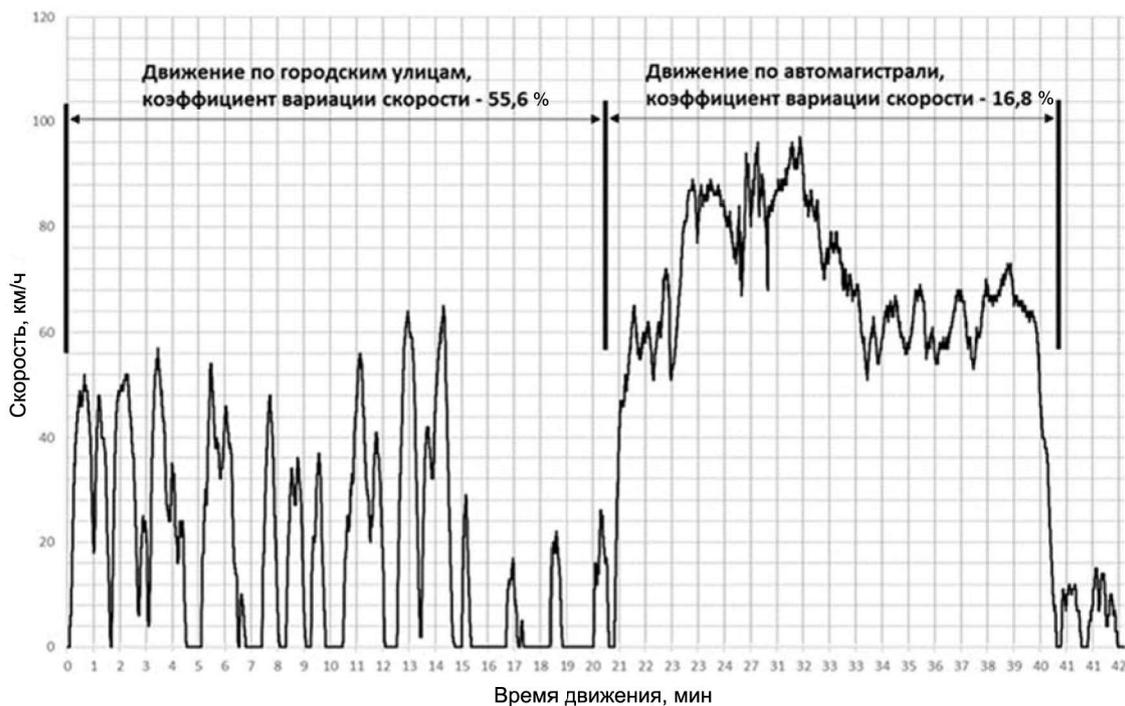


Рис. 2. Пример изменения скорости движения ТС по улично-дорожной сети Санкт-Петербурга с выездом на кольцевую автомобильную дорогу

няться, что говорит о повышении точности корректировки сервисного интервала при непрерывном контроле условий движения по сравнению с использованием их усредненной оценки для периода эксплуатации.

Также график наглядно иллюстрирует связь значений коэффициента вариации скорости с условиями движения. Так, значение CV_v для городских условий движения составляет 55,6 %, что свидетельствует о значительном рассеянии величин скорости движения и о неоднородной совокупности, в которой присутствуют не только моменты движения, но и моменты простоя. Для движения по автомагистрали $CV_v = 16,8$ %, что говорит об однородной совокупности и среднем рассеянии, характеризующих плотный транспортный поток, в котором необходимо корректировать скорость.

Результаты

Для подтверждения возможности идентификации условий движения на основе значе-

ний коэффициента вариации скорости был проведен анализ данных, полученных в результате мониторинга эксплуатации транспортного средства категории М1 за полугодовой период, в течение которого эксплуатация осуществлялась в различных условиях движения в пределах Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Для характерных условий движения были рассчитаны статистические показатели массивов значений скорости, в том числе коэффициента вариации (табл. 1). Здесь же приведены значения рангов, использованные при расчете коэффициента ранговой корреляции Спирмена между значениями коэффициента вариации скорости и индексом категории условий эксплуатации, который в планово-предупредительных системах ТО и Р используется для обоснования значений коэффициента корректировки сервисного интервала. Как видно на рис. 1, категория условия эксплуатации определяется в зависимости

Таблица 1

Статистические показатели массивов значений скорости для различных условий движения

Условия движения	Статистические показатели массива значений скорости	Ранг, присвоенный значению коэффициента вариации скорости	Индекс категории условий эксплуатации по ОНТП 01–91	Ранг, присвоенный значению индекса категории условий эксплуатации
Крупный город, час пик	$\bar{v}_8 = 16,7$ км/ч $\sigma = 18,1$ км/ч $CV_v = 108$ %	1	3	1,5
Крупный город, заторы отсутствуют	$\bar{v}_8 = 22,7$ км/ч $\sigma = 21,6$ км/ч $CV_v = 94,8$ %	2	3	1,5
Пригородная зона, в населенном пункте	$\bar{v}_8 = 29,7$ км/ч $\sigma = 19,8$ км/ч $CV_v = 66,7$ %	3	2	3,5
Пригородная зона, вне населенного пункта	$\bar{v}_8 = 50,4$ км/ч $\sigma = 13,3$ км/ч $CV_v = 26,5$ %	4	2	3,5
Автомагистраль	$\bar{v}_8 = 91,7$ км/ч $\sigma = 18,2$ км/ч $CV_v = 19,9$ %	5	1	5

от типа дорожного покрытия, условий движения и рельефа местности. С учетом того, что в течение указанного периода эксплуатации, для которого проводился анализ, тип дорожного покрытия (асфальтобетонное в нормативном состоянии) и рельеф (равнинный) были неизменными, категорию условий эксплуатации можно считать в данном случае непосредственно характеризующей условия движения.

Расчитанное значение коэффициента ранговой корреляции составило 0,95, что позволяет говорить о подтверждении предположения о возможности идентифицировать условия движения с помощью коэффициента вариации скорости CV_v . Однако для формирования методики непрерывного контроля условий движения на его основе необходимо:

- обосновать величину периода времени δ , для которого определяется значение коэффициента вариации скорости (указанные на рис. 2 и в табл. 1 статистические характеристики определены в целом для поездок, в течение которых характер условий движения не менялся, то есть с момента старта до остановки транспортного средства) в целом

для периодов движения, так как в течение этих периодов характер условий движения не изменялся);

- обосновать пороговые значения коэффициентов вариации скорости, соответствующие определенным условиям движения.

Для решения указанных задач предложено учитывать имеющийся опыт моделирования условий движения — сформированные испытательные ездовые циклы, используемые для оценки ряда эксплуатационных свойств ТС.

Действующие нормативные документы предусматривают использование двух циклов, соответствующих принципиально различным условиям движения⁴:

- магистральный цикл, имитирующий магистральные эксплуатационные режимы;
- городской цикл, имитирующий городские эксплуатационные режимы.

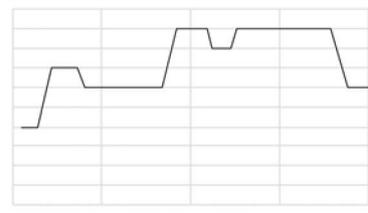
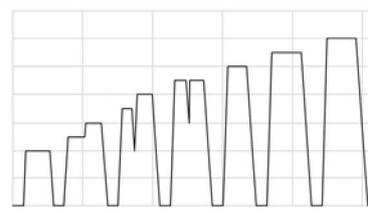
Результаты статистической обработки параметров указанных испытательных циклов приведены в табл. 2.

Следует отметить, что в табл. 2 приведено описание только циклов, предназначенных

⁴ ГОСТ Р 54810–2011. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. URL: <https://base.garant.ru/70350536/>

Таблица 2

Статистические характеристики испытательных ездовых циклов

Наименование цикла	График зависимости $v(t)$	δ , с	\overline{v}_{δ} , км/ч	σ , км/ч	CV_v , %
Магистральный цикл		195	73,5	15,4	21
Городской цикл		508	28,4	20,8	73

для испытания пассажирских ТС, так как экспериментальные результаты, полученные в ходе описанных исследований, относятся к ТС категории М1. В то же время для ТС других категорий принципиальных отличий при использовании такого подхода не возникнет.

Сравнение данных табл. 2 с данными, приведенными на рис. 1 и в табл. 1, позволяет сделать вывод о соответствии реальных режимов движения нормированным ездовым циклам, что делает корректным их использование для обоснования пороговых значений коэффициентов вариации скорости и величины периода времени δ .

Таким образом, можно сформулировать следующие граничные условия для идентификации условий движения:

- движение в магистральном цикле:
 $CV_v \leq 21 \%$;
- движение в городском цикле: $CV_v \geq 73 \%$;
- движение в смешанном цикле:
 $21 \% < CV_v < 73 \%$.

Приведем те же условия в терминах ОНТП⁵ 01-91:

- движение за пределами пригородных зон (более 50 км от границы города):
 $CV_v \leq 21 \%$;
- движение по территориям больших городов (более 100 тыс. жителей): $CV_v \geq 73 \%$;
- движение по территориям малых городов (до 100 тыс. жителей) и пригородных зон: $21 \% < CV_v < 73 \%$.

Данные граничные условия сформулированы на основе проведения экспериментальных заездов в регионе города Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Возможно, при проведении масштабных статистических испытаний в других регионах приведенные граничные условия могут быть скорректированы.

Рассмотренные ездовые циклы могут быть также использованы для обоснования

⁵ ОНТП-01-91. РД 3107938-0176-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. URL: <https://base.garant.ru/70809786/>

величины периода времени δ , для которого определяется значение коэффициента вариации скорости.

Очевидно, что величину δ следует принять равной длительности ездового цикла. Однако длительности ездовых циклов, приведенных в табл. 2, имеют существенное различие. Так, длительность городского цикла составляет 508 с (примерно 8,5 мин), длительность магистрального цикла — 195 с (3,24 мин). Поэтому, например, чтобы условия движения были идентифицированы в качестве городских, необходимо, чтобы условию $CV_v \geq 73 \%$ удовлетворял коэффициент вариации скорости движения, рассчитанный на интервале $\delta = 508$.

В связи с этим, во-первых, необходимо обеспечить расчет CV_v непрерывно в каждый момент времени. Тогда формула (1) может быть записана в виде

$$CV_v(t) = \frac{1}{v_{\delta}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{\delta}} (v_i - \bar{v}_{\delta})^2}{n_{\delta} - 1}} 100 \%, \quad (2)$$

где $CV_v(t)$ — текущее значение коэффициента вариации скорости в момент времени t ; δ — период времени, предшествующий моменту времени t , для которого определяется значение коэффициента вариации скорости, с.

Во-вторых, целесообразно выполнить сравнение результатов идентификации условий движения с использованием двух интервалов времени: 508 с и 195 с.

Сравнение результатов расчета коэффициента вариации скорости на разных интервалах времени выполнено на характерном примере (см. рис. 2), содержащем два ярко выраженных отрезка с принципиально различными условиями движения. Результаты расчета (изменение значений $CV_v(t)$) представлены на рис. 3.

Значения коэффициента вариации, определенные на большем временном интервале, менее чувствительны к изменениям характера движения и сами меняются более плавно, в то время как значения, определенные на

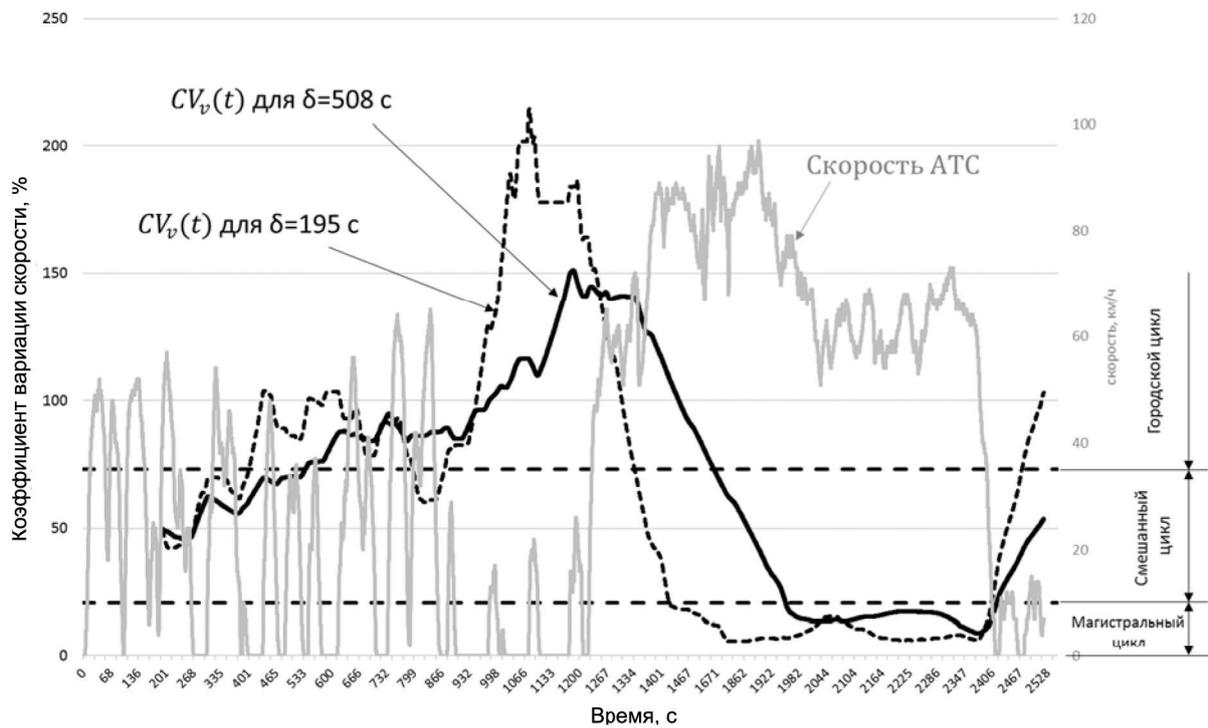


Рис. 3. Результаты расчетов $CV_v(t)$ для разных интервалов времени δ

меньшем интервале, резко реагируют на изменения вариации скорости, график имеет характерные пики.

Это объясняется тем, что 195-секундный цикл изначально используется для моделирования движения по автомагистрали. Если в течение этого времени вариации скорости не превышают 21 %, то движение можно считать соответствующим магистральному циклу. Для идентификации движения в городском цикле требуется больше времени — 508 с. Только если в пределах этого отрезка времени вариация скорости превысит 73 %, можно сделать вывод о соответствии условий движения городскому циклу.

Для формулирования правил выбора для идентификации условий движения коэффициента вариации скорости, рассчитанного на интервале 195 с $CV_v^{195}(t)$ или 508 с $CV_v^{508}(t)$, были рассмотрены условные случаи перехода от магистрального цикла к городскому и обратно.

Например, при переходе от магистрального цикла к городскому при использовании для расчета вариации скорости интервала $\delta = 195$ с в момент времени перехода будет сделан вывод о соответствии условий движения городскому циклу, в то время как для корректности такого вывода необходимо, чтобы соответствующий порог вариация скорости достигла на интервале $\delta = 508$ с. При использовании этой длительности расчетного интервала условия движения будут идентифицированы еще не как городские, а как смешанные, коэффициент вариации скорости будет иметь меньшее значение. Таким образом, для корректной идентификации условий движения в ситуации перехода от магистрального цикла к городскому можно сформулировать следующее правило: если $CV_v^{195}(t) \geq 73\%$ и $CV_v^{508}(t) < 73\%$, то $CV_v(t) = CV_v^{508}(t)$.

Полученный после аналогичного рассмотрения ситуаций перехода между условиями движениями полный набор правил выбора значений коэффициента вариации скоро-

сти для корректной идентификации условий движения выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{если } CV_v^{195}(t) \leq 21\% \text{ и } CV_v^{508}(t) \leq 21\%, \\
 \quad \text{то } CV_v(t) = CV_v^{195}(t); \\
 \text{если } CV_v^{195}(t) \leq 21\% \text{ и } 21\% < CV_v^{508}(t) < 73\%, \\
 \quad \text{то } CV_v(t) = CV_v^{195}(t); \\
 \text{если } 21\% < CV_v^{195}(t) < 73\% \text{ и } CV_v^{508}(t) \leq 21\%, \\
 \quad \text{то } CV_v(t) = CV_v^{195}(t); \\
 \text{если } 21\% < CV_v^{195}(t) < 73\% \\
 \text{и } 21\% < CV_v^{508}(t) < 73\%, \text{ то } CV_v(t) = CV_v^{508}(t); \\
 \text{если } 21\% < CV_v^{195}(t) < 73\% \text{ и } CV_v^{508}(t) \geq 73\%, \\
 \quad \text{то } CV_v(t) = CV_v^{508}(t); \\
 \text{если } CV_v^{195}(t) \geq 73\% \text{ и } 21\% < CV_v^{508}(t) < 73\%, \\
 \quad \text{то } CV_v(t) = CV_v^{508}(t); \\
 \text{если } CV_v^{195}(t) \geq 73\% \text{ и } CV_v^{508}(t) \geq 73\%, \\
 \quad \text{то } CV_v(t) = CV_v^{508}(t).
 \end{array} \right. \quad (3)$$

Использование правил (3) после расчета коэффициентов вариации скорости по формуле (2) для $\delta = 195$ с и $\delta = 508$ с позволит выбирать конкретное значение $CV_v(t)$.

Обсуждение

Необходимо отметить, что механизм влияния условий движения на техническое состояние ТС связан с интенсивностью использования и нагрузками на различные системы двигателя, компоненты трансмиссии и тормозной системы.

Так, в крупных городах условия движения характеризуются частыми разгонами и торможениями, переходными режимами работы ряда конструктивных элементов транспортных средств, что приводит к дополнительным динамическим нагрузкам, обуславливая более интенсивное ухудшение технического состояния. Однако такие нагрузки могут быть вызваны также агрессивным стилем вождения и при его наличии могут проявляться даже при движении по автомагистрали, где в общепринятом варианте условия движения считаются спокойными. Для компонентов транспортного средства не имеет значения причина, вызвавшая дополнительные нагрузки [12].

Дополнительные исследования показали, что применение коэффициента вариации

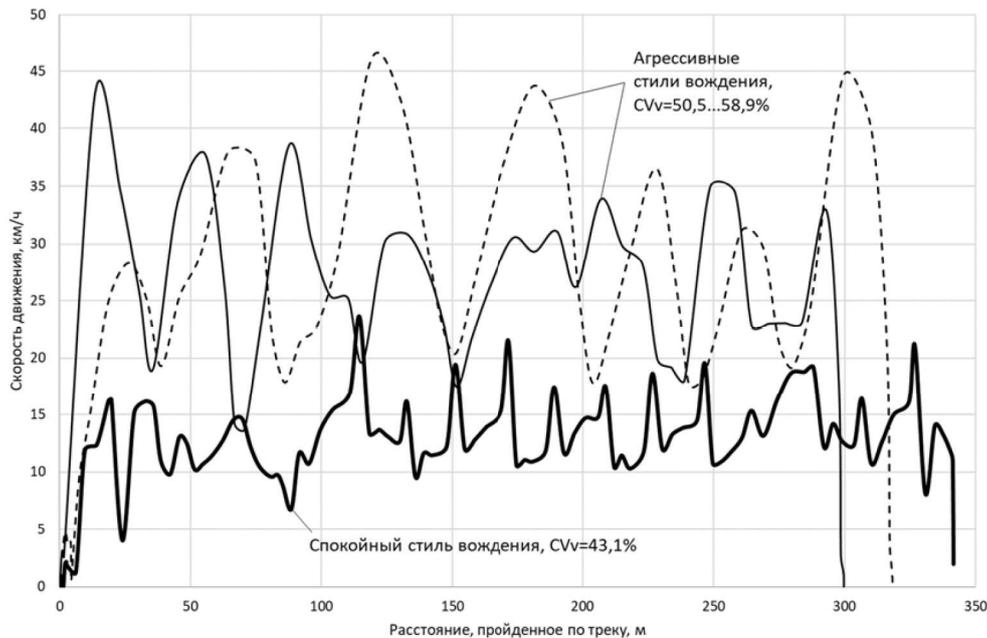


Рис. 4. Изменение скорости ТС при заезде по трассе скоростного маневрирования с разными стилями вождения

скорости характеризует не только условия движения, но и стиль вождения. Они заключались в проведении ряда экспериментальных заездов по трассе скоростного маневрирования, выполняемых на одном и том же ТС категории М1, но с заведомо разными и известными стилями вождения, которые можно охарактеризовать как «спокойный» и «агрессивный». Для зафиксированных с помощью системы мониторинга эксплуатации массивов значений скоростей, соответствующих данным заездам, по формуле (1) были рассчитаны коэффициенты вариации скорости.

Результаты обработки информации, полученной в ходе экспериментальных заездов, представлены на рис. 4.

Как видно, для агрессивного стиля вождения значения коэффициента вариации скорости оказались выше вплоть до 37 % по сравнению со спокойным стилем вождения.

Таким образом, использование CV_v позволит обеспечить идентификацию условий движения транспортного средства вне зависимости от причин, их определивших, будь то режим движения транспортного потока или режим движения, выбранный водителем в соответствии с его стилем вождения.

Выводы

Приведенные результаты исследований позволяют предложить представленную ниже последовательность действий для практической реализации методики идентификации условий движения автотранспортных средств.

Шаг 1. Определить граничные условия для коэффициента вариации значений скорости, соответствующие следующим условиям движения:

- движение за пределами пригородных зон (более 50 км от границы города):

$$CV_v \leq 21 \%;$$

- движение по территориям больших городов (более 100 тыс. жителей): $CV_v \geq 73 \%;$

- движение по территориям малых городов (до 100 тыс. жителей) и пригородных зон: $21 \% < CV_v < 73 \%$.

Шаг 2. Осуществлять непрерывный контроль скорости движения АТС.

Шаг 3. Для текущего момента времени t с учетом результатов непрерывного контроля скорости по формуле (2) рассчитать значения коэффициентов вариации скорости $CV_v^{195}(t)$ и $CV_v^{508}(t)$ на интервале времени $(t-\delta; t)$ для $\delta = 195$ с и $\delta = 508$ с соответственно.

Шаг 4. С учетом условий (3) определить итоговое значение коэффициента вариации скорости $CV_v(t)$.

Шаг 5. Сравнить полученное значение коэффициента вариации скорости $CV_v(t)$ с граничными условиями, определенными на шаге 1.

Шаг 6. Идентифицировать условия движения. Использовать эти данные для индивидуальной коррекции сервисного интервала.

Применение данной методики как одного из элементов адаптивной системы технического обслуживания позволит в режиме реального времени идентифицировать условия движения, а также учитывать стили вождения. С учетом имеющегося функционала существующих систем мониторинга транспорта внедрение методики не потребует дополнительных вложений в компонентную базу и модификацию формируемых баз данных. Дополнительный функционал потребуется только для программного обеспечения, что позволяет говорить о сравнительно небольших затратах на внедрение. В итоге расчет величины сервисного интервала будет более точным для каждого конкретного транспортного средства.

Библиографический список

1. Григорьев Е. А. Обоснование рациональной структуры и параметров адаптивной системы технического обслуживания и ремонта погрузочно-доставочных машин: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2003. 98 с.

2. Воробьев С. А. Методика оценки влияния условий эксплуатации на техническую готовность автотранспортных средств: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2013. 124 с.

3. Бердников И. Е. Разработка диагностико-информационной подсистемы технического сервиса для обеспечения эксплуатационной надежности транспортно-технологических машин: дис. ... канд. техн. наук. Чита, 2017. 217 с.

4. Черняев И. О. О необходимости и механизме формирования систем технической эксплуатации автотранспортных средств на основе непрерывного контроля их технического состояния // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 57. С. 167–172.

5. Лянденбургский В. В. Научные основы совершенствования системы технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей с применением бортовой диагностики: дис. ... д-ра техн. наук. Казань, 2022. 321 с.

6. Граевский И. С., Черняев И. О. Механизм непрерывного контроля соблюдения экологических требований, предъявляемых к транспортным средствам в эксплуатации // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 6 (71). С. 180–184.

7. Черняев И. О., Воробьев С. А., Евтюков С. А. Способ оперативной индивидуальной корректировки периодичности технического обслуживания автотранспортных средств // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 2 (79). С. 202–207.

8. Черняев И. О. Способ корректировки периодичности технического обслуживания транспортных средств на основе учета накопленного нагрузочного воздействия // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 1 (84). С. 178–187.

9. Граевский И. С. Метод непрерывного контроля состояния воздушного фильтра автомобильного двигателя внутреннего сгорания // Транспортное дело России. 2024. № 3. С. 195–198.

10. Черняев И. О. Расширение функций системы ЭРА-ГЛОНАСС для мониторинга условий эксплуатации транспортных средств // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Междунар. научно-техн. конф. Тюмень, 22 октября 2020 года / отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. С. 404–407.

11. Черняев И. О., Евтюков С. А. Использование данных мониторинга эксплуатации транспортных средств для оценки дорожных условий движения транспортных потоков // Мир транспорта. 2021. Т. 19, № 4 (95). С. 34–39.

12. Ефремов Б. Д., Оверин Ю. В. Методы оценки профессиональных качеств водителей автомоби-

лей // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2013. № 2 (24). С. 153–155.

References

1. Grigor'ev E. A. *Obosnovanie ratsional'noy struktury i parametrov adaptivnoy sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta pogruchno-dostavochnykh mashin*. Diss. kand. tekhn. nauk [Justification of rational structure and parameters of the adaptive system of maintenance and repair of loading-delivery machines. PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2003, 98 p.

2. Vorob'ev S. A. *Metodika otsenki vliyaniya usloviy ekspluatatsii na tekhnicheskuyu gotovnost' avtotransportnykh sredstv*. Diss. kand. tekhn. nauk [Methodology of an estimation of influence of conditions of operation on technical readiness of motor transport vehicles. PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2013, 124 p.

3. Berdnikov I. E. *Razrabotka diagnostiko-informatsionnoy podsystemy tekhnicheskogo servisa dlya obespecheniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti transportno-tekhnologicheskikh mashin*. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of the diagnostic-information subsystem of the technical service for maintenance of operational reliability of the transport-technological machines. PhD in Sci. Tech. diss.]. Chita, 2017, 217 p.

4. Chernyaev I. O. *O neobkhodimosti i mekhanizme formirovaniya sistem tekhnicheskoy ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv na osnove nepreryvnogo kontrolya ikh tekhnicheskogo sostoyaniya* [About necessity and mechanism of formation of systems of technical operation of motor vehicles on the basis of continuous control of their technical condition]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Bulletin of St. Petersburg State Agrarian University*, 2019, no. 57, pp. 167–172.

5. Lyandenburgskiy V. V. *Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta gruzovykh avtomobiley s primeneniem bortovoy diagnostiki*. Diss. kand. tekhn. nauk [Scientific bases of improvement of the system of maintenance and repair of trucks with the use of on-board diagnostics. PhD in Sci. Tech. diss.]. Kazan', 2022, 321 p.

6. Graevskiy I. S., Chernyaev I. O. *Mekhanizm nepreryvnogo kontrolya soblyudeniya ekologicheskikh trebovaniy, pred'yavlyаемых k transportnym sredstvam v ekspluatatsii* [Mechanism of continuous control of compliance with environmental requirements for vehicles in operation]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 6 (71), pp. 180–184.

7. Chernyaev I. O., Vorob'ev S. A., Evtyukov S. A. *Sposob operativnoy individual'noy korrektyrovki periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtotransportnykh sredstv* [A method of operative individual adjustment of periodicity

of maintenance of motor vehicles]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 2 (79), pp. 202–207.

8. Chernyaev I. O. *Sposob korrektyrovki periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya transportnykh sredstv na osnove ucheta nakoplenogo nagruzochnogo vozdeystviya* [Method of adjustment of maintenance periodicity of vehicles on the basis of account of the accumulated load influence]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2021, no. 1 (84), pp. 178–187.

9. Graevskiy I. S. *Metod nepreryvnogo kontrolya sostoyaniya vozdušnogo fil'tra avtomobil'nogo dvigatelya vnutrennego sgoraniya* [Method of continuous control of the condition of the air filter of the automobile internal combustion engine]. *Transportnoe delo Rossii – Transport Business in Russia*, 2024, no. 3, pp. 195–198.

10. Chernyaev I. O. *Rasshirenie funktsiy sistemy ERA-GLONASS dlya monitoringa usloviy ekspluatatsii transportnykh sredstv* [Expansion of functions of system ERA-GLONASS for monitoring of operating conditions

of vehicles]. «*Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy*». *Trudy Mezhdunar. nauchno-tekhn.konf. Tyumen', 22 oktyabrya 2020 goda* [“Transport and transport-technological systems”. Proceedings of the Int. scientific-technical conf., Tyumen, October 22, 2020]. Ed. by Zakharov N. S. Tyumen', Tyumenskiy industrial'niy universitet Publ., 2020, pp. 404–407.

11. Chernyaev I. O., Evtyukov S. A. *Ispol'zovanie dannykh monitoringa ekspluatatsii transportnykh sredstv dlya otsenki dorozhnykh usloviy dvizheniya transportnykh potokov* [Utilization of vehicle operation monitoring data for estimation of road conditions of traffic flows]. *Mir transporta – Transport World*, 2021, vol. 19, no. 4 (95), pp. 34–39.

12. Efremov B. D., Overin Yu. V. *Metody otsenki professional'nykh kachestv voditeley avtomobiley* [Methods of estimation of professional qualities of automobile drivers]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa – Techno-technological problems of service*, 2013, no. 2 (24), pp. 153–155.