

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТЮНИНГА

© 2017

В.Г. Доронкин, старший преподаватель кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

Н.В. Колачева, кандидат педагогических наук, доцент,

доцент кафедры «Управление промышленной и экологической безопасностью»

Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: безопасность транспорта; математическое моделирование; модернизация; тюнинг; экология; энергоэффективность автомобиля.

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы и перспективы модернизации автомобилей в процессе эксплуатации, обоснована необходимость моделирования процесса автомобильного тюнинга. Актуальность темы исследования обусловлена важностью повышения энергоэффективности, ресурсосбережения и охраны окружающей среды при эксплуатации автомобилей. Одним из решений комплекса задач является модернизация автомобиля в процессе тюнинга.

Дается обзор основных факторов, которые следует учитывать при моделировании процесса модернизации транспортных средств на примере тюнинга легкового автомобиля, при этом описан тюнинг как один из видов технического воздействия на автомобиль в период эксплуатации. Предлагается концепция построения математической модели автомобильного тюнинга с учетом проблем экологичности и безопасности автомобиля. Формализация основных свойств автомобиля проведена с применением методик квалиметрии на основе дерева свойств.

Анализируются различные подходы к выбору принципа оптимальности для многокритериальных задач. В разработанной математической модели вектор свойств автомобиля оценивается одновременно по множеству критериев на основании принципа Парето-оптимальности. Для нахождения оптимального множества используются методы его сужения: задание нижних границ критериев, субоптимизация, лексикографическая оптимизация и расчет обобщенного критерия. Для оценки результата тюнинга предлагается применять обобщенный критерий, представляющий взвешенную сумму частных критериев.

Разработанная математическая модель показывает оценку изменения автомобиля в процессе тюнинга по различным критериям и позволяет рассчитать эффективность тюнинга как с точки зрения потребительских свойств, так и с позиций улучшения степени экологичности, энергоэффективности и безопасности автомобиля. Программный продукт на основе предложенной математической модели даст возможность производить предварительный анализ возможных мероприятий по модернизации автомобиля.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие процесса автомобилизации в РФ, как и во всем мире, ставит перед специалистами автомобильной отрасли новые задачи. В частности, в настоящее время большое значение приобретают проблемы повышения энергоэффективности машин, а также вопросы ресурсосбережения при эксплуатации автомобилей. Кроме этого, несомненную важность имеет доработка автомобилей с целью повышения безопасности движения [1, с. 278], а также для решения задач охраны окружающей среды [2, с. 41]. С учетом того, что 2017 объявлен Годом экологии, эти вопросы приобретают особую актуальность. Вариантом решения комплекса данных проблем является улучшение соответствующих характеристик автомобиля и, в частности, его плановой модернизации в процессе эксплуатации, то есть тюнинга. В связи с этим существует необходимость разработки математической модели тюнинга, которая может использоваться для решения таких задач, как: 1) расчет экономической эффективности тюнинга; 2) оценка изменения уровня энергоэффективности автомобиля при его модернизации; 3) контроль уровня безопасности при модернизации автомобиля; 4) оценка изменения степени экологичности автомобиля при модернизации; 5) контроль уровня надежности автомобиля после тюнинга; 6) сохранение ресурса автомобиля после тюнинга.

Так как автомобиль является частью системы ВАДС «водитель – автомобиль – дорога – среда», то его свойства проявляются во взаимодействии с элементами этой

системы. При изменении конструкции автомобиля должны учитываться дорожные, транспортные и природно-климатические условия эксплуатации и их влияние на различные свойства автомобилей [3, с. 7].

Практика автосервиса уже выявила основные типовые схемы тюнинга. Это следующие виды работ: доработка механической части двигателя; модернизация электрических систем двигателя; чип-тюнинг; модернизация трансмиссии; выбор и замена шин и колес; модернизация подвески; доработка тормозных систем и рулевого управления; внешний тюнинг автомобиля; модернизация светотехники; доработка рабочего места водителя; тюнинг салона; модернизация автомобильной аудиосистемы; установка дополнительных охранных систем [4, с. 86].

Тюнинг автомобиля производится с целью изменения его потребительских свойств. В самом общем случае потребительские свойства характеризуют автомобиль как товар длительного пользования. Важнейшие из них – это цена автомобиля, затраты на его эксплуатацию, остаточная стоимость, удобство эксплуатации, красивый и современный внешний вид. Отмечается, что не все показатели легко оценить путем использования традиционных методик расчета экономической эффективности [5, с. 141]. Например, установка легкосплавных колес с улучшенными шинами повышает динамику, изменяет управляемость и плавность хода, снижает шум, а также может улучшить внешний вид. Однако если первые четыре свойства по имеющимся методикам

можно подсчитать с заданной точностью, то оценка внешнего вида достаточно субъективна и требует экспертных оценок.

При рассмотрении автомобиля как товара было принято традиционное с точки зрения маркетинга товаров деление его потребительских параметров на две группы: «жесткие» и «мягкие». Первая группа применяется для оценки функций товара и связанных с ними характеристик, заданных конструктивными принципами изделия. Например, к «жестким» параметрам относятся технические, экономические, нормативные. «Мягкие» параметры характеризуют эстетические свойства товара. В настоящее время рынок заполнен разнообразными товарами, в том числе и автомобилями, у которых «жесткие» параметры близки либо тождественны, поэтому резко возрастает роль «мягких» параметров, придающих товару своеобразие и привлекательность [6, с. 2109].

Вместе с тем многолетние исследования выделяют в автомобиле, в отличие от других объектов, такие группы свойств, которые важны для него именно как для транспортного средства. Это эксплуатационные свойства, надежность и безопасность [7, с. 144]. Все они давно и подробно изучены и описаны в отраслевой литературе. Эксплуатационные свойства автомобиля характеризуют его как средство передвижения, к ним относятся: тяговая динамичность, тормозная динамичность, топливная экономичность, устойчивость, управляемость, проходимость, плавность хода. Эти показатели автомобиля еще в 20–30-х гг. XX в. выделил Е.А. Чудаков, экспериментально исследуя вопросы движения автомобиля [8, с. 89]. Отметим, что основные теоретические положения получили свое обобщение и развитие в его книге «Теория автомобиля», впервые вышедшей в 1935 г. и впоследствии неоднократно повторно издававшейся.

Требования надежности и безопасности определяются техническими регламентами и другими нормативами; они должны обязательно учитываться при конструировании и модернизации автомобиля, а также контролироваться при его эксплуатации. Базовые требования безопасности к автомобилю перечислены в приложениях Технического регламента о безопасности колесных транспортных средств [9, с. 15–35].

Целью настоящей работы является разработка математической модели, позволяющей рассчитать эффективность тюнинга автомобиля с точки зрения его потребительских свойств, а также с позиций улучшения степени экологичности, энергоэффективности и безопасности автомобиля.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для учета различных видов тюнинга формализованы основные свойства автомобиля. С целью их математического описания применены подходы и методики квалиметрии [10, с. 430]. В частности, разработано дерево свойств автомобиля, представленное в таблице 1.

Кроме перечисленных подходов и стандартов, которые применялись при разработке модели тюнинга, учитывались математические модели, предназначенные для расчета автомобиля при его проектировании, в частности динамическая модель взаимодействия его узлов и агрегатов, описывающая автомобиль как механическую систему [11, с. 12].

Для построения математической модели, описывающей процесс тюнинга, рассмотрим два исправных автомобиля, не требующих ремонта, одной и той же комплектации. Один автомобиль обозначим O , он соответствует технической документации производителя и имеет определенный набор свойств. Вторым аналогичным автомобилем, модифицированным после проведенного тюнинга, обозначим M , он получил уже новый набор свойств. Математически это можно представить как два многомерных вектора: исходный $O(a_1; b_1; c_1; \dots)$ и результирующий $M(a_2; b_2; c_2; \dots)$, где $(a; b; c \dots)$ – измерители свойств автомобиля. Процесс технического воздействия, в результате которого меняются свойства автомобиля, обозначим вектором T (рис. 1).

Таблица 1. Дерево основных свойств автомобиля

Свойства автомобиля	Потребительские	Размерно-грузовые свойства
		Цена
		Расходы на эксплуатацию
		Эстетичность
		Эргономичность
	Эксплуатационные	Тяговая динамичность
		Тормозная динамичность
		Топливная экономичность
		Устойчивость
		Управляемость
		Прочность
	Надежность	Плавность хода
		Безотказность
		Долговечность
		Ремонтопригодность
	Безопасность	Сохраняемость
Активная		
Пассивная		
Послеаварийная		
		Экологическая

Отметим, что вектор T существует в нескольких множествах, например, кроме описанного множества свойств автомобиля, где он равен разнице изменений потребительских свойств автомобиля ($\Delta a; \Delta b; \Delta c; \dots$), его также можно задать во множестве конструктивных изменений автомобиля либо во множестве технологических воздействий на автомобиль. Следует учитывать, что результатом тюнинга могут быть две группы потребительских свойств. Первая – основная группа свойств, изменение которых является собственно целью конкретного набора работ. Вторую группу составляют свойства, изменение которых стало дополнительным, производным результатом модернизации. При этом, моделируя результаты тюнинга, свойства автомобиля можно разделить на три разновидности: 1) потребительские свойства, изменение которых можно точно рассчитать по имеющимся методикам исходя из вида выполненных работ; 2) «мягкие» свойства, изменение которых либо нельзя просчитать по существующим методикам, либо невозможно оценить однозначно; 3) ограничительные свойства, предельные параметры которых задаются нормативами и являются обязательными к соблюдению.

Эффективность процесса автомобильного тюнинга предлагается оценивать согласно следующей математической модели. Характеристики объектов моделирования представлены в виде матрицы исходных свойств O , строки которой представляют совокупность векторов информации о технических свойствах различных автомобилей и их модификаций (таблица 2).

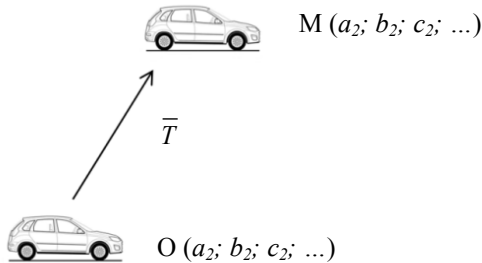


Рис. 1. Вектор автомобильного тюнинга

Процессы технического воздействия отражаются матрицей T , размером m строк и n столбцов, содержащей множество векторов исследуемых изменений свойств автомобилей, соответствующих начальной матрице O . В результате сложения данных матриц получается матрица M , позволяющая оценить эффективность тюнинга как с точки зрения потребительских свойств, так и с позиций улучшения степени экологичности, энергоэффективности и безопасности автомобиля. Схема алгоритма, используемого для анализа набора свойств, представлена на рис. 2.

Таблица 2. Матрица технических характеристик автомобиля

№	1	2	...	j	...	n
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2i}	...	a_{2n}
...
i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}
...
m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mj}	...	a_{mn}

В рассматриваемой модели наборы свойств, описываемые матрицей M , оцениваются одновременно по множеству критериев на основании принципа Парето-оптимальности [12, с. 214]. Трудность решения подобных задач заключается в эффекте несравнимости исходов. Когда исходы оцениваются по двум несопоставимым критериям, причем исход a_1 лучше исхода a_2 по первому критерию, но хуже по второму, то исходы a_1 и a_2 несравнимы между собой. Такая неопределенность следует из противоречивости целей исследования и решается следующими методами.

Допустим, $y_i = \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{in}\}$ – вектор оценок по критериям $j=1, 2, \dots, n$. Тогда матрица, соответствующая множеству векторов y_i различных исходов $i=1, 2, \dots, m$, включает упорядоченные наборы оценок:

$$Y = \{y_i\} = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{m1} & f_{m2} & \dots & f_{mn} \end{pmatrix}.$$

Сравнение исходов выполняется на основании векторных оценок y_i . Далее необходимо сформулировать единый принцип оптимальности, но для данной многокритериальной задачи это не представляется возможным. Для любых двух исходов a_1 и a_2 всегда найдутся такие два критерия j_1 и j_2 , что исход a_1 окажется лучше, чем a_2 , по критерию j_1 , но хуже по j_2 . Если нет информации об относительной важности критериев j_1 и j_2 , то выбор между a_1 и a_2 производится исходя из следующих соображений. Можно найти множество оптимальных исходов, а выбор из них осуществить исходя из конкретной ситуации, на основании экспертных оценок.

В разработанной математической модели предлагается производить сужение множества оптимальных исходов на основании задания дополнительной информации [13, с. 152]. Так, в процессе исследования обозначаются нижние границы критериев. Тогда информация об оптимальном исходе имеет вид

$$f_j(a^*) \geq \gamma_j \quad (j=1, 2, \dots, n),$$

где γ_j – нижняя граница по j -му критерию. При указании нижних границ критериев лучшим считается такой Парето-оптимальный исход, для которого оценка по каждому из критериев $j=1, 2, \dots, n$ не ниже величины γ_j . При субоптимизации выделяется один из критериев, а по всем остальным указываются нижние границы. Задача многокритериальной оптимизации превращается в задачу обычной оптимизации. В процедуре лексикографической оптимизации упорядочивают критерии по их относительной важности. Отбирают исходы, которые имеют максимальную оценку по критерию, стоящему на первом месте по значимости. Потом из критериев, имеющих максимальную оценку по первому критерию, отбирают исходы, максимальные по второму критерию, и т. д. В данном случае первый по важности критерий доминирует над остальными.

Обобщенным критерием для разработанной модели является функция, показывающая полезность набора оценок исходов по всем критериям:

$$\varphi(y)_i = \varphi(f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{in}), i=1, 2, \dots, m.$$

В рассматриваемом алгоритме по каждому допустимому исходу $a \in D$ вычисляется оценка его значимости:

$$\varphi(a) = \varphi(f_1(a), f_2(a), \dots, f_n(a)).$$

Задание обобщенного критерия превращает задачу многокритериальной оптимизации в задачу однокритериальной

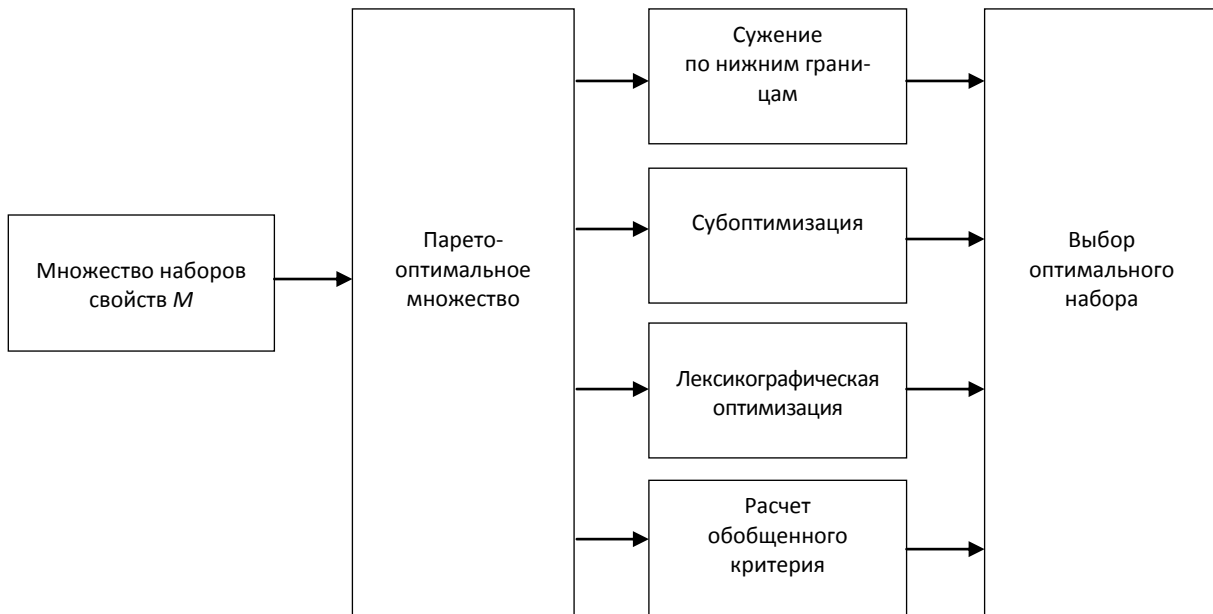


Рис. 2. Алгоритм оценки процесса тюнинга

оптимизации с целевой функцией φ . Для оценки результата тюнинга предлагается использовать обобщенный критерий, представляющий взвешенную сумму частных критериев:

$$\begin{aligned} \varphi(y_i) &= \alpha_1 f_{i1} + \alpha_2 f_{i2} + \dots + \alpha_n f_{in} = \left(i = \overline{1, m} \right) = \\ &= \sum_{j=1}^n \alpha_j f_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \end{aligned} \quad (1)$$

где $\alpha_j \geq 0$, $j = 1, 2, \dots, n$ – коэффициенты, выражающие значимость j -го критерия. Если векторная оценка $y_i^* = (f_{i1}^{(a^*)}, f_{i2}^{(a^*)}, \dots, f_{in}^{(a^*)})$ исхода $a^* \in Q$ доставляет максимум целевой функции (1), где все $\alpha_j > 0$, то векторная оценка y_i^* является Парето-оптимальной на множестве Q . Чтобы найти значение обобщенного критерия для каждого варианта, рассчитывается величина каждого критерия в процентах относительно максимума, а затем вычисляется взвешенная сумма (1) по каждому варианту.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Относительно недавно тюнинг не рассматривался как самостоятельное техническое воздействие на автомобиль, о чем свидетельствует отсутствие его как термина в «Положении о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [14]. В настоящее время, несмотря на отсутствие методических и учебных материалов, автомобильный тюнинг уже введен в федеральные образовательные стандарты [15, с. 23].

Автомобиль модернизируют, как правило, именно для улучшения эксплуатационных свойств, которые характеризуют его как средство передвижения. Наиболее важным, как с точки зрения эффективности использования транспортного средства, так и с точки зрения капитальных и организационных затрат на тюнинг, яв-

ляется улучшение динамики автомобиля, которую можно охарактеризовать следующими параметрами: хорошей динамикой разгона, то есть максимально возможным ускорением на прямой; эффективным замедлением при необходимости снизить скорость или остановиться; максимальной скоростью на прямом участке; увеличением скорости прохождения поворотов.

Предложенная модель позволяет комплексно описать все виды и направления автомобильного тюнинга, например подготовку к спортивным соревнованиям серийных автомобилей. Стоит отметить, что спортивный тюнинг в России развивается много десятилетий, в частности, как доводка ходовой части [16, с. 27].

Предложенная математическая модель может быть использована для оценки эффективности внешнего тюнинга автомобиля (аэродинамического обвеса) [17, с. 221], так как на динамику автомобиля большое влияние оказывает доработка двигателя, в том числе увеличение рабочего объема двигателя и применение наддува [18, с. 35–37]. Особое значение для полноприводного автомобиля имеет модернизация трансмиссии [19, с. 11]. Для всех автомобилей актуальна установка охранных сигнализаций [20, с. 112].

Для определения значений указанных характеристик используют три группы методов: экспертные, неэкспертные и гибридные [21, с. 70]. При экспертных методах для определения значений числовых характеристик используются заключения экспертов. Неэкспертные методы применяются согласно регламентированным базам данных. Гибридные методы являются комбинированными, смешанными.

Следует отметить, что в автомобильном тюнинге основную трудность представляет оценка внешнего вида. В частности, в работе [22, с. 148] описаны этапы оценки эстетического уровня автомобиля, где предлагается оценку эстетического уровня проводить на двух стадиях: целостной и комплексной.

ВЫВОДЫ

Разработанная математическая модель тюнинга позволяет не только оценить его с экономической точки зрения, но и получать обобщенную оценку изменения автомобиля в процессе тюнинга по критериям энергоэффективности, безопасности и степени экологичности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Схематизация и моделирование процесса тюнинга в значительной степени упрощают прогнозирование его результатов. Авторы предполагают продолжить исследования в данном направлении разработкой на основе предложенной математической модели и апробацией программного продукта, который даст возможность производить предварительный анализ возможных мероприятий по модернизации автомобиля с учетом экологических последствий, вопросов безопасности, сохранения ресурса автомобиля и показателей его надежности.

Статья подготовлена в рамках работы над исследовательским проектом «К 50-летию ВАЗа: Влияние автомобилизации на социально-экономическое развитие Поволжья», поддержанным грантом Российского гуманитарного научного фонда № 16-12-63003 по результатам регионального конкурса «Волжские земли в истории и культуре России – 2016, Самарская область».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Andria G., Attivissimo F., Di Nisio A., Lanzolla A.M.L., Pellegrino A. Development of an automotive data acquisition platform for analysis of driving behavior // *Measurement*. 2016. Vol. 93. P. 278–287.
- Chauhan B., Jain A., Chaturvedi T., Saini S. A User Interactive and Assistive Fleet Management and Eco-Driving System // 2015 Ieee Region 10 Symposium. Tensymp, 2015. P. 41–44.
- Вахламов В.К. Автомобили: конструкция и эксплуатационные свойства. М.: Академия, 2009. 480 с.
- Доронкин В.Г. Тюнинг как инновационный способ повышения энергоэффективности автомобиля // Проблемы развития предприятий: теория и практика: материалы 15-й Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Самар. гос. экон. ун-та. Ч. 2. Самара: Самар. гос. экон. ун-т, 2016. С. 85–87.
- Доронкин В.Г., Кудинова Г.Э., Курилова А.А. К вопросу эффективности автомобильного тюнинга // *Азимут научных исследований: экономика и управление*. 2016. Т. 5. № 4. С. 140–143.
- Зозуля Д.М. Маркетинг как философия преобразования бизнеса // *Научно-методический электронный журнал Концепт*. 2014. Т. 20. С. 2106–2110.
- Калачев С.Л. Товароведение и экспертиза транспортных средств личного пользования. М.: Дашков и К°, 2012. 312 с.
- Чудаков Е.А. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1950. 343 с.
- РФ. Технический регламент о безопасности колёсных транспортных средств: утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 г. № 720.
- Azgaldov G., Kostin A. Applied Qualimetry: Its origins, errors and misconceptions // *Benchmarking: An International Journal*. 2011. Vol. 18. № 3. P. 428–444.

- Молибошко Л.А. Компьютерные модели автомобилей. Минск: Новое знание, 2012. 295 с.
- Kido H., Ohsawa Y., Nitta K. Paretian argumentation frameworks for Pareto optimal arguments // *Journal of Logic and Computation*. 2017. Vol. 27. P. 213–225.
- Ngo T.N., Hayek N. Necessary conditions of Pareto optimality for multiobjective optimal control problems under constraints // *Optimization*. 2017. Vol. 66. P. 149–177.
- Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта: утверждено приказом Министерства авт. транспорта РСФСР от 20.09.1984. М.: Транспорт, 1986. 114 с.
- РФ. ФГОС СПО по специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта: утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 апреля 2014 г. № 383.
- Сингуринди Э.Г. Подготовка автомобиля к соревнованиям. М.: ДОСААФ, 1976. 80 с.
- Скрипник И. Тюнинг автомобиля своими руками. М.: АСТ, 2011. 288 с.
- Степанов В.Н. Тюнинг автомобильных двигателей. СПб.: Алфамер Паблишинг, 2000. 82 с.
- Струков С.А. Ремонт и модернизация ВАЗ-2131 Нива. СПб.: Алфамер Паблишинг, 2011. 304 с.
- Тюнинг «Самары». Иллюстрированное руководство. М.: Книжное издательство «За рулем», 2007. 136 с.
- Azgaldov G.G., Kostin A.V., Alvaro E. Padilla Omiste. The ABC of Qualimetry: The Toolkit for measuring immeasurable. Ridero: ParaType, Inc., 2015. 167 p.
- Кузнецов В.Г., Терещенко О.А., Леинова Ю.О. Основы эргономики. Гомель: БелГУТ, 2013. 157 с.

REFERENCES

- Andria G., Attivissimo F., Di Nisio A., Lanzolla A.M.L., Pellegrino A. Development of an automotive data acquisition platform for analysis of driving behavior. *Measurement*, 2016, vol. 93, pp. 278–287.
- Chauhan B., Jain A., Chaturvedi T., Saini S. A User Interactive and Assistive Fleet Management and Eco-Driving System. *2015 Ieee Region 10 Symposium. Tensymp*, 2015, pp. 41–44.
- Vakhlamov V.K. *Avtomobili: konstruksiya i ekspluatatsionnye svoystva* [Vehicles: design and performance properties]. Moscow, Akademiya Publ., 2009. 480 p.
- Doronkin V.G. Tuning as an innovative method of the vehicle energy efficiency improvement. *Problemy razvitiya predpriyatij: teoriya i praktika: materialy 15-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii posvyashch. 85-letiyu Samar. gos. ekon. un-ta*. Samara, Samar. gos. ekon. un-t Publ., 2016. Ch. 2, pp. 85–87.
- Doronkin V.G., Kudinova G.E., Kurilova A.A. To question the effectiveness of automobile tuning. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie*, 2016, vol. 5, no. 4, pp. 140–143.
- Zozulya D.M. Marketing as the business transformation philosophy. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal Kontsept*, 2014, vol. 20, pp. 2106–2110.
- Kalachev S.L. *Tovarovedenie i ekspertiza transportnykh sredstv lichnogo polzovaniya* [Merchandizing and private vehicles inspection]. Moscow, Dashkov i K° Publ., 2012. 312 p.

8. Chudakov E.A. *Teoriya avtomobilya* [Theory of vehicle]. Moscow, Mashgiz Publ., 1950. 343 p.
9. RF. Technical Regulation for wheeled vehicles safety: approved by Regulation of the Government of the Russian Federation dated the 10th of September 2009 № 720. (In Russ.)
10. Azgaldov G., Kostin A. Applied Qualimetry: Its origins, errors and misconceptions. *Benchmarking: An International Journal*, 2011, vol. 18, no. 3, pp. 428–444.
11. Moliboshko L.A. *Kompyuternye modeli avtomobilya* [Computer models of cars]. Minsk, Novoe znanie Publ., 2012. 295 p.
12. Kido H., Ohsawa Y., Nitta K. Paretian argumentation frameworks for Pareto optimal arguments. *Journal of Logic and Computation*, 2017, vol. 27, pp. 213–225.
13. Ngo T.N., Hayek N. Necessary conditions of Pareto optimality for multiobjective optimal control problems under constraints. *Optimization*, 2017, vol. 66, pp. 149–177.
14. *Polozhenie o tekhnicheskoy obsluzhivaniy i remonte podvizhnogo sostava avtomobilnogo transporta: utverzhdeno prikazom Ministerstva avt. transporta RSFSR ot 20.09.1984* [Regulation on maintenance and technical repairs of road transport vehicles: approved by the order of the Ministry of Motor Transport of the RSFSR dtd. 20.09.1984]. Moscow, Transport Publ., 1986. 114 p.
15. RF. FSES SPE in specialty 23.02.03 Maintenance and technical repairs of motor transport: approved by the order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dtd. 22.04.2014 № 383. (In Russ.)
16. Singurindi E.G. *Podgotovka avtomobilya k sorevnovaniyam* [Preparation of a car for the competitions]. Moscow, DOSAAF Publ., 1976. 80 p.
17. Skripnik I. *Tyuning avtomobilya svoimi rukami* [Car tuning with own hands]. Moscow, AST Publ., 2011. 288 p.
18. Stepanov V.N. *Tyuning avtomobilnykh dvigateley* [Tuning of car engines]. Sankt Petersburg, Alfamer Publ., 2000. 82 p.
19. Strukov S.A. *Remont i modernizatsiya VAZ-2131 Niva* [Repairs and upgrades of VAZ-2131 Niva car]. Sankt Petersburg, Alfamer Publ., 2011. 304 p.
20. *Tyuning "Samara". Illyustrirovannoe rukovodstvo* [Tuning of "Samara" car. Illustrated manual]. Moscow, Knizhnoe izdatelstvo "Za Rulem" Publ., 2007. 136 p.
21. Azgaldov G.G., Kostin A.V., Alvaro E. Padilla Omiste. *The ABC of Qualimetry: The Toolkit for measuring immeasurable*. Ridero, ParaType, Inc. Publ., 2015. 167 p.
22. Kuznetsov V.G., Tereshchenko O.A., Leinova Yu.O. *Osnovy ergonomiki* [Basics of ergonomics]. Gomel', BelGUT Publ., 2013. 157 p.

MATHEMATICAL MODELING OF CAR TUNING

© 2017

V.G. Doronkin, senior teacher of Chair "Design and Operation of Cars"
N.V. Kolacheva, PhD (Pedagogy), Associate Professor,
 assistant professor of Chair "Management of industrial and ecological safety"
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: transport safety; mathematical modeling; modernization; tuning; ecology; vehicle energy efficiency.

Abstract: The paper considers the issues and prospects of modernization of cars within the operation process, proves the necessity of car tuning process simulation. The relevance of the topic is determined by the importance of improvement of energy efficiency, resource economy and environment protection when operating vehicles. Car modernization during the tuning process is one of the solutions of task complex.

The authors give the review of key factors that should be taken into account when modeling the process of vehicles modernization based on the example of passenger car tuning. Tuning is described as one of the types of technological impact on a car during its operation. The authors proposed a concept of the car tuning mathematical model creation taking into account the issues of ecological properties and safety of a car. Car basic properties formalization is implemented using the qualimetry techniques based on a properties tree.

The paper analyzes various approaches to the selection of optimality principle for multicriterion problems. In the developed mathematical model, the car properties vector is assessed according to many criteria at the same time using the Pareto-optimality principle. To find the optimal set, the methods of its contraction are used: setting the criteria lower bounds, suboptimization, lexicographic optimization, and generalized criterion calculation. To assess tuning result, the authors propose applying a generalized criterion representing the subtests weighted sum.

The developed mathematical model shows the evaluation of car changes in the process of tuning according to various criteria and allows calculating tuning efficiency both in terms of consumer properties and the enhanced ecological properties, energy efficiency and safety of a car. The software developed on the base of proposed mathematical model will give an opportunity to make a preliminary analysis of possible activities on a car modernization.