УДК 629.3:53.01:537.1

© Ю. Г. Котиков, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: cotikov@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-4-126-133

© Ju. G. Kotikov, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: cotikov@mail.ru

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛАНСА СИЛ КВАНТОМОБИЛЯ В ПЛОСКОСТИ ТАНГАЖА

GRAPHIC-ANALYTICAL RESEARCH OF QUANTOMOBILE POWER BALANCE IN THE TANGAGE PLANE

На базе авторского обобщенного уравнения силового баланса квантомобиля построена методика графоаналитического исследования баланса сил квантомобиля в плоскости тангажа. Расчеты, анализ и визуализация опираются на программную реализацию названного уравнения в среде ППП Maple. В средней части полного диапазона возможных углов наклона вектора тяги выявлены зоны наиболее выгодного использования траста с частичным вывешиванием экипажа. Трехмерные графические образы реализации траста в пространстве: скорость экипажа – горизонтальная – вертикальная составляющие траста совместно с ограничением в виде цилиндрической поверхности максимального траста КвД позволили визуализировать области наличия ресурсов тяги для обеспечения динамики движения квантомобиля. Поверхность силового баланса квантомобиля имеет линейчатый характер.

Ключевые слова: квантовый двигатель, квантомобиль, траст, баланс сил, тангаж, линейчатая поверхность.

On the basis of the author's generalized equation of quantomobile power balance, a technique of graphic-analytical research of quantomobile power balance in the tangage plane is constructed. The calculations, analysis and visualization are based on using the program realization of the equation named above in the Maple environment. In a middle part of the full range of possible angles of inclination of the traction vector, there were revealed zones of the most beneficial use of the thrust with partial vehicle suspension. Three-dimensional graphic images of realization of thrust in space (speed of vehicle – horizontal - vertical thrust components, together with restriction in the form of a cylindrical surface of the maximum quantum engine thrust) allow visualizing areas of available resources of thrust for maintenance of the quantomobile movement dynamics. The surface of the quantomobile power balance has ruled character.

Keywords: quantum engine, quantomobile, thrust, force balance, tangage, ruled surface.

Введение

Реализация идей теории Суперобъединения коренным образом может изменить принципы получения энергии и ее преобразования [1–3]. Один из выводов теории — возможность непосредственного извлечения энергии из физического вакуума.

Если это осуществится, то на смену автомобилям придет поколение транспортных средств с квантовыми двигателями (КвД) — квантомобили. Основным отличием КвД от ДВС в том, что КвД будет создавать непосредственно векторную тяговую силу (трост), которую можно приложить к корпусу экипажа для осуществления движения [4–8].

Наклонное положение вектора траста обеспечит создание вертикальной составляющей тяговой силы, которую можно будет использовать для частичного или полного вывешивания квантомобиля над опорной поверхностью [9].

Автор рассмотрел в [9–13] отдельные аспекты в рамках затрагиваемой тематики. В этих работах рассмотрены базовые различия конструкции и силовых схем квантомобиля и традиционного автомобиля, также — функциональные отличия формирования и управления тягово-скоростными свойствами автомобиля и квантомобиля. Приведены примеры расчета тяговых сил и энергозатрат, проведен соответствующий количественный анализ.

В работе [14] дано представление о формировании силового баланса и вариантах его использования для продольного движения экипажа. Сформировано обобщенное уравнение силового баланса для совокупности режимов движения квантомобиля. Представлен численный пример.

Разложение траста и формирование уравнения силового баланса

Внутри тела рабочего органа КвД возникает внутренняя сила тяги (траст F_T), опирающаяся на задействованный упругий фрагмент непрерывной среды вакуума (поля), которая при приложении к конструкции КвД заставляет его двигаться относительно поля [1–8].

Для анализа продольного движения экипажа в плоскости развёртывания угла тангажа, с его частичным или полным вывешиванием, траст F_T необходимо разложить:

$$F_T = F_{Tx} + F_{Tz}. \quad (1)$$

В скалярной записи

$$F_T = \sqrt{F_{Tx}^2 + F_{Tz}^2}. \quad (2)$$

Графически это представлено на рис. 1.

В работе [14] показано, что представление значения траста F_T арифметической суммой скалярных величин горизонтальной тяги F_{Tx} и вертикальной подъемной силы F_{Tz} (т. е. $F_T = F_{Tx} + F_{Tz}$) будет принципиально неправильным. И анализ силового баланса квантомобиля отличается от классического силового баланса автомобиля.

В этой же работе [14] на базе работ [15–17] выведено обобщенное уравнение силового ба-

Рис. 1. Разложение траста F_T на горизонтальную F_{Tx} и вертикальную F_{Tz} компоненты

ланса квантомобиля при его курсовом движении, которое здесь скорректируем:

$$\begin{aligned} F_T^2 &= F_{Tx}^2 + F_{Tz}^2 = \\ &= (P_f + P_{w,x} + P_{j,x})^2 + (P_{w,z} + P_{j,z} + P_g)^2 = \\ &= \left(f_{к0} (1 + f_{кV} V_x^2) \cdot (G_q - F_{Tz}) \right)^2 + \\ &+ \left((k_{w,z} S_{план} V_z^2 + \frac{G_q}{g} a_z) \Big|_{F_{Tz} > G_q} + \min(F_{Tz}, G_q) \right)^2, \quad (3) \end{aligned}$$

где F_T , F_{Tx} , F_{Tz} — траст и его координатные составляющие соответственно, Н;

P_f — сила сопротивления качению колес, Н;

$P_{w,x}$ — сила сопротивления воздуха горизонтальному движению, Н;

$P_{j,x}$ — сила сопротивления горизонтальному ускорению, Н;

$P_{w,z}$ — сила сопротивления воздуха вертикальному движению, Н;

$P_{j,z}$ — сила сопротивления вертикальному ускорению, Н;

$P_g = \min(F_{Tz}, G_q)$ — часть вертикальной составляющей траста, идущей на нейтрализацию доли γ силы тяжести вывешиваемого экипажа ($\gamma = F_{Tz} / G_q$), Н;

$f_{к0}$ — коэффициент сопротивления качению ведомых колес при скорости, близкой к нулю, и $F_{Tz} = 0$;

$f_{кV}$ — скоростной коэффициент сопротивления качению ведомых колес, c^2/m^2 ;

V_x — текущая скорость продольного движения экипажа, м/с;

G_q — вес квантомобиля, Н;

$k_{w,x}$ — коэффициент горизонтальной обтекаемости экипажа воздухом, $H \cdot c^2/m^4$;

$S_{лоб}$ — лобовая площадь экипажа, m^2 ;

g — ускорение свободного падения, m/c^2 ;

a_x — продольное ускорение экипажа, m/c^2 ;

δ_k — коэффициент инерции вращения колес экипажа;

$k_{w,z}$ — коэффициент вертикальной обтекаемости экипажа воздухом, $H \cdot c^2/m^4$;

$S_{план}$ — площадь экипажа в плане, m^2 ;

V_z — скорость вертикального движения экипажа, м/с;

a_z — вертикальное ускорение экипажа, m/c^2 ;

$|F_{Tz} \leq G_q$ — область допустимых значений F_{Tz} в режиме поддавливания или частичного вывешивания экипажа (без отрыва его от опорной поверхности);

$|F_{Tz} > G_q$ — область допустимых значений F_{Tz} в режиме полного вывешивания экипажа над опорной поверхностью.

При рассмотрении силового баланса в установившемся равномерном движении, в контакте с опорной поверхностью, но без отрыва от нее (т. е. при $F_{Tz} \leq G_q$), можно использовать упрощенное (относительно (3)) уравнение

$$F_T^2 = F_{Tx}^2 + F_{Tz}^2 = (Pf + P_{w,x})^2 + (P_{w,z} + P_g)^2 = \\ = \left(f_{k0}(1 + f_{kv}V_x^2) \cdot (G_q - F_{Tz}) + k_{w,x}S_{\text{лоб}}V_x^2 \right)^2 + \\ + \left(k_{w,z}S_{\text{план}}V_z^2 + F_{Tz} \right)^2. \quad (4)$$

Силовой баланс граничных случаев задействования траста для конкретного скоростного среза

Исследование поля вариантов использования траста начнем с граничных случаев: 1) движение в режиме автомобиля только с горизонтальной тягой; 2) движение экипажа в полностью вывешенном состоянии с направлением вектора траста, максимально приближенным к вертикали.

Для количественного исследования взяли гипотетический квантомобиль с данными автомобиля-аналога КамАЗ-4326 с КвД в крайне тяжелых условиях его движения (см. подробно в [11, 12, 14]):

$$G_q = 88\,000 \text{ Н (88 кН)}; f_{k0} = 0,3; f_{kv} = 4 \times 10^{-4} \text{ с}^2/\text{м}^2; \\ k_{w,x} = 0,5 \text{ Н} \times \text{с}^2/\text{м}^4; S_{\text{лоб}} = 7 \text{ м}^2; \delta_k = 0,04; \\ k_{w,z} = 0,8 \text{ Н} \times \text{с}^2/\text{м}^4; S_{\text{план}} = 17,5 \text{ м}^2.$$

Предположим, исходя из необходимости и достаточности величины траста для полного вывешивания экипажа и его начального горизонтального движения, что максимальный траст КвД $F_{T\max} = 90 \text{ кН}$.

1. Отметим два крайних значения необходимого F_{Tx} для режима квантомобиль без его вывешивания ($F_{Tz} = 0$) при установившемся равномерном движении ($a_x = 0$), выполненного по формулам (3) или (4):

$$0 \text{ км/ч (сила сопротивления воздуха } P_w = 0): \\ F_{Tx} = P_f = 88 \cdot 0,3 = \mathbf{26,4 \text{ кН}}; \quad (5)$$

67,2 м/с:

$$F_{Tx} = P_f + P_w = 88 \cdot 0,3 (1 + 4 \cdot 10^{-4} \cdot 67,2^2) +$$

$$+ 0,5 \cdot 7 \cdot 67,2^2 \cdot 10^{-3} = 74,1 + 15,8 = 89,9 \text{ кН} \approx \mathbf{90 \text{ кН}}.$$

Зависимость для $f_{k0} = 0,3$ отражена в виде желтой кривой на рис. 2. Если максимум значения траста ограничен 89 кН, то точка пересечения кривой с ограничивающей прямой $F_T = 89 \text{ кН}$ определит максимальную скорость движения квантомобиль (здесь 67,2 м/с = 240 км/ч) при строго горизонтальном направлении вектора траста (отсутствии какого-либо вывешивания экипажа).

2. При $a_x = 0$ значение F_{Tx} , необходимое для поддержания равномерного продольного (горизонтального) движения (навесу, в момент отрыва колес от опорной поверхности) (см. рис. 2):

$$\text{при } V = 0 \text{ м/с: } F_{Tx} = 0,5 \cdot 7 \cdot 0^2 = 0 \text{ кН};$$

$$\text{при } V = 67,2 \text{ м/с: } F_{Tx} = 0,5 \cdot 7 \cdot 67,2^2 = 15,8 \text{ кН};$$

$$F_T = (F_{Tz}^2 + F_{Tx}^2)^{1/2} = (88^2 + 15,8^2)^{1/2} = \\ = (7744 + 250)^{1/2} = (7994)^{1/2} = 89,4 \text{ кН} \approx \mathbf{90 \text{ кН}}.$$

Угол наклона траста относительно горизонта при этом составит

$$\beta = \arctg(88/15,8) = 79,8^\circ.$$

Таким образом, движение экипажа по (и над) опорной поверхностью (-стью) с $f_{k0} = 0,3$ со скоростью 67,2 м/с возможно в двух вариантах использования траста величиной 90 кН: либо при строго горизонтальном трасте (без какого-либо вывешивания экипажа ($F_{Tz} = 0$)), либо при реализации траста с направлением $\beta = 79,8^\circ$ относительно горизонта ($F_{Tz} = 88 \text{ кН}$).

Появляется закономерный вопрос, а какой величины и направления потребуются траст для поддержания рассматриваемой скорости 67,2 м/с во взаимодействии с той же опорной поверхностью, но при частичном вывешивании?

Силовой баланс промежуточных вариантов задействования траста для конкретного скоростного среза

С использованием уравнения (4) для рассматриваемых атрибутов и показателей движения рассчитали диаграмму пространственного использования траста в плоскости продольного тангажа при движении квантомобиль по опорной поверхности с $f_{k0} = 0,3$ со скоростью 67,2 м/с (рис. 3).

Расчеты для нескольких значений коэффициента вывешивания $\gamma = F_{Tz} / G_q$ (один из них в качестве примера отражен точкой 4 на рис. 3) показали, что закономерность перехода от одного крайнего рассматриваемого случая

Рис. 2. Силовой баланс при установившемся движении квантомобиля

Рис. 3. Диаграмма возможного использования траста в плоскости тангажа при движении квантомобиля по поверхности с $f_{k0} = 0,3$ со скоростью 67,2 м/с

к другому — прямолинейная (см. прямую 1–8 на рис. 3). Это становится понятным, если заметить, что сила сопротивления качению $P_f = f_{k0}(1 + f_{kV}V_x^2) \cdot (G_q - F_{Tz})$ при неизменных f_{k0} , f_{kV} и V_x зависит линейно от F_{Tz} .

Анализируя рис. 3, можно отметить, что в средней зоне перехода (при $\gamma \approx 0,5$) выявляются наибольшие ресурсы в использовании траста: см. $R_{FT} = F_{Tmax} - F_{Tst}$, где $F_{Tmax} = 90$ кН. Этот ресурс может быть использован на ускоренное движение экипажа, и это использование, вероятно, будет более успешным, если траектория вектора будет пролегать в средней зоне всего диапазона ($0 \div 90^\circ$) изменения углов наклона траста.

Теперь возникают следующие вопросы: каков характер поверхности, формируемой образующими прямыми типа 1–8 при прохождении экипажем всего диапазона скоростей $V_x = 0 \div V_{max}$; какова топология пространства ресурсов между названной поверхностью и цилиндрической поверхностью F_{Tmax} ?

Поверхность силового баланса с развертыванием на скоростной диапазон

Для ответа на эти вопросы запрограммировали уравнение (4) в среде ППП Maple в виде трехмерной функции $z = f(x, y)$, где $x = F_{Tx}$, $y = V_x$, $z = F_{Tz}$.

Рис. 4. Поверхности: максимального траста КвД (синяя цилиндрическая) и траста, требуемого для установившегося движения (красная поверхность) — вид с невидимой осью $y = V$, направленной ортогонально на читателя

Графические образы, построенные по значениям всех вышеперечисленных атрибутов, приведены на рис. 4–6.

Рис. 4 с осью $y = V$, направленной ортогонально на читателя, специально воспроизводит геометрию диаграммы рис. 3. Крайняя правая граница поверхности требуемого траста соответствует прямой 1–8 (см. рис. 3) для скорости $V_x = 67,2$ м/с. Крайняя левая граница поверхности требуемого траста соответствует $V_x = 0$ м/с, нижняя ее точка — значению $F_{Tx} = 26,4$ кН (см. выражение (5)).

Представление о пространственной геометрии и взаиморасположении поверхностей дает рис. 5. Изолинии соответствуют десяткам килоньютон-вертикальной составляющей траста. В левом полупространстве от поверхности траста, требуемого для установившегося движения, будут располагаться поверхности для меньших сопротивлений опорной поверхности качению колес f_{k0} . В правом полупространстве от поверхности траста, требуемого для установившегося движения, вплоть до цилиндрической поверхности максимального траста находятся ресурсы траста для реализации разгонов экипажа. Все будущие исследования по поиску оптимальных

Рис. 5. Поверхности максимального траста КвД (синяя цилиндрическая) и траста, требуемого для установившегося движения (красная поверхность) — вид с ростом скорости от читателя

траекторий разгона экипажа должны осуществляться в этой пространственной области.

На рис. 6 показано усиление комплексного пространственного восприятия, давая представление как бы сзади. С этого ракурса хорошо видна изогнутость так называемой линейчатой поверхности [18] (не путать линейчатую функцию с линейной!).

Если обратиться к рис. 3, то можно отметить, что отрезок прямой между точками 10 и 8 соответствует силе сопротивления воздуха $P_w = 15,8$ кН. Для конкретного скоростного среза эта сила постоянна. При изменении сопротивления опорной поверхности ($f_{k0} = var$) будет меняться угол наклона прямой 8–1, причем из-за постоянства положения точки 8 прямая 8–1 будет вращаться вокруг точки 8 в соответствии с одной ипостасью линейчатых функций.

Если обратиться к рис. 5, то в его верхней части, на «верхней полочке», можно увидеть криволинейный розовый треугольник — эта фигура соответствует изменению сопротивления воздуха с изменением скорости экипажа. Точка 8 со среза скорости $V_x = 67,2$ м/с (см. рис. 3) будет с изменением скорости перемещаться по правой параболе упомянутого криволинейного треугольника на рис. 5, образуя для каждого нового скоростного среза точку вращения прямых-клонов прямой 8–1 (см. рис. 3). Совокупность

Рис. 6. Поверхности максимального треста КвД (синяя цилиндрическая) и треста, требуемого для установившегося движения (красная поверхность) — вид с ростом скорости на читателя

множества этих прямых-клонов реализует вторую ипостась линейчатых функций — движение точки подвеса прямых по некой кривой.

Этому уделено внимание неспроста. При осуществлении оптимизации траектории вектора треста в случае реализации динамических режимов движения квантомобиля должна использоваться представленная поверхность силового баланса с учетом текущей скорости, и линейчатость поверхности будет способствовать простоте моделирования и анализа, поскольку модели линейчатых поверхностей хорошо разработаны.

Заключение

На базе ранее сформированного автором обобщенного уравнения силового баланса квантомобиля построена методика графоаналитического исследования баланса сил квантомобиля в плоскости тангажа. Расчеты, анализ и визуализация опираются на авторскую программную реализацию названного уравнения в среде ППП Maple.

Исследование выявило наличие в средней части полного диапазона углов наклона вектора треста (от нуля до 90°) зоны наиболее выгодного использования треста с частичным вывешиванием экипажа. Это создает предпосылки построения методик обоснования оптимального управления трестом (по величине и направлению) во взаимодействии экипажа с опорной поверхностью.

Графический инструментальный Maple позволил визуально оценить топологию пространства ресурсов тяги транспортного средства с КвД и обозначить возможность привлечения для дальнейших исследований аналитических средств этого ППП.

По мнению автора, программный и графический инструментальный современного ППП Maple способен обеспечить весь комплекс будущих расчетных, исследовательских и проектных работ по квантомобилю.

Библиографический список

1. Leonov V. S. Patent No. 2185526 (Russian Federation). A method of thrust generation in vacuum and a field engine for spaceship (options). Bulletin No. 20 dd. 20.07.2002 (priority date: 21.05.2001).
2. Leonov V. S. Quantum Energetics. Vol. 1. Theory of Superunification. Cambridge International Science

Publishing, 2010. 745 p. URL: http://www.cisp-publishing.com/acatalog/info_54.html.

3. Леонов В. С. Основы теории реактивной и не-реактивной тяги. 2018 https://drive.google.com/file/d/1ZPHqpyZ0hjovwWxbvuRpOV_yRVu2yt0F/view.

4. Brandenburg J. GEM theory of Q-V Thruster. Available at: http://ssi.org/wp-content/uploads/2017/02/ssi_estes_park_proceedings_201609.pdf. (accessed on: 01.04.2019).

5. Fetta G. Electromagnetic Thruster. Patent US 2014/0013724 A1. Available at: <http://www.rexresearch.com/fetta/US2014013724A1.pdf> (accessed on: 01.04.2019).

6. Shawyer R. A Theory of Microwave Propulsion for Spacecraft. Available at: <http://www.emdrive.com/theorypaper9-4.pdf>. (accessed on: 01.04.2019).

7. Tajmar M., Kößling M., Weikert M., Monette M. The Space Drive Project – First Results on EMDrive and Mach-Effect Thrusters. Available at: https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/ilr/rfs/ressourcen/dateien/forschung/folder-2007-08-21-5231434330/ag_raumfahrtantriebe/SPC-The-SpaceDrive-Project-First-Results-on-EMDrive-and-Mach-Effect-Thrusters.pdf?lang=en. (accessed on: 01.04.2019).

8. Фролов А. В. Новые источники энергии. 9-е изд. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. 219 с. URL: <http://www.faraday.ru/book01.pdf>. (accessed on: 01.04.2019).

9. Котилов Ю. Г. Конструктивные и эксплуатационные особенности автомобиля с квантовым двигателем // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 1 (66). С. 164–174. DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-1-164-174.

10. Kotikov Ju. Stages Of Quantomobile Development. Architecture and Engineering, Vol. 3 Issue 2. P. 26–35. DOI: 10.23968/2500-0055-2018-3-2-26-35.

11. Котилов Ю. Г. Квантомобиль: исследование формирования и приложения тяговой силы // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 4 (69). С. 189–198. DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-4-189-198.

12. Котилов Ю. Г. Тягово-скоростные свойства квантомобиль // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1 (72). С. 168–176. DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-168-176.

13. Kotikov Ju. Specifics of the Quantomobile Force Balance. Architecture and Engineering, Vol. 4 Issue 1. P. 3–10. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-1-3-10.

14. Котилов Ю. Г. Расчетное исследование силового баланса квантомобиль // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 2 (73). С. 147–152. DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-2-147-152.

15. Котилов Ю. Г., Ложкин В. Н. Транспортная энергетика / под ред. Ю. Г. Котилова. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 272 с.

16. Селифонов В. В., Хусаинов А. Ш., Ломакин В. В. Теория автомобиля. М.: МГТУ «МАМИ», 2007. 102 с.

17. Янте А. Механика движения автомобиля. Ч. 1 / пер. с нем. Н. И. Владинца, И. А. Левина. М.: Машгиз, 1958. 263 с.

18. Линейчатая поверхность. Большая советская энциклопедия. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/103746/%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%8F>.

References

1. Leonov V. S. A method of thrust generation in vacuum and a field engine for spaceship (options). Patent RF no. 2185526, 2001.

2. Leonov V. S. Quantum Energetics. Vol. 1. Theory of Superunification. Cambridge International Science Publ., 2010, 745 p. Available at: http://www.cisp-publishing.com/acatalog/info_54.html

3. Leonov V. S. Osnovy teorii reaktivnoy i nereaktivnoy tyagi [Fundamentals of the theory of reactive and non-reactive thrust]. 2018. Available at: https://drive.google.com/file/d/1ZPHqpyZ0hjovwWxbvuRpOV_yRVu2yt0F/view

4. Brandenburg J. GEM theory of Q-V Thruster. Available at: http://ssi.org/wp-content/uploads/2017/02/ssi_estes_park_proceedings_201609.pdf (accessed: 01.04.2019).

5. Fetta G. Electromagnetic Thruster. Patent US 2014/0013724 A1. Available at: <http://www.rexresearch.com/fetta/US2014013724A1.pdf> (accessed: 01.04.2019).

6. Shawyer R. A. Theory of microwave propulsion for spacecraft. Available at: <http://www.emdrive.com/theorypaper9-4.pdf> (accessed: 01.04.2019).

7. Tajmar M., Kößling M., Weikert M., Monette M. The space drive project – first results on EMDrive and Mach-Effect thrusters. Available at: https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/ilr/rfs/ressourcen/dateien/forschung/folder-2007-08-21-5231434330/ag_raumfahrtantriebe/SPC-The-SpaceDrive-Project-First-Results-on-EMDrive-and-Mach-Effect-Thrusters.pdf?lang=en (accessed: 01.04.2019).

8. Frolov A. V. Novye istochniki energii [New energy sources]. 9-th. ed., Tula, TulGU Publ., 2017, 219 p. Available at: <http://www.faraday.ru/book01.pdf> (accessed: 01.04.2019).

9. Kotikov Ju. G. Konstruktivnye i ehkspluatatsionnye osobennostiavtomobilya s kvantovym dvigatelem [Design and operability features of the quantum engine automobile]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers, 2018, no. 1 (66), pp. 164–174. DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-1-164-174.

10. Kotikov Ju. Stages of quantomobile development. *Architecture and Engineering*, vol. 3, iss. 2, pp. 26–35. DOI: 10.23968/2500-0055-2018-3-2-26-35.
11. Kotikov Ju. G. *Kvantomobil': issledovanie formirovaniya i prilozheniya tyagovoy sily* [Quantomobile: research of formation and imposition of thrust]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 4 (69), pp. 189–198. DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-4-189-198.
12. Kotikov Ju. G. *Tyagovo-skorostnye svoystva kvantomobilya* [Traction-speed properties of the quantomobile]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 1 (72), pp. 168–176.
13. Kotikov Ju. Specifics of the quantomobile force balance. *Architecture and Engineering*, Vol. 4, iss.1, pp. 3–10. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-1-3-10.
14. Kotikov Ju. G. *Raschetnoe issledovanie silovogo balansa kvantomobilya* [Calculation research of the quantomobile power balance]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 2 (73), pp. 147–152.
15. Kotikov Ju. G., Lozhkin V. N. *Transportnaya ehnergetika* [Transport energetics]. Ed. by Kotikov Ju. G. Moscow, Akademiya Publ., 2006, 272 p.
16. Selifonov V. V., Khusainov A. Sh., Lomakin V. V. *Teoriya avtomobilya* [Theory of the automobile]. Moscow, MGTU MAMI Publ., 2007, 102 p.
17. Yante A. *Mekhanika dvizheniya avtomobilya. Ch. 1* [Mechanics of the automobile movement. Pt. 1]. Transl. from German by Vladints N. I., Levin I. A. Moscow, Mashgiz Publ., 1958, 263 p.
18. *Lineychataya poverkhnost'. Bol'shaya sovetskaya ehntsiklopediya* [Linear surface. Big Soviet Encyclopedia]. Available at: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/103746/%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%8F>