

Шахтинский автодорожный институт
(филиал) Южно-Российского
государственного политехнического
университета (НПИ) им. М. И. Платова,
г. Шахты

РЕЗУЛЬТАТЫ КИНЕТОСТАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ПОЛЗУННО-КОРОМЫСЛОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

По данным Росавтостата основной причиной дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов является плохая видимость. Водителям в сумеречное и ночное время сложно заметить пешехода и сам пешеходный переход, несмотря на наличие дорожного знака. Для повышения безопасности дорожного движения в настоящее время используются автономные ветросолнечные установки. С другой стороны, мировым научным сообществом изучается возможность применения на практике такого класса устройств, как дорожные энергетические установки. Принцип действия таких установок основан на преобразовании энергии движения автомобиля в электрическую энергию. Целью данного исследования является определение сил, действующих в механизме дорожной энергетической установки, при проезде автомобиля. В результате силового исследования дорожной энергетической установки определены силы, возникающие в механическом преобразователе энергии проезжающего автомобиля в электрическую энергию.

Расчеты показали, что при проезде среднестатистического автомобиля массой 1600 кг через дорожную энергетическую установку на валу генератора возникает крутящий момент 393 Нм. При этом в генераторе возникает момент сопротивления, величина которого зависит от скорости проезжающего автомобиля: при скорости 20 км/ч момент сопротивления равен 115 Нм; при скорости 30 км/ч момент сопротивления равен 260 Нм; при скорости 40 км/ч момент сопротивления равен 390 Нм.

Количество энергии, накопленной маховиком, прямо пропорционально величине скорости и принимает значения: при скорости 20 км/ч количество энергии равно 47 Дж; при скорости 30 км/ч количество энергии равно 105 Дж; при скорости 40 км/ч количество энергии равно 165 Дж.

Данные расчетов показывают, что дорожная энергетическая установка работоспособна при заданных параметрах конструктивных элементов.

Ключевые слова: дорожная энергетическая установка, автономный источник энергии, энергия транспортного потока, искусственная неровность, возобновляемая энергетика.

Введение. Согласно отчету всемирной ассоциации возобновляемой энергетики «Renewable Energy Policy Network», доля альтернативных источников энергии ежегодно растет [1]. Анализ отечественной и зарубежной научной литературы показывает, что учеными из разных стран уделяется внимание разработке такого класса устройств, как дорожные энергетические установки. Исследования, посвященные дорожным энергетическим установкам, проводятся в следующих странах: США [2, 3], Китай [4], Индия [5], Пакистан [6], Палестина [7], Франция [8], Бахрейн [9] и в др. Принцип действия дорожных энергетических установок основан на том, что в момент наезда транспортного средства на искус-

ственную дорожную неровность последняя получает импульс энергии, который можно преобразовать в электрическую энергию и использовать для электроснабжения объектов дорожной инфраструктуры (освещение пешеходных переходов, подсветка дорожных знаков, электроснабжение светофоров). В вышеперечисленных исследованиях преобразователь поступательного движения автотранспортного средства во вращательное движение генератора выполняется в виде зубчатой передачи, что существенно повышает стоимость всей конструкции. Авторами данного исследования предлагается конструкция дорожной энергетической установки, в которой исполнение преобразователя воздей-



Рис. 1. Конструктивно-кинематическая схема дорожной энергетической установки

ствующего усилия в виде «ползунно-коромыслового механизма» [10, 11] и проведены исследования по определению конструктивных параметров ползунно-коромыслового механизма [12, 13]. В данном исследовании разработана расчетная схема для определения сил и моментов, возникающих в дорожной энергетической установке. Проведенный кинестатический анализ позволил определить энергетический потенциал дорожной энергетической установки и показывает, что при заданных параметрах конструктивных элементов представленное устройство работоспособно.

Принцип действия дорожной энергетической установки с ползунно-коромысловым преобразователем. Предлагаемая конструкция дорожной энергетической установки (рис. 1) выгодно отличается от существующих аналогов тем, что исполнение преобразователя воздействующего усилия в виде «ползунно-коромыслового механизма» существенно упрощает конструкцию установки путем перехода от высшей зубчатой кинематической пары звеньев к низшей вращающейся кинематической паре «шатун - коромысло», что снижает общую стоимость конструкции и увеличивает наработку звеньев на отказ.

Принцип действия дорожной энергетической установки следующий: установленное в уровень покрытия дорожного полотна неподвижное перфорированное основание обеспечивает плавность наезда и съезда автомобиля с энергетической установки. Автомобиль наезжает колесами на подвижную панель и шток, при утапливании кинематически связанных с ним сегментов подвижной панели опускается вниз. Приводятся в движение ползун, шатун и коромысло. Последние, через обгонную муфту создавая крутящий момент на ведомом валу, разгоняют маховик и ротор генератора.

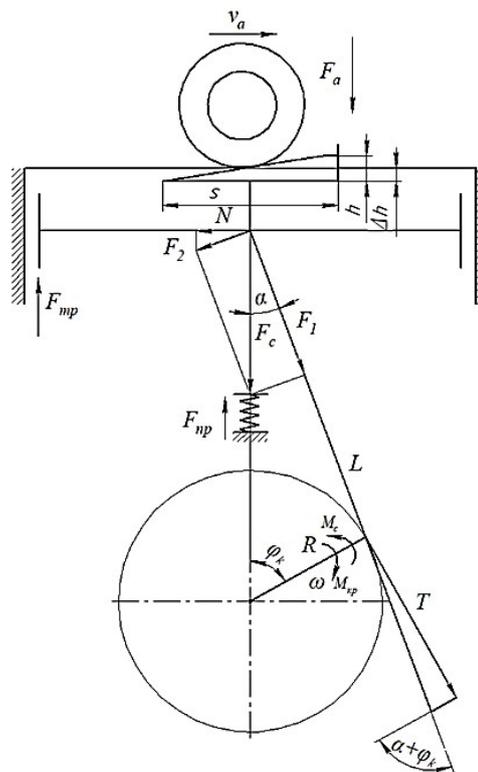


Рис. 2. Схема формирования сил, действующих на дорожную энергетическую установку в момент наезда автомобиля

Пружина, обеспечивающая возврат нажимной панели и ползунно-коромыслового механизма в исходное состояние после съезда автотранспортного средства, сжимается под воздействием перемещающегося штока.

Таким образом, дорожная энергетическая установка выступает в роли механизма рекуперации энергии, который замедляет движение транспортного средства путем преобразования его кинетической энергии в электрическую энергию, которая может быть использована немедленно или сохранена до необходимости.

В дорожной энергетической установке электрический генератор использует импульс транспортного средства для восстановления энергии, которая в противном случае была бы потеряна для тормозных дисков в виде тепла.

В традиционных тормозных системах избыточная кинетическая энергия преобразуется в нежелательное и потерянное тепло из-за трения в тормозах.

В дополнение к повышению общей эффективности транспортного средства рекуперация может значительно продлить срок службы тормозной системы, поскольку механические детали не будут быстро изнашиваться.

Анализ сил и моментов, действующих на дорожную энергетическую установку. Целью кинестатического расчета является определение сил, действующих на звенья механизма, реакций в кинематических парах и затрат энергии, необходимой для приведения механизма в движение и выполнения им работы в соответствии с его назначением.

Задачей кинестатического исследования является определение крутящего момента и момента сопротивления, развиваемых на валу маховика при проезде автомобиля, и количества энергии, запа-

сенной маховиком. Для анализа сил, действующих на дорожную энергетическую установку, рассмотрим расчетную схему (рис. 2).

Крутящий момент $M_{кр}$ на валу маховика в ползуно-коромысловом механизме определяется как произведение тангенциальной силы на радиус коромысла [14]:

$$M_{кр} = R \cdot T, \quad (1)$$

где R — радиус коромысла, T — тангенциальная сила, направленная по касательной к окружности вращения коромысла.

Согласно [14], тангенциальная сила определяется по формуле:

$$T = F_1 \cdot \sin(\alpha + \phi_k), \quad (2)$$

где F_1 — сила, приложенная к шатуну.

Сила, приложенная к шатуну, определяется как произведение суммарной свободной силы F_c , действующей по оси движения нажимной платформы дорожной энергетической установки на синус угла отклонения шатуна от вертикали:

$$F_1 = F_c \cdot \cos\alpha. \quad (3)$$

Под действием силы F_a возникает суммарная свободная сила F_c , действующая по оси движения нажимной платформы дорожной энергетической установки:

$$F_c = F_a - F_{mp} - F_{np}, \quad (4)$$

где F_a — сила, с которой автомобиль воздействует на нажимную платформу дорожной энергетической установки; F_{mp} — сила трения поступательно движущихся частей; F_{np} — сила сопротивления пружины.

В момент наезда на нажимную платформу передними колесами автомобиль, движущийся со скоростью v_a , воздействует на нажимную платформу с силой F_a , определяющуюся по формуле:

$$F_a = 1/2 \cdot m_a \cdot g. \quad (5)$$

где m_a — масса автомобиля; g — ускорение свободного падения.

Сила трения поступательно движущихся частей определяется по формуле:

$$F_{mp} = k \cdot N, \quad (6)$$

где k — коэффициент трения в подшипнике качения (принимается равным 0,002 согласно [15]);

N — сила нормального давления.

$$N = F_2 \cdot \cos\alpha, \quad (7)$$

где F_2 — нормальная сила, направленная к стенке нажимной платформы дорожной энергетической установки:

$$F_2 = \cos\alpha. \quad (8)$$

Сила сопротивления пружины определяется по формуле [16]:

$$F_{np} = k_x \cdot x, \quad (9)$$

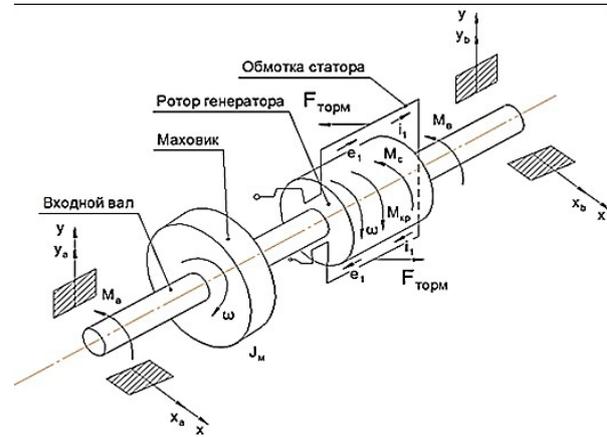


Рис. 3. Расчетная схема к определению моментов внешних сил

где $k_x = 10$ — коэффициент жесткости; $x = 0,06$ — величина, на которую сжимается пружина.

Помимо крутящего момента действуют следующие силы и моменты (рис. 3).

M_c — момент сопротивления, обусловленный трением в подшипниках, инерционностью маховика и ротора, а также электромагнитным моментом, создаваемым генератором;

J_M — суммарный момент инерции маховика и ротора генератора.

Момент инерции маховика определяется по формуле:

$$J_M = m_M \cdot r_M^2. \quad (10)$$

Момент сопротивления обусловлен трением в подшипниках, инерционностью маховика и электромагнитным моментом, создаваемым генератором:

$$M_c = \frac{J_M \cdot \omega}{t}, \quad (11)$$

где m_M — масса маховика; r_M — радиус маховика; ω — угловая скорость маховика, t — время, за которое автомобиль доезжает до середины нажимной панели.

Масса маховика определяется по формуле [16]:

$$m_M = \rho \cdot V, \quad (12)$$

где $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$ — удельная плотность материала [17]; V — объем маховика.

Объем маховика определяется по формуле:

$$V = \pi \cdot r_M^2 \cdot h_M, \quad (13)$$

где h_M — длина маховика.

Количество накопленной энергии маховиком дорожной энергетической установки:

$$E_M = 0,5 \cdot J_M \cdot \omega^2. \quad (14)$$

Результаты. Исследование проводится при параметрах конструктивных элементов дорожной энергетической установки, приведенных в табл. 1.

Согласно ГОСТ Р 52605-2006, применение искусственных дорожных неровностей осуществляется при следующих скоростях автотранспортного средства: 20, 30, 40 км/ч. Поэтому расчеты крутящего

Таблица 1

Параметры конструктивных элементов
дорожной энергетической установки

Наименование параметра	Обозначение	Единицы измерения	Фактическое значение
Нажимная платформа			
Длина основания	l	м	0,5
Высота	h	м	0,06
Ползунно-коромысловый механизм			
Радиус коромысла	R	м	0,095
Длина шатуна	L	м	0,317
Начальное положение коромысла	$\varphi_{\text{нач}}$	Градусы	90,28
Конечное положение коромысла	$\varphi_{\text{кон}}$	Градусы	136,49
Маховик			
Масса	m_M	кг	42
Радиус	r_M	м	0,095
Длина	h_M	м	0,19
Генератор			
Тип генератора	Синхронный генератор с постоянными магнитами		
Номинальная мощность	$P_{\text{ном}}$	Вт	100
Номинальная угловая скорость	ω_r	рад/с	800

момента, момента сопротивления и энергетического потенциала целесообразно рассчитывать при вышеуказанных скоростях.

Результаты расчета моментов приведены на рис. 4. График изменения крутящего момента и момента сопротивления указывают на тот факт, что при выбранных начальном и конечном углах положения коромысла, на всем пути перемещения коромысла крутящий момент превышает момент сопротивления. Данный факт свидетельствует о том, что при выбранных начальных параметрах дорожная энергетическая установка работоспособна.

Результаты расчета энергии, накопленной маховиком, представлены на рис. 5.

Следует отметить, что на графике изображено накопление энергии при проезде только передних колес, т.е. энергетический потенциал рассматриваемой установки будет в два раза больше.

Выводы. В настоящее время учеными из разных стран мира разрабатываются различные конструкции дорожных энергетических установок с электромеханическим преобразователем. Для преобразования поступательного движения подвижной панели во вращательное движение вала маховика и генератора в настоящее время предлагается использовать зубчатые механические передачи. В данном исследовании предлагается произвести силовой анализ дорожной энергетической установки с ползунно-коромысловым механизмом.

В результате кинестатического исследования дорожной энергетической установки определены

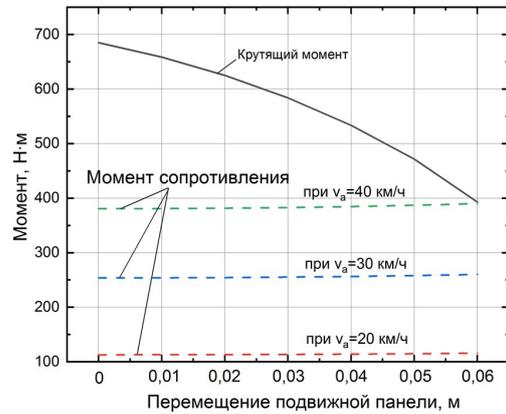


Рис. 4. График изменения крутящего момента и момента сопротивления

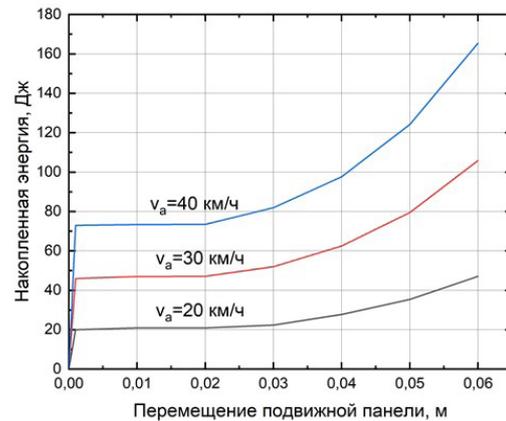


Рис. 5. График накопления энергии маховиком

силы, возникающие в механическом преобразователе энергии проезжающего автомобиля в электрическую энергию.

Расчеты показали, что при проезде среднестатистического автомобиля массой 1600 кг через дорожную энергетическую установку на валу генератора возникает крутящий момент 393 Н·м. При этом в генераторе возникает момент сопротивления, величина которого зависит от скорости проезжающего автомобиля:

- при скорости 20 км/ч момент сопротивления равен 115 Н·м;
- при скорости 30 км/ч момент сопротивления равен 260 Н·м;
- при скорости 40 км/ч момент сопротивления равен 390 Н·м.

Данные расчетов показывают, что дорожная энергетическая установка работоспособна при заданных параметрах конструктивных элементов.

Количество энергии, накопленной маховиком, прямопропорционально величине скорости и принимает значения:

- при скорости 20 км/ч количество энергии равно 47 Дж;
- при скорости 30 км/ч количество энергии равно 105 Дж;
- при скорости 40 км/ч количество энергии равно 165 Дж.

В будущих исследованиях планируется разработка имитационной модели дорожной энергетической установки для определения количества элект-

трической энергии, которую можно получить от проезда одного автомобиля.

Библиографический список

1. Deshmukh M. K. G., Sameeroddin M., Abdul D. [et al.]. Renewable energy in the 21st century: A review // *Materials Today: Proceedings*. 2023. Vol. 80. Part 3. P. 1756–1759. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.05.501.
2. Walubita L. F., Faruk A. N. M., Helffrich J. [et al.]. The Quest for Renewable Energy—Effects of Different Asphalt Mixes and Laboratory Loading on Piezoelectric Energy Harvesters // *Energies*. 2023. Vol. 16 (1). 157. DOI: 10.3390/en16010157.
3. Gholikhani M., Beheshti Shirazi S. Y., Mabrouk G. M. [et al.]. Dual electromagnetic energy harvesting technology for sustainable transportation systems // *Energy Conversion and Management*. 2021. Vol. 230 DOI: 10.1016/j.enconman.2020.113804.
4. Sun M., Wang W., Zheng P. [et al.]. A novel road energy harvesting system based on a spatial double V-shaped mechanism for near-zero-energy toll stations on expressways // *Sensors and Actuators. A: Physical*. 2021. Vol. 323. DOI: 10.1016/j.sna.2021.112648.
5. Srinivas R. S., Naresh H., Raghuvardhan N. Design and fabrication of A system for harnessing energy from road traffic // *Materials Today: Proceedings*. 2018. Vol. 5 (2). P. 6189–6194. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.12.226.
6. Azam A., Ahmed A., Hayat N. [et al.]. Design, fabrication, modelling and analyses of a movable speed bump-based mechanical energy harvester (МЕН) for application on road // *Energy*. 2021. Vol. 214. 118894. DOI: 10.1016/j.energy.2020.118894.
7. Hassouna F. M. A. Assad M., Koa I. [et al.]. Energy and Environmental Implications of Using Energy-Harvesting Speed Humps in Nablus City // *Palestine. Atmosphere*. 2021. Vol. 12. 937. DOI: 10.3390/atmos12080937.
8. Ramadan M., Khaled M., El Hage H. Using Speed Bump for Power Generation – Experimental Study // *Energy Procedia*. 2015. Vol. 75. P. 867–872. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.07.192.
9. Abdelrhman A. M., Karim A. R. A., Georgantopoulou C. [et al.]. Hybrid renewable energy harvesting device for street lightning in the Kingdom of Bahrain // *AIP Conference Proceedings*. 2022. Vol. 2676. 030006. DOI: 10.1063/5.0109867.
10. Пат. 205403 U1 Российская Федерация, МПК F 03 G 7/08. Дорожная энергетическая установка / Ляшенко Ю. М., Прудий А. В., Колесник М. Н.; № 2021110180; заявл. 12.04.21; опубл. 13.07.21. Бюл. № 20. EDN LAXZPZ.
11. Пат. 214465 U1 Российская Федерация, МПК F 03 G 7/08. Дорожная энергетическая установка / Ляшенко Ю. М., Прудий А. В., Волков Д. В.; № 2022123633; заявл. 05.09.22; опубл. 28.10.22. Бюл. № 31. EDN INQWVN.
12. Ляшенко Ю. М., Прудий А. В., Колесник М. Н. Дорожная энергетическая установка с коромысло-шатунным преобразователем движения нажимной платформы // *Современные прикладные исследования: материалы Пятой национальной науч.-практ. конф., Шахты, 17–19 марта 2021 года. Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова, 2021. Т. 1. С. 227–231. EDN VXGIKG.*
13. Ляшенко Ю. М., Прудий А. В. Исследование влияния движения звеньев механического преобразователя дорожной энергетической установки на функционирование генератора // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика*. 2021. Т. 21, № 3. С. 41–48. DOI: 10.14529/power210305. EDN JNEEDO.
14. Лукин А. М., Квалдыков В. В. Теоретическая механика (раздел «Динамика»). Омск: Изд-во СибАДИ, 2008. 372 с.
15. Перель Л. Я. Подшипники качения: расчет, проектирование и обслуживание: справ. Москва: Машиностроение, 1983. 543 с.
16. Савельев И. В. Курс общей физики. Т. 1. В 3 т. Механика. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 340 с.
17. Поливанов П. М., Поливанова Е. П. Таблицы для подсчета массы деталей и материалов: справ. 12-е изд., испр. и доп. Москва: Машиностроение, 2003. 304 с.

ПРУДИЙ Алексей Васильевич, старший преподаватель кафедры «Транспортная безопасность и управление дорожной инфраструктурой» Шахтинского автодорожного института (филиал) Южно-Российского государственного университета (НПИ) им. М. И. Платова (ШАИ (филиал) ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова), г. Шахты.
 SPIN-код: 5223-3876
 AuthorID (РИНЦ): 795980
 ORCID: 0000-0003-0236-8821
 AuthorID (SCOPUS): 57771787400
 Адрес для переписки: prudiy@yandex.ru

ЛЯШЕНКО Юрий Михайлович, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Транспортная безопасность и управление дорожной инфраструктурой» ШАИ (филиал) ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова, г. Шахты.
 SPIN-код: 7361-3127
 AuthorID (РИНЦ): 862931
 ORCID: 0000-0002-6553-0163
 AuthorID (SCOPUS): 6603581379
 Адрес для переписки: lumdtn@yandex.ru

Для цитирования

Прудий А. В., Ляшенко Ю. М. Результаты кинетостатического исследования дорожной энергетической установки с ползуно-коромысловым преобразователем // *Омский научный вестник*. 2023. № 3 (187). С. 109–115. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-109-115.

Статья поступила в редакцию 23.03.2023 г.
 © А. В. Прудий, Ю. М. Ляшенко

Shakhty Automobile
and Road Construction Institute (branch)
Platov South-Russian
State Polytechnic University (NPI)
Shakhty, Russia

RESULTS OF KINETOSTATIC RESEARCH OF ROAD ENERGY HARVESTING SYSTEM WITH SLIDER-ROCKER MECHANISM

The base factor of accidents with pedestrians is zero visibility as revealed by Russian auto statistic. Drivers have a poor view of pedestrians and crosswalk at twilight and night against road sign. Currently autonomous wind turbines and solar panels are used for improve of road safety. From another angle practice possibility of equipment type as road energy harvesting system is studying scientific collaboration. Operation of the systems is based on car motion energy conversion to electrical energy. The research goal is force determination acting in mechanism of road energy harvesting system. As a result of force study of road energy harvesting system, the forces in mechanical energy converter to electrical energy are determined when a car pass. On generator shaft torque is created equal 393 Num when typical car passes with 1600 kg mass by way road energy harvesting system from the performed calculations. Moreover, in generator resistive torque produces with value depending speed of moving car: at speed of 20 km/h the resistive torque is 115 Num; at speed of 30 km/h resistive torque is 260 Num; at speed of 40 km/h resistive torque is 390 Num.

The energy amount saved by flywheel is directly proportional to speed and has values: at speed of 20 km/h energy is 47 J; at speed of 30 km/h energy is 105 J; at speed of 40 km/h energy is 165 J.

The calculation data show that road energy harvesting system is operable with given parameters of construction elements.

Keywords: road energy harvesting system, self-generated energy sources, energy of the transport flow, speed bump, renewable energy.

Reference

1. Deshmukh M. K. G., Sameeroddin M., Abdul D. [et al.]. Renewable energy in the 21st century: A review // *Materials Today: Proceedings*. 2023. Vol. 80. Part 3. P. 1756–1759. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.05.501. (In Engl.).
2. Walubita L. F., Faruk A. N. M., Helffrich J. [et al.]. The Quest for Renewable Energy – Effects of Different Asphalt Mixes and Laboratory Loading on Piezoelectric Energy Harvesters // *Energies*. 2023. Vol. 16 (1). 157. DOI: 10.3390/en16010157. (In Engl.).
3. Gholikhani M., Beheshti Shirazi S. Y., Mabrouk G. M. [et al.]. Dual electromagnetic energy harvesting technology for sustainable transportation systems // *Energy Conversion and Management*. 2021. Vol. 230. DOI: 10.1016/j.enconman.2020.113804. (In Engl.).
4. Sun M., Wang W., Zheng P. [et al.]. A novel road energy harvesting system based on a spatial double V-shaped mechanism for near-zero-energy toll stations on expressways // *Sensors and Actuators. A: Physical*. 2021. Vol. 323. DOI: 10.1016/j.sna.2021.112648. (In Engl.).
5. Srinivas R. S., Naresh H., Raghuvardhan N. Design and fabrication of A system for harnessing energy from road traffic // *Materials Today: Proceedings*. 2018. Vol. 5 (2). P. 6189–6194. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.12.226. (In Engl.).
6. Azam A., Ahmed A., Hayat N. [et al.]. Design, fabrication, modeling and analyses of a movable speed bump-based mechanical energy harvester (MEH) for application on road // *Energy*. 2021. Vol. 214. 118894. DOI: 10.1016/j.energy.2020.118894. (In Engl.).
7. Hassouna F. M. A., Assad M., Koa I. [et al.]. Energy and Environmental Implications of Using Energy-Harvesting Speed Humps in Nablus City // *Palestine. Atmosphere*. 2021. Vol. 12. 937. DOI: 10.3390/atmos12080937. (In Engl.).
8. Ramadan M., Khaled M., El Hage H. Using Speed Bump for Power Generation – Experimental Study // *Energy Procedia*. 2015. Vol. 75. P. 867–872. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.07.192. (In Engl.).
9. Abdelrhman A. M., Karim A. R. A., Georgantopoulou C. [et al.]. Hybrid renewable energy harvesting device for street lightning in the Kingdom of Bahrain // *AIP Conference Proceedings*. 2022. Vol. 2676. 030006. DOI: 10.1063/5.0109867. (In Engl.).
10. Patent 205403 U1 Russian Federation, IPC F 03 G 7/08. Dorozhnaya energeticheskaya ustanovka [Road power plant] / Lyashenko Yu. M., Prudiy A. V., Kolesnik M. N. No. 2021110180. (In Russ.).

11. Patent 214465 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F03G 7/08. Dorozhnaya energeticheskaya ustanovka [Road power plant] / Lyashenko Yu. M., Prudiy A. V., Volkov D. V. No. 2022123633. (In Russ.).

12. Lyashenko Yu. M., Prudiy A. V., Kolesnik M. N. Dorozhnaya energeticheskaya ustanovka s koromyslo-shatunnym preobrazovatelem dvizheniya nazhimnoy platformy [The road power plant with the slider-rocker push plate motion converter] // *Sovremennyye prikladnyye issledovaniya. Contemporary Applied Research*. Novocheerkassk, 2021. Vol. 1. P. 227–231. EDN VXGIKG. (In Russ.).

13. Lyashenko Yu. M., Prudiy A. V. Issledovaniye vliyaniya dvizheniya zven'yev mekhanicheskogo preobrazovatelya dorozhnoy energeticheskoy ustanovki na funktsionirovaniye generatorya [Research into the impact of road power energysystem mechanical converter links motion on generator operation] // *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Energetika. Bulletin of the South Ural State University. Series: Power Engineering*. 2021. Vol. 21, no 3. P. 41–48. DOI: 10.14529/power210305. (In Russ.).

14. Lukin A. M., Kvaldykov V. V. Teoreticheskaya mekhanika (razdel «Dinamika») [Theoretical mechanics (Dynamics section)]. Omsk, 2008. 372 p. (In Russ.).

15. Perel' L. Ya. Podshipniki kacheniya: raschet, proyektirovaniye i obsluzhivaniye: sprav [Roller bearings: calculations, design, and maintenance: handbook]. Moscow, 1983. 543 p. (In Russ.).

16. Savelyev I. V. Kurs obshchey fiziki. T. 1. V 3 t. Mekhanika [A course of general physics. In 3 vols. Vol. 1. Mechanics]. Saint Petersburg, 2021. 340 p. (In Russ.).

17. Polivanov P. M., Polivanova E. P. Tablitsy dlya podscheta massy detaley i materialov: sprav [Tables for calculating the mass of parts and materials: handbook]. 12th ed., corrected and additional. Moscow, 2003. 304 p. (In Russ.).

PRUDIY Aleksey Vasilyevich, Senior Lecturer of Transport Security and Road Infrastructure Management Department, Shakhty Automobile and Road Construction Institute (branch) Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Shakhty.

SPIN-code: 5223-3876

AuthorID (RSCI): 795980

ORCID: 0000-0003-0236-8821

AuthorID (SCOPUS): 57771787400

Correspondence address: prudiy@yandex.ru

LYASHENKO Yuriy Mikhaylovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Transport Security and Road Infrastructure Management Department, Shakhty Automobile and Road Construction Institute (branch) Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Shakhty.

SPIN-code: 7361-3127

AuthorID (RSCI): 862931

ORCID: 0000-0002-6553-0163

AuthorID (SCOPUS): 6603581379

Correspondence address: lumdtn@yandex.ru

For citations

Prudiy A. V., Lyashenko Yu. M. Results of kinetostatic research of road energy harvesting system with slider-rocker mechanism // *Omsk Scientific Bulletin*. 2023. No. 3 (187). P. 109–115. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-109-115.

Received March 23, 2023.

© A. V. Prudiy, Yu. M. Lyashenko