

УДК 62:658.589

DOI: 10.18698/0536-1044-2018-3-55-61

Модель расчета наведенного напряжения на антенном блоке самоходных стреловых кранов в электромагнитном поле линий электропередачи

М.М. Жилейкин¹, В.А. Рошин²

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

² ЗАО «ИТЦ «КРОС», 141281, Московская обл., Ивантеевка, Санаторный проезд, д. 1

A Model for Calculating Induced Voltage on the Antenna Unit of a Mobile Boom Crane in the Electromagnetic Field of Overhead Transmission Lines

M.M. Zhileykin¹, V.A. Roshchin²

¹ BMSTU, 105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1

² ZAO Engineering and Technical Center KROS, 141281, Ivanteevka, Moscow region, Russian Federation, Sanatorniy proezd, Bldg. 1

@ e-mail: jileykin_m@mail.ru, roshchinva@mail.ru

i В связи с высокой аварийностью работ стреловых самоходных кранов вблизи линий электропередачи повышение точности функционирования приборов безопасности таких машин от опасного приближения к проводам линий электропередачи является актуальной задачей. Разработана теоретическая модель расчета наведенной ЭДС (наведенного напряжения) в антенном блоке прибора безопасности. Обоснованы выбор электрического поля как наиболее стабильного фактора для обнаружения линий электропередачи, а также ряд допущений в теоретической модели расчета наведенного напряжения для практического применения в разработке и конструировании антенн приборов. На основе уравнений Максвелла проведен расчет наведенного напряжения для одно-, двух- и многоцепных линий электропередачи с разными номинальными напряжениями при учете последовательности фаз. Рассмотрены факторы окружающей среды, влияющие на точность расчетной модели, которые необходимо учитывать при конструировании приборов безопасности. Использование предложенной расчетной модели позволяет повысить защищенность кранов от поражения электрическим током.

Ключевые слова: прибор безопасности, линия электропередачи, наведенное напряжение, расчетная модель

i Due to the high accident rate in mobile boom crane operation near overhead transmission lines, the issue of improving the accuracy of crane safety devices in the dangerous vicinity of the transmission line wires is urgent. The paper describes a theoretical model developed for calculating the induced EMF (induced voltage) on the antenna unit of the safety device. The selection of the electric field as the most stable factor for the detection of transmission lines is substantiated. A number of assumptions are substantiated in the theoretical model of calculation of induced EMF for practical application in the design and construction of antenna devices. On the basis of Maxwell's equations, the induced voltage is calculated for transmis-

sion lines of various configurations (single-, double- and multi-circuit) and various nominal voltages, taking into account the phase sequence. Environmental factors that affect the accuracy of the design model and must be taken into account when designing safety devices are examined. The proposed design model makes it possible to increase the protection of cranes from electric shock.

Keywords: safety device, overhead power line, induced voltage, calculation model

Современные средства защиты стреловых самоходных кранов от опасного приближения к проводам линий электропередачи (ЛЭП) должны обеспечивать обнаружение ЛЭП и остановку перемещения стрелы грузоподъемной машины до попадания в зону, запрещенную для нахождения ее подвижных частей и груза. Параметры этой зоны для различных ЛЭП установлены действующими Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» [1]. В настоящее время задача определения расстояний от подвижных элементов крана до проводов ЛЭП с необходимой для его безопасной работы точностью остается нерешенной [2, 3].

Анализ существующих приборов безопасности грузоподъемных кранов [4–9] показал, что их принцип работы основан на измерении потенциала электрического поля проводника с переменным током — провода ЛЭП — и сравнении полученного значения с установленными порогами срабатывания. Чувствительным элементом таких приборов является антенна в виде замкнутого металлического контура, расположенного преимущественно на оголовке стрелы крана, хотя некоторые конструкции антенн предполагают их размещение и на крыше кабины машины.

На уровень наведенного напряжения в антенном блоке (АБ) — чувствительность АБ — оказывают влияние как конструктивные параметры АБ (форма и размеры антенны), так и факторы окружающей среды на месте проведения работ (состояние атмосферы, наличие поблизости крупных заземленных проводников). Для учета таких особенностей работы приборов безопасности и повышения точности их срабатывания необходимо построить достаточно общую математическую модель, описывающую систему ЛЭП–кран и позволяющую оценить уровень наведенного напряжения в АБ.

Цель работы — построение расчетной модели наведенного напряжения на АБ прибора безопасности.

Расчетная модель полей ЛЭП. В теоретической расчетной модели ЛЭП принята воздушной, переменного тока. В кабельных ЛЭП фазные провода не разнесены в пространстве и создаваемые ими электромагнитные поля взаимно компенсируются и не могут быть определены датчиками на АБ кранов.

Как показано в работе [2], из полей, генерируемых воздушными ЛЭП в окружающее пространство, можно выделить те, которые теоретически способны фиксировать АБ приборов безопасности и тем самым препятствовать нахождению подъемных и грузовых частей крана в запретной зоне ЛЭП. К ним относятся следующие поля:

- магнитное, определяемое токами, протекающими по проводам ЛЭП;
- электрическое (ЭП), создаваемое фазными напряжениями проводов ЛЭП;
- коронный разряд (КР), создающий широкополосный спектр электромагнитного излучения.

В работе [10] также указано, что в рамках построения модели определения наведенного напряжения на АБ в силу неравномерности (суточной и сезонной нагрузки ЛЭП, несбалансированной ЛЭП для магнитного поля) и кратковременности импульсов (для КР) достаточно сложно стабильно определять датчиками АБ уровень наведенного напряжения от магнитного поля и от КР.

Поэтому в теоретической расчетной модели имеет смысл рассматривать определение напряженности только ЭП как наиболее стабильного фактора для обнаружения ЛЭП и не учитывать воздействие магнитного поля и КР. Влиянием на ЭП расщепления фаз высоковольтных ЛЭП по условиям коронирования можно пренебречь [11, 12].

Еще в середине 80-х годов XX века в работе [13] была предложена достаточно оригинальная модель расчета ЭП вблизи ЛЭП, включавшая в себя последовательный расчет ЭП трехфазной системы линейных проводников, расположенных вблизи проводящей поверхности с наклонным выступом, расчет системы линейных проводников и проводника прямоугольного

сечения, расположенных вблизи плоской проводящей поверхности, и уточнение напряженности ЭП вблизи конструкции защищаемого механизма.

Другие расчетные модели определения наведенного напряжения $U_{\text{навАБ}}$ в АБ также не позволяли добиться приемлемого результата для обеспечения точности позиционирования стреловых кранов и безопасности их работы. Поэтому до сих пор остается актуальным построение расчетной модели, учитывающей особенности работы в поле ЛЭП АБ, расположенного непосредственно на металлоконструкции стрелового крана.

ЭП промышленной частоты (50 Гц) является квазистатическим [7], поэтому для расчета перераспределенных зарядов на проводах ЛЭП применимы следующие уравнения Максвелла в матричной форме:

$$\dot{U}_\phi = \mathbf{a}\mathbf{q}; \quad \mathbf{q} = \mathbf{c}\dot{U}_\phi,$$

где \dot{U}_ϕ — матрица фазных напряжений на проводах; \mathbf{a} — матрица взаимных потенциальных коэффициентов; \mathbf{q} — матрица зарядов на проводах; \mathbf{c} — матрица взаимных потенциальных емкостей.

Для трехпроводной системы ЛЭП, представленной на рис. 1, матрица фазных напряжений имеет вид

$$\dot{U}_\phi = \begin{bmatrix} \dot{U}_{\phi A} \\ \dot{U}_{\phi B} \\ \dot{U}_{\phi C} \end{bmatrix}; \quad \dot{U}_{\phi A} = U_\phi; \quad \dot{U}_{\phi B} = \dot{U}_{\phi A} e^{-j\frac{2\pi}{3}}; \\ \dot{U}_{\phi C} = \dot{U}_{\phi A} e^{j\frac{2\pi}{3}}; \quad U_\phi = U_{\text{ном}} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}},$$

где $\dot{U}_{\phi A}$, $\dot{U}_{\phi B}$ и $\dot{U}_{\phi C}$ — напряжения на фазах А, В и С; j — мнимая единица; $U_{\text{ном}}$ — номинальное напряжение на проводах ЛЭП.

В расчетной модели наведенный потенциал (наведенное напряжение $U_{\text{навАБ}}$) вычисляется с учетом влияния Земли (методом зеркальных отражений). Данными для расчета являются размеры проводов ЛЭП, их пространственные координаты h_i (i — номер провода ЛЭП) и амплитуды напряжений относительно поверхности Земли $\dot{U}_{\phi i}$.

На их основе определяются координаты отраженных проводов, расстояния между каждой парой физических проводов d_{ik} и их отражениями D_{ik} , которые впоследствии используют для расчета собственных a_{ii} и взаимных a_{ik}

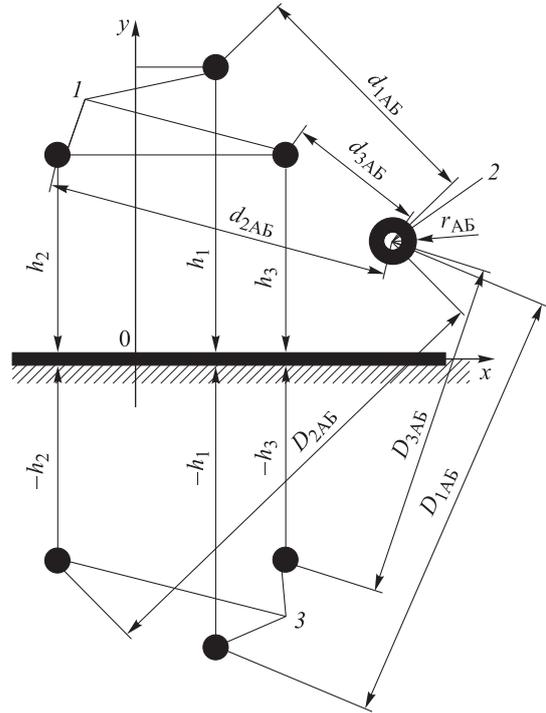


Рис. 1. Схема расчета взаимных коэффициентов с учетом влияния Земли:
1 и 3 — провода ЛЭП и их отражения относительно земли;
2 — АБ

потенциальных коэффициентов, а также собственных c_{ii} и взаимных c_{ik} емкостей матрицы, наведенных на провода зарядов \mathbf{q}_i .

Согласно уравнениям Максвелла, для нахождения наведенного напряжения в АБ $U_{\text{навАБ}}$ необходимо корректно определить матрицу собственных c_{ii} и взаимных c_{ik} емкостей проводов ЛЭП и АБ (или сначала потенциальных коэффициентов a_{ik}).

Матрицы \mathbf{a} и \mathbf{c} имеют вид

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{c} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}.$$

Собственный потенциальный коэффициент i -го провода в общем виде вычисляется по формуле

$$a_{ii} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 S_i} \int_{S_i} \left(\frac{1}{r_+} - \frac{1}{r_-} \right) dS_i,$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ — электрическая постоянная; S_i — площадь поверхности i -го провода; r_+ — расстояние между элементарными площадками i -го провода и его центром; r_- — расстояние между элементарной площадкой i -го провода и

зеркального относительно земли отображения центра i -го провода.

При допущении, что радиус i -го провода r_i гораздо меньше длины провода l и средней высоты i -го провода над землей h_i ($r_i \ll l$, $r_i \ll h_i$), собственные коэффициенты проводов определяются как

$$a_{ii} = \frac{2}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_i}{r_i}.$$

Для простоты решения можно задаваться значениями высоты i -го провода без учета его провисания, что дает погрешность около 5...7 %.

В общем случае провода i и k можно рассматривать как совокупность точек. Тогда согласно методу средних потенциалов [14] взаимный потенциальный коэффициент между проводами i и k имеет вид

$$a_{ik} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 S_i S_k} \iint_{S_i S_k} \left(\frac{1}{r_+} - \frac{1}{r_-} \right) dS_i dS_k,$$

где S_i и S_k — поверхность i -го и k -го провода; r_+ — расстояние между элементарными площадками обоих проводов; r_- — расстояние между элементарной площадкой k -го провода и зеркального относительно земли отображения площадки i -го провода.

Совокупность проводов и сферического АБ радиусом r_{AB} с учетом влияния земли можно представить в виде схемы, приведенной на рис. 1.

Теперь можно рассчитать взаимные потенциальные коэффициенты связи проводов ЛЭП, проинтегрировав выражение для них при допущении $r_i \ll l$, $r_i \ll h_i$. Тогда для одинаковых соосных проводов радиусом r_0 взаимный потенциальный коэффициент

$$a_{ik} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 l_i l_k} \iint_{l_i l_k} \left(\frac{1}{r_0} \right) dl_i dl_k \approx \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{ik}}{d_{ik}},$$

где l_i и l_k — длина i -го и k -го провода; D_{ik} — расстояние между i -м проводом и зеркальным отображением k -го провода; d_{ik} — расстояние между проводами i и k .

В этом случае взаимные потенциальные коэффициенты связи проводов ЛЭП имеют вид

$$a_{12} = a_{21} \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{12}}{d_{12}}; \quad a_{23} = a_{32} \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{23}}{d_{23}};$$

$$a_{13} = a_{31} \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{13}}{d_{13}}.$$

Наведенное напряжение в АБ определяется по формуле [15]

$$U_{\text{наВ АБ}} = \sum_{i=1}^3 a_{i\text{АБ}} q_i,$$

где $a_{i\text{АБ}}$ — взаимные потенциальные коэффициенты i -го провода линии ЛЭП и АБ; q_i — заряд i -го провода ЛЭП.

Матрица зарядов на проводах для трехпроводной системы имеет вид

$$\mathbf{q} = \mathbf{c} \dot{\mathbf{U}}_{\Phi} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_{\Phi A} \\ \dot{U}_{\Phi B} \\ \dot{U}_{\Phi C} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{c} = \mathbf{a}^{-1}.$$

Для первоначального приближенного расчета взаимных потенциальных коэффициентов проводов и АБ допустимо применять преобразованную формулу

$$a_{i\text{АБ}} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{C_{i\text{АБ}}}{c_{i\text{АБ}}}.$$

Здесь

$$C_{i\text{АБ}} = \frac{D_{i\text{АБ}}^2 - r_{\text{АБ}}^2}{r_{\text{АБ}} D_{i\text{АБ}}}; \quad c_{i\text{АБ}} = \frac{d_{i\text{АБ}}^2 - r_{\text{АБ}}^2}{r_{\text{АБ}} d_{i\text{АБ}}},$$

где $D_{i\text{АБ}}$ — расстояние между центрами АБ и зеркального относительно земли отражения i -го провода; $d_{i\text{АБ}}$ — расстояние между центрами АБ и i -го провода.

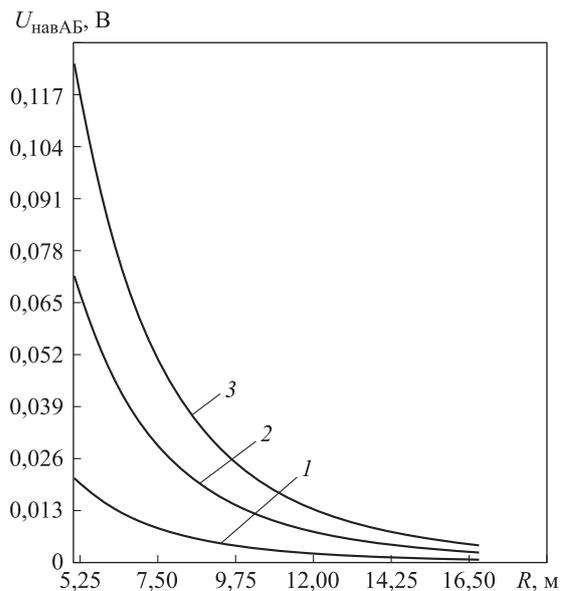


Рис. 2. Расчетная зависимость наведенного напряжения $U_{\text{наВ АБ}}$ от расстояния до ближайшего провода R одноцепной ЛЭП с номинальным напряжением $U = 6$ (1), 10 (2) и 35 кВ (3)

На основании приведенной расчетной модели построены графики зависимости наведенного напряжения в АБ от расстояния до ближайшего провода одноцепной ЛЭП с разным номинальным напряжением (рис. 2).

Влияние погодных и естественных факторов на наведенное напряжение в АБ. Следует отметить, что в предложенной расчетной модели наведенного напряжения не учтено влияние факторов (погодных и природно-ландшафтных) окружающей среды, которые в ряде случаев могут оказывать существенное воздействие на $U_{\text{нав.АБ}}$ и корректировать расчетную модель.

Так как ЭП ЛЭП имеет потенциальный характер с выраженными вертикальными и горизонтальными компонентами, его силовые линии замыкаются через объекты окружающей среды. Электрическая проводимость объектов среды может быть достаточна для стекания зарядов к земле (эквипотенциальной поверхности нулевого потенциала). Кроме того, внесение проводника в ЭП приводит к перераспределению зарядов. Отсюда следует существенный эффект экранирования АБ крупными проводниками (объектами городской инфраструктуры или растительностью в охранной зоне воздушной ЛЭП).

В случае осадков, при повышенной влажности, ЭП также будет отличаться от теоретически расчетного (т. е. «шунтироваться»), что приводит к уменьшению измеряемого значения $U_{\text{нав.АБ}}$.

Также в работе [13] показано, что при условии вынесения АБ на расстояние около 150 мм от металлоконструкций крана погрешность измерения наведенного напряжения в АБ не превышает 5 %.

Выводы

1. Разработанная расчетно-аналитическая модель определения наведенного напряжения в АБ самоходных стреловых кранов позволяет:

- оценить уровень наведенного напряжения в АБ от ЭП воздушной ЛЭП с разным номинальным напряжением;
- выявить факторы, влияющие на точность измерения наведенного в АБ напряжения датчиками АБ.

2. На основе полученных результатов можно скорректировать пороги срабатывания приборов безопасности и повысить защищенность самоходного стрелового крана от опасного приближения его грузовых и выдвигаемых частей к проводам ЛЭП.

Литература

- [1] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. № 533. URL: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-rostekhnadzora-ot-12112013-n-533-ob/> (дата обращения 10 октября 2017).
- [2] Белов С.В., ред. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование. Справочник. Москва, Машиностроение, 1989. 368 с.
- [3] A Performance Evaluation of Two Power Line Proximity Warning devices. URL: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/userfiles/works/pdfs/2009-110.pdf>.
- [4] Воронезцев А.В., Макаров А.Б., Казаков Э.А., Мамонов А.И., Чубаров В.И. Устройство для обнаружения электрического поля линии электропередачи. Пат. РФ № 2319159 С1, опубл. 10.03.2008, бюл. № 7, 9 с.
- [5] Sigalarm products reduce unnecessary accidents. URL: <https://sigalarminc.com/products/> (дата обращения 10 октября 2017).
- [6] Semrad Pty Ltd. URL: <http://www.semrad.com.au/products/safety-systems/wireless-high-voltage-proximity-alarm> (дата обращения 10 октября 2017).
- [7] Тимин Ю.Ф., Огнев В.Б., Коненков А.М., Черных А.И., Владимиров Ю.Г., Герасимов В.П. Устройство для обнаружения и сигнализации при приближении к ЛЭП. Пат. РФ № 2097895, опубл. 27.11.1997.
- [8] Andres D., Stevick G. Overhead Powerline Early Warning Devices for Cranes, Lifts and other Aerial Mobile Equipment. URL: <http://www.bearinc.com/papers/PowerLineDetection.pdf> (дата обращения 1 сентября 2017).

- [9] Носко А.Л. *Оценка эффективности тормозов при обеспечении безопасной работы грузоподъемных машин*. Москва, Университетская книга, 2017. 136 с.
- [10] Желамский М.В. *Электромагнитное позиционирование подвижных объектов*. Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2013. 320 с.
- [11] *Правила устройства электроустановок*. Утверждены Приказом Минэнерго России от 8 июля 2002 г., № 204.
- [12] Гурвич И.С. *Защита ЭВМ от внешних помех*. Москва, Энергоатомиздат, 1984. 224 с.
- [13] Парахин А.М. *Защита от приближения высокогабаритных механизмов к воздушным линиям электропередачи с автоматическим выбором безопасного расстояния*. Дис. ... канд. техн. наук, Москва, МЭИ, 1984. 291 с.
- [14] Нейман Л.Р., Демирчан К.С. *Теоретические основы электротехники*. В 2 т. Т. 1. Ленинград, Изд-во Энергия. Ленингр. отд., 1967. т.1, 411 с.
- [15] Саранин В.А. О взаимодействии двух электрически заряженных проводящих шаров. *Успехи физических наук*, 1999, т. 169, № 4, с. 453–458.

References

- [1] *Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoi bezopasnosti «Pravila bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov, na kotorykh ispol'zuiutsia pod"emnye sooruzheniia»*. Uverzhdeny prikazom Federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 12 noiabria 2013 g. № 533 [Federal norms and rules in the field of industrial safety «Safety rules for hazardous production facilities which are used elevating constructions». Approved by the order of the Federal service for environmental, technological and nuclear supervision on 12 November 2013 no. 533]. Available at: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-rostekhnadzora-ot-12112013-n-533-ob/> (accessed 10 October 2017).
- [2] *Sredstva zashchity v mashinostroenii. Raschet i proektirovanie. Spravochnik* [Protection in mechanical engineering. Calculation and design. Reference]. Ed. Belov S.V. Moscow, Mashinostroenie publ., 1989. 368 p.
- [3] *A Performance Evaluation of Two Power Line Proximity Warning devices*. Available at: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/userfiles/works/pdfs/2009-110.pdf> (accessed 01 September 2017).
- [4] Voronezhtsev A.V., Makarov A.B., Kazakov E.A., Mamonov A.I., Chubarov V.I. *Ustroistvo dlia obnaruzheniia elektricheskogo polia linii elektroperedachi* [A device for detecting the electric field of a transmission line]. Patent RF no. 2319159 C1, 2006. 9 p.
- [5] *Sigalarm products reduce unnecessary accidents*. Available at: <https://sigalarminc.com/products/> (accessed 10 October 2017).
- [6] *Semrad Pty Ltd*. Available at: <http://www.semrad.com.au/products/safety-systems/wireless-high-voltage-proximity-alarm> (accessed 10 September 2017).
- [7] Timin Iu.F., Ognev V.B., Kononov A.M., Chernykh A.I., Vladimirov Iu.G., Gerasimov V.P. *Ustroistvo dlia obnaruzheniia i signalizatsii pri priblizhenii k LEP* [Device to detect and alarm when approaching power lines]. Patent RF no. 2097895, 1997.
- [8] Andres D., Stevick G. *Overhead Powerline Early Warning Devices for Cranes, Lifts and other Aerial Mobile Equipment*. Available at: <http://www.bearinc.com/papers/PowerLineDetection.pdf> (accessed 1 September 2017).
- [9] Nosko A.L. *Otsenka effektivnosti tormozov pri obespechenii bezopasnoi raboty gruzopod"emnykh mashin* [Evaluation of the effectiveness of the brakes while ensuring the safe operation of hoisting machines]. Moscow, Universitetskaya kniga publ., 2017. 136 p.
- [10] Zhelamskii M.V. *Elektromagnitnoe pozitsionirovanie podvizhnykh ob"ektov* [Electromagnetic positioning of mobile objects]. Moscow, FIZMATLIT publ., 2013. 320 p.
- [11] *Pravila ustroistva elektrostanovok. Uverzhdeny Prikazom Minenergo Rossii ot 8 iuliia 2002 g. no. 204* [Rules of electrical devices. Approved by Order of the Ministry of energy dated July 8, 2002, no. 204].
- [12] Gurvich I.S. *Zashchita EVM ot vneshnikh pomekh* [Protection of computers against external interference]. Moscow, Energoatomizdat publ., 1984. 224 p.

- [13] Parakhin A.M. *Zashchita ot priblizheniia vysokogabaritnykh mekhanizmov k vozдушным liniyam elektropredachi s avtomaticheskim vyborom bezopasnogo rasstoianiia*. Dis. kand. tekhn. nauk [Protection from approaching vysokosaharistyh mechanisms to aerial power lines with automatic selection of a safe distance. Cand. tehn. sci. diss.]. Moscow, MEI publ., 1984. 291 p.
- [14] Neiman L.R., Demirchan K.S. *Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki* [Theoretical foundations of electrical engineering]. Vol. 1, Leningrad, Energiia. Leningr. otd. publ., 1967. 411 p.
- [15] Saranin V.A. О взаимодействии двух электрически заряженных проводящих шаров [On the interaction of two electrically charged conducting balls]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Advances in Physical Sciences]. 1999, vol. 42, pp. 385–390, doi: 10.1070/PU1999v042n04ABEH000584.

Статья поступила в редакцию 07.12.2017

Информация об авторах

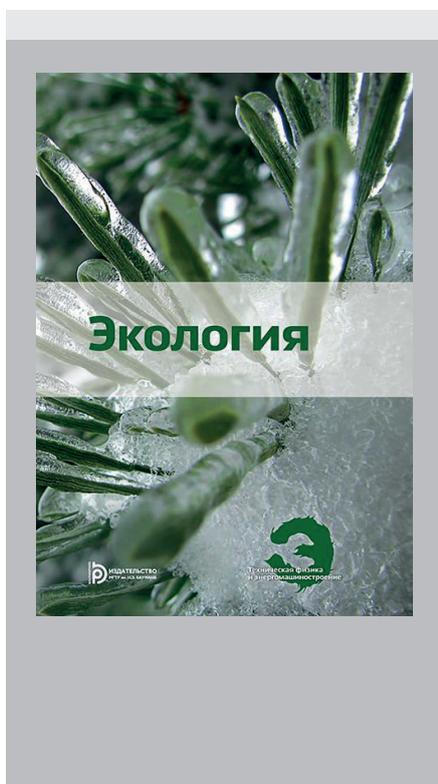
ЖИЛЕЙКИН Михаил Михайлович (Москва) — доктор технических наук, профессор кафедры «Колесные машины». МГТУ им Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: jileykin_m@mail.ru).

РОШИН Виталий Андреевич (Ивантеевка) — инженер. ЗАО «ИТЦ «КРОС» (141281, Московская обл., Ивантеевка, Российская Федерация, Санаторный проезд, д. 1, e-mail: roshchinva@mail.ru).

Information about the authors

ZHILEYKIN Mikhail Mikhailovich (Moscow) — Doctor of Science (Eng.), Professor, Department of Wheeled Vehicles. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: jileykin_m@mail.ru).

ROSHCHIN Vitaliy Andreevich (Ivanteevka) — Engineer. ZAO Engineering and Technical Center KROS (141281, Ivanteevka, Moscow region, Russian Federation, Sanatorniy proezd, Bldg. 1, e-mail: roshchinva@mail.ru).



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана
вышло в свет 4-е издание учебного пособия
А.А. Александрова, М.Н. Корсака, С.А. Мошарова
«Экология»

Изложены основные законы общей экологии, закономерности действия экологических факторов, особенности функционирования биосферы и биогеохимические циклы биогенных элементов, важнейшие количественные характеристики популяций, сообществ; структура и закономерности функционирования экосистем, типы сукцессий. Описаны основные среды жизни, адаптации живых организмов к различным условиям жизни. Рассмотрены принципы экологического мониторинга и нормирования, влияние неблагоприятных экологических факторов на здоровье человека и экосистемы, глобальные экологические проблемы.

Пособие основано на материалах лекций, которые авторы читают в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов всех специальностей МГТУ им. Н.Э. Баумана, изучающих дисциплину «Экология».

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;
press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru