

где  $a''$  – определенный участок маршрута, на котором изменяется либо длина, либо коэффициент общего сопротивления дороги;  $\delta''$  – общее количество участков маршрута движения, на которых изменяется длина или коэффициент общего сопротивления дороги.  $L_c$  – общая длина маршрута, м.

Следовательно, полная длина кривой  $D_{кр. \psi(l)}$  определяется из выражения:

$$D_{ед. \psi(l)} = D_{ед. \psi(l) OX} + D_{ед. \psi(l) OY} + D_{ед. \psi(l) OXY} \quad (9)$$

Используя произведение длины кривой  $D_{кр. \psi(l)}$  на значение коэффициента общего сопротивления дороги ( $\psi_{ср. зв.}$ ), определяется сложность дорожно-транспортных условий с учетом частоты, амплитуды и распределения  $\psi(l)$  по маршруту, выраженное в относительных единицах, имеет вид:

$$K = D_{ед. \psi(l)} \cdot \psi_{пд. сд.} \quad (10)$$

Средневзвешенное значение коэффициента общего сопротивления дороги ( $\psi_{ср. зв.}$ ) определяется по известному выражению, позволяющему установить фактическое значение  $\psi$  по длине маршрута.

Использование показателя сложности дорожно-транспортных условий ( $K$ ) при определении специфики изменения транспортных перевозок позволяет учесть пределы изменения, веса и распределения участков с различным сопротивлением качению по всему маршруту.

УДК 681.2.083

## МАЛОГАБАРИТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ-СИГНАЛИЗАТОР ДЛЯ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ Лукаш В.С.<sup>1</sup>, Соломахо В.Л.<sup>1</sup>, Лукаш С.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ООО «Полимастер»

Минск, Республика Беларусь

Широкое распространение технологий, использующих атомную энергию и ионизирующее излучение (далее – ИИ), потенциальные риски, связанные с вероятностью аварий на ядерных объектах (число которых в мире увеличивается), а также необходимость утилизации радиоактивных отходов привели к созданию специального (как правило, стационарного) оборудования и автоматизированных систем радиационного контроля [1–4]. В последние годы наряду с рисками объективного характера, связанными с использованием атомной энергии и ИИ, возрастают проблемы ядерного терроризма, незаконного оборота радиоактивных материалов и т.д., которые определяют необходимость создания портативного и мобильного оборудования радиационного контроля.

Определенной характеристикой актуальности работ, проводимых в этом направлении, является патентная активность и количество нормативных

Совершенно очевидно, что активно внедряемые программно-аппаратные комплексы мониторинга транспортных средств, функционирующие на базе навигационных модулей GPS и каналов сетей сотовой связи, представляют собой техническую основу такой системы. Итогом ее реализации должна стать единая сеть информационно-аналитического и модельного обеспечения процессов принятия решений в сфере транспорта и смежных областях, которые будут учитывать не только длину, скоростной режим, загруженность маршрута движения но и специфику распределения коэффициента суммарного сопротивления дороги на протяжении всей длины маршрута движения, в частности спуски, подъемы, качество дорожного покрытия (наличие дефектов дорожного покрытия) последнее должно вноситься в программное обеспечение на уровне внесения в реальное время затворов, пробок и т.д. должны корректироваться с учетом.

### Литература

1. Почужевський О.Д. Формування показників складності маршруту руху та узгодженості параметрів системи «двигун-трансмсія» кар'єрного автосамоскиду / О.Д. Почужевський. Вісник національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. пр. – Рівне, 2011. – Вип. 3(55). – С. 109–115.

документов (далее – НД), разработанных странами, определяющими тенденции развития атомной энергетики и оборудования (в том числе контрольного) для их реализации (рисунки 1, 2).

При ежедневном пользовании портативным и мобильным оборудованием радиационного контроля важны массогабаритные параметры, энергопотребление, а также возможность работы в различных погодных условиях.

В нашей стране одним из производителей оборудования радиационного контроля, в том числе и портативного, является ООО «Полимастер». Выпускаемый предприятием ИСП-PM1703GNA-II предназначен для поиска (обнаружения и локализации) радиоактивных и ядерных материалов по их внешнему гамма- и нейтронному излучениям, измерения мощности индивидуального эквивалента дозы (далее – МЭД) гамма-излучения [5].

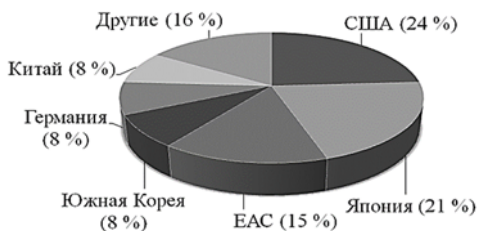


Рисунок 1 – Патентная активность стран-производителей оборудования

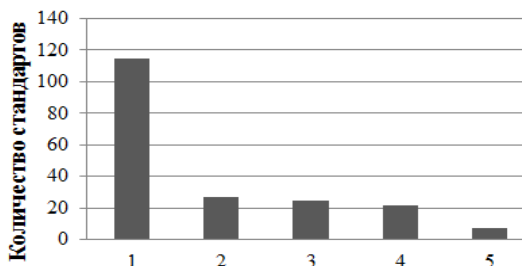


Рисунок 2 – Количество НД:

1 – Международные стандарты; 2 – Национальные стандарты США; 3 – Межгосударственные стандарты; 4 – Европейские стандарты; 5 – Национальные стандарты Республики Беларусь

Данный Измеритель-сигнализатор поисковый (далее – ИСП) имеет следующую структурную схему представленную на рисунке 3.

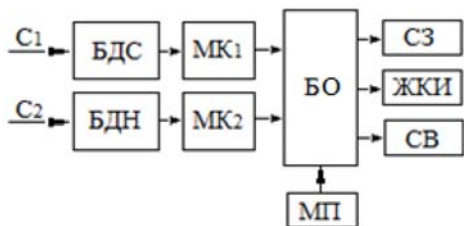


Рисунок 3 – Структурная схема РМ1703GNA-II:

С – сигнал; БДН – блок детектирования нейтронный; БДС – блок детектирования сцинтилляционный; МК – микропроцессорный контроллер; БО – блок обработки; СВ - сигнализатор вибрационный СЗ – сигнализатор звуковой; МП – модуль питания

Прибор оснащен двумя высокочувствительными детекторами: сцинтилляционным детектором CsI(Tl) и нейтронным детектором на основе  ${}^6\text{LiF}/\text{ZnS}$ . Также в его состав входят два микропроцессорных контроллера, блок обработки, модуль питания, два сигнализатора и жидкокристаллический индикатор (далее – ЖКИ).

Блок детектирования преобразует регистрируемые гамма кванты или нейтроны в электрические импульсы квазигуассовой формы, которые затем поступают в блок обработки.

Блок обработки осуществляет тестирование прибора, управляет всеми режимами работы, ведет математическую обработку сигналов и осуществляет вывод информации на ЖКИ, световой, звуковой и вибрационный сигнализаторы. Выдача информации на сигнализаторы

осуществляется при превышении заранее установленного порогового значения.

В режиме поиска приборы осуществляют сравнение числа импульсов в единицу времени, поступающих с выходов блоков детектирования гамма- и нейтронного излучения, с пороговыми значениями, рассчитанными на основе значений радиационного фона, измеренного при калибровке прибора в естественных условиях с учетом установленных коэффициентов. При обнаружении источника выдается сигнал тревоги и осуществляется категоризация по природе радионуклида (природный или промышленный) [6].

Принцип действия приборов в режиме измерения основан на подсчете числа импульсов, поступающих с выхода детектора гамма-излучений, и вычислении МЭД при измерении гамма-излучения.

В этом режиме на ЖКИ индицируется измеренное значение МЭД в  $\mu\text{Sv/h}$ ,  $\text{mSv/h}$ ,  $\text{Sv/h}$  (или в  $\mu\text{R/h}$ ,  $\text{mR/h}$ ,  $\text{R/h}$ ). В нижней строке индицируется скорость счета нейтронного канала,  $\text{s}^{-1}$ .

Сигнализатор выполнен в малогабаритном корпусе из ударопрочной пластмассы, защищенном от попадания воды и пыли. Внешний вид прибора представлен на рисунке 4, а расположение детекторов прибора и их эффективных центров показаны на рисунке 5.



Рисунок 4 – Внешний вид РМ1703GNA-II

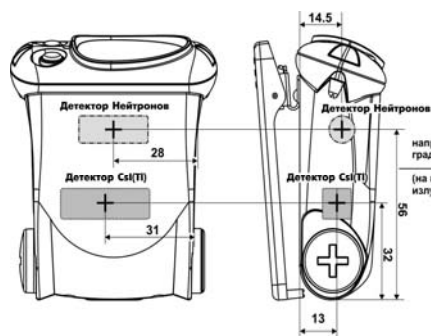


Рисунок 5 – Схема расположения детекторов РМ1703GNA-II

Измерители-сигнализаторы поисковые простые и удобны в эксплуатации, имеют малый вес и компактный размер, которые сочетаются с большим сроком службы от одного комплекта элементов питания (до 1000 часов непрерывной работы). Ударопрочный и влагоустойчивый корпус позволяет использовать прибор как в помещениях, так и на открытом воздухе.

Максимальная эффективность обнаружения ИИ наблюдается при расположении ИСП к обследуемому объекту на расстоянии не более 10 см при скорости его перемещения (трассирования) вдоль объекта не более 10 см/с. По мере приближения к ИИ частота следования сигналов возрастает.

**Литература**

1. Уроки аварий на промышленных облучательных установках / Международное агентство по атомной энергии. – Вена, 1997.  
 2. Wheatley J., Ortiz-Lopez P. IAEA Radiation Events Database (RADEV), Radiological Protection of Patients in

Diagnostic and Interventional Radiology / J. Wheatley, P. Ortiz-Lopez // Nuclear Medicine and Radiotherapy: Proc. Int. Conf. Malaga, 2001 / IAEA-CN-85-268. – Vienna, 2001.

3. Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography: Safety Reports Series No. 7 / International Atomic Energy Agency. – Vienna, 1998.

4. Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy: Safety Reports Series No. 17 / International Atomic Energy Agency. – Vienna, 2000.

5. ТУ BY 100345122.091-2017 «Измерители-сигнализаторы поисковые ИСП-PM1703GNA-II».

6. Mobile Intel® Pentium® Processor–M. Datasheet / Intel Corporation.

UDC 535.3

**UNCERTAINTY ESTIMATING OF THE COMPLEX VALUES IN ELECTROMAGNETIC MEASUREMENTS**

**Saukova Y.N., Malashonak S.V.**

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Belarus*

Electromagnetic quantities, for example, electric voltage, current, power, resistance, magnetic flux etc are of interest from the point of view of the concept of uncertainty, since most of them are complex in alternating current circuits containing capacitance or inductance.

Models of mathematical expectations of these quantities have three forms of notation – rectangular, polar and exponential. The rectangular form is [3]:

$$Z=a+bi, \tag{1}$$

where  $z$  -complex number;  $a$  – real part;  $b$  – imaginary part;  $i$  – imaginary unit,  $i^2=-1$ .

The polar form of notation involves the transition from Cartesian coordinates  $(x,y)$  to polar ones  $(r,\varphi)$  where  $r$  is the distance of the point from the origin and  $\varphi$  is the angle, in radians, from the positive  $x$ -axis to the ray connecting the origin of the point [3]:

$$Z = r(\cos\varphi+i\sin\varphi), \tag{2}$$

where  $r$  – modulus of complex number:

$$r = |z| = |a + bi| = \sqrt{a^2 + b^2}, \tag{3}$$

$\varphi$  – argument of complex number,

$$\varphi = \arctg \frac{b}{a}. \tag{4}$$

The exponential form of a complex quantity is [3]:

$$Z = r \cdot e^{i\varphi}, \tag{5}$$

where  $e^{i\varphi}$  – complex number from Euler’s formula.

The graphical interpretation of mathematical expectations of a complex quantity is a vector on a plane, as shown in Figure 1 (the real part of the number is plotted along the abscissa – the active

component of the quantity, along the ordinate – the imaginary part (or reactive component)

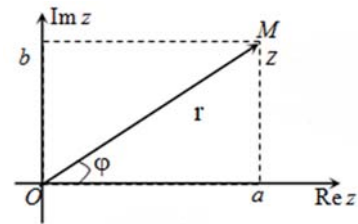


Figure 1 – Graphical representation of a complex quantity

Nowadays, there are guidelines [1–3] for estimating the uncertainty of complex quantities, given in rectangular form. For example, the author of [2] work offers several approaches to describing the uncertainty of a complex quantity: 1) using the Jacobi matrix; 2) based on alternative expressions of the law of propagation of uncertainty: a) through the correlation coefficients, б) using submatrix.

The Jacobi matrix has a block structure that can be related to the derivatives of  $f$  with respect to the individual 2D inputs [2].

$$J(y)=[J_1(y) J_2(y) \dots J_m(y)], \tag{6}$$

where

$$J_i(y) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_{1j}} & \frac{\partial f_1}{\partial x_{2j}} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_{1j}} & \frac{\partial f_2}{\partial x_{2j}} \end{bmatrix}. \tag{7}$$

These blocks represent 2D sensitivity coefficients. They can be related to complex partial derivatives of the function using "simple and elegant matrix". For a complex number (1), the mathematical expectation model is as follows [2]: