

13. Hirvonen, J., Riuttamaki, T., Mollestad, K. (2014). Inspection of risers with submarine robotics; technology, risks and regulations. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 24. Available at: <http://in3.dem.ist.utl.pt/docs/rnt2014finalprojects/p7.pdf>
14. Klimaticheskie trendy. (25.05.2015). Gidrometsentr Rossii. Available at: <http://meteoinfo.ru/climate/2015-05-25-13-36-16>
15. Edinaja gosudarstvennaja sistema informacii ob obstanovke v Mirovom okeane. ECIM. Available at: <http://hmc.meteorf.ru/sea/storm/index.php>
16. Blintsov, O. V., Nadochii, A. V. (2014). The generalized underwater technics efficiency estimation methodology of deep sea archaeological projects. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(3(67)), 25–29. doi:[10.15587/1729-4061.2014.21045](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.21045)

Надійшла (received) 08. 01. 2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Моделювання управління ризиками в проектах глибоководних археологічних досліджень з використанням засобів морської робототехніки/ А. В. Надточий// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 4(1176). – С.63–67. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459.

Моделирование управления рисками в проектах глубоководных археологических исследований с использованием средств морской робототехники/ А. В. Надточий// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 4(1176). – С.63–67. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459.

Modelling of risk management in projects of deep archaeological research using marine robotics funds/ Anatoly Nadochiy// Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 4 (1176). – P. 63–67. – Bibliogr.: 16. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Надточий Анатолій Вікторович – Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, старший викладач **кафедри «Автоматики та електроустаткування»**; пр. Ушакова, 44, м. Херсон, Україна, 73022; e-mail: tasman.85@mail.ru.

Надточий Анатолій Вікторович – Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, старший преподаватель кафедры «Автоматики и электрооборудования»; пр. Ушакова, 44 м. Херсон, Украина, 73022; e-mail: tasman.85@mail.ru.

Nadochiy Anatoliy – Kherson branch of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding, senior lecturer in "Automation and electrical equipment"; Ukraine, Kherson, Ushakova Avenue, 44, 73022

УДК 621. 519.816

И. Ш. НЕВЛЮДОВ, А. В. ПОНОМАРЕВА, В. О. БОРТНИКОВА

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЭМС АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

В статье предложена модель принятия решения о технологическом процессе (ТП) изготовления микроэлектромеханических (МЭМС) акселерометров на базе типизации ТП по результатам кластерного анализа объекта производства. Кластеризация акселерометров позволяет сгруппировать в рамках отдельных кластеров объекты по конструктивно-эксплуатационным признакам и предложить варианты ТП изготовления акселерометров, присущих конкретному кластеру. Результаты разработанного метода позволяют автоматизировать процесс проектирования ТП изготовления МЭМС акселерометров.

Ключевые слова: микроэлектромеханический акселерометр, микроэлектромеханические системы, типовой технологический процесс, кластерный анализ, компьютерное моделирование, дендрограмма, метод Варда, матрица расстояний, корреляция.

У статті запропонована модель прийняття рішення про технологічний процес (ТП) виготовлення мікроелектромеханічних (МЕМС) акселерометрів на базі типізації ТП за результатами кластерного аналізу об'єкта виробництва. Кластеризація акселерометрів дозволяє згрупувати в рамках окремих кластерів об'єкти по конструктивно-експлуатаційним ознаками і запропонувати варіанти ТП виготовлення акселерометрів, властивих конкретному кластеру. Результати розробленого методу дозволяють автоматизувати процес проектування ТП виготовлення МЕМС акселерометрів.

Ключеві слова: мікроелектромеханічний акселерометр, мікроелектромеханічні системи, типовий технологічний процес, кластерний аналіз, комп'ютерне моделювання, дендрограма, метод Варда, матриця відстаней, кореляція.

The paper is devoted to tasks of decision making automation at the stage of MEMS accelerometer production technological process design. For the task solving we propose approach based on technical process typing by cluster analysis results for production object – MEMS accelerometers. Accelerometers clustering allows to group in separate clusters objects by constructive and operational features and to propose accelerometer production technological processes inherent in a particular cluster.

The method is realized on the basis of hierarchical clustering. It allows to represent results in dendrogram form, that clearly shows the dependence of the obtained clusters and their decomposition. On the basis of performed researches it's clear for task solving for MEMS accelerometers production typical technological process design automation the best method is Ward's method.

Proposed method results allow to automate MEMS accelerometers production technological process design.

Keywords: accelerometer, microelectromechanical systems, typical technological process, cluster analysis, computer modeling, dendrogram, Ward's methods, the matrix distances correlation.

© И. Ш. Невлюдов, А. В. Пономарева, В. О. Бортникова. 2016

Введение. Проектирование технологического процесса изготовления микроэлектромеханических акселерометров представляет собой сложную оптимизационную задачу, основанную на использовании расчетных аналитических методов проектирования. Оптимальный вариант технологического процесса изготовления МЭМС акселерометра выбирается из нескольких вариантов технологий. Одним из альтернативных вариантов разработки ТП является разработка новых методов и инструментов для автоматизированного проектирования с использованием информации о типовом ТП и его существующих реализациях. Такой подход позволяет упростить сам процесс проектирования ТП, снизить временные затраты на проектирование и учитывать предыдущие опыты проектирования за счет использования информации о результатах реализаций ТП.

Теоретическое обоснование предложенного метода. Одним из эффективных вариантов проектирования ТП является использование типовых ТП. Типизация технологических процессов основана на классификации объектов производства и заключается в разделении их по конструктивным признакам на отдельные группы, для которых возможна разработка общих технологических процессов или операций.

Пусть множество акселерометром $Ak = \{Ak_1, Ak_2, Ak_3, \dots, Ak_n\}$ обозначает n существующих акселерометров МЭМС. Обозначим символом a_{ij} параметры i -й характеристики акселерометра Ak_j . А вектор $A_j = [a_{ij}]$ отвечает каждой группе параметров для j -го акселерометра.

Таким образом, для множества Ak акселерометров существуют вектора его параметров $A_j = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, которые описывают множество параметров акселерометров Ak .

В работах [1–5] предложены параметрические модели акселерометров Ak , и учитывают ряд конструктивно-эксплуатационных параметров. Вектор параметров $A_j = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ является исходными данными для классификации акселерометров и формирования отдельных кластеров. Тогда N параметров акселерометра A_1, A_2, \dots, A_n можно представить в виде матрицы

$$A_j = [A_1, A_2, \dots, A_n] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{Nn} \end{bmatrix},$$

где каждая строка матрицы – вектор параметров N -го акселерометра.

Пусть множеству акселерометров Ak принадлежат некоторые акселерометры Ak_j и Ak_k , которые описаны параметрами a_{ij} , тогда для каждого

множества акселерометров Ak будет задана метрика, если для любой пары акселерометров, которые принадлежат множеству Ak определено неотрицательное число d_{ij} . Тогда расстояние между элементами множества акселерометров A_i и A_j будет неотрицательное число, а матрица расстояний между парами векторов групп размеров акселерометров Δ симметричная и задана в следующем виде:

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & 0 & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix},$$

где $d_{ij} = 0$ для $i = 1, 2, \dots, n$.

Следовательно, имея матрицу расстояний $d(A_i, A_j)$ возможно построить дендрограмму $Dn(d(A_i, A_j))$, которая позволяет в графическом виде отобразить связи между объектами из заданного множества акселерометров в виде последовательность объединения (разделения) кластеров акселерометров.

Тогда запишем метод выбора типового ТП, который представляет собой описание совокупности приёмов и операций, применяемых при автоматизированном проектировании ТП для МЭМС акселерометров. Он заключается в следующем:

1. Составление вектора параметров акселерометра Ak_n . Каждый A_j параметр задается индексом $A_j = A_j^n$ если $x \leq A_j^n \leq y$, тогда в вектор параметров записывается значение $A_j = n$. В случае отсутствия j -го параметра в вектор записывается ноль.

2. Формирование матрицы параметров.

3. Расчёт вектора корреляционного расстояния $d(A_i, A_j)$ между парами параметров исходного множества данных, заданных матрицей A_j . Тогда, расстояние рассчитывается:

$$d(A_i, A_j) = 1 - \frac{(a_i - \bar{a}_i)(a_k - \bar{a}_k)'}{[(a_i - \bar{a}_i)(a_i - \bar{a}_i)']^{1/2} [(a_k - \bar{a}_k)(a_k - \bar{a}_k)']^{1/2}} \quad (1)$$

где A_i и A_k – это i и j строки матрицы A_j ; a_{ir} и a_{ks} – r и s объектов в кластере i, k .

4. Формирование иерархического дерева кластеров с использованием метода Варда [7]. Входным аргумент является вектором расстояний $d(A_i, A_k)$.

5. Построение дендрограммы и анализа полученных кластеров для определения типового ТП, присутствующих данному кластеру.

Результаты имитационного моделирования предложенного метода. Проведено имитационное моделирование данного метода. Входной информацией для моделирования послужила техническая документация РСВ Piezotronics Inc на МЭМС акселерометры с разными конструкторско-эксплуатационными параметрами.

Сформирована матрица параметров 91x34, где 91 – размер выборки акселерометров фирмы PCB Piezotronics Inc [9], 34 – значения параметров МЭМС акселерометров. Некоторые из выбранных параметров: тип назначения, количество осей, материал чувствительного элемента и его конструкция, тип акселерометра, рабочие характеристики, параметры корпуса, параметры крепления, климатические факторы внешней среды, масса.

В ходе моделирования использованы различные методики расчета матриц расстояний,

результаты которых экспериментально обосновали теоретические положения метода. Также проведен анализ различных методов формирования кластеров при построении дендрограмм. Проведенный анализ результатов кластеризации показал, что метод Варда наиболее полно учитывает особенности рассматриваемых объектов. Дендрограмма, полученная с использованием метода Варда представлена на рис. 1.

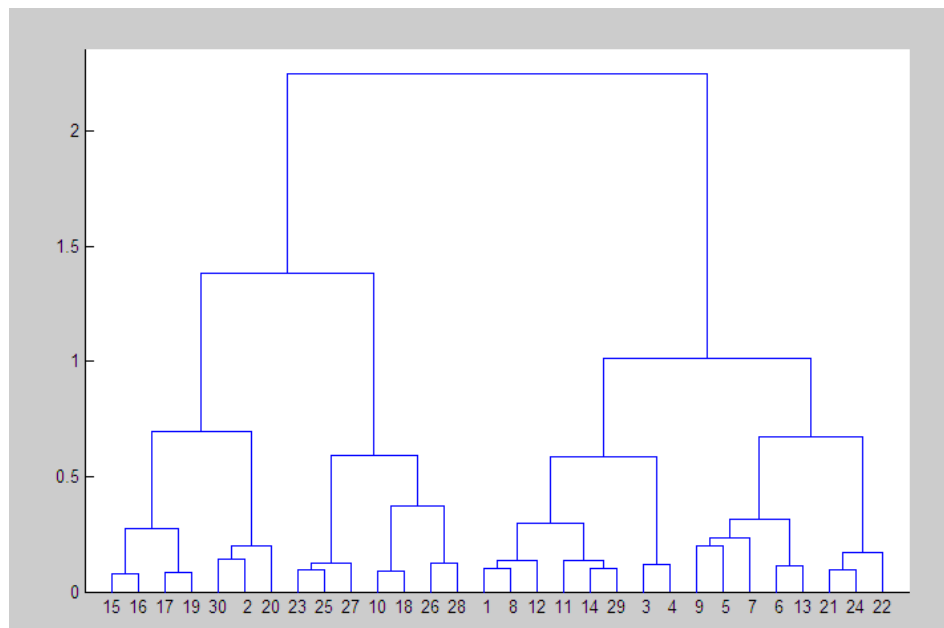


Рис. 1 – Дендрограмма по методу Варда

Выделено 30 кластеров, в каждом из которых содержится различное количество акселерометров. Например, в кластер №3 входят акселерометры 54 (модель 357B03) и 65 (модель 357A05). Варьируя границу дальности связи можно укрупнять кластеры. Так, для порогового значения дальности связи на уровне 1,2 можно выделить 3 кластера: кластер 1 (15, 16, 17, 19, 30, 2, 20), кластер 2 (23, 25, 27, 10, 18, 26, 28), кластер 3 (1, 8, 12, 11, 14, 29, 3, 4, 9, 5, 7, 6, 13, 21, 24, 22).

Основываясь на полученных результатах возможно провести анализ технологий, которые используются для того или иного кластера, что позволит обоснованно выбрать типовой ТП для

проектирования нового ТП изготовления акселерометра.

Тогда можно сделать предположение, что в один и тот же кластер могут попасть акселерометры с разными технологиями, а следовательно и отличными ТП. Тогда обозначим разные технологии как T_1, T_2, \dots, T_n в рамках каждого кластера. В рамках кластера можно выявить процентное соотношение используемых технологий. Это даст возможность сформировать рекомендацию по выбору типового ТП, под определенные конструктивно-эксплуатационных параметры нового акселерометра (табл. 1).

Таблица 1 – Пример предложенного подхода в рамках 3 кластеров

Кластер	Номер акселерометра	Технологии
1	15, 16, 17, 19, 30, 2, 20	T_1 – 68 % T_2 – 22% \Rightarrow предлагается выбор ТПП T_1 T_3 – 10%
2	23, 25, 27, 10, 18, 26, 28	$T_6 \Rightarrow$ предлагается выбор ТПП T_6
3	1, 8, 12, 11, 14, 29, 3, 4, 9, 5, 7, 6, 13, 21, 24, 22	T_2 – 18% T_4 – 56% \Rightarrow предлагается выбор ТПП T_4 T_5 – 26%

Следовательно, построение ТП изготовления новой модели акселерометра сводится к задаче

формирования вектора параметров акселерометра, процесса кластеризации и выявлению подходящей

технологии, а также последующему изменению параметров типового технологического процесса и решению оптимизационных задач на базе аналитических методов проектирования.

Выводы. В работе предложена модель принятия решения о выборе типового технологического процесса изготовления МЭМС акселерометров на этапе проектирования. Проведено имитационное моделирование и обоснованы теоретически положения разработанной модели. Кластерный анализ параметров 91 образца МЭМС акселерометров позволил сформировать 30 кластеров, которые в свою очередь за счет выбора порогового значения дальности связи можно укрупнить. Так для уровня дальности связи кластеров 1,2 сформировано 3 кластера. Результаты кластеризации по конструктивно-эксплуатационным параметрам акселерометров предложено использовать для выбора типового ТП при проектировании нового ТП изготовления акселерометра. Это позволит автоматизировать процесс проектирования ТП изготовления МЭМС акселерометров с учетом не только его проектных конструктивных параметров, но и с учетом фактически достигнутых значений данных параметров при предыдущих реализациях типовых ТП изготовления схожих МЭМС акселерометров.

Список литературы:

1. Бортникова, В. О. Математическая модель акселерометра для разработки модуля САПР ТП [Текст]: Сборник материалов форума: 19-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» / В. О. Бортникова. Харьков: ХНУРЭ, 2015. – С. 119–120.
2. Бортникова, В. О. Математическая модель чувствительности акселерометра для разработки модуля САПР [Текст]: материалы конференций: Дні науки в ДонНТУ / В. О. Бортникова. Красноармійськ: «ДонНТУ», 2015. – С. 380–382.
3. Бортникова, В. О. Математическая модель диапазона измеряемых ускорений акселерометра для разработки модуля САПР МЭМС [Текст]: Збірник матеріалів Всеукраїнської студентської наукової конференції: Наукова Україна / В. О. Бортникова, Д. Ю. Резников. Дніпропетровськ: «SeKum Software», 2015. – С. 364–366.
4. Бортникова, В. О. Математическая модель метода нагрузки на чувствительный элемент акселерометра [Текст]: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку / В. О. Бортникова. Черкаси, 2015. – С. 98–99.
5. Евсеев, В. В. Математическая модель климатических факторов внешней среды для решения задач автоматизации технологии производства акселерометров на основе микроэлектромеханических систем [Текст]: Proceedings XXV international conference «New leading technologies in machine building» / В. В. Евсеев, В. О. Бортникова // Koblevo-Kharkov, Ukraine 2015. – 54 с.
6. Ким, Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Текст]: Пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др.; Под ред. И. С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
7. Ward, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function / J.H. Ward// Journal of the American statistical association. – 1963. – Vol. 58, № 301. – P. 236–244. doi:10.2307/2282967
8. Nevlyudov, I. Accelerometer parameters decomposition model for technological process design automation [Текст] / I. Nevlyudov, V. Yevsieiev, S. Miliutina, V. Bortnikova// Вісник національного університету «Львівська політехніка». Збірник наукових праць. Серія: Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. – 2015. – № 828. – С. 11–15.
9. PCB Piezotronics [Electronic resource]. Available at: <http://www.pcb.com/products/productfinder.aspx?tx=14>
10. Лотов, А. В. Многокритериальные задачи принятия решений [Текст] / А. В. Лотов, И. И. Пospelov. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.

Bibliography (transliterated):

1. Bortnikova, V. O. (2015). Matematicheskaja model' akselerometra dlja razrabotki modulja SAPR TP. Radioelektronika i molodezh' v XX veke. Khar'kov: HNURJe, 119–120.
2. Bortnikova, V. O. (2015). Matematicheskaja model' chuvstvitel'nosti akselerometra dlja razrabotki modulja SAPR. Dni nauky` v DonNTU. Krasnoarmijs'k: «DonNTU», 380–382.
3. Bortnikova, V. O., Reznikov, D. Ju. (2015). Matematicheskaja model' diapazona izmerjaemykh uskorenij akselerometra dlja razrabotki modulja SAPR MJeMS. Naukova Ukrainy. Dnipropetrovs'k: «SeKum Software», 364–366.
4. Bortnikova, V. O. (2015). Matematicheskaja model' metoda nagruzki na chuvstvitel'nyj jelement akselerometra. Avtomaty`zacija ta komp'yuterno-integrovani tehnologiyi u vy`robny`czvti ta osviti: stan, dosyagnennya, perspekty`vy`rozvy`tku. Cherkasi, 98–99.
5. Evseev, V.V., Bortnykova, V.O. (2015). Matematycheskaia model' klymatycheskykh faktorov vneshnei srody dlia resheniya zadach avtomatyzyatsyy tekhnolohyy proyzvodstva akselerometrov na osnove mykroelektromekhanicheskykh system. New leading technologies in machine building. Koblevo-Kharkov, 54.
6. Kym, Dzh.-O., Miuller, Ch. U., Klekka, U. R. Eds. Eniukova, Y. S. (1989). Faktorny, dyskrymynantnyy y klasternyy analiz. Moscow: Fynansy y statystyka, 215.
7. Ward, J. H. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. Journal of the American Statistical Association, 58(301), 236. doi:10.2307/2282967
8. Nevlyudov, I., Yevsieiev, V., Miliutina, S., Bortnikova, V. (2015). Accelerometer parameters decomposition model for technological process design automation. Visnyk natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika». Zbirnyk naukovykh prats, 828, 11–15.
9. PCB Piezotronics. Available at: <http://www.pcb.com/products/productfinder.aspx?tx=14>
10. Lotov, A. V., Pospelov, I. I. (2008). Mnogokriterial'nye zadachi prinjatija reshenij. Moscow: MAKSS Press, 197.

Поступила (received) 15.01.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Модель принятия решения на этапе проектирования технологического процесса изготовления МЭМС акселерометров/ И. Ш. Невлюдов, А.В. Пономарева, В. О. Бортникова// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.63–67. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Модель принятия решения на этапе проектирования технологического процесса изготовления МЭМС акселерометров/ И. Ш. Невлюдов, Г.В. Пономарьова, В. О. Бортникова// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.63–67. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Decision making model at the mems accelerometers production technological process design stage/ I. Nevlyudov, A. Ponomarova, V. Bortnikova//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 4 (1176) .– P. 63–67. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

Невлюдов Игорь Шакирович – доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, заведующий кафедрой технологии и автоматизации производства радиоэлектронных и электронно-вычислительных средств; пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166; e-mail: igor.nevliudov@nure.ua

Пономарева Анна Викторовна – кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, доцент кафедры технологии и автоматизации производства радиоэлектронных и электронно-вычислительных средств; пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166; e-mail: ganna.ponomaryova@nure.ua

Бортникова Виктория Олеговна – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, аспирант кафедры технологии и автоматизации производства радиоэлектронных и электронно-вычислительных средств; пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166; e-mail: viktorii.bortnikova@nure.ua

Невлюдов Игор Шакирович – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри технології та автоматизації виробництва радіоелектронних та електронно-обчислювальних засобів; пр. Науки, 14, м Харків, Україна, 61166; e-mail: igor.nevliudov@nure.ua

Пономарьова Ганна Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри технології та автоматизації виробництва радіоелектронних та електронно-обчислювальних засобів; пр. Науки, 14, м Харків, Україна, 61166; e-mail: ganna.ponomaryova@nure.ua.

Бортникова Вікторія Олегівна – Харківський національний університет радіоелектроніки, аспірант кафедри технології та автоматизації виробництва радіоелектронних та електронно-обчислювальних засобів; пр. Науки, 14, м Харків, Україна, 61166; e-mail: viktorii.bortnikova@nure.ua

Nevliudov Igor – Dr. Sc., Professor, Kharkiv National University of Radioelectronics, Head of Department of Technology and Automation of Production of Radio-electronic and Computing devices; address: Nauky avenue, 14, Kharkiv, Ukraine, 61166; e-mail: igor.nevliudov@nure.ua

Ponomareva Anna – Ph.D., associate professor, Kharkiv National University of Radioelectronics, associate professor of technology and automation of production of radio-electronic and computing means; address: Nauky avenue, 14, Kharkiv, Ukraine, 61166; e-mail: ganna.ponomaryova@nure.ua

Bortnikova Viktoriia – Kharkov National University of Radio Electronics, post graduate student of the department of technology and automation of production of radio-electronic and computing means; address: Nauky avenue, 14, Kharkiv, Ukraine, 61166; e-mail: viktorii.bortnikova@nure.ua

УДК 656.212:681.3

М. Ф. БУЛАНИЙ, О. В. ХМЕЛЕНКО, С. Г. ПЛАХТІЙ, Н. В. ГАРАЩЕНКО, С. Є. ФЕСЕНКО

РОЗРОБКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ОХОЛОДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО ДЕТЕКТОРА

В роботі подано результати розробки системи термоелектричного охолоджувача за допомогою елементів Пельтьє лінійного приймача оптичного випромінювання на базі приладу з зарядовим зв'язком типу ILX 511 фірми SONY. Крім того, був виготовлений вимірвальний модуль, який складався з вакуумної камери, лінійного детектора ILX 511, елементів Пельтьє, алюмінієвого холодопроводу та температурних сенсорів фірми Honeywell HEL-776A-1000. Керування модулем оптичного детектора здійснювалось за допомогою мікроконтроллера типу PIC18F4550 та аналого-цифрового перетворювача типу MCP-3208 фірми Microchip.

Ключові слова: прилад з зарядовим зв'язком, елемент Пельтьє, мікроохолоджувач, оптична система, приймач оптичного випромінювання.

В работе приведены результаты разработки системы термоэлектрического охладителя с помощью элементов Пельтье линейного приемника оптического излучения на базе устройства с зарядовой связью типа ILX 511 фирмы SONY. Кроме того, был изготовлен измерительный модуль, состоящий из вакуумной камеры, линейного детектора ILX 511, элементов Пельтье, алюминиевого холодопровода и температурных сенсоров фирмы Honeywell HEL-776A-1000. Управление модулем оптического детектора осуществлялось с помощью микроконтроллера типа PIC18F4550 и аналого-цифрового преобразователя типа MCP-3208 фирмы Microchip.

Ключевые слова: устройство с зарядовой связью, элемент Пельтье, микроохладитель, оптическая система, приемник оптического излучения.

In the course of this work, theoretical calculations of cascade thermopiles batteries were performed. Based on these calculations we showed the results of development of thermoelectric cooling using linear Peltier elements receiver optical radiation based on charge-coupled type ILX 511 company SONY. In addition, the measurement module was made, which consisted of the vacuum chamber, the linear detector ILX 511 Peltier items, aluminum cold conductor and temperature sensors firm by Honeywell HEL-776A-1000. Management of module of optical detector is delivered in the PIC18F4550 of MCU type and analogue-to-digital converter type of MCP-3208 of Microchip company.

Tests have shown good results, comparable with foreign analogues. Revealing that cooling devices, radiation detectors significantly increase the signal / noise ratio and the overall sensitivity of the whole filing system. It is shown that the construction elements of the cooling devices radiation detectors should be used thermoelectric Peltier elements.

Keywords: charge-coupled device, Peltier element, microcooler, optical radiation.