



- [7] Voinova S. A. "Upravlenie ekologichnostyu v zadache upravleniya effektivnostyu funkcionirovaniya tehnologicheskogo ob'ekta", *Energetika ta elektrifikatsiya*, no 7, p.p. 43 – 46, 2019.
- [8] Voinova S. A., Dets D. V. "Increasing the level of environmental efficiency of industry is the important result of its functioning control" / *Avtomatizatsiya tehnologichnih i biznes-protsesiv*, vol. 9, iss. 2, p.p. 7 - 10, 2017.
- [9] Voinov A. P., Voinova S. A. "Upravlenie ekonomichnostyu tehnicheskogo ob'ekta kak element upravleniya ego ekologichnostyu", *Materiali II mizhnarodnoyi naukovo-tehnichnoyi konferentsiyi "Aktualni problemi energo-resursozberezhennya ta ekologiyi"*. Odesa: ODAVA, p.p. 106 – 107, 2018.

Список використаних джерел

- [1] Voinova S. Ways of efficiency improving of modern production / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2017. Том 9. Вип. 3 . - С. 7 - 10.
- [2] Voinova S. Features of the technical objects control with registration their wear-out / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2018. Том 10. Вип. 4. - С. 28 - 31.
- [3] Воїнова С.О. Управління технічними об'єктами і технічна геронтологія / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2011. № 7, 8. – С. 20 - 23.
- [4] Воїнова С.О. Оновлення технічного об'єкта як засіб управління його технологічною ефективністю / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2011. № 5, 6. - С. 25 - 27.
- [5] Корчевой Ю.П., Пивняк Г.Г. Новітні технології використання вугілля в енергетиці / *Вісник НАН України*, 2006. №2. - С. 51 - 56.
- [6] Voinova S. Technical objects' ecological efficiency indicators control / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2019. Том 11. Вип. 1.- С. 43 - 46.
- [7] Воїнова С. А. Управление экологичностью в задаче управления эффективностью функционирования технологического объекта / *Энергетика та електрифікація*, 2019. № 7. - С. 43 - 46.
- [8] Voinova S. A., Dets D. V. Increasing the level of environmental efficiency of industry is the important result of its functioning control / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2017. Том 9. Вип. 2 .- С. 7 - 10.
- [9] Воїнов А.П., Воїнова С.А. Управление экономичностью технического объекта как элемент управления его экологичностью / *Матеріали II міжнародної науково-технічної конференції "Актуальні проблеми енерго-ресурсозбереження та екології"* 12-13 грудня 2018р., Одеса.- Одеса: ОДАВА, 2018.- С. 106 – 107.

УДК 621.362.192

МОДЕЛЬ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ГЕОМЕТРІЇ ГІЛОК ТЕРМОЕЛЕМЕНТІВ І ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ДВОКАСКАДНИХ ОХОЛОДЖУВАЧІВ В РЕЖИМІ МІНІМУМУ ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДМОВ

Журавльов Ю. І.

Національний університет «Одеська морська академія», 65029, Одеса, вул. Дідріхсона, 8

Copyright © 2020 by author and the journal "Automation of technological and business-processes".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1924>

Анотація. Розглянуто конструктивний метод підвищення показників надійності (інтенсивності відмов і ймовірності безвідмовної роботи) двокаскадних термоелектричних охолоджуючих пристроїв в режимі мінімуму інтенсивності відмов. У двокаскадних охолоджуючих пристроях є істотними взаємний вплив каскадів, підвищення перепаду температур, що вимагає аналізу зв'язку показників надійності з енергетичними показниками і конструктивними параметрами охолоджувача. Метою досліджень було підвищення показників надійності двокаскадного термоелектричного охолоджувального пристрою за рахунок варіації геометрії термоелементів і їх розподілів в каскадах в робочому діапазоні перепадів температур функціонування охолоджувача в режимі мінімуму



інтенсивності відмов. Для досягнення цієї мети розв'язано завдання: створення моделі зв'язку показників надійності з конструктивними параметрами і енергетичними показниками охолоджувача; визначення значень показників надійності термоелектричного охолоджувача при різних значеннях геометрії термоелементів, перепадів температур і теплового навантаження. Розроблено математичну модель двокаскадного термоелектричного охолоджувача, що зв'язує показники надійності з енергетичними показниками і конструктивними параметрами термоелементів в робочому діапазоні температур функціонування виробу, що забезпечує можливість проектування термоелектричних охолоджувачів підвищеної надійності. Аналіз результатів моделювання показав, що при заданому перепаді температур і теплового навантаження, зменшення відношення висоти термоелемента до його поперечного перерізу: збільшується величина максимального робочого струму в каскадах; зменшується сумарна кількість термоелементів; зменшується загальне падіння напруги; зменшується інтенсивність відмов і збільшується ймовірність безвідмовної роботи термоелектричного охолоджувача. З ростом температури для різних значень геометрії термоелементів і заданого теплового навантаження: зменшується холодильний коефіцієнт; збільшується відношення кількості термоелементів в каскадах; збільшується відносний перепад температури в каскадах і робочий струм; збільшується інтенсивність відмов. Залежність відносної інтенсивності відмов від перепаду температур має явно виражений нелінійний характер і зростає в діапазоні високих температурних перепадів. Практичним результатом досліджень стало те, що для двокаскадних охолоджувачів з однаковою геометрією гілок термоелементів в каскадах за рахунок зменшення відношення висоти термоелемента до площі поперечного перерізу можна в 2-10 разів зменшити інтенсивність відмов і підвищити ймовірність безвідмовної роботи.

Abstract. A constructive method for increasing reliability indicators (failure rate and probability of failure-free operation) of two-stage thermoelectric cooling devices in the mode of minimum failure rate is considered. In two-stage cooling devices, the mutual influence of cascades, the increase in the temperature difference, is essential, which requires an analysis of the relationship between the reliability indexes and the energy parameters and design parameters of the cooler. The purpose of the research was to increase the reliability of a two-stage thermoelectric cooling device due to the variation in the geometry of the thermoelements and their distributions in the cascades in the operating range of the temperature gradients of the cooler in the mode of the minimum failure rate. To achieve this goal, the following tasks have been accomplished: creating a model for linking reliability indicators with design parameters and energy parameters of the cooler; determination of values of reliability indexes of a thermoelectric cooler for different values of thermoelements geometry, temperature differences and thermal load. A mathematical model of a two-stage thermoelectric cooler has been developed, linking reliability indicators with energy parameters and design parameters of thermoelements in the operating temperature range of the product, providing the possibility of designing thermoelectric coolers of increased reliability. Analysis of simulation results showed that for a given temperature difference and heat load in the ratio of the height of the thermoelement to its cross section decreases; the maximum operating current in cascades increases; the total number of thermoelements decreases; the total voltage drop decreases; the failure rate decreases and the probability of failure-free operation of the thermoelectric cooler increases. With increasing of temperature for different values of the geometry of thermoelements and a given heat load the refrigerating coefficient is decreased; the ratio of the number of thermoelements in cascades increases; the relative temperature drop in the cascades and the operating current increase; the intensity of failures increases. The practical result of the research was that for two-stage coolers with the same geometry of the branches of thermoelements in cascades, by reducing the ratio of the height of the thermoelement to the cross-sectional area, the failure rate and the probability of failure-free operation can be reduced by a factor of 2-10.

Ключові слова: інтенсивність відмов; термоелементи; каскади; перепад температури.

Keywords: failure rate; thermoelements; cascades; temperature drop

Вступ

Термоелектричні охолоджувачі систем забезпечення теплових режимів теплонавантаженої радіоелектронної апаратури часто працюють в умовах підвищених теплових навантажень, що знижує їх показники надійності. Крім теплового навантаження на показники надійності впливає і перепад температур, що генерується, режими роботи, конструктивні особливості пристрою. Для забезпечення більшого перепаду температур використовують каскадування, тому вимоги до двокаскадних термоелектричних охолоджувачів виявляються більш жорсткими у порівнянні з однокаскадними.

Аналіз літературних джерел показав, що проблемі підвищення показників надійності приділяється значна увага [1-3]. Розглянуто вплив технології виготовлення [4], механічних [5], температурних [6] параметрів, вологості [7], умов експлуатації термоелектричних охолоджувачів на всіх етапах життєвого циклу [8]. Разом з тим, етап проектування є найбільш значущим, оскільки на всіх наступних етапах життєвого циклу пристрій тільки витрачає потенційні ресурси надійності. Проблема підвищення показників надійності є фундаментальною. Основна увага при вирішенні цієї проблеми приділялася впливу енергетичних показників, конструктивні параметри розглянуті не достатньо. Тому підхід, заснований на дослідженні впливу конструктивних особливостей термоелементів і їх розподілу в каскадах на показники надійності термоелектричного охолоджувача буде актуальним.



На відміну від однокаскадних охолоджувачів [9] в двокаскадних є істотним взаємний вплив каскадів, підвищення перепаду температур, що вимагає додаткових досліджень зв'язку показників надійності з енергетичними і конструктивними параметрами охолоджувача.

Метою роботи є підвищення показників надійності двокаскадного термоелектричного охолоджувального пристрою за рахунок варіації геометрії термоелементів і їх розподілів в каскадах в режимі мінімуму інтенсивності відмов.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробити модель зв'язку показників надійності з геометрією гілок термоелементів і їх розподілом в каскадах для різних перепадів температури та фіксованого теплового навантаження;
- визначити можливість підвищення показників надійності двокаскадного охолоджувача в робочому діапазоні.

1. Розробка моделі зв'язку параметрів геометрії гілок термоелементів з показниками надійності двокаскадних охолоджувачів в режимі мінімуму інтенсивності відмов

Одним з методів підвищення показників надійності охолоджуючих термоелектричних пристроїв (ТЕУ) є конструктивний. Для побудови каскадних термоелектричних охолоджуючих пристроїв підвищеної надійності в рамках використання конструктивного методу необхідно досліджувати вплив геометрії гілок термоелементів в каскадах на основні параметри і показники надійності. У даній роботі проведений такий аналіз: для режиму λ_{\min} за умови $(l/S)_1 = (l/S)_2 = 40; 20; 10; 4,5; 2,0$ (де l, S - висота і площа поперечного перерізу гілки в каскаді) для різних значень перепаду температури ΔT і теплового навантаження $Q_0 = 2,0$ Ватт.

Для проведення обчислень скористаємося співвідношеннями, наведеними в [10].

Як відомо, холодопродуктивність двокаскадного ТЕУ визначається першим каскадом

$$Q_0 = n_1 I_{\max 1}^2 R_1 (2B_1 - B_1^2 - \Theta_1) = n_1 \gamma_1 (2B_1 - B_1^2 - \Theta_1), \quad (1)$$

де n_1 – кількість термоелементів в першому каскаді, шт;

$$I_{\max 1} = \frac{\bar{e}_1 T_0}{R_1} \text{ -- максимальний робочий струм першого каскаду, А;}$$

\bar{e}_1, R_1 – середнє значення коефіцієнта термоЕРС, В / К, і електричний опір, Ом, першого каскаду,

$$R_1 = l_1 / (\bar{\sigma}_1 S_1);$$

$\bar{\sigma}_1$ – усереднене значення електропровідності гілки термоелемента, См/см;

T_0 – температура теплопоглощаючого спаю, К;

B_1 – відносний робочий струм першого каскаду, $B_1 = I/I_{\max 1}$;

I – величина робочого струму, А;

$$\Theta_1 \text{ -- відносний перепад температури першого каскаду } \Theta_1 = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_{\max 1}} = \frac{T_1 - T_0}{0,5 \bar{z}_1 T_0^2};$$

T_1 – проміжна температура, К;

\bar{z}_1 – усереднене значення ефективності термоелектричного матеріалу першого каскаду, 1/К;

γ_1 – максимальна термоелектрична по-тужність охолодження першого каскаду, Вт,

$$\gamma_1 = I_{\max 1}^2 R_1 = \bar{e}_1^2 \bar{\sigma}_1 T_0^2 (S/l)_1;$$

$\Delta T_{\max 1}$ – максимальний перепад температури першого каскаду, К, $\Delta T_{\max 1} = 0,5 \bar{z}_1 T_0^2$.

При послідовному електричному з'єднанні каскадів

$$I_{\max 1} B_1 = I_{\max 2} B_2 = I, \quad (2)$$

де $I_{\max 2}$ – максимальний робочий струм другого каскаду, А, $I_{\max 2} = \frac{\bar{e}_2 T_1}{R_2}$;

R_2 – електричний опір гілки термоелемента другого каскаду, Ом, $R_2 = l_2 / (\bar{\sigma}_2 S_2)$;

$\bar{\sigma}_2$ – усереднена електропровідність гілки термоелемента другого каскаду, См/см;

B_2 – відносний робочий струм другого каскаду, $B_2 = I/I_{\max 2}$.

Кількість термоелементів в суміжних каскадах співвідносяться наступним чином:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{I_{\max 1}^2 R_1}{I_{\max 2}^2 R_2} \frac{2B_1 (1 + (\Delta T_{\max 1} / T_0) \Theta_1) + B_1^2 - \Theta_1}{2B_2 - B_2^2 - \Theta_2}, \quad (3)$$



де $\Theta_2 = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_{\max 2}} = \frac{T - T_1}{0,5 \bar{z}_2 T_1^2}$ – відносний перепад температури в другому каскаді;

T – температура тепловиділяючого спая, К;

$\Delta T_{\max 2}$ – максимальний перепад температури другого каскаду, $\Delta T_{\max 2} = 0,5 \bar{z}_2 T_1^2$, К;

\bar{z}_2 – усереднене значення ефективності термоелектричного матеріалу другого каскаду, 1/К.

Потужність споживання першого та другого каскадів, відповідно, можна записати у вигляді

$$W_1 = 2n_1 I_{\max 1}^2 R_1 B_1 \left(B_1 + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \Theta_1 \right); \quad (4)$$

$$W_2 = 2n_2 I_{\max 2}^2 R_2 B_2 \left(B_2 + \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \Theta_2 \right). \quad (5)$$

Загальна потужність споживання двокаскадного ТЕУ становить

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2; \quad (6)$$

Холодильний коефіцієнт E двокаскадного ТЕУ можна записати як

$$E = Q_0 / W_{\Sigma}. \quad (7)$$

Падіння напруги на двокаскадний ТЕУ

$$U_{\Sigma} = W_{\Sigma} / I; \quad (8)$$

Відносну величину інтенсивності відмов λ / λ_0 двокаскадного ТЕУ можна подати у вигляді суми інтенсивностей відмов каскадів:

$$\lambda / \lambda_0 = n_1 B_1^2 (\Theta_1 + C_1) \left(\frac{B_1 + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \Theta_1}{1 + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \Theta_1} \right)^2 K_{T1} + n_2 B_2^2 (\Theta_2 + C_2) \left(\frac{B_2 + \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \Theta_2}{1 + \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \Theta_2} \right)^2 K_{T2},$$

де C_1 і C_2 – відносна величина теплового навантаження першого і другого каскадів відповідно,

$$C_1 = Q_0 / (n_1 I_{\max 1}^2 R_1), \quad C_2 = (Q_1 + W_1) / (n_2 I_{\max 2}^2 R_2);$$

K_{T1} і K_{T2} – коефіцієнт значимості, що залежить від температури [10];

λ_0 – номінальна інтенсивність відмов, $\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-8}$ 1/ч.

Імовірність безвідмовної роботи P двокаскадного ТЕУ можна представити у вигляді:

$$P = \exp(-\lambda t), \quad (10)$$

де t – призначений ресурс, $t = 10^4$ ч.

Результати розрахунків наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні параметри і показники надійності двокаскадного охолоджувача при $T = 300$ К, $Q_0 = 2,0$ Вт, $(I/S)_1 = (I/S)_2 = I/S = \text{var}$ для різних значень ΔT в режимі λmin

I/S	$R_1 \cdot 10^3$, Ом	$R_2 \cdot 10^3$, Ом	$I_{\max 1}$, А	$I_{\max 2}$, А	I , А	n_1 , шт.	n_2 , шт.	$n_1 + n_2$, шт.	U_1 , В	U_2 , В	U_{Σ} , В	λ / λ_0	$\lambda \cdot 10^8$, 1/ч	P
$\Delta T = 60$ К														
$T_1 = 267$ К; $B_1 = 0,328$; $B_2 = 0,316$; $\Theta_1 = 0,426$; $\Theta_2 = 0,389$; $K_{T1} = 1,035$; $K_{T2} = 1,018$; $W_1 = 4,74$ Вт; $W_2 = 13,1$ Вт; $W_{\Sigma} = 17,9$ Вт; $E = 0,112$; $n_2/n_1 = 2,28$														
40	36,4	42,6	1,185	1,23	0,39	320	729,6	1050	12,2	33,6	45,8	9,22	27,7	0,9972
20	18,2	21,3	2,37	2,46	0,78	160,4	366,5	526,9	6,1	16,8	22,9	4,61	13,8	0,99862
10	9,09	10,64	4,75	4,92	1,56	80	181	261	3,04	8,4	11,41	2,3	6,9	0,99931
4,5	4,09	4,79	10,56	10,9	3,46	35,9	81,6	117,6	1,37	3,78	5,15	1,0	3,1	0,99969
2,0	1,82	2,13	23,7	24,6	7,8	16,0	36,5	52,5	0,61	1,68	2,29	0,455	1,37	0,99986
$\Delta T = 70$ К														
$T_1 = 262$ К; $B_1 = 0,455$; $B_2 = 0,436$; $\Theta_1 = 0,562$; $\Theta_2 = 0,469$; $K_{T1} = 1,043$; $K_{T2} = 1,021$; $W_1 = 7,67$ Вт; $W_2 = 23,0$ Вт; $W_{\Sigma} = 30,67$ Вт; $E = 0,0652$; $n_2/n_1 = 2,44$														
40	34,8	42,0	1,165	1,215	0,53	300,4	733	1033	14,5	43,4	57,9	37,4	112,2	0,98884
20	17,4	21,0	2,33	2,43	1,06	150,2	366,0	516,3	7,23	21,7	28,9	18,7	56,1	0,99440
10	8,7	10,53	4,65	4,85	2,12	75,4	183,0	258,5	3,62	10,8	14,5	9,36	28,1	0,9972
4,5	3,91	4,47	10,35	10,78	4,71	33,9	82,0	115,9	1,63	4,88	6,5	4,23	12,7	0,99873
2,0	1,74	2,10	23,3	24,3	10,6	15,0	36,6	51,6	0,72	2,17	2,9	1,87	5,62	0,99944



$\Delta T = 80 \text{ K}$														
$T_1 = 256 \text{ K}; B_1 = 0,63; B_2 = 0,59; \Theta_1 = 0,716; \Theta_2 = 0,571; K_{T1}=1,052; K_{T2}=1,024;$														
$W_1 = 13,6 \text{ Вт}; W_2 = 53,8 \text{ Вт}; W_{\Sigma} = 67,4 \text{ Вт}; E = 0,0297; n_2/n_1 = 3,1$														
40	33,3	41,7	1,12	1,19	0,71	325,0	1008	133,3	19,2	75,8	95,0	183,0	549	0,9466
20	16,67	20,83	2,24	2,38	1,41	162,5	502,2	664,7	9,65	38,1	47,8	91,5	274,4	0,9729
10	8,33	10,42	4,49	4,77	2,83	81,0	250,1	331,1	4,82	19,03	23,8	45,6	136,7	0,9864
4,5	3,75	4,69	9,97	10,6	6,28	40,5	125,5	166,0	2,17	8,56	10,7	22,8	68,5	0,99317
2,0	1,67	2,08	22,4	23,9	14,1	16,2	50,3	66,5	0,965	3,82	4,78	9,0	27,1	0,9973
$\Delta T = 90 \text{ K}$														
$T_1 = 250 \text{ K}; B_1 = 0,874; B_2 = 0,80; \Theta_1 = 0,907; \Theta_2 = 0,684; K_{T1}=1,062; K_{T2}=1,024;$														
$W_1 = 48,3 \text{ Вт}; W_2 = 291,0 \text{ Вт}; W_{\Sigma} = 339,0 \text{ Вт}; E = 0,0059; n_2/n_1 = 4,6$														
40	32,0	40,8	1,08	1,175	0,94	701,4	3226	3928	51,4	309,6	361	1849	5548	0,5742
20	16,0	20,4	2,15	2,35	1,88	350,7	1613	1964	25,7	154,6	180,3	924,6	2774	0,7578
10	8,0	10,2	4,30	4,71	3,76	175,4	808	983,0	12,8	77,3	90,1	463	1388	0,8704
4,5	3,6	4,6	9,57	10,46	8,4	78,9	363	441,8	5,78	34,8	40,6	208	624	0,9395
2,0	1,60	2,04	21,5	23,5	18,8	35,1	161,5	196,6	2,57	15,5	18,0	92,9	278,7	0,9725

2. Аналіз результатів моделювання зв'язку параметрів геометрії гілок термоелементів з показниками надійності двохкаскадних охолоджувачів

Аналіз результатів розрахунку основних параметрів і показників надійності двокаскадного ТЕУ при заданому перепаді температури ΔT і тепловому навантаженні Q_0 в режимі λ_{\min} показує, що зі зменшенням відношення l/S :

- збільшується величина максимального робочого струму $I_{\max 1}$ і $I_{\max 2}$ в каскадах;
- зменшується електричний опір гілок термоелементів в каскадах R_1 і R_2 ;
- збільшується робочий струм I ;
- зменшується сумарна кількість термоелементів $n_1 + n_2$;
- зменшується загальне падіння напруги U_{Σ} ;
- зменшується інтенсивність відмов λ , так при $\Delta T = 60 \text{ K}$ зі зменшенням l/S від 20 до 2 інтенсивність відмов зменшується в 10 разів;
- збільшується ймовірність безвідмовної роботи P .

При заданому перепаді температури ΔT , тепловим навантаженням Q_0 і $(l/S)_1 = (l/S)_2 = \text{const}$ проміжна температура T_1 , відносні перепади температури в каскадах Θ_1 і Θ_2 , відносний робочий струм в каскадах B_1 і B_2 , співвідношення кількості термоелементів в суміжних каскадах n_1/n_2 , загальна споживана потужність W_{Σ} , холодильний коефіцієнт E не залежить від геометрії гілок термоелементів.

Зі зростанням перепаду температури ΔT для різних значень відношення l/S при заданому тепловому навантаженні Q_0 :

- зменшується проміжна температура T_1 (рис. 1, крива 1);
- зменшується холодильний коефіцієнт E (рис. 1, крива 2);
- збільшується відношення кількості термоелементів в каскадах (рис. 1, крива 3);
- збільшується відносний робочий струм в каскадах B_1 і B_2 (рис. 2);
- збільшується відносний перепад температури в каскадах Θ_1 і Θ_2 (рис. 3);
- збільшується робочий струм I (рис. 4);
- збільшується падіння напруги U_{Σ} (рис. 5);
- функціональна залежність сумарної кількості термоелементів в $n_1 + n_2$ має слабо виражений мінімум при $\Delta T = 70 \text{ K}$ (рис. 6);
- збільшується інтенсивність відмов λ/λ_0 (рис. 7);
- зменшується ймовірність безвідмовної роботи P (рис. 8).

З наведених графічних залежностей випливає, що відношення кількості термоелементів в каскадах істотно залежить від перепаду температури з різким зростанням на високих перепадах температур (рис. 1). Сумарна кількість термоелементів (рис. 6) в діапазоні помірних перепадів температур змінюється незначно, проте істотно залежить від геометрії гілок термоелементів.

Залежність відносної інтенсивності відмов від перепаду температур має явно виражений нелінійний характер і зростає в діапазоні високих температурних перепадів, що необхідно враховувати при проектуванні і експлуатації охолоджувачів в режимі мінімуму інтенсивності відмов.

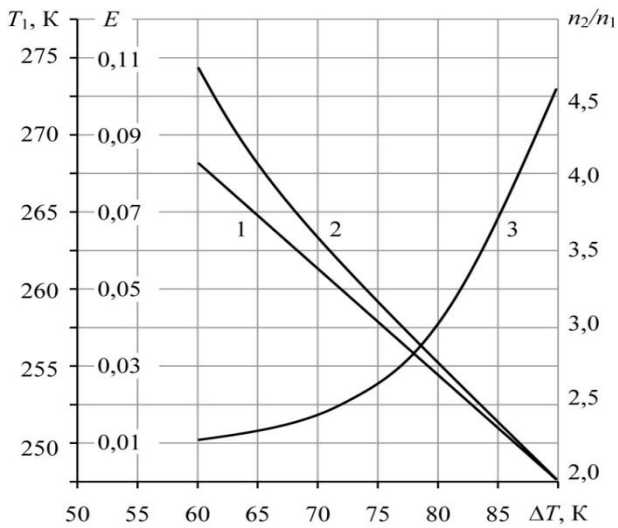


Рис. 1. Залежність проміжної температури T_1 (1), холодильного коефіцієнта E (2) відношення n_2/n_1 (3) двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

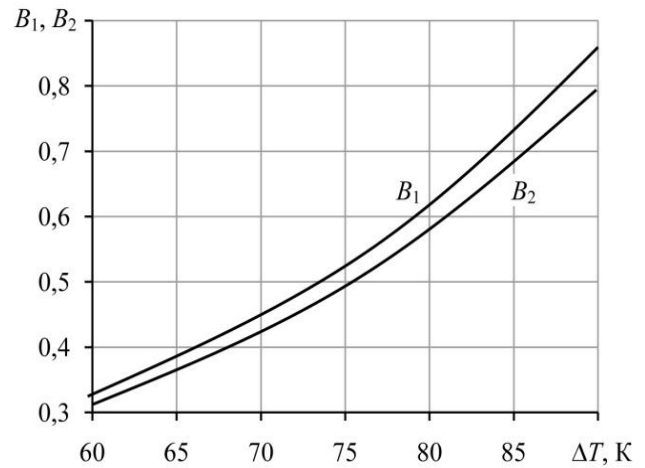


Рис. 2. Залежність відносного робочого струму в каскадах двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

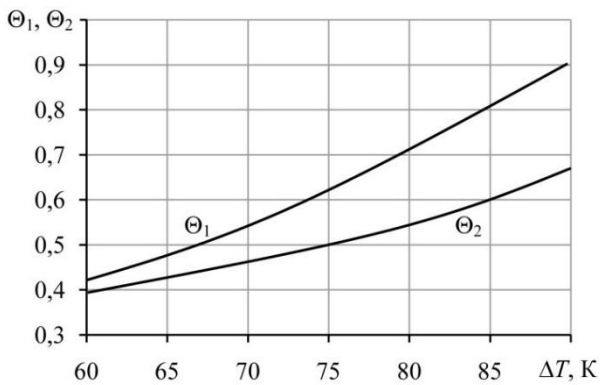


Рис. 3. Залежність відносного перепаду температури в каскадах двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

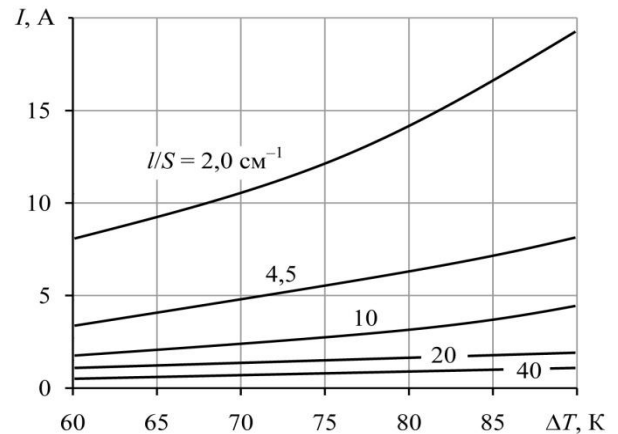


Рис. 4. Залежність робочого струму I двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень відношення l/s при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

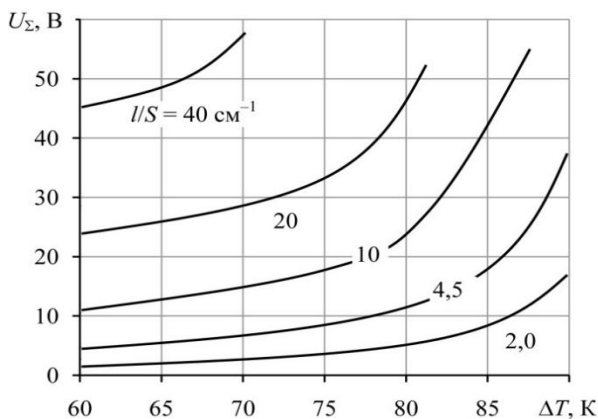


Рис. 5. Залежність загального падіння напруги U_{Σ} (б) двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень відношення l/s при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

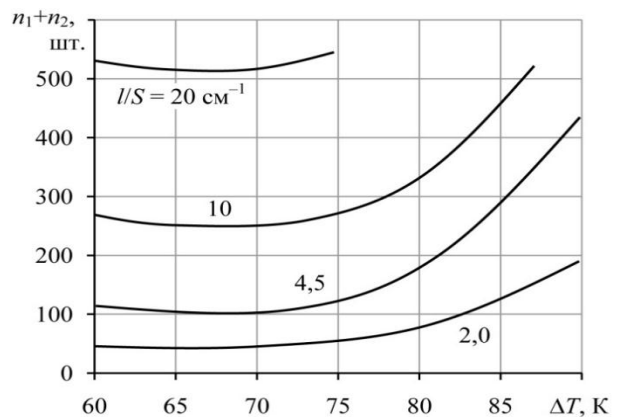


Рис. 6. Залежність сумарної кількості термоелементів двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень відношення l/s при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт в режимі λ_{\min}

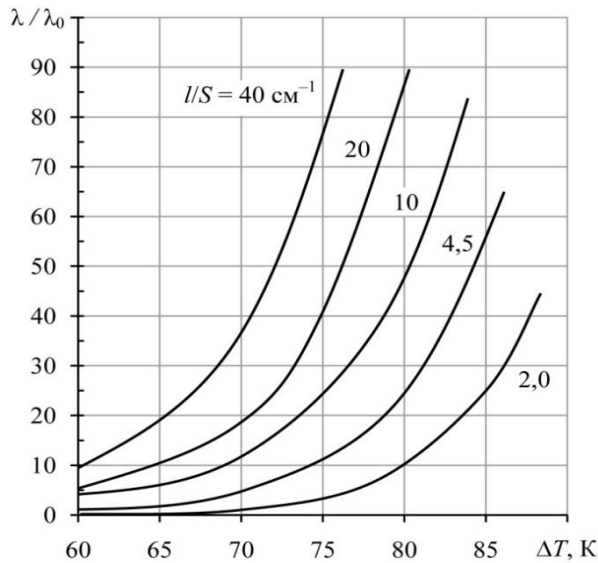


Рис. 7. Залежність відносної інтенсивності відмов λ / λ_0 двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень l/χ ; $t = 10^4$ ч в режимі λ_{\min} .

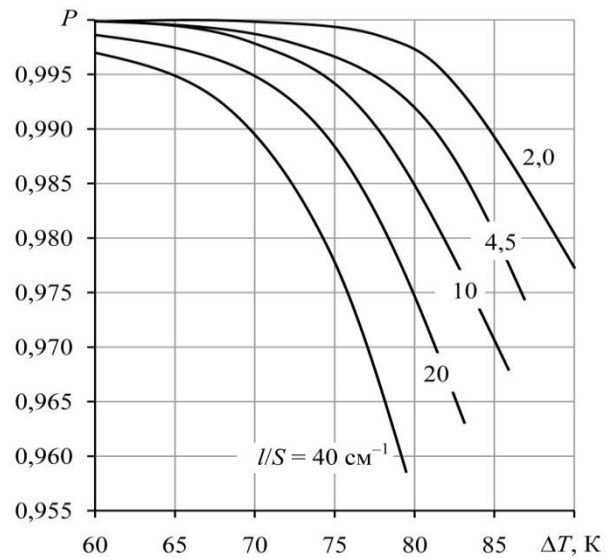


Рис. 8. Залежність ймовірності безвідмовної роботи P (б) двокаскадного охолоджувача від перепаду температури ΔT для різних значень l/χ ; $t = 10^4$ ч в режимі λ_{\min} .

Висновки

1. Розроблено надійнісно-орієнтована модель двокаскадного термоелектричного охолоджувача, що зв'язує показники надійності з енергетичними показниками і конструктивними параметрами термоелементів;
2. Аналіз моделі свідчить про те, що при побудові двокаскадних ТЕУ з однаковою геометрією гілок термоелементів в каскадах $(l/S)_1 = (l/S)_2$ за рахунок зменшення відношення l/S можна значно (в 2—10 разів залежно від перепаду температури ΔT) зменшити інтенсивність відмов λ/λ_0 при заданому тепловому навантаженні в режимі λ_{\min} .

Список використаних джерел

- [1] Zebarjadi, M. Perspectives on thermoelectrics: from fundamentals to device applications / M. Zebarjadi, K. Esfarjani, M. S. Dresselhaus, Z. F. Ren, G. Chen // *Energy & Environmental Science*, № 5, 2012. – P. 5147–5162.
- [2] Rowe, D. M. Thermoelectrics and its Energy Harvesting. Materials, Preparation, and Characterization in Thermoelectrics / D. M. Rowe // Boca Raton: CRC Press, 2012. – 544 p.
- [3] Ping, Yang. Approach on thermoelectricity reliability of board-level backplane based on the orthogonal experiment design / Ping Yang // *International Journal of Materials and Structural Integrity*, 4(2–4), 2010. – P. 170–185.
- [4] Jurgensmeyer, A. L. High Efficiency Thermoelectric Devices Fabricated Using Quantum Well Confinement Techniques / A. L. Jurgensmeyer // Colorado State University, 2011. – 54 p.
- [5] Wereszczak, A. A. Thermoelectric Mechanical Reliability / A. A. Wereszczak, H. Wang // *Vehicle Technologies Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting*. – Arlington, 11 May 2011. – P. 18.
- [6] Melcor Thermoelectric Cooler Reliability Report // Melcor Corporation, April 9th., 2002. – 36 p.
- [7] Царьов, А.В. Дослідження характеристик термоелектричних пристроїв для систем термостатування стартових комплексів / А.В. Царьов, В.В. Чугунков // *Актуальні проблеми російської космонавтики: Матеріали XXXII академічних читань з космонавтики - М. : Комісія РАН, 2008. - С. 320-321.*
- [8] Hyoung-Seuk, Choi. Prediction of reliability on thermoelectric module through accelerated life test and Physics-of-failure / Choi Hyoung-Seuk // *Electronic Materials Letter*, 7, 2011. – P. 271.
- [9] Zaykov, V. Analysis of the model of interdependence of thermoelement branch geometry and reliability indicators of the single-stage cooler / V. Zaykov, V. Mescheryakov, Yu. Zhuravlov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/1 (85), 2017. – P. 26-33.
- [10] В.П. Зайков, В.П. Прогнозування показників надійності термоелектричних охолоджуючих пристроїв. Книга 2. Каскадні пристрої / В.П. Зайков, В.І. Мещеряков, Ю.І. Журавльов // *Одеса: Політехперіодика, 2016. - 124 с.*

References

- [1] Zebarjadi, M., Esfarjani K., Dresselhaus, M. S., Ren, Z. F., Chen, G. (2012). Perspectives on thermoelectrics: from fundamentals to device applications. *Energy & Environmental Science*, 5, 5147–5162.
- [2] Rowe, D. M. (2012). Thermoelectrics and its Energy Harvesting. Materials, Preparation, and Characterization in Thermoelectrics. *Boca Raton: CRC Press*, 544.



- [3] Ping Yang. (2010). Approach on thermoelectricity reliability of board-level backplane based on the orthogonal experiment design. *International Journal of Materials and Structural Integrity*, 4(2-4), 170-185.
- [4] Jurgensmeyer, A. L. (2011). High Efficiency Thermoelectric Devices Fabricated Using Quantum Well Confinement Techniques. *Colorado State University*, 54.
- [5] Wereszczak A. A., Wang H. Thermoelectric Mechanical Reliability. *Vehicle Technologies Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting*. – Arlington, 18.
- [6] Melcor Thermoelectric Cooler Reliability Report. (2002). *Melcor Corporation*, April 9th., 36.
- [7] Tsarev, A.V., Chugunkov, V.V. (2008). Investigation of thermoelectric devices characteristics for temperature control systems launch facilities. *Actual problems of Russian cosmonautics: Materials of XXXII Academic Conference on Astronautics*. – M.: The Board of RAS, 320-321.
- [8] Hyoung-Seuk Choi. (2011). Prediction of reliability on thermoelectric module through accelerated life test and Physics-of-failure. *Electronic Materials Letter*, 7, 271.
- [9] Zaykov V., Mescheryakov V., Zhuravlov Yu. (2017). Analysis of the model of interdependence of thermoelement branch geometry and reliability indicators of the single-stage cooler. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/1 (85), 26-33.
- [10] Zaykov V., Mescheryakov V., Zhuravlov Yu. (2016). Prediction of reliability on thermoelectric cooling devices. Book 2. Cascade devices. *Odessa: Politehperiodika*, 124.

УДК 004.738.5.057.2:027-021.431

РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕСУРСУ ОБРОБКИ ДАНИХ НАУКОВЦІВ ОНАХТ З НАУКОМЕТРИЧНИХ БАЗ ДАНИХ

Шершун О. О.¹, Титуренко Ж. А.², Зінченко І. І.³, Ольшевська О. В.⁴

^{1,2,3,4} Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна

ORCID: ¹ <http://orcid.org/0000-0002-0914-7362> ² <http://orcid.org/0000-0001-6774-1688>,

³ <http://orcid.org/0000-0002-4512-3915>, ⁴ <http://orcid.org/0000-0002-4512-3915>

E-mail: ¹ aleksander.shershun@gmail.com, ² janettrnk@gmail.com, ³ lib.onaft@gmail.com, ⁴ olshevaska.olga@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal “Automation of technological and business-processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1925>

Анотація. Дана робота присвячена програмному продукту для автоматизації виявлення точок зростання і потенціалу нових напрямків науки та науково-технічного прогресу. Об'єктом дослідження виступає галузь автоматизації обробки даних. Завданням проектування є розробка веб-ресурсу, що організовує взаємодію програмних процедур з базою даних. При дослідженні основних проблем предметної області, аналізі аналогів та засобів розробки було обрано об'єктно-реляційну систему управління базами даних PostgreSQL. Для розробки програмного продукту використано фреймворк Django - вільний фреймворк для веб-додатків на мові Python, що використовує шаблон проектування MVC. Інтерфейс було побудовано на мові розмітки HTML та CSS. Також було використано шаблонізатор Jinja, для об'єднання html-файлів. За побудову графіків відповідала підключена бібліотека ChartJS. Наукова новизна полягає у об'єднанні всіх даних про науковців таких наукометричних баз як: Web of Science (WoS), Scopus та Google Scholar на єдиному ресурсі, де й відбувається аналітика даних та звітування науковців. У результаті роботи було створено програмний продукт, який відповідає всім вимогам для систематизації наукометричних даних науковців, а також опрацювання статистичних даних ОНАХТ. Даний програмний продукт не є вимогливим до апаратного забезпечення, що дозволяє використовувати додаток широкому колу людей. А вартість використання даного продукту рівна вартості доступу до мережі Internet.

Abstract. This work is devoted to a software product to automate the identification of growth points and potential of new areas of science and scientific and technological progress. The object of research is the field of data processing automation. The task of design is to develop a web resource that organizes the interaction of software procedures with the database. In the