

УДК 536.24



Анатичук Л.І.

Анатичук Л.І., акад. НАН України^{1,2}

Кузь Р.В., канд. фіз.-мат. наук^{1,2}

¹Інститут термоелектрики НАН і МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна;
e-mail: anatysh@gmail.com;

²Чернівецький національний університет
ім. Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського 2,
Чернівці, 58000, Україна



Кузь Р.В.

ПРО ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ РОБІТ ПО СТВОРЕННЮ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ РЕКУПЕРАТОРІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У роботі проведено аналіз публікацій, патентів, доповідей на наукових конференціях, що стосуються створення термоелектричних рекуператорів для утилізації відходів тепла від транспортних засобів. Зроблено висновки про перспективи подальшого розвитку таких досліджень. Бібл. 143, рис. 5.

Ключові слова: термоелектричний генератор, вихлопний газ, утилізація тепла.

Вступ

Загальна характеристика проблеми.

Використання термоелектрики для утилізації відходів тепла з метою отримання електричної енергії було і залишається предметом інтересу спеціалістів, що займаються термоелектрикою, протягом останніх майже трьох десятиріч. Серед джерел відходів тепла значне місце займають двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) транспортних засобів. Тому така зацікавленість є зрозумілою, оскільки, зважаючи на ККД двигунів внутрішнього згорання, біля 2/3 теплової енергії (рис. 1), що отримується від спалювання бензину чи дизельного палива, віддається оточуючому середовищу, сприяючи термальному забрудненню нашої планети.

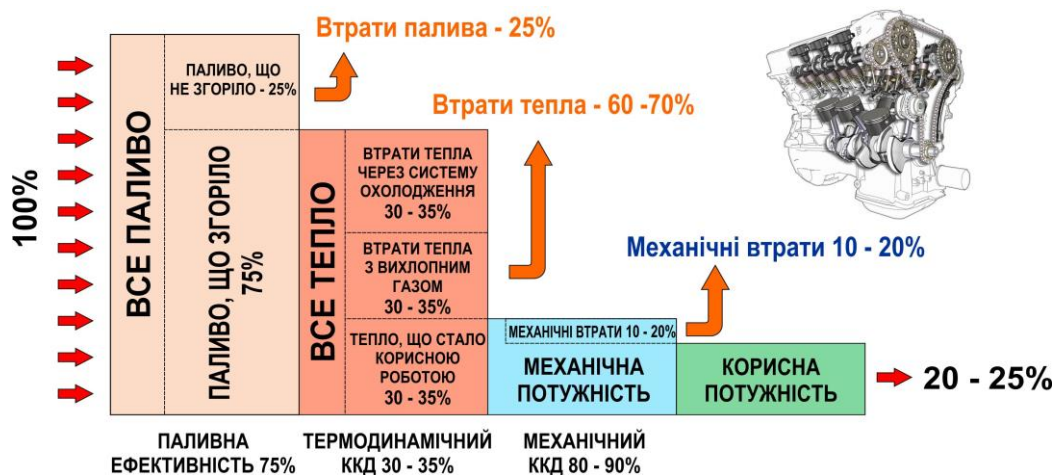


Рис. 1. Баланс енергії в двигуні внутрішнього згорання.

Метою даної роботи є аналіз досягнень і перспектив у галузі створення термоелектричних рекуператорів для транспортних засобів.

Розвиток робіт по створенню термоелектричних генераторів (ТЕГ) для транспортних засобів

Географія наукових досліджень і розробок ТЕГ для транспортних засобів охоплює більшість країн, де ведуться дослідження з термоелектрики. Результатам таких робіт було присвячено більше сотні доповідей на багатьох конференціях (рис. 2).

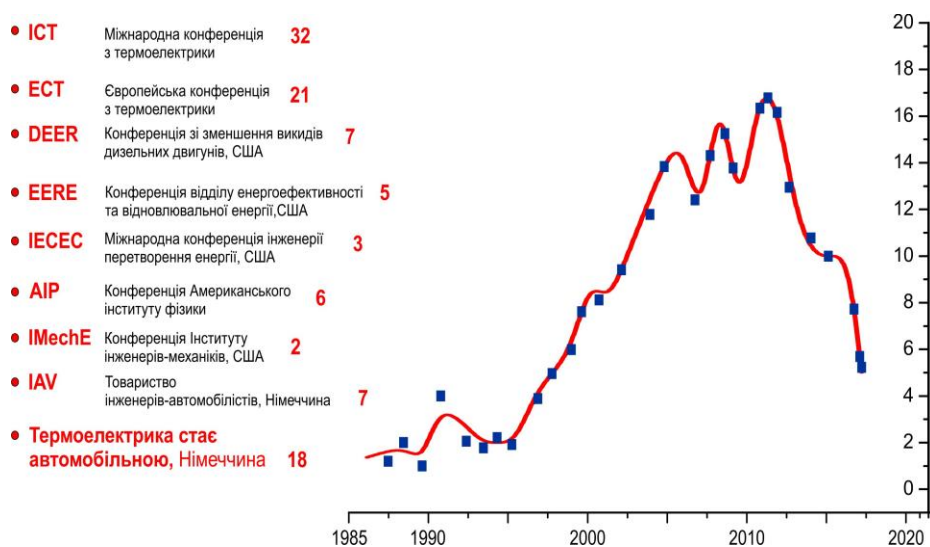


Рис. 2. Динаміка росту кількості доповідей на міжнародних конференціях, що присвячені ТЕГ для транспортних засобів [1 - 52].

Слід при цьому відмітити, що пік досліджень таких термоелектричних генераторів припадає на 2010 роки. Після цього спостерігається зменшення кількості таких робіт. Аналогічні залежності спостерігаються і у кількості публікацій. Їх максимум також припадає на 2010 роки зі згортанням активності у подальші роки (Рис. 3).

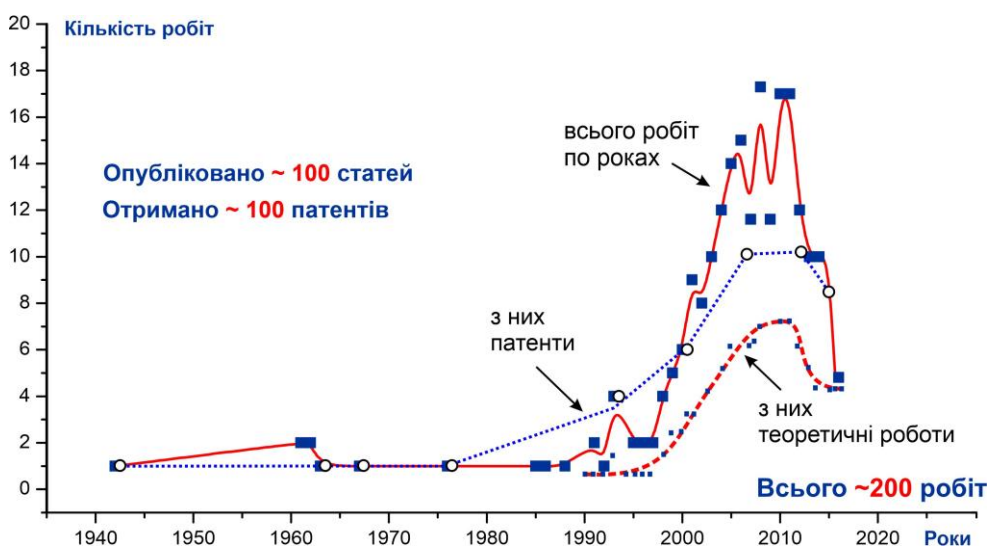


Рис. 3. Динаміка активності досліджень ТЕГ для транспортних засобів [53 - 148].

Стрімке зростання кількості робіт, починаючи у 1990-х роках і закінчуючи 2010-ми, були результатом сподівань на впровадження автомобільних термоелектричних генераторів. Однак, у цей період у більшості випадків зразки генераторів розроблялися без належного теоретичного обґрунтування, просто виходячи з досвіду створення термогенераторів для інших цілей – космічних, автономних наземних, підводних та інше. Було опубліковано біля сотні статей і отримано приблизно таку ж кількість патентів. Результатом таких зусиль було зростання потужності генераторів для транспортних засобів до 1 кВт (рис. 4). Зростав і ККД (рис. 5), але у величинах, що у 8 - 10 разів були меншими, ніж очікувані.

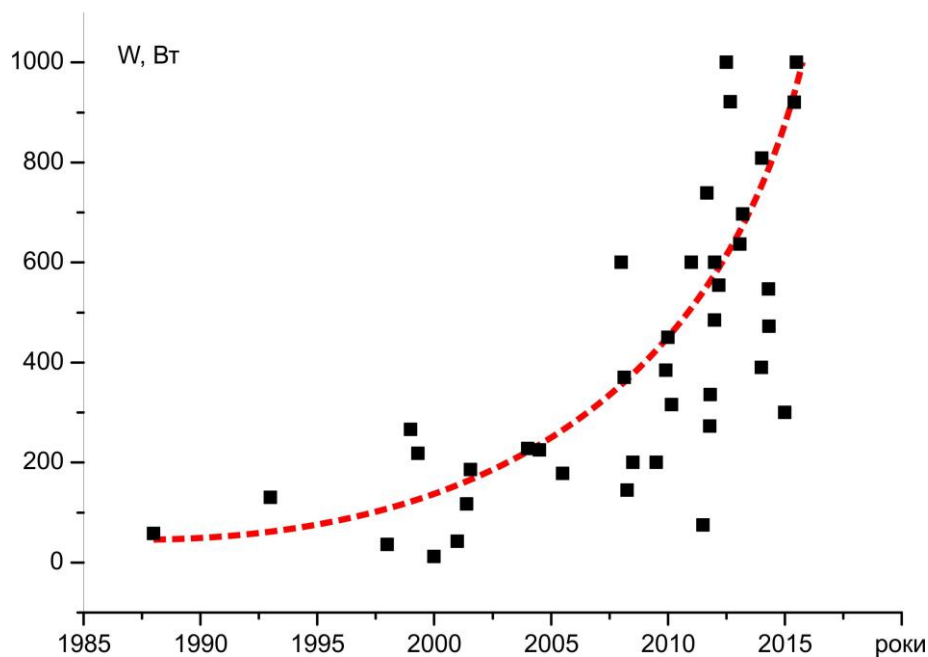


Рис. 4. Зростання потужності ТЕГ для транспортних засобів.

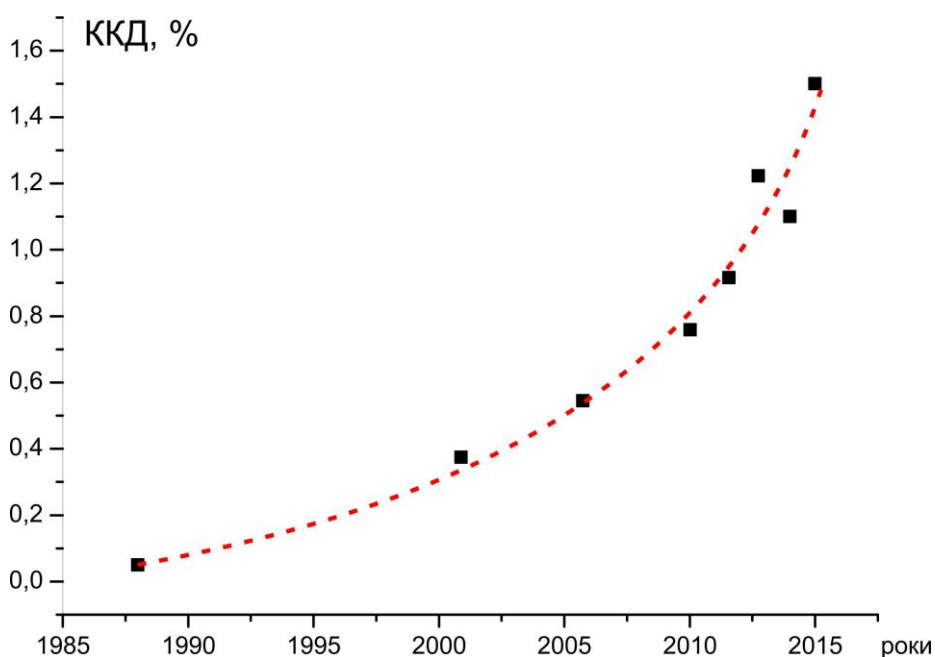


Рис. 5. Зростання ККД ТЕГ для транспортних засобів.

І все ж отримані результати дали важливу інформації про можливості використання термогенераторів для утилізації відходів тепла від транспортних засобів. Розглянемо основні з них.

1. Слід визнати, що розробка генераторів для автомобілів є однією з найбільш складних, виходячи з вимог до них і їх властивостей:

- обмеження по вазі і об'єму у зв'язку з їх дефіцитом, особливо на легкових автомобілях;
- підвищені вимоги до транспортної тряски;
- значна залежність теплової потужності від часу, що приводить до підвищених вимог до циклічної теплової стійкості генераторів;
- відсутність стабільності у електричних напругах та потужностях, що вимагає використання спеціальних електронних засобів для подолання цих недоліків;
- не ефективне використання можливостей генераторів у зв'язку з їх переважною роботою у режимах, далеких від максимальної потужності і ККД;
- низькі значення ККД, що обумовлюють високу вартість електричної енергії, отриманої від генераторів;
- обмеження у масштабних використаннях генераторів, обумовлених недостатньою кількістю телуру;
- проблеми відводу тепла від генераторів та інші проблеми.

2. Більш перспективними виглядають використання термогенераторів у інших не автомобільних транспортних засобах – тепловозах, літаках, та особливо у водному транспорті, де наведені вище проблеми та обмеження є менш значними.

3. В цілому прогрес у термоелектриці залишає мрію про створення термогенераторів для транспортних засобів не безнадійною. Ентузіасти цієї справи сподіваються, що при здешевленні вартості генераторів у 3 -5 разів та забезпеченні інших специфічних їх властивостей виникнуть умови, перспективні для їх промислового використання.

Такі результати роблять ідею створення термоелектричних генераторів для серійного виробництва мало привабливою, тому багато з розробників відмовилися від подальших їх розробок. До того ж теоретичні роботи привели до розуміння складності у реалізації ідеї термоелектричних генераторів для автомобілів, що і стало причиною згорання робіт у цьому напрямку.

Виходячи з таких результатів є важливим в цілому розглянути, на скільки все ж перспективними є подальші дослідження у цьому напрямку і які реальні результати слід при цьому очікувати.

Висновки

1. Неоптимальне проведення досліджень і розробок, при якому чисельні експериментальні спроби здійснювалися без належних теоретичних обґрунтувань привели до надмірних витрат ресурсів і часу.
2. Використання ТЕГ на автомобілях є одним з найбільш складних застосувань термоелектрики. В першу чергу завдяки нестаціонарному джерелу тепла, ударним та вібраційним навантаженням, обмеженням у габаритах та вазі.
3. Необхідний новий підхід до розгляду термоелектричних генераторів для транспортних засобів, де термоелектричний генератор і двигун внутрішнього згорання розглядаються у сукупності.

Література

1. Birkholz U., Crob E., U. Stohrer, Voss K. Conversion of waste exhaust heat in automobiles using FeSi₂-thermoelements // Proc. 7th International Conference on Thermoelectric Energy Conversion. - Arlington (USA). - 1988. - P. 124-128.
2. Fairbanks J. Vehicular Thermoelectric Applications. // Energy Efficiency Renewable Energy (EERE). - Rockville, Maryland (USA). - 2008.
3. Farmer JC White Paper for US Army Rapid Equipping Force: Waste Heat Recovery with Thermoelectric and Lithium-Ion Hybrid Power System. // UCRL-TR-236780. - 2007.
4. Krommenhoek D., Ghamaty S., Bass J., Elsner N., Jovanovich V. Predicted Performance of Quantum Well Thermoelectrics for Power Generation. // 4th International Energy Conversion Engineering Conference and Exhibit (IECEC). - San Diego, CA (USA). - 2006. - P. 1-8.
5. Bass J., Campana R., Elsner N. Thermoelectric Generator for Diesel Trucks. // In Proceedings of the 10th International Conference on Thermoelectrics, DM Rowe, ed., P. 127, UK, . 1991.
6. Ghamaty S., Bass J., Elsner N. Quantum Wells thermoelectric Devices for Diesel Engines. // 22th International Conference on Thermoelectrics ICT 2003. - Vol. 17 № 21 - 2003 P. 563 - 566.
7. Bass J., Elsner N., Leavitt F. Performance of the 1 kW Thermoelectric Generator for Diesel Engines. // 13th International Conference on Thermoelectrics. - Vol. 316. - P. 295-298.
8. Ghamaty S., Bass J., Elsner N. Quantum Thermoelectric Devices for Diesel Engines. //
9. Kush Aleksandr S., John S. Bass, Saeid Ghamaty, Norbert B. Elsner Thermoelectric development at Hi-Z technology // Proc. of 20th International Conference on Thermoelectrics, 2001, pp. 422 - 430.
10. JC Bass, Norbert B. Elsner, and FA Leavitt, "Performance of the 1kW Thermoelectric Generator for Diesel Engines," AIP Conference Precedings, vol. 316, pp. 295-298, 1995.
11. Morelli, DT, Potential applications of advanced thermoelectrics in the automobile industry. In Proceedings of the 15th International Conference on Thermoelectrics, J.-P. Fleurial, ed., 1996, - P.383-386.
12. JC Bass, Norbert B. Elsner. Current Thermoelectric Programs at Hi-Z Technology Inc. // Proc. of the 11th International Conference on Thermoelectrics, USA, 1992.
13. JC Bass, Norbert B. Elsner, S. Ghamaty. Application of Advanced Thermoelectric Technology to the Diesel Generator // DEER 1997, California, July, 1997 P. 157-161.
14. Ghamaty S., Elsner B. Si / SiGe Quantum Well Thermoelectric Materials and Devices for Waste Heat Recovery From Vehicles and Industrial Plants. // International Symposium on Nano-Thermoelectrics. - Osaka (Japan). - 2007. - P. 1-5.
15. Bass J., Kusch A., Elsner N. Thermoelectric Generator (TEG) for Heavy Diesel Trucks. // Proceedings ICT 2001 XX International Conference on Thermoelectrics. - Beijing (China). - 2001, P. 1-6.
16. Ikoma K. at al. Thermoelectric Module and Generator for Gasoline Engine Vehicles. Proc. of the 17th International Conference on Thermoelectrics, 1988.
17. Kushch A., Karri MA, Helenbrook BF, Richter C., The Effects of an Exhaust Thermoelectric Generator of a GM Sierra Pickup Truck. Proc. of Diesel Engine Emission Reduction (DEER) Conference, California, USA, 2004.
18. Thacher EF, BT Helenbrook, MA Karri, CJ Richter "Testing of an automobile thermoelectric generator in a light truck" // Proc. IMechE Vol. 221 Part D: J. Automobile engineering,

- pp. 95 - 107. 2007.
19. D. Crane. Potential thermoelectric application in diesel vehicles // Proc. DEER Conference, August 24-28, 2003. P. 1 - 6.
 20. LaGrandeur, J., Crane, D., Eder, A., "Vehicle Fuel Economy Improvement through Thermoelectric Waste Heat Recovery", DEER Conference, 2005, Chicago, IL, USA, 2005.
 21. LaGrandeur, J., Crane, D., Hung, S., Mazar, B. and Eder, A., "Automotive waste heat conversion to electric power using skutterudite, TAGS, PbTe and BiTe", International conference on thermoelectric, p. 343-48, 2006.
 22. Crane, D., Lagrandeur, J., Jovovic, V., Ranalli, M., Addinger, M., Poliquin, E., Dean, J., Kossakovski, D., Mazar, B., Maranville, C . TEG on-vehicle performance model validation. In Directions in engine-efficiency and emissions research (DEER) conference 2012: October 16 - 19 2012, Dearborn, USA.
 23. Crane D., Bell L. Progress Towards Maximizing the Performance of a Thermoelectric Power Generator. // Proc. ICT '06, 25th International Conference on Thermoelectrics. - Vienna (Austria). - P. 11-16.
 24. LaGrandeur J., Crane D., Hung S., Mazar B., Eder A. Automotive Waste Heat Conversion to Electric Power using Skutterudite, TAGS, PbTe and BiTe. // Proc. 2006 International Conference on Thermoelectrics. - 2006. - P. 343-348.
 25. Bell L. Prospects for Broadened Use of Thermoelectrics in the Automotive Vehicles. // Proc. Next Generation Thermal Management Materials and Systems Conference. - Irving, Texas (USA). - 2002.
 26. LaGrandeur J. BSST Waste Heat Recovery Program // 2008 DOE FCVT Merit Review. - 2008.
 27. Crane D. Potential Thermoelectric Applications in Diesel Vehicles. // Proc. DEER Conference. - Newport, RI (USA). - 2003.
 28. Bell L. High Power Density Thermoelectric Systems. // Proc. 23rd International Conference on Thermoelectrics. - 2004. - Adelaide, AU.
 29. LaGrandeur J., Crane D., Eder A. Vehicle Fuel Economy Improvement through Thermoelectric Waste Heat Recovery // Proc. of Diesel Engine Emissions Reduction Conference. - Chicago (USA). - P. 1-7. - 2005.
 30. Bell L. Broader Use of Thermoelectric Systems in Vehicles. // Proc. 1th Thermoelectrics IAV Conference. - Berlin (Germany). - 2008. - P. 1-14.
 31. Crane D. Potential Thermoelectric Applications in Diesel Vehicles. // Proc. of the 9th Diesel Engine Emissions Reduction (DEER) Conference. - Newport, Rhode Island (USA). - 2003. - P. 1-6.
 32. Crane D., Bell L. Design to Maximize Performance of a Thermoelectric Power Generator with Dynamic Thermal Power Source. // Proc. of ES2007 Energy Sustainability 2007. - Long Beach, CA (USA). - P. 1-9.
 33. Fairbanks JW Thermoelectric applications in vehicles status 2008. // Proc. 6th European Conference on Thermoelectrics. - Paris (France). - 2008. - P. PL-01.
 34. Ikoma K., Munekiyo M., Furuya K., Kobayashi M., Izumi T., Shinohara K. Thermoelectric Module and Generator for Gasoline Engine Vehicles // Proc. ICT'98. XVII International Conference on Thermoelectrics. - Nagoya (Japan) 1998 - 464-467.
 35. Takanose E., Tamakoshi H. The Development of thermoelectric generator for passenger car // Proc. 12th International Conference on Thermoelectrics. - Yokohama (Japan). - 1993. - P. 467-470.
 36. Matsubara K. "Development of high efficient thermoelectric stack for a waste exhaust heat

- recovery of vehicles" // in Proc. of 21st International conference on thermoelectrics, 2002, pp. 418-423.
37. Mikami M. Kobayashi K., Kawada T., Kubo K., Uchiyama N. Development of high-strength Fe₂VAl thermoelectric module designed for motorcycle // Proc. ICT 26th International Conference on Thermoelectrics. - Jeju (Korea). - 2007. - P. 345-348.
38. Hatzikraniotis E., Zorbas K. Triandafyllis I., Paraskevopoulos KM Study of Thermoelectric Power Generators and Applications in a Small Sized Cars // ECT2008 is the 6th European Conference on Thermoelectrics. - Paris (France). - 2008. - P. P2-18.
39. Zorbas KT, Hatzikraniotis E., Paraskevopoulos KM Power and Efficiency Calculation in Commercial TEG and Application in Wasted Heat Recovery in Automobile // Proc. ECT2007 is the 5th European Conference on Thermoelectrics. - Odessa (Ukraine). - 2007.
40. «Thermoelektrik-Eine Chance Fur Die Atomobillindustrie», Берлин 2008.
41. Wojciechowski K., Merksiz J., Fuc P., Lijewski P., Schmidt M. Study of Recovery of Waste Heat From the Exhaust of Automobile Engine // Proc. ECT2007 is the 5th European Conference on Thermoelectrics. - Odessa (Ukraine). - 2007.
42. Gao Min. Improving the conversion efficiency of thermoelectric generators through "pulse mode" operation. // AIP Conference Proceedings 1449, 447 (2012); doi: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4731592>
43. Gao Min, DM Rowe. Recent concepts in thermoelectric power generation //, 2002. Proceedings ICT '02. Twenty-First International Conference on Thermoelectrics.
44. DM Rowe. The NEDO / Cardiff thermoelectric project to economically recover low temperature waste heat // 1998. Proceedings ICT 98. XVII International Conference on Thermoelectrics.
45. O. Glavatskaya, C. Goupil, A. El Bakkali, O. Shonda. Exergetic Analysis of a Thermo-Generator for Automotive Application: a Dynamic Numerical Approach // 9th European Conference on Thermoelectrics AIP Conf. Proc. 1449, 475-481 (2012); doi: 10.1063 / 1.4731599.
46. D. Magnetto., G. Vidiella. Reduced Energy Consumption by Massive Thermoelectric Waste Heat Recovery in Light Duty Trucks // 9th European Conference on Thermoelectrics. AIP Conf. Proc. 1449, 471-474 (2012); doi: 10.1063 / 1.4731598
47. Jamil I. Ghogel. Thermal and environmental assessment of a conceptual waste heat recovery system for automotive application // Proceedings ICED 05 the 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, Australia, 15-18.08.2005.
48. JG Haidar; JI Ghogel. Waste heat recovery from the exhaust of low-power diesel engine using thermoelectric generators // Proceedings ICT2001. 20 International Conference on Thermoelectrics (Cat. No.01TH8589).
49. Vázquez J., Sanz-Bobi MA, Palacios R., Arenas A. State of the Art of Thermoelectric Generators Based on Heat Recovered from the Exhaust Gases of Automobiles // Proc. 7th European Workshop on Thermoelectrics. - Pampelona (Spain). - 2002.
50. Olle Hugblom, Ronnie Andersson. CFD Modeling of Thermoelectric Generators in Automotive EGR-coolers. // 9th European Conference on Thermoelectrics AIP Conf. Proc. 1449, 497-500 (2012); doi: 10.1063 / 1.4731602.
51. Andrea Montecucco, Jonathan Siviter, Andrew R. Knox. A combined heat and power system for solid-fuel stoves using thermoelectric generators // The 7th International Conference on Applied Energy - ICAE2015. Energy Procedia 75 (2015) 597 - 602.
52. Christian Häfele, Michael Schier, Steffen Hahn, Tobias Weiler, Horst Friedrich. Experimentelle Fahrzeug-Untersuchungen im Hinblick auf exergetische Potentiale und

- Gesamtsystemrückwirkungen bei der Integration Thermoelektrischer Generatoren / Thermoelectrics goes automotive. Jänsch, Daniel (Hrsg.) Renningen: expert-Verl. 2011.
53. Doug Crane, John Lagrandeur, Vladimir Jovovic, Marco Ranalli, Martin Adldinger, Eric Poliquin, Joe Dean, Dmitri Kossakovski, Boris Mazar, Clay Maranville. TEG On-Vehicle Performance and Model Validation and What It Means for Further TEG Development. Journal of ELECTRONIC MATERIALS DOI: 10.1007 / s11664-012-2327-8. 2012.
54. F. Frobenius, G. Gaiser, U. Rusche, B. Weller. Thermoelectric Generators for the Integration into Automotive Exhaust Systems for Passenger Cars and Commercial Vehicles. Journal of Electronic Materials DOI: 10.1007 / s11664-015-4059-z. 2015.
55. Yanliang Zhanga, Martin Clearyb, Xiaowei Wangb, Nicholas Kempfa, Luke Schoenseea, Jian Yangb, Giri Joshib, Lakshmikanth Medac. High-temperature and high-power-density nanostructured thermoelectric generator for automotive waste heat recovery. Energy Conversion and Management Volume 105, 15 November 2015, Pages 946-950.
56. Waste heat recovery system with new thermoelectric materials. LIU-IEI-TEK-A - 15/02289-SE. Jonas Coyet Fredrik Borgstrum. Master Thesis Department of Management and Engineering Linköping University, Sweden Linköping, June 2015.
57. Terry J. Hendricks, Shannon Yee, Saniya Leblanc. Cost Scaling of a Real-World Exhaust Waste Heat Recovery Thermoelectric Generator: A Deeper Dive. Journal of ELECTRONIC MATERIALS, Vol. 45, No. 3, 2016. DOI: 10.1007 / s11664-015-4201-y
58. Christopher M. Jaworski. Opportunitites for Thermoelectric Energy Conversion in Hybrid Vehicles: Thesis: May 18, 2007 The Ohio State University. Department of Mechanical Engineering.
59. Kevin D. Smith. An Investigation into the Viability of Heat Sources for Thermoelectric Power Generation Systems: Thesis for the Degree of Master of Science in Mechanical Engineering: February 2009. Department of Mechanical Engineering Rochester Institute of Technology.
60. Кадзикава Т. Современное состояние технологии термоэлектрических генерирования энергии в Японии // Термоэлектричество. - 2007. - № 2. - С. 21-31.
61. Кадзикава Т. Современное состояние исследований и разработок в сфере технологии термоэлектрических генерирования в Японии // Термоэлектричество. - 2009. - № 1. - С. 18-30.
62. Matsubara K., Matsuura M. A Thermoelectric Application to Vehicles // Thermoelectric Handbook: macro to nano. - Boca Raton: Taylor & Francis. - 2006. - P. 52-1-52-11.
63. DM Rowe, J. Smith, G. Thomas, G. Min. Weight Penalty Incurred in Thermoelectric Recovery of Automobile Exhaust Heat // Journal of Elec Materi (2011) 40: 784. doi: 10.1007 / s11664-011-1571-7
64. DM Rowe. Review. Thermoelectric waste heat recovery as a renewable energy source // International Journal of Innovations in Energy Systems and Power, Vol. 1, no. 1 (November 2006).
65. Saniya LeBlanc. Thermoelectric generators: Linking material properties and systems engineering for waste heat recovery applications // Sustainable Materials and Technologies 1-2 (2014) 26-35.
66. Jing-Hui Meng, Xiao-Dong Wang, Wei-Hsin Chen. Performance investigation and design optimization of a thermoelectric generator applied in automobile exhaust waste heat recovery // Energy Conversion and Management 120 (2016) 71-80.
67. Saqr KM, Mansour MK, Musa MN Thermal Design of Automobile Exhaust Based Thermoelectric Generators: Objectives and Challenges // International Journal of Automotive Technology. - 2008. - Vol. 9, № 9. - P. 155-160.
68. Сакр Х.М., Мансур М.Х., Мусса М.Н. Тепловой расчёт термоэлектрических генераторов

- работающих на выхлопных газах автомобиля: цели и задачи // Термоэлектричество. - 2008. - № 1. - С. 64-73.
69. Yanliang Zhang, Martin Cleary, Xiaowei Wang, Nicholas Kempf, Luke Schoensee, Jian Yang, Giri Joshi, Lakshmi Kanth Meda. High-temperature and high-power-density nanostructured thermoelectric generator for automotive waste heat recovery // Energy Conversion and Management 105 (2015) 946-950.
70. Sun-kook kim, Byeong-Cheol Won, Seok-Ho Rhi, Shi-Ho Kim, Jeong-Ho Yoo, Ju-Chan Jang. Thermoelectric Power Generation System for Future Hybrid Vehicles Using Hot Exhaust Gas // Journal of ELECTRONIC MATERIALS, Vol. 40, No. 5, 2011 DOI: 10.1007 / s11664-011-1569-1.
71. Nyambayar Baatar, Shiho Kim. A Thermoelectric Generator Replacing Radiator for Internal Combustion Engine Vehicles // TELKOMNIKA, Vol.9, No.3, December 2011, pp. 523 ~ 530.
72. X. Liu, YD Deng, S. Chen, WS Wang, Y. Xu, CQ Su. A case study on compatibility of automotive exhaust thermoelectric generation system, catalytic converter and muffler // Case Studies in Thermal Engineering 2 (2014) 62-66.
73. X. Liu Y. D. Deng W. S. Wang C. Q. Su. Experimental Investigation of Exhaust Thermoelectric System and Application for Vehicle // Journal of Electronic Materials, June 2015, Volume 44, Issue 6, pp 2203-2210.
74. V. Pandiyarajana, M. Chinnappandianb, V. Raghavana, R. Velraja. Second law analysis of a diesel engine waste heat recovery with a combined sensible and latent heat storage system // Energy Policy. Volume 39, Issue 10 October 2011, Pages 6011-6020.
75. C. Ramesh Kumar, Ankit Sonthalia, Rahul Goel. Experimental study on waste heat recovery from an internal combustion engine using thermoelectric technology // Thermal Science, Year 2011, Vol. 15, No. 4, pp. 1011-1022.
76. Zhang X., Chau KT, Chan CC Overview of Thermoelectric Generation for Hybrid Vehicles // Journal of Asian Electric Vehicles. - 2008. - Vol. 6, № 2. - P. 1119-1124.
77. Henry Bosch. From Modules to a Generator: An Integrated Heat Exchanger Concept for Car Applications of a Thermoelectric Generator // Journal of Electronic Materials, Vol. 45, No. 3, 2016. DOI: 10.1007 / s11664-015-4129-2.
78. A. Heghmanns, S. Wilbrecht, M. Beitel Schmidt, K. Geradts. Parameter Optimization and Operating Strategy of a TEG System for Railway Vehicles // Journal of Electronic Materials. DOI: 10.1007 / s11664-015-4145-2
79. Wei He, Shixue Wang, Xing Zhang, Yanzhe Li, Chi Lu. Optimization design method of thermoelectric generator based on exhaust gas parameters for recovery of engine waste heat // Energy, Volume 91, November 2015, Pages 1-9.
80. Shuhai Yu, Qing Du., Hai Diao, Gequn Shu, Kui Jiao. Start-up modes of thermoelectric generator based on vehicle exhaust waste heat recovery // Applied Energy, Volume 138, 15 January 2015, Pages 276-290.
81. Gequn Shu, Youcai Liang, Haiqiao Wei, Hua Tian, Jian Zhao and Lina Liu. A review of waste heat recovery on two-stroke IC engine aboard ships // Renewable and Sustainable Energy Reviews 2013, vol. 19 issue C, pages 385-401.
82. MA Korzhuev, TE Svechnikova. Thermodynamic restrictions for the net power of automotive thermoelectric generators and prospects of their use in transport // Journal of Thermoelectricity №3 – 2013.
83. Neild Jr. AB "Portable thermoelectric generators", Society of Automotive Engineers, New York, SAE-645A, 1963.

84. Gruen D., Singh D., Routhbort J. Development of High-ZT Bulk Thermoelectric (New Program) // VT Merit Review. - 2008.
85. Advanced Combustion Engine Technologies. - FY 2005 Progress Report. - PP. 296-300.
86. Elsner N., Bass J., Ghamaty S., Krommenhoek D., Kushch A., Snowden D. Diesel Truck Thermoelectric Generator. // Advanced Combustion Engine Technologies. - FY 2005 Progress Report. - P. 301-305.
87. Thacher E. Wagner J. Thermoelectric Generator. // Clarkson University.
88. LaGrandeur J., Crane D., Bell L., Hung S., Mazar B., Eder A. High-Efficiency Thermoelectric Waste Energy Recovery System for Passenger Vehicle Applications. // Advanced Combustion Engine Technologies. - FY 2006 Progress Report. - P. 232-236.
89. Crane D., Bell L. Design to Maximize Performance of Thermoelectric Power Generator with a dynamic Thermal power Source. // J. Energy Resour. Technol. - 2009. - Vol. 131, № 1. - 8 p.
90. Bell L., LaGrandeur J. High-Efficiency Thermoelectric Waste Energy Recovery System for Passenger Vehicle Applications. // Advanced Combustion Engine Technologies. - FY 2005 Progress Report. - PP. 287-290.
91. Лусте О.Я., Кузь Р.В., Струтинский М.Н. Компьютерные технологии в термоэлектричестве (Обзор) // Научное специализированное издание. Геометрическое и компьютерное моделирование. - 2009. - Вип.25. - С. 78-89. 2008
92. Кузь Р.В., Струтинский М.М. Компьютерное моделирование термоэлектрического однокаскадного генераторного модуля // Термоэлектричество, – 2010. – №3. – С. 21 - 27.
93. Anatychuk LI, Luste OJ, Kuz RV Theoretical and experimental studies of thermoelectric generator for vehicles // Journal of Electronic Materials, Vol. 40, Issue 5, 2011.
94. LI Anatychuk and RV Kuz, Computer designing and test results of automotive thermoelectric generator. Thermoelectrics goes automotive. (Berlin: Expert Verlag, 2011).
95. LI Anatychuk and RVKuz, Materials for vehicular thermoelectric generators. Journal of Electronic Materials, Volume 41, Number 6 (2012).
96. Л.И. Анатычук, Р. Кузь, Ю.Ю. Розвер. Эффективность термоэлектрических рекуператоров тепла выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания // Термоэлектричество, – 2011 – №4. – С. 78-83.
97. Л.И. Анатычук, Р. Кузь, Ю.Ю. Розвер. Термоэлектрический генератор для бензинового двигателя // Термоэлектричество, – 2012. – №2. – С. 93 - 100.
98. Анатычук Л.И., Кузь Р.В., Хванг Дж.Д. Энергетические и экономические показатели термоэлектрических генераторных модулей на основе Bi-Te для рекуперация отходов тепла // Термоэлектричество, – 2012. – №4. – С. 75 - 82.
99. Кузь Р.В. Система мониторинга параметров движущегося автомобиля // Термоэлектричество, – 2012. – №4. – С. 89 - 94.
100. Анатычук Л.И., Кузь Р.В., Прибыла А.В. О влиянии системы теплообмена на эффективность термоэлектрического кондиционера // Термоэлектричество, – 2013 – №1. – С. 75 - 81.
101. Анатычук Л.И., Кузь Р.В. Влияние воздушного охлаждения на эффективность термоэлектрического генератора дизельного автомобиля // Термоэлектричество, – 2014. – №2. – С. 60 - 67.
102. Анатычук Л.И., Кузь Р.В. Влияние воздушного охлаждения на эффективность термоэлектрического генератора автомобиля с бензиновым двигателем // Термоэлектричество, – 2014. – №3. – С. 87 - 91.
103. Анатычук Л.И., Кузь Р.В. Влияние воздушного охлаждения на эффективность секционного

- термоелектрического генератора автомобиля с дизельным двигателем // Термоэлектричество, – 2014. – №4. – С. 81 - 87.
104. Анатичук Л.И., Кузь Р.В. Влияние воздушного охлаждения на эффективность секционного термоэлектрического генератора автомобиля с бензиновым двигателем // Термоэлектричество, – 2014. – №5. – С. 49 - 54.
105. Анатичук Л.И., Кузь Р.В., Прибыла А.В. Повышение эффективности секционных термоэлектрических рекуператоров тепла // Термоэлектричество. – 2014. – №6. – С. 77-88.
106. LI Anatyshuk, RV Kuz. / Materials Today: Proceedings 2 (2015) 871 - 876 / Materials Today: Proceedings 2 (2015) 871 - 876. (ECT-2014), Madrid.
107. Дудаль В.А. Кузь Р.В. Распределения температур в почве и возможности подземных термоэлектрических генераторов // Термоэлектричество, – 2016. – №2. – С. 63 - 69.
108. Анатичук Л.И., Кузь Р.В. Термоэлектрический генератор для грузовиков // Термоэлектричество, – 2016. – №3. – С. 5 - 10.
109. Пат. 71722 Украина, МКИ H01L 35/02. Термоэлектрический генератор, использующий тепло выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания. Анатичук Л.И., Кузь Р.В., 25.07.2012, Бюл. №14.
110. Патент Украины №71651. Термоэлектрический автомобильный генератор. Анатичук Л.И., Кузь Р.В., 25.07.2012, Бюл. №14.
111. Патент Украины №71613. Термоэлектрический автомобильный генератор. Анатичук Л.И., Кузь Р.В., 25.07.2012, Бюл. №14.
112. Патент Украины №73671. Система электропитания автомобиля. Анатичук Л.И., Кузь Р.В., 10.10.2012, Бюл. №19.
113. US3197342. AB Neild Jr. Заявл. 26.09.1961. Оpubл. 27.07.1965.
114. Pat. US 3 297 492, USA, Int. Cl. H01L35/00. Internal combustion engine exhaust with thermoelectric generator / Pepper Vernon D (US); Publication date 1967-01-10, 3стр.
115. US 3 217 696 (A), USA, Int. Cl. F02B61/04; F02B63/04; F02B75/20; Thermoelectric generator for internal combustion engine / Carl Kiekhaefer Elmer; Publication date 1965-11-16, Priority date. 1962-09-28, 8стр.
116. US 4 673 863, USA, Int. Cl. F01N5/02; H01L35/30; Thermoelectric generator for engine exhaust / Alan Shwabric; Оpubл. 16.06.1987, Заявл. 22.05.1985, 4стр.
117. US 5 397 922, USA, Int. Cl. H02K33/00; H02K35/00; Integrated thermo-electro engine / Marius A. Paul, Ana Paul; Оpubл. 14.04.1995, Заявл. 02.07.1993, 9стр.
118. US 5 625 245, USA, Int. Cl. H02N3/00; Thermoelectric generator for motor vehicle / J. C. Bass; Оpubл. 29.04.1997, Заявл. 19.10.1993, 11стр.
119. US 2002 /0 117 198 A1, USA, Int. Cl. H02K33/00; H02K35/00; Thermoelectric generator for a vehicle / D.B. Kok, R. Bush; Оpubл. 29.08.2002, Заявл. 18.01.2002, 5стр.
120. 2005 /0 172 993, USA, Int. Cl. H01L35/28; H01L35/30; Thermoelectric generator for internal combustion engine / K. Shimoji, K. Suzuki, S. Matsubara; Оpubл. 11.08.2005, Заявл. 4.02.2005, 13 с.
121. US 6 986 247 B1, USA, Int. Cl. F01N35/00; Thermoelectric catalytic power generator with preheat / R. J. Parise; Оpubл. 17.01.2006, Заявл. 28.03.2002, 20стр.
122. 2007 /0 095 379 A1, USA, Int. Cl. H01L35/30; Thermoelectric generator / M. A. Taher, R. Dupree, Dong Fei, S.G. Garner; Оpubл. 3.05.2007, Заявл. 31.10.2005, 13 с.
123. DE102006057662 (A1), Germany, Int. Cl. H02N11/00; F28D9/02; H01L35/32; H02N11/00; F28D9/00; H01L35/32; Vehicle, has combustion engine and thermoelectric generator and heat

- exchanger has heating elements, which are arranged in exhaust gas channel of combustion engine and is pass or flow through exhaust gas / R. Rainer; Опубл. 12.06.2008, Заявл. 19.08.2006, 9 с.
124. DE4208358 (A1), Germany, Int. Cl. F01P9/00; H01L35/00; F01P9/00; H01L35/00; Thermoelectric cooling system for vehicle IC engine - has thermoelectric generator between hot and cold sides of cooler, and formed from series-connected semiconductor elements / Henatsch Alfred Prof Dr Ing [De]; Senst Juergen Dr Ing [De]; Опубл. 23.09.1993, 4 с.
125. DE4118979 (A1), Germany, Int. Cl. B60S1/48; B60S1/50; B60S1/52; F02G5/02; H01L35/00; B60S1/46; F02G5/00; H01L35/00; Thermoelectric generator for windscreen washer of motor vehicle - recovers waste heat from exhaust manifold for electric heating of elements in water reservoir and tubes / Sieber Roland [De]; Опубл. 10.12.1992, 6 с.
126. DE102006057662 (A1), Germany, Int. Cl. H02N11/00; H02N11/00; Thermoelectric generator arrangement for internal combustion engine of vehicle, has base plates positively connected with hot and cold upper surfaces respectively, where one plate has dimension that is three millimeter longer than matrix / Richter Rainer [De]; Schroeter Gunter [De]; Hiebl Alois [De]; Опубл. 05.02.2009, Заявл. 31.07.2007, 6 с.
127. DE102008030758 (A1), Germany, Int. Cl. H02N11/00; H01L35/00; H02N11/00; H01L35/00; Vehicle, has combustion engine and thermoelectric generator and heat exchanger has heating elements, which are arranged in exhaust gas channel of combustion engine and is pass or flow through exhaust gas / Schaab Alexander [De]; Опубл. 22.01.2009, Заявл. 28.06.2008, 7 с.
128. 15. Pat. DE102007005520 (A1), Germany, Int. Cl. H01L35/00; Vehicle having a thermoelectric generator / Richter Rainer [De]; Eder Andreas [De]; Опубл. 07.08.2008, Заявл. 03.02.2007, 7стр.
129. DE102006039024 (A1), Germany, Int. Cl. H01L35/32; F01N5/02; F02G5/02; H01L35/34; H01L35/32; F01N5/00; F02G5/00; H01L35/00; Thermo-generator for use in e.g. motor vehicle, for generating current from heat, has thermoelectric units arranged behind each other in axial direction of delivery pipe and insulated against each other at front sides by insulation layers; Weber Klaus [De]; Muchilo Dimitry [De]; Platzek Dieter [De]; Borath Roland [De]; Опубл. 21.02.2008;
130. DE102006009081 (A1), Germany, Int. Cl. F17C13/00; F17C13/00; Cryo fuel tank's boil-off gas dissipating device for motor vehicle, has thermoelectric generator for obtaining electrical energy, where warm side of generator is supplied with heat and other side with cold boil-off gas / Richter Rainer [De]; Schwarz Carsten [De]; Schreiner Michael [De]; Tonhauser Johann [De]; Опубл. 30.08.2007, Заявл. 28.02.2006, 3 с.
131. JP2008177301 (A), Japan, Int. Cl. H01L35/30; F01N5/02; F01P1/06; H02N11/00; H01L35/28; F01N5/00; F01P1/00; H02N11/00; Thermoelectric generator / Iwamoto Shoichi; Опубл. 31.07.2008, 19 с.
132. JP2007211748 (A), Japan, Int. Cl. F02G5/04; F01N5/02; F28D9/02; H02N11/00; F02G5/00; F01N5/00; F28D9/00; H02N11/00; Heat exchanger and thermoelectric generator / Matsushita Akihisa; Опубл. 23.08.2007, 14 с.
133. JP2007014161 (A), Japan, Int. Cl. H02N11/00; F01N5/02; H01L35/28; H01L35/30; H02N11/00; F01N5/00; H01L35/28; Thermoelectric generator for vehicle / Tsuchiya Jiro; Опубл. 18.01.2007, 13 с.
134. JP2006220005 (A), Japan, Int. Cl. F01N5/02; F01N5/04; F02B37/00; F02B41/10; F02G5/02; F02G5/04; H01L35/30; H02N11/00; F01N5/00; F02B37/00; F02B41/00; F02G5/00; H01L35/28; H02N11/00; Thermoelectric generator for vehicle / Odawara Tomoyuki; Kubo Masahiko; Shii Kentaro; Опубл. 24.08.2006, 8 с.

135. JP2007006619 (A), Japan, Int. Cl. H02N11/00; F01N5/02; H01L35/30; H02N11/00; F01N5/00; H01L35/28; Thermoelectric generator / Hayashi Takashi; Iwamoto Shoichi; Опубл. 11.01.2007, 18 с.
136. JP2007014084 (A), Japan, Int. Cl. H02N11/00; H01L35/28; H02N11/00; H01L35/28; Thermoelectric generator / Tsuchiya Jiro; Опубл. 18.01.2007, 14 с.
137. JP2006207428 (A), Japan, Int. Cl. F01N5/02; F02G5/04; H01L35/30; H02N11/00; F01N5/00; F02G5/00; H01L35/28; H02N11/00; Thermoelectric generator / Hayashi Takashi; Опубл. 10.08.2006, 19 с.
138. 25. Pat. RU2191447 (C2), Russia, Int. Cl. H01L35/02; H01L35/00; (IPC1-7): H01L35/02; Thermoelectric generator / Baukin V E; Vjalov A P; Gorbach V D; Muranov G K; Sokolov O G; Опубл. 20.10.2002, Заявл. Pat. UA19090 (U), Ukraine, Int. Cl. H01L35/28; H01L35/28; Thermoelectric generator for a motor car / Anatyshuk L.I., Mikhaylovskiy V. Ya., Strutynska L.T.; Опубл. 15.12.2006, Заявл. 30.06.2006, 8стр.
139. CN101277082 (A), China, Int. Cl. B60K13/04; H02N11/00; B60R16/02; H01L35/28; H01L35/30; H01L35/32; H02N10/00; B60K13/00; H02N11/00; B60R16/02; H01L35/28; H01L35/32; H02N10/00; Thermoelectric generator for internal combustion engine / Shimoji Kouji [Jp]; Suzuki Kouichi [Jp]; Matsubara Shinya [Jp]; Опубл. 01.10.2008, Заявл. 04.02.2005, 13 с.
140. CN101313420 (A), China, Int. Cl. H01L35/30; F02G5/04; H01L35/28; F02G5/00; Thermoelectric power generator for variable thermal power source / Todd Crane Douglas [Us]; Опубл. 26.11.2008, Заявл. 28.06.2005.
141. CN1667937 (A), China, Int. Cl. H01L35/00; H02N11/00; H01L35/00; H02N11/00; Built-in type high-density thermoelectric generator / Zhang Zheng [Cn]; Опубл. 14.09.2005, Заявл. 25.02.2005; 16 с.
142. KR20030057985 (A), Korea, Int. Cl. H02N11/00; H02N11/00; (IPC1-7): H02N11/00; Thermoelectric semiconductor generator apparatus using exhaust gas waste heat / Yoo Won Ju [Kr]; Опубл. 07.07.2003, Заявл. 29.12.2001; 6 с.
143. EP1475532 (A2), Int. Cl. F01N5/02; F01P3/20; F01P7/16; F02B29/04; F02G5/02; H01L35/00; H01L35/30; F01N5/00; F01P3/20; F01P7/14; F02B29/00; F02G5/00; H01L35/00; H01L35/28; Thermoelectric generating device / Yamaguchi Hiroo [Jp]; Yamanaka Yasutoshi [Jp]; Опубл. 10.11.2004, Заявл. 03.05.2004; 21 с.
144. EP1897153 (A2), Int. Cl. H01L35/30; F02G5/04; H01L35/28; F02G5/00; Thermoelectric power generator with intermediate loop / Bell Lon E [Us]; Crane Douglas Todd [Us]; Опубл. 12.03.2008, Заявл. 28.06.2005; 24 с.
145. WO2008095582 (A1), Int. Cl. H01L35/00; Vehicle having a thermoelectric generator / Richter Rainer [De]; Eder Andreas [De]; Опубл. 14.08.2008, Заявл. 15.01.2008; 17стр.
146. WO2007/048392, Int. Cl. F28F32/12, F28F3/04, H01L35/30; Exhaust gas heat exchanger for a thermoelectric generator and thermoelectric generator / Stelter Michael [De]; Budde Joern [De]; Опубл. 03.05.2007, Заявл. 26.10.2005; 30 с.
147. WO2007002891 (A2), Int. Cl. H01L35/30; H01L35/28; Thermoelectric power generator with intermediate loop / Bell Lon E [Us]; Crane Douglas Todd [Us]; Опубл. 04.01.2007, Заявл. 28.06.2005; 24 с.
148. Pat. WO9850686 (A1), Int. Cl. H01L35/30; H01L35/28; Thermoelectric power generator with intermediate loop / Bell Lon E [Us]; Crane Douglas Todd [Us]; Опубл. 12.11.1998, Заявл. 9.05.1997; 46 с.

Надійшла до редакції 14.11.2019

Анатичук Л.І., *акад. НАН України*^{1,2}

Кузь Р.В., *канд. физ.-мат. наук*^{1,2}

¹Інститут термоелектричності НАН і МОН України, ул. Науки, 1,
Чернівці, 58029, Україна, *e-mail: anatysh@gmail.com*;

²Черновицкий національний університет
ім. Юрія Федьковича, ул. Коцюбинського, 2,
Чернівці, 58012, Україна

О ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕКУПЕРАТОРА ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В работе проведен анализ публикаций, патентов, докладов на научных конференциях, касающихся создания термоэлектрических рекуператоров для утилизации отходов тепла от транспортных средств. Сделаны выводы о перспективах дальнейшего развития таких исследований. Библиография 143, рис. 5.

Ключевые слова: термоэлектрический генератор, выхлопной газ, утилизация тепла.

L.I. Anatyshchuk *acad. National Academy of Sciences of Ukraine*^{1,2}

R.V. Kuz *cand. phys. - math. Sciences*^{1,2}

¹Institute of Thermoelectricity of the NAS and MES of Ukraine,
1, Nauky str., Chernivtsi, 58029, Ukraine;

²Yu.Fedkovych Chernivtsi National University,
2, Kotsiubynskyi str., Chernivtsi, 58000, Ukraine
e-mail: anatysh@gmail.com

ABOUT THE PECULIARITIES OF PROGRESS IN THE WORKS TO CREATE THERMOELECTRIC RECUPERATORS FOR VEHICLES

The analysis of publications, patents, reports at scientific conferences related to the creation of thermoelectric recuperators for the utilization of heat from vehicles is carried out. Conclusions are made on the prospects for further development of such studies. Bibl. 143, Fig. 5.

Key words: thermoelectric generator, exhaust gas, heat recovery.

References

1. Birkholz U., Crob E., U. Stohrer, Voss K. Conversion of waste exhaust heat in automobiles using FeSi₂-thermoelements // Proc. 7th International Conference on Thermoelectric Energy Conversion. - Arlington (USA). - 1988. - P. 124-128.
2. Fairbanks J. Vehicular Thermoelectric Applications. // Energy Efficiency Renewable Energy (EERE). - Rockville, Maryland (USA). - 2008.
3. Farmer JC White Paper for US Army Rapid Equipping Force: Waste Heat Recovery with Thermoelectric and Lithium-Ion Hybrid Power System. // UCRL-TR-236780. - 2007.
4. Krommenhoek D., Ghamaty S., Bass J., Elsner N., Jovanovich V. Predicted Performance of Quantum Well Thermoelectrics for Power Generation. // 4th International Energy Conversion Engineering Conference and Exhibit (IECEC). - San Diego, CA (USA). - 2006. - P. 1-8.
5. Bass J., Campana R., Elsner N. Thermoelectric Generator for Diesel Trucks. // In Proceedings of the 10th International Conference on Thermoelectrics, DM Rowe, ed., P. 127, UK, 1991.
6. Ghamaty S., Bass J., Elsner N. Quantum Wells thermoelectric Devices for Diesel Engines. // 22th International Conference on Thermoelectrics ICT 2003. - Vol. 17 № 21 - 2003 P. 563 - 566.
7. Bass J., Elsner N., Leavitt F. Performance of the 1 kW Thermoelectric Generator for Diesel Engines. // 13th International Conference on Thermoelectrics. - Vol. 316. - P. 295-298.
8. Ghamaty S., Bass J., Elsner N. Quantum Thermoelectric Devices for Diesel Engines. //
9. Kush Aleksandr S., John S. Bass, Saeid Ghamaty, Norbert B. Elsner Thermoelectric development at Hi-Z technology // Proc. of 20th International Conference on Thermoelectrics, 2001, pp. 422 - 430.
10. JC Bass, Norbert B. Elsner, and FA Leavitt, "Performance of the 1kW Thermoelectric Generator for Diesel Engines," AIP Conference Proceedings, vol. 316, pp. 295-298, 1995.
11. Morelli, DT, Potential applications of advanced thermoelectrics in the automobile industry. In Proceedings of the 15th International Conference on Thermoelectrics, J.-P. Fleurial, ed., 1996, - P.383-386.
12. JC Bass, Norbert B. Elsner. Current Thermoelectric Programs at Hi-Z Technology Inc. // Proc. of the 11th International Conference on Thermoelectrics, USA, 1992.
13. JC Bass, Norbert B. Elsner, S. Ghamaty. Application of Advanced Thermoelectric Technology to the Diesel Generator // DEER 1997, California, July, 1997 P. 157-161.
14. Ghamaty S., Elsner B. Si / SiGe Quantum Well Thermoelectric Materials and Devices for Waste Heat Recovery From Vehicles and Industrial Plants. // International Symposium on Nano-Thermoelectrics. - Osaka (Japan). - 2007. - P. 1-5.
15. Bass J., Kusch A., Elsner N. Thermoelectric Generator (TEG) for Heavy Diesel Trucks. // Proceedings ICT 2001 XX International Conference on Thermoelectrics. - Beijing (China). - 2001, P. 1-6.
16. Ikoma K. et al. Thermoelectric Module and Generator for Gasoline Engine Vehicles. Proc. of the 17th International Conference on Thermoelectrics, 1988.
17. Kushch A., Karri MA, Helenbrook BF, Richter p., The Effects of an Exhaust Thermoelectric Generator of a GM Sierra Pickup Truck. Proc. of Diesel Engine Emission Reduction (DEER) Conference, California, USA, 2004.
18. Thacher EF, BT Helenbrook, MA Karri, CJ Richter "Testing of an automobile thermoelectric generator in a light truck" // Proc. IMechE Vol. 221 Part D: J. Automobile engineering, pp. 95 - 107. 2007.

19. D. Crane. Potential thermoelectric application in diesel vehicles // Proc. DEER Conference, August 24-28, 2003. P. 1 - 6.
20. LaGrandeur, J., Crane, D., Eder, A., "Vehicle Fuel Economy Improvement through Thermoelectric Waste Heat Recovery", DEER Conference, 2005, Chicago, IL, USA, 2005.
21. LaGrandeur, J., Crane, D., Hung, S., Mazar, B. and Eder, A., "Automotive waste heat conversion to electric power using skutterudite, TAGS, PbTe and BiTe", International conference on thermoelectric, p. 343-48, 2006.
22. Crane, D., Lagrandeur, J., Jovovic, V., Ranalli, M., Adldinger, M., Poliquin, E., Dean, J., Kossakovski, D., Mazar, B., Maranville, C . TEG on-vehicle performance model validation. In Directions in engine-efficiency and emissions research (DEER) conference 2012: October 16 - 19 2012, Dearborn, USA.
23. Crane D., Bell L. Progress Towards Maximizing the Performance of a Thermoelectric Power Generator. // Proc. ICT '06, 25th International Conference on Thermoelectrics. - Vienna (Austria). - P. 11-16.
24. LaGrandeur J., Crane D., Hung S., Mazar B., Eder A. Automotive Waste Heat Conversion to Electric Power using Skutterudite, TAGS, PbTe and BiTe. // Proc. 2006 International Conference on Thermoelectrics. - 2006. - P. 343-348.
25. Bell L. Prospects for Broadened Use of Thermoelectrics in the Automotive Vehicles. // Proc. Next Generation Thermal Management Materials and Systems Conference. - Irving, Texas (USA). - 2002.
26. LaGrandeur J. BSST Waste Heat Recovery Program // 2008 DOE FCVT Merit Review. - 2008.
27. Crane D. Potential Thermoelectric Applications in Diesel Vehicles. // Proc. DEER Conference. - Newport, RI (USA). - 2003.
28. Bell L. High Power Density Thermoelectric Systems. // Proc. 23rd International Conference on Thermoelectrics. - 2004. - Adelaide, AU.
29. LaGrandeur J., Crane D., Eder A. Vehicle Fuel Economy Improvement through Thermoelectric Waste Heat Recovery // Proc. of Diesel Engine Emissions Reduction Conference. - Chicago (USA). - P. 1-7. - 2005.
30. Bell L. Broader Use of Thermoelectric Systems in Vehicles. // Proc. 1th Thermoelectrics IAV Conference. - Berlin (Germany). - 2008. - P. 1-14.
31. Crane D. Potential Thermoelectric Applications in Diesel Vehicles. // Proc. of the 9th Diesel Engine Emissions Reduction (DEER) Conference. - Newport, Rhode Island (USA). - 2003. - P. 1-6.
32. Crane D., Bell L. Design to Maximize Performance of a Thermoelectric Power Generator with Dynamic Thermal Power Source. // Proc. of ES2007 Energy Sustainability 2007. - Long Beach, CA (USA). - P. 1-9.
33. Fairbanks JW Thermoelectric applications in vehicles status 2008. // Proc. 6th European Conference on Thermoelectrics. - Paris (France). - 2008. - P. PL-01.
34. Ikoma K., Munekiyo M., Furuya K., Kobayashi M., Izumi T., Shinohara K. Thermoelectric Module and Generator for Gasoline Engine Vehicles // Proc. ICT'98. XVII International Conference on Thermoelectrics. - Nagoya (Japan) 1998 - 464-467.
35. Takanose E., Tamakoshi H. The Development of thermoelectric generator for passenger car // Proc. 12th International Conference on Thermoelectrics. - Yokohama (Japan). - 1993. - P. 467-470.
36. Matsubara K. "Development of high efficient thermoelectric stack for a waste exhaust heat recovery of vehicles" // in Proc. of 21st International conference on thermoelectrics, 2002,

- p. 418-423.
37. Mikami M, Kobayashi K., Kawada T., Kubo K., Uchiyama N. Development of high-strength Fe₂VAl thermoelectric module designed for motorcycle // Proc. ICT 26th International Conference on Thermoelectrics. - Jeju (Korea). - 2007. - P. 345-348.
 38. Hatzikraniotis E., Zorbas K, Triandafyllis I., Paraskevopoulos KM Study of Thermoelectric Power Generators and Applications in a Small Sized Cars // ECT2008 is the 6th European Conference on Thermoelectrics. - Paris (France). - 2008. - P. P2-18.
 39. Zorbas KT, Hatzikraniotis E., Paraskevopoulos KM Power and Efficiency Calculation in Commercial TEG and Application in Wasted Heat Recovery in Automobile // Proc. ECT2007 is the 5th European Conference on Thermoelectrics. - Odessa (Ukraine). - 2007.
 40. «Thermoelektrik-Eine Chance Fur Die Atomobillindustrie», Берлін 2008.
 41. Wojciechowski K., Merkisz J., Fuc P., Lijewski P., Schmidt M. Study of Recovery of Waste Heat From the Exhaust of Automobile Engine // Proc. ECT2007 is the 5th European Conference on Thermoelectrics. - Odessa (Ukraine). - 2007.
 42. Gao Min. Improving the conversion efficiency of thermoelectric generators through "pulse mode" operation. // AIP Conference Proceedings 1449, 447 (2012); doi: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4731592>
 43. Gao Min, DM Rowe. Recent concepts in thermoelectric power generation //, 2002. Proceedings ICT '02. Twenty-First International Conference on Thermoelectrics.
 44. DM Rowe. The NEDO / Cardiff thermoelectric project to economically recover low temperature waste heat // 1998. Proceedings ICT 98. XVII International Conference on Thermoelectrics.
 45. O. Glavatskaya, p. Goupil, A. El Bakkali, O. Shonda. Exergetic Analysis of a Thermo-Generator for Automotive Application: a Dynamic Numerical Approach // 9th European Conference on Thermoelectrics AIP Conf. Proc. 1449, 475-481 (2012); doi: 10.1063 / 1.4731599.
 46. D. Manno., G. Vidiella. Reduced Energy Consumption by Massive Thermoelectric Waste Heat Recovery in Light Duty Trucks // 9th European Conference on Thermoelectrics. AIP Conf. Proc. 1449, 471-474 (2012); doi: 10.1063 / 1.4731598
 47. Jamil I. Ghogel. Thermal and environmental assessment of a conceptual waste heat recovery system for automotive application // Proceedings ICED 05 the 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, Australia, 15-18.08.2005.
 48. JG Haidar; JI Ghogel. Waste heat recovery from the exhaust of low-power diesel engine using thermoelectric generators // Proceedings ICT2001. 20 International Conference on Thermoelectrics (Cat. No.01TH8589).
 49. Vázquez J., Sanz-Bobi MA, Palacios R., Arenas A. State of the Art of Thermoelectric Generators Based on Heat Recovered from the Exhaust Gases of Automobiles // Proc. 7th European Workshop on Thermoelectrics. - Pampelona (Spain). - 2002.
 50. Olle Hugblom, Ronnie Andersson. CFD Modeling of Thermoelectric Generators in Automotive EGR-coolers. // 9th European Conference on Thermoelectrics AIP Conf. Proc. 1449, 497-500 (2012); doi: 10.1063 / 1.4731602.
 51. Andrea Montecucco, Jonathan Siviter, Andrew R. Knox. A combined heat and power system for solid-fuel stoves using thermoelectric generators // The 7th International Conference on Applied Energy - ICAE2015. Energy Procedia 75 (2015) 597 - 602.
 52. Christian Häfele, Michael Schier, Steffen Hahn, Tobias Weiler, Horst Friedrich. Experimentelle Fahrzeug-Untersuchungen im Hinblick auf exergetische Potentiale und Gesamtsystemrückwirkungen bei der Integration Thermoelektrischer Generatoren /

- Thermoelectrics goes automotive. Jänsch, Daniel (Hrsg.) Renningen: expert-Verl. 2011.
53. Doug Crane, John Lagrandeur, Vladimir Jovovic, Marco Ranalli, Martin Adldinger, Eric Poliquin, Joe Dean, Dmitri Kossakovski, Boris Mazar, Clay Maranville. TEG On-Vehicle Performance and Model Validation and What It Means for Further TEG Development. Journal of ELECTRONIC MATERIALS DOI: 10.1007 / s11664-012-2327-8. 2012.
54. F. Frobenius, G. Gaiser, U. Rusche, B. Weller. Thermoelectric Generators for the Integration into Automotive Exhaust Systems for Passenger Cars and Commercial Vehicles. Journal of Electronic Materials DOI: 10.1007 / s11664-015-4059-z. 2015.
55. Yanliang Zhanga, Martin Clearyb, Xiaowei Wangb, Nicholas Kempfa, Luke Schoenseea, Jian Yangb, Giri Joshib, Lakshmikanth Medac. High-temperature and high-power-density nanostructured thermoelectric generator for automotive waste heat recovery. Energy Conversion and Management Volume 105, 15 November 2015, Pages 946-950.
56. Waste heat recovery system with new thermoelectric materials. LIU-IEI-TEK-A - 15/02289-SE. Jonas Coyet Fredrik Borgström. Master Thesis Department of Management and Engineering Linköping University, Sweden Linköping, June 2015.
57. Terry J. Hendricks, Shannon Yee, Saniya Leblanc. Cost Scaling of a Real-World Exhaust Waste Heat Recovery Thermoelectric Generator: A Deeper Dive. Journal of ELECTRONIC MATERIALS, Vol. 45, No. 3, 2016. DOI: 10.1007 / s11664-015-4201-y
58. Christopher M. Jaworski. Opportunitites for Thermoelectric Energy Conversion in Hybrid Vehicles: Thesis: May 18, 2007 The Ohio State University. Department of Mechanical Engineering.
59. Kevin D. Smith. An Investigation into the Viability of Heat Sources for Thermoelectric Power Generation Systems: Thesis for the Degree of Master of Science in Mechanical Engineering: February 2009. Department of Mechanical Engineering Rochester Institute of Technology.
60. Кадзикава Т. Современное состояние технологии термоэлектрических генерирования энергии в Японии // Термоэлектричество. - 2007. - № 2. - С. 21-31.
61. Кадзикава Т. Современное состояние исследований и разработок в сфере технологии термоэлектрических генерирования в Японии // Термоэлектричество. - 2009. - № 1. - С. 18-30.
62. Matsubara K., Matsuura M. A Thermoelectric Application to Vehicles // Thermoelectric Handbook: macro to nano. - Boca Raton: Taylor & Francis. - 2006. - P. 52-1-52-11.
63. DM Rowe, J. Smith, G. Thomas, G. Min. Weight Penalty Incurred in Thermoelectric Recovery of Automobile Exhaust Heat // Journal of Elec Materi (2011) 40: 784. doi: 10.1007 / s11664-011-1571-7
64. DM Rowe. Review. Thermoelectric waste heat recovery as a renewable energy source // International Journal of Innovations in Energy Systems and Power, Vol. 1, no. 1 (November 2006).
65. Saniya LeBlanc. Thermoelectric generators: Linking material properties and systems engineering for waste heat recovery applications // Sustainable Materials and Technologies 1-2 (2014) 26-35.
66. Jing-Hui Meng, Xiao-Dong Wang, Wei-Hsin Chen. Performance investigation and design optimization of a thermoelectric generator applied in automobile exhaust waste heat recovery // Energy Conversion and Management 120 (2016) 71-80.
67. Saqr KM, Mansour MK, Musa MN Thermal Design of Automobile Exhaust Based Thermoelectric Generators: Objectives and Challenges // International Journal of Automotive Technology. - 2008. - Vol. 9, № 9. - P. 155-160.
68. Сакр Х.М., Мансур М.Х., Мусса М.Н. Тепловой расчёт термоэлектрических генераторов работающих на выхлопных газах автомобиля: цели и задачи // Термоэлектричество. - 2008. -

№ 1. - С. 64-73.

69. Yanliang Zhang, Martin Cleary, Xiaowei Wang, Nicholas Kempf, Luke Schoensee, Jian Yang, Giri Joshi, Lakshmikanth Meda. High-temperature and high-power-density nanostructured thermoelectric generator for automotive waste heat recovery // *Energy Conversion and Management* 105 (2015) 946-950.
70. Sun-kook kim, Byeong-Cheol Won, Seok-Ho Rhi, Shi-Ho Kim, Jeong-Ho Yoo, Ju-Chan Jang. Thermoelectric Power Generation System for Future Hybrid Vehicles Using Hot Exhaust Gas // *Journal of ELECTRONIC MATERIALS*, Vol. 40, No. 5, 2011 DOI: 10.1007 / s11664-011-1569-1.
71. Nyambayar Baatar, Shiho Kim. A Thermoelectric Generator Replacing Radiator for Internal Combustion Engine Vehicles // *TELKOMNIKA*, Vol.9, No.3, December 2011, pp. 523 ~ 530.
72. X. Liu, YD Deng, S. Chen, WS Wang, Y. Xu, CQ Su. A case study on compatibility of automotive exhaust thermoelectric generation system, catalytic converter and muffler // *Case Studies in Thermal Engineering* 2 (2014) 62-66.
73. X. Liu Y. D. Deng W. S. Wang C. Q. Su. Experimental Investigation of Exhaust Thermoelectric System and Application for Vehicle // *Journal of Electronic Materials*, June 2015, Volume 44, Issue 6, pp 2203-2210.
74. V. Pandiyarajana, M. Chinnappandianb, V. Raghavana, R. Velraja. Second law analysis of a diesel engine waste heat recovery with a combined sensible and latent heat storage system // *Energy Policy*. Volume 39, Issue 10 October 2011, Pages 6011-6020.
75. C. Ramesh Kumar, Ankit Sonthalia, Rahul Goel. Experimental study on waste heat recovery from an internal combustion engine using thermoelectric technology // *Thermal Science*, Year 2011, Vol. 15, No. 4, pp. 1011-1022.
76. Zhang X., Chau KT, Chan CC Overview of Thermoelectric Generation for Hybrid Vehicles // *Journal of Asian Electric Vehicles*. - 2008. - Vol. 6, № 2. - P. 1119-1124.
77. Henry Bosch. From Modules to a Generator: An Integrated Heat Exchanger Concept for Car Applications of a Thermoelectric Generator // *Journal of Electronic Materials*, Vol. 45, No. 3, 2016. DOI: 10.1007 / s11664-015-4129-2.
78. A. Heghmanns, S. Wilbrecht, M. Beitelschmidt, K. Geradts. Parameter Optimization and Operating Strategy of a TEG System for Railway Vehicles // *Journal of Electronic Materials*. DOI: 10.1007 / s11664-015-4145-2
79. Wei He, Shixue Wang, Xing Zhang, Yanzhe Li, Chi Lu. Optimization design method of thermoelectric generator based on exhaust gas parameters for recovery of engine waste heat // *Energy*, Volume 91, November 2015, Pages 1-9.
80. Shuhai Yu, Qing Du., Hai Diao, Gequn Shu, Kui Jiao. Start-up modes of thermoelectric generator based on vehicle exhaust waste heat recovery // *Applied Energy*, Volume 138, 15 January 2015, Pages 276-290.
81. Gequn Shu, Youcai Liang, Haiqiao Wei, Hua Tian, Jian Zhao and Lina Liu. A review of waste heat recovery on two-stroke IC engine aboard ships // *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2013, vol. 19 issue C, pages 385-401.
82. MA Korzhuev, TE Svechnikova. Thermodynamic restrictions for the net power of automotive thermoelectric generators and prospects of their use in transport // *Journal of Thermoelectricity* №3 – 2013.
83. Neild Jr. AB "Portable thermoelectric generators", Society of Automotive Engineers, New York, SAE-645A, 1963.

84. Gruen D., Singh D., Routhbort J. Development of High-ZT Bulk Thermoelectric (New Program) // VT Merit Review. - 2008.
85. Advanced Combustion Engine Technologies. - FY 2005 Progress Report. - PP. 296-300.
86. Elsner N., Bass J., Ghamaty S., Krommenhoek D., Kushch A., Snowden D. Diesel Truck Thermoelectric Generator. // Advanced Combustion Engine Technologies. - FY 2005 Progress Report. - P. 301-305.
87. Thacher E. Wagner J. Thermoelectric Generator. // Clarkson University.
88. LaGrandeur J., Crane D., Bell L., Hung S., Mazar B., Eder A. High-Efficiency Thermoelectric Waste Energy Recovery System for Passenger Vehicle Applications. // Advanced Combustion Engine Technologies. - FY 2006 Progress Report. - P. 232-236.
89. Crane D., Bell L. Design to Maximize Performance of Thermoelectric Power Generator with a dynamic Thermal power Source. // J. Energy Resour. Technol. - 2009. - Vol. 131, № 1. - 8 p.
90. Bell L., LaGrandeur J. High-Efficiency Thermoelectric Waste Energy Recovery System for Passenger Vehicle Applications. // Advanced Combustion Engine Technologies. - FY 2005 Progress Report. - PP. 287-290.
91. Luste O.J., Kuz R.V., Strutynskiy M.N. (2009). Computer technologies in thermoelectricity (Review). *Geometric and Computer Modeling*, 25, 78-89.
92. Kuz R.V., Strutynskiy M.M. (2010). Computer simulation of thermoelectric single-stage generator module. *J. Thermoelectricity*, 3, 21-27.
93. Anatyshuk LI, Luste OJ, Kuz RV Theoretical and experimental studies of thermoelectric generator for vehicles // *Journal of Electronic Materials*, Vol. 40, Issue 5, 2011.
94. LI Anatyshuk and RV Kuz, Computer designing and test results of automotive thermoelectric generator. *Thermoelectrics goes automotive*. (Berlin: Expert Verlag, 2011).
95. LI Anatyshuk and RVKuz, Materials for vehicular thermoelectric generators. *Journal of Electronic Materials*, Volume 41, Number 6 (2012).
96. Anatyshuk L.I., Kuz R.V., Rozver Yu.Yu. (2011). Efficiency of thermoelectric recuperators of exhaust gas heat of internal combustion engines. *J. Thermoelectricity*, 4, 78-83.
97. Anatyshuk L.I., Kuz R.V., Rozver Yu.Yu. (2012). Thermoelectric generator for petrol engine. *J. Thermoelectricity*, 2, 93-100.
98. Anatyshuk L.I., Kuz R.V., Hwang J.D. (2012). The energy and economic parameters of Bi-Te based thermoelectric generator modules for waste heat recovery. *J. Thermoelectricity*, 4, 75-82.
99. Kuz R.V. (2012). Moving vehicle parameters monitoring system. *J. Thermoelectricity*, 4, 89-94.
100. Anatyshuk L.I., Kuz R.V., Prybyla A.V. (2013). The effect of heat exchange system on the efficiency of thermoelectric air conditioner. *J. Thermoelectricity*, 1, 75-81.
101. Anatyshuk L.I., Kuz R.V. (2014). Effect of air cooling on the efficiency of thermoelectric generator in a diesel engine car. *J. Thermoelectricity*, 2, 60-67.
102. Anatyshuk L.I., Kuz R.V. (2014). Effect of air cooling on the efficiency of thermoelectric generator in a petrol engine car. *J. Thermoelectricity*, 3, 87-91.
103. Anatyshuk L.I., Kuz R.V. (2014). Effect of air cooling on the efficiency of sectional thermoelectric generator in a car with a diesel engine. *J. Thermoelectricity*, 4, 81-87.
104. Anatyshuk L.I., Kuz R.V. (2014). Effect of air cooling on the efficiency of sectional thermoelectric generator in a car with a petrol engine. *J. Thermoelectricity*, 5, 49-54.
105. Anatyshuk L.I., Kuz R.V., Prybyla A.V. (2014). Efficiency improvement of sectional thermoelectric heat recuperators. *J. Thermoelectricity*, 6, 77-88.
106. LI Anatyshuk, RV Kuz. / *Materials Today: Proceedings 2* (2015) 871 - 876 / *Materials Today:*

- Proceedings 2 (2015) 871 - 876. (ECT-2014), Madrid.
107. Dudal V.O., Kuz R.V. (2016). Temperature distributions in soil and possibilities of underground thermoelectric generators. *J.Thermoelectricity*, 2, 63-69.
 108. Anatyshuk L.I., Kuz R.V. (2016). Thermoelectric generator for trucks. *J.Thermoelectricity*, 3, 5-10.
 109. Pat. 71722 Ukraine, MKI H01L 35/02. Thermoelectric generator that uses the heat of the exhaust gases of an internal combustion engine. Anatyshuk L.I., Kuz R.V., 25.07.2012, Publ. №14. (in Ukraine)
 110. Pat. №71613 Ukraine. Thermoelectric car generator. Anatyshuk L.I., Kuz R.V., 25.07.2012, Publ. №14. (in Ukraine)
 111. Pat. №73671 Ukraine. Car power supply system. Anatyshuk L.I., Kuz R. V., 10.10.2012, Publ. №19. (in Ukraine)
 112. US3197342. AB Neild Jr. Applic. 26.09.1961. Publ. 27.07.1965.
 113. Pat. US 3 297 492, USA, Int. Cl. H01L35/00. Internal combustion engine exhaust with thermoelectric generator / Pepper Vernon D (US); Publication date 1967-01-10, 3p.
 114. US 3 217 696 (A), USA, Int. Cl. F02B61/04; F02B63/04; F02B75/20; Thermoelectric generator for internal combustion engine / Carl Kiekhaefer Elmer; Publication date 1965-11-16, Priority date. 1962-09-28, 8p.
 115. US 4 673 863, USA, Int. Cl. F01N5/02; H01L35/30; Thermoelectric generator for engine exhaust / Alan Shwabric; Publ. 16.06.1987, Applic. 22.05.1985, 4p.
 116. US 5 397 922, USA, Int. Cl. H02K33/00; H02K35/00; Integrated thermo-electro engine / Marius A. Paul, Ana Paul; Publ. 14.04.1995, Applic. 02.07.1993, 9p.
 117. US 5 625 245, USA, Int. Cl. H02N3/00; Thermoelectric generator for motor vehicle / J. p. Bass; Publ. 29.04.1997, Applic. 19.10.1993, 11p.
 118. US 2002 /0 117 198 A1, USA, Int. Cl. H02K33/00; H02K35/00; Thermoelectric generator for a vehicle / D.B. Kok, R. Bush; Publ. 29.08.2002, Applic. 18.01.2002, 5p.
 119. 2005 /0 172 993, USA, Int. Cl. H01L35/28; H01L35/30; Thermoelectric generator for internal combustion engine / K. Shimoji, K. Suzuki, S. Matsubara; Publ. 11.08.2005, Applic. 4.02.2005, 13p.
 120. US 6 986 247 B1, USA, Int. Cl. F01N35/00; Thermoelectric catalytic power generator with preheat / R. J. Parise; Publ. 17.01.2006, Applic. 28.03.2002, 20p.
 121. 2007 /0 095 379 A1, USA, Int. Cl. H01L35/30; Thermoelectric generator / M. A. Taher, R. Dupree. Dong Fei, S.G. Garner; Publ. 3.05.2007, Applic. 31.10.2005, 13p.
 122. DE102006057662 (A1), Germany, Int. Cl. H02N11/00; F28D9/02; H01L35/32; H02N11/00; F28D9/00; H01L35/32; Vehicle, has combustion engine and thermoelectric generator and heat exchanger has heating elements, which are arranged in exhaust gas channel of combustion engine and is pass or flow through exhaust gas / R. Rainer; Publ. 12.06.2008, Applic. 19.08.2006, 9p.
 123. DE4208358 (A1), Germany, Int. Cl. F01P9/00; H01L35/00; F01P9/00; H01L35/00; Thermoelectric cooling system for vehicle IC engine - has thermoelectric generator between hot and cold sides of cooler, and formed from series-connected semiconductor elements / Henatsch Alfred Prof Dr Ing [De]; Sens Juergen Dr Ing [De]; Publ. 23.09.1993, 4p.
 124. DE4118979 (A1), Germany, Int. Cl. B60S1/48; B60S1/50; B60S1/52; F02G5/02; H01L35/00; B60S1/46; F02G5/00; H01L35/00; Thermoelectric generator for windscreen

- washer of motor vehicle - recovers waste heat from exhaust manifold for electric heating of elements in water reservoir and tubes / Sieber Roland [De]; Publ. 10.12.1992, 6p.
126. DE102006057662 (A1), Germany, Int. Cl. H02N11/00; H02N11/00; Thermoelectric generator arrangement for internal combustion engine of vehicle, has base plates positively connected with hot and cold upper surfaces respectively, where one plate has dimension that is three millimeter longer than matrix / Richter Rainer [De]; Schroeter Gunter [De]; Hiebl Alois [De]; Publ. 05.02.2009, Applic. 31.07.2007, 6p.
127. DE102008030758 (A1), Germany, Int. Cl. H02N11/00; H01L35/00; H02N11/00; H01L35/00; Vehicle, has combustion engine and thermoelectric generator and heat exchanger has heating elements, which are arranged in exhaust gas channel of combustion engine and is pass or flow through exhaust gas / Schaab Alexander [De]; Publ. 22.01.2009, Applic. 28.06.2008, 7p.
128. 15. Pat. DE102007005520 (A1), Germany, Int. Cl. H01L35/00; Vehicle having a thermoelectric generator / Richter Rainer [De]; Eder Andreas [De]; Publ. 07.08.2008, Applic. 03.02.2007, 7p.
129. DE102006039024 (A1), Germany, Int. Cl. H01L35/32; F01N5/02; F02G5/02; H01L35/34; H01L35/32; F01N5/00; F02G5/00; H01L35/00; Thermo-generator for use in e.g. motor vehicle, for generating current from heat, has thermoelectric units arranged behind each other in axial direction of delivery pipe and insulated against each other at front sides by insulation layers; Weber Klaus [De]; Muchilo Dimitry [De]; Platzek Dieter [De]; Borath Roland [De]; Publ. 21.02.2008;
130. DE102006009081 (A1), Germany, Int. Cl. F17C13/00; F17C13/00; Cryo fuel tank's boil-off gas dissipating device for motor vehicle, has thermoelectric generator for obtaining electrical energy, where warm side of generator is supplied with heat and other side with cold boil-off gas / Richter Rainer [De]; Schwarz Carsten [De]; Schreiner Michael [De]; Tonhauser Johann [De]; Publ. 30.08.2007, Applic. 28.02.2006, 3 p.
131. JP2008177301 (A), Japan, Int. Cl. H01L35/30; F01N5/02; F01P1/06; H02N11/00; H01L35/28; F01N5/00; F01P1/00; H02N11/00; Thermoelectric generator / Iwamoto Shoichi; Publ. 31.07.2008, 19 p.
132. JP2007211748 (A), Japan, Int. Cl. F02G5/04; F01N5/02; F28D9/02; H02N11/00; F02G5/00; F01N5/00; F28D9/00; H02N11/00; Heat exchanger and thermoelectric generator / Matsushita Akihisa; Publ. 23.08.2007, 14 p.
133. JP2007014161 (A), Japan, Int. Cl. H02N11/00; F01N5/02; H01L35/28; H01L35/30; H02N11/00; F01N5/00; H01L35/28; Thermoelectric generator for vehicle / Tsuchiya Jiro; Publ. 18.01.2007, 13 c.
134. JP2006220005 (A), Japan, Int. Cl. F01N5/02; F01N5/04; F02B37/00; F02B41/10; F02G5/02; F02G5/04; H01L35/30; H02N11/00; F01N5/00; F02B37/00; F02B41/00; F02G5/00; H01L35/28; H02N11/00; Thermoelectric generator for vehicle / Odawara Tomoyuki; Kubo Masahiko; Shii Kentaro; Publ. 24.08.2006, 8 p.
135. JP2007006619 (A), Japan, Int. Cl. H02N11/00; F01N5/02; H01L35/30; H02N11/00; F01N5/00; H01L35/28; Thermoelectric generator / Hayashi Takashi; Iwamoto Shoichi; Publ. 11.01.2007, 18 c.
136. JP2007014084 (A), Japan, Int. Cl. H02N11/00; H01L35/28; H02N11/00; H01L35/28; Thermoelectric generator / Tsuchiya Jiro; Publ. 18.01.2007, 14 p.
137. JP2006207428 (A), Japan, Int. Cl. F01N5/02; F02G5/04; H01L35/30; H02N11/00; F01N5/00; F02G5/00; H01L35/28; H02N11/00; Thermoelectric generator / Hayashi Takashi; Publ. 10.08.2006, 19 p.

138. 25. Pat. RU2191447 (C2), Russia, Int. Cl. H01L35/02; H01L35/00; (IPC1-7): H01L35/02; Thermoelectric generator / Baukin V E; Vjalov A P; Gorbach V D; Muranov G K; Sokolov O G; Publ. 20.10.2002, Applic. Pat. UA19090 (U), Ukraine, Int. Cl. H01L35/28; H01L35/28; Thermoelectric generator for a motor car / Anatyshuk L.I., Mikhaylovskiy V. Ya., Strutynska L.T.; Publ. 15.12.2006, Applic. 30.06.2006, 8p.
139. CN101277082 (A), China, Int. Cl. B60K13/04; H02N11/00; B60R16/02; H01L35/28; H01L35/30; H01L35/32; H02N10/00; B60K13/00; H02N11/00; B60R16/02; H01L35/28; H01L35/32; H02N10/00; Thermoelectric generator for internal combustion engine / Shimoji Kouji [Jp]; Suzuki Kouichi [Jp]; Matsubara Shinya [Jp]; Publ. 01.10.2008, Applic. 04.02.2005, 13 c.
140. CN101313420 (A), China, Int. Cl. H01L35/30; F02G5/04; H01L35/28; F02G5/00; Thermoelectric power generator for variable thermal power source / Todd Crane Douglas [Us]; Publ. 26.11.2008, Applic. 28.06.2005.
141. CN1667937 (A), China, Int. Cl. H01L35/00; H02N11/00; H01L35/00; H02N11/00; Built-in type high-density thermoelectric generator / Zhang Zheng [Cn]; Publ. 14.09.2005, Applic. 25.02.2005; 16
142. KR20030057985 (A), Korea, Int. Cl. H02N11/00; H02N11/00; (IPC1-7): H02N11/00; Thermoelectric semiconductor generator apparatus using exhaust gas waste heat / Yoo Won Ju [Kr]; Publ. 07.07.2003, Applic. 29.12.2001; 6 p.
143. EP1475532 (A2), Int. Cl. F01N5/02; F01P3/20; F01P7/16; F02B29/04; F02G5/02; H01L35/00; H01L35/30; F01N5/00; F01P3/20; F01P7/14; F02B29/00; F02G5/00; H01L35/00; H01L35/28; Thermoelectric generating device / Yamaguchi Hiroo [Jp]; Yamanaka Yasutoshi [Jp]; Publ. 10.11.2004, Applic. 03.05.2004; 21 p.
144. EP1897153 (A2), Int. Cl. H01L35/30; F02G5/04; H01L35/28; F02G5/00; Thermoelectric power generator with intermediate loop / Bell Lon E [Us]; Crane Douglas Todd [Us]; Publ. 12.03.2008, Applic. 28.06.2005; 24 p.
145. WO2008095582 (A1), Int. Cl. H01L35/00; Vehicle having a thermoelectric generator / Richter Rainer [De]; Eder Andreas [De]; Publ. 14.08.2008, Applic. 15.01.2008; 17p.
146. WO2007/048392, Int. Cl. F28F32/12, F28F3/04, H01L35/30; Exhaust gas heat exchanger for a thermoelectric generator and thermoelectric generator / Stelter Michael [De]; Budde Joern [De]; Publ. 03.05.2007, Applic. 26.10.2005; 30 p.
147. WO2007002891 (A2), Int. Cl. H01L35/30; H01L35/28; Thermoelectric power generator with intermediate loop / Bell Lon E [Us]; Crane Douglas Todd [Us]; Publ. 04.01.2007, Applic. 28.06.2005; 24 p.
148. Pat. WO9850686 (A1), Int. Cl. H01L35/30; H01L35/28; Thermoelectric power generator with intermediate loop / Bell Lon E [Us]; Crane Douglas Todd [Us]; Publ. 12.11.1998, Applic. 9.05.1997; 46 p.

Submitted 14.11.2019