

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 3, 2025 vol. 2

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 2, ISSUE 3

SEPTEMBER, 2025



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 3 SEPTEMBER, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Study of the magnetocaloric effect of metals

F.F. Hasanov¹, O.M. Kutbiddinov¹^a, U.N. Berdiyev¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

In the context of increasing requirements for environmental friendliness and energy efficiency of modern technologies, the creation of compact, safe, and reliable refrigeration systems operating at room temperature is becoming an extremely urgent task. Traditional cooling methods are accompanied by the leakage of refrigerants, contributing to the destruction of the ozone layer and global warming. One of the most promising alternatives is the magnetic cooling technology based on the magnetocaloric effect (MCE). Perovskite manganites, which have the ability to vary the temperature of phase transitions and are highly economically accessible, are of particular interest. However, existing studies are primarily based on indirect methods of MEI measurement, which reduces the reliability of the obtained data. This work emphasizes the need for direct adiabatic temperature measurements when the magnetic field changes in manganites of various compositions. Approaches to increasing Curie temperature through ion substitution are also considered, heat transfer and relaxation processes are analyzed, and models of magnetic refrigeration machines using solid and liquid working bodies are discussed. The presented theoretical analysis and generalization of experimental data are aimed at developing effective magnetic coolers suitable for use at room temperature.

Keywords:

magnetic cooling; magnetocaloric effect (MCE); manganites; Curie temperature; phase transitions; heat transfer; magnetic entropy; magnetic refrigeration machines; perovskite materials; direct measurements of MCE

Исследование магнетокалорического эффекта металлов

Хасанов Ф.Ф.¹, Кутбидинов О.М.¹^a, Бердиёров У.Н.¹^b

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация:

В условиях роста требований к экологичности и энергоэффективности современных технологий создание компактных, безопасных и надёжных холодильных систем, работающих при комнатной температуре, становится чрезвычайно актуальной задачей. Традиционные методы охлаждения сопровождаются утечками хладагентов, способствующих разрушению озонового слоя и глобальному потеплению. Одной из наиболее перспективных альтернатив выступает технология магнитного охлаждения, основанная на магнетокалорическом эффекте (МКЭ). Особый интерес представляют перовскитные манганиты, обладающие возможностью варьирования температуры фазовых переходов и высокой экономической доступностью. Однако существующие исследования преимущественно основываются на косвенных методах измерения МКЭ, что снижает достоверность получаемых данных. Настоящая работа подчёркивает необходимость прямых адиабатических измерений температуры при изменении магнитного поля в манганитах различного состава. Также рассмотрены подходы к повышению температуры Кюри путём ионного замещения, анализируются процессы теплопереноса и релаксации, а также обсуждаются модели магнитных холодильных машин с использованием твёрдых и жидких рабочих тел. Представленный теоретический анализ и обобщение экспериментальных данных направлены на разработку эффективных магнитных охладителей, пригодных для применения при комнатных температурах.

Ключевые слова:

магнитное охлаждение; магнетокалорический эффект (МКЭ); манганиты; температура Кюри; фазовые переходы; теплоперенос; магнитная энтропия; магнитные холодильные машины; перовскитные материалы; прямые измерения МКЭ

1. Введение

Создания компактного, экологически безопасного, энергетически эффективного и высоконадежного холодильника, работающего в диапазоне комнатных температур, чрезвычайно актуальна в настоящее время.

Это обусловлено целым рядом серьезных претензий к ныне действующим охлаждающим системам. Известно, в частности, что при эксплуатации используемых в настоящее время охлаждающих систем возможны утечки рабочих газов (хладагентов), вызывающих такие серьезные экологические проблемы как разрушение озонового слоя и глобальное потепление [1, 3]. Среди разнообразных альтернативных технологий, которые

^a <https://orcid.org/0000-0001-9290-5322>

^b <https://orcid.org/0009-0000-8998-2642>



могли бы использоваться в холодильных устройствах, все большее внимание исследователей во всем мире привлекает технология магнитного охлаждения, основанная на магнетокалорическом эффекте (МКЭ) [1, 2].

2. Методика исследования

В последнее время интенсивно исследуются перовскиты манганиты, которые, во-первых, позволяют варьировать температуру фазовых переходов в широкой области температур и, таким образом, реализовать более широкий температурный рабочий интервал МКЭ, а во-вторых, являются экономически выгодными [2, 3]. Работ, посвященных исследованию манганитов различного состава и МКЭ в них достаточно много, однако в них практически отсутствует информация об адиабатическом измерении прямым методом температуры при изменении магнитного поля [2, 4]. В [3, 5] отмечено, что в манганитах Ва-Са-МпО₃ наблюдается значительный МКЭ, однако их температура Кюри значительно ниже комнатной, что ограничивает возможность их применения в охлаждающих устройствах, работающих при комнатных температурах. Поликристаллических порошки твёрдых растворов системы МпAs_{1-x}Р_y синтезированы методом сплавления твердофазных реакций исходных компонентов в вакуумированных кварцевых ампулах в однозонной печи сопротивления [5, 7].

3. Результаты исследования

Однако частичная замена Са другими элементами с большим ионным радиусом, такими как Ва, Вг, РЬ и т.д. ляжет увеличить температуру Кюри и сохранить высокие значения МКЭ. В работе [4, 7, 12], посвященной исследованию магнитных и магнетокалорических свойств магнитных материалов, было показано, что в указанных манганитах наблюдается значительный МКЭ и их температуры

Кюри находятся вблизи комнатных температур. Однако, изотермическое изменение энтропии было получено не прямым методом, а из данных зависимости намагниченности от температуры и магнитного поля с помощью термодинамического соотношения Максвелла. Анализ многочисленных экспериментальных данных показал, что получаемые косвенным методом сведения о величинах адиабатического изменения температуры и изотермическом изменении энтропии далеко не всегда достаточно достоверны. Часто эти данные отягощены значительной погрешностью [10, 11]. Таким образом, по-прежнему актуальным является вопрос об измерении магнетокалорического эффекта прямым методом при изменении магнитного поля в манганитах различного состава. Наличие большого количества экспериментальных работ по исследованию фазовых переходов и МКЭ в манганитах лантана, приводит к необходимости анализа экспериментальных результатов с помощью различных теоретических моделей [11, 12]. На сегодняшний день в научной печати имеется большое число работ, в которых обсуждаются теоретические модели, позволяющие описать фазовые переходы и МКЭ в различных магнитных материалах, однако теоретические работы, позволяющие описывать МКЭ в манганитах лантана, парагогический отсутствуют. Рассчитанные на основе теоретических моделей магнетокалорические свойства исследуемых систем позволят предсказать новые перспективные композиционные составы манганитов, которые могут иметь в будущем большое практическое значение при создании рабочего тела в устройствах магнитного охлаждения. Ещё одной актуальной задачей в технологии магнитного охлаждения является анализ процессов теплопереноса в ячейках охлаждающих устройств, в которых в качестве рабочего тела используются материалы с МКЭ, в частности, манганиты. Для последних материалов до сих пор не проводился теоретический анализ времен температурной релаксации, а также не обсуждались способы увеличения эффективности магнитных материалов [7, 10, 12].

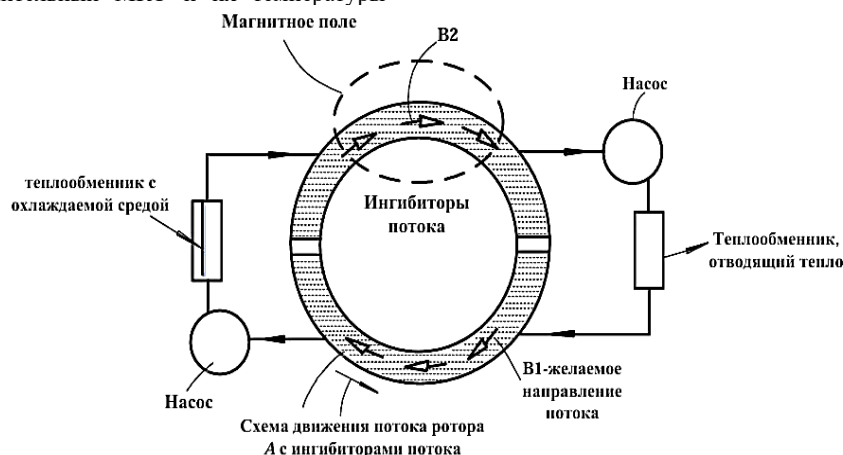


Рис. 1. Схема магнитной холодильной машины

Эффективность магнитного охлаждения зависит не только от величины МКЭ, но и от величины теплоемкости и величины изменения магнитной части энтропии при действии магнитного поля [8, 11]. Большую роль играет здесь также величина решеточной

части энтропии S_p , которая сильно возрастает при нагревании, вследствие чего магнитные охладители, использующие в качестве рабочих тел парамагнетики, являются неэффективными при $T > 20$ К. При повышенных температурах более эффективными в



качестве рабочих тел являются магнитоупорядоченные вещества, в которых возникают большие МКЭ в области магнитных фазовых переходов. В последние годы проявляется интерес к созданию новых типов магнитных холодильных машин (МХМ), основанных на использовании МКЭ. При этом в качестве рабочих тел предлагается использовать редкоземельные магнетики, сплавы Гейслера, арсенид марганца $MnAs$, соединения $Gd_5(Si_2Ge_2)$, RCo_2 , $La(Fe,Si)_{13}$ и др., обладающие большим МКЭ и изменением магнитной энтропии в удобных для работы таких машин интервалах температур [9, 11].

4. Заключение

В одной из конструкций МХМ твердое рабочее тело - магнетик циклически перемещается между приемником и источником теплоты (охлажденным телом) [10, 12]. В зоне сильного магнитного поля рабочее тело изотермически намагничивается, а теплота, которая выделяется в рабочем теле вследствие МКЭ, передается приемнику теплоты. В зоне, где магнитное поле отсутствует, рабочее тело размагничивается, вследствие чего температура рабочего тела снижается и ему передается теплота от источника теплоты - охлаждаемого тела. После установления равновесия цикл повторяется. Таким образом, МКЭ обеспечивает работу магнитотеплового насоса, который «откачивает» тепло от охлаждаемого тела [13, 17]. Другой перспективный моделью магнитной холодильной машины является устройство, где через область, в которой создано сильное магнитное поле, производится прокачка жидкости с наполнителем в виде магнитных частиц с большим МКЭ.

Использованная литература / References

- [1] Gschneidner, K.A. Magnetocaloric Materials / K.A. Gschneidner Jr, and V.K. Pecharsky // Annu. Rev. Mater. Sci. 2000. V. 30. P. 387-429.
- [2] Phan, Manh-Huong. Review of the magnetocaloric effect in manganite materials / Manli-Huong 2. Phan, Seong-Cho Yu // J. Magn. Magn. Mater. 2007. V. 308, 325-340. 18
- [3] Phan, M.N. Magnetic and magnetocaloric properties of $LaO.TBaCaO.s-xMnO_j$ compounds / M.H. Phan, S.B. Tian, S.C. Yu, A.N. Ulyanov // J. Magn. Magn. Mater. 2003. V. 256. P. 306-310.
- [4] Lia, Z. Competition between the double exchange and charge ordering interactions in the bandwidth controlled $(LaNd)_o.gNaO.2MnO_3$ manganites / Z.Q. Lia, H. Liua, X.D. Liua, P. Wua, H.L. Baia, C.Q. Sunc, E.Y. Jiang // Physica B .2004. V.351.P. 114-120.
- [5] Berdiyev, U.T., Berdiyev, O'.N., Toshpulatova, M., Problems and Tasks of Creating Energy-Saving Electric Machines. AIP Conference Proceedings, 2022, 2432, 020002

[6] Berdiyev, U., Demedenko, O., Ashurov, M., Hasanov, F.F., Sulaymanov, U.B. Optimization of the method of oxide coating of metallic iron powder particles. E3S Web of Conferences, 2023, 383, 04039

[7] Магнитокалорический эффект в соединениях $GdMn1-xTxSi$ ($T = Ti, Fe, Co$) С.А. Никитин, Ю.А. Овченкова, М.Е. Блинова, И.С. Терёшина, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 2022. №4. С. 47–53.

[8] U.T. Berdiyev, A.K. Vecher, F.F. Hasanov, Investigation of the frequency characteristics of composite iron powders with insulating oxide coatings. "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2021), Tashkent, Uzbekistan, April 1-3.

[9] Магнитокалорический эффект в соединениях $GdMn1-xTxSi$ ($T = Ti, Fe, Co$) С.А. Никитин, Ю.А. Овченкова, М.Е. Блинова, И.С. Терёшина Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 2022. №4. С. 47–53.

[10] Berdiyev, U.T. Efficiency of electric motors based on powder technology, International Conference on Thermal Engineering, 2024, 1(1).

[11] Amirov S., Boltayev O., Akhmedova F. New created mathematical models of movable screens and a scatter parameters converters // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2020. – T. 12. – №. S2. – С. 122-126.

[12] Xu X. Y., Liuw. J., Zhong M. L., Sun H. Q., Chen G. N. Direct laser fabricated in Situ Materials Science 2004- No 39-P4289-4293.

Информация об авторах/ Information about the authors

Хасанов Фозил / Fozil Hasanov	Ташкентский государственный транспортный университет, и.о. доцента кафедры «Электротехника» (PhD), E-mail: hasanovff1808@gmail.com Tel.: +998932936446
Кутбидинов Одилжон / Odiljon Kutbiddinov	Ташкентский государственный транспортный университет, старший преподаватель кафедры «Электротехника» (PhD), E-mail: odiljon.kutbiddinov@bk.ru Tel.: +998974616003 https://orcid.org/0000-0001-9290-5322
Бердиров Улмасбек / Ulmasbek Berdiyev	Ташкентский государственный транспортный университет, ассистент кафедры «Электротехника», E-mail: ulmasbekberdiyev@gmail.com Tel.: +998946035014 https://orcid.org/0009-0000-8998-2642



M. Masharipov, R. Bozorov, U. Khusenov, E. Asatov <i>Modern condition and development prospects of train operation management on the “Angren–Pop–Angren” railway corridor of JSC “Uzbekistan Railways”</i>	49
A. Khurramov <i>Design and performance analysis of operational technological communication networks based on digital technologies</i>	55
A. Tadjibaev, V. Jovliev, N. Boltaboeva <i>Application of Internet of Things technologies to improve the operational reliability of the gas supply system in vehicles</i>	59
M. Muzaffarova <i>A novel technological solution for protecting railways from sand drifts</i>	64
M. Mirzabekov, B. Kurbonova <i>Intelligent transport systems: an integrated approach for smart cities</i>	67
G. Isakova, I. Sadikov <i>Importance of mineral powders in the development of transport and operational indicators of highways</i>	72
F. Hasanov, O. Kutbiddinov, U. Berdiyev <i>Study of the magnetocaloric effect of metals</i>	76
U. Berdiev, F. Hasanov, B. Avazov, O. Kutbiddinov <i>Magnetostructural phase transitions to manganese arsenide</i>	79
P. Begmatov <i>Determining the dependence of the vibrations of the ballastic layer on the speed of train movement</i>	83
A. Azizov, F. Sindarov <i>Theoretical prerequisites in the organization of the construction of diagnostic systems, microprocessor blocks of the dialing group of railway automation and telemechanics</i>	87