ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

2026 • ФИЗИКА • Вып. 3

УДК 537.84:532.5
PACS 47.65.-d

Избранные доклады Всероссийской конференции «Механика в новых материалах, конструкциях, технологиях», посвящённой 100-летию А. Н. Поздеева 25–27 марта 2026 г., ИМСС УрО РАН, г. Пермь

Экспериментальное исследование магнитогидродинамических течений, возбуждаемых импульсной струёй

Р. Ф. Рахимов†, М. В. Лоцманов, И. А. Беляев

Объединённый институт высоких температур РАН, Москва, Россия
† rakhimrf@ya.ru

В работе описано экспериментальное исследование быстропротекающих магнитогидродинамических явлений в электропроводящих средах. Оно моделирует условия переходных и аварийных режимов термоядерных реакторов, когда срыв плазмы генерирует импульсные магнитные поля и, как следствие, вихревые токи. Разработанный экспериментальный стенд реализует импульсное струйное течение модельного жидкометаллического теплоносителя (ртути) в канале квадратного сечения, помещённом в однородное поперечное магнитное поле с индукцией до 1.6 Тл. Генерируемое импульсное давление в опытном участке регистрируется пьезоэлектрическим датчиком, динамика течения фиксируется скоростной видеосъёмкой. Исследованы однофазный и двухфазный режимы течения. Полученные данные расширяют представления о поведении жидкометаллических теплоносителей при импульсных силовых нагрузках и служат экспериментальной основой для верификации численных моделей магнитогидродинамических течений в переходных режимах.

Ключевые слова: затопленная струя; импульсное течение; магнитная гидродинамика

Поступила в редакцию 03.06.2026; после рецензии 15.07.2026; принята к опубликованию 15.07.2026

Experimental study of magnetohydrodynamic flows excited by a pulsed jet

R. F. Rakhimov†, M. V. Lotsmanov, I. A. Belyaev

Joint Institute for High Temperatures RAS, Moscow, Russia
† rakhimrf@ya.ru

This work describes an experimental study of rapid magnetohydrodynamic phenomena in electrically conducting media. It models the conditions of transient and emergency regimes in fusion reactors, where a plasma disruption generates pulsed magnetic fields and, consequently, eddy currents. The developed experimental facility produces a pulsed jet flow of a model liquid-metal coolant (mercury) in a square-section channel placed in a uniform transverse magnetic field with an induction of up to 1.6 T. The generated pressure pulse in the test section is recorded by a piezoelectric sensor; the flow dynamics are captured by high-speed video recording. Single-phase and two-phase flow regimes have been investigated. The data obtained extend the understanding of liquid-metal coolant behavior under pulsed force loads and serve as an experimental basis for the verification of numerical models of magnetohydrodynamic flows in transient regimes.

Keywords: submerged jet; pulsed flow; magnetohydrodynamics

Received 03 June 2026; revised 15 July 2026; accepted 15 July 2026

doi: 10.17072/1994-3598-2026-3-23-29

© Рахимов Р. Ф., Лоцманов М. В., Беляев И. А., 2026

распространяется на условиях лицензии
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

1. Введение

Относительно новым научным направлением является изучение теплогидравлических и электромагнитных процессов в теплообменной аппаратуре, взаимодействующей с электропроводящими средами, в условиях переходных и аварийных режимов термоядерных реакторов [1]. Из общих представлений о физике переходных и аварийных режимов можно ожидать образование вихревых токов [2, 3], вызываемых импульсными магнитными полями. Исследование быстропротекающих процессов в электропроводящих средах изначально проводилось методами численного моделирования [4–6]. Работа [7] демонстрирует численное исследование влияния импульсного магнитного поля на полость с жидким металлом с использованием ряда программных пакетов (COMSOL Multiphysics, ANES, OpenFOAM, Elmer) для верификации результатов относительно решения, полученного методом прямого численного моделирования в [8]. При этом вопрос экспериментального изучения процессов жидких металлов в рассматриваемых режимах остаётся крайне мало проработанным. В работах [9, 10] описан экспериментальный стенд для изучения влияния нестационарных электромагнитных воздействий на полость с жидким металлом (принципиальная схема постановки задачи приведена на рис. 1 (а)), на базе которого реализуется импульсное течение затопленной струи путем быстрого изменения давления в постоянном объёме квадратного сечения. Для диагностики и анализа влияния магнитного поля на возникающие процессы использовался пьезоэлектрический датчик давления. Разработанная система генерации импульсов давления для получения струйных течений (рис. 2), описанная ниже, позволяет исследовать не только однофазные течения, но и двухфазные потоки. Наличие газовой полости позволяет снизить гидравлические потери в сильных магнитных полях, за счёт формирования электроизолирующих областей. Так, в [11] представлены экспериментальные результаты по распространению ударной волны через отверстие диаметром 0.3 мм в потоке модельного теплоносителя «ртуть–азот» (рассматриваемая конфигурация теплоносителя является модельной жидкостью двухфазной системы литий-гелий) в вертикальной трубе, что позволило установить зависимость скорости течения от объёмной доли газа. В публикации [12] проанализированы и предложены пути модернизации стенда на основе экспериментальной установки, описанной в [11], с учетом особенностей проведения исследований с высокоплотной жидкостью – ртутью. Из-за значительных сил плавучести и высокого поверхностного натяжения достижение однородного пузырькового потока является сложной задачей. Для её решения в вертикальный контур с постоянной циркуляцией жидкого металла внедрялся генератор однородных пузырьков азота.

2. Экспериментальная установка

Для экспериментальных исследований выбрана простая базовая геометрия – прямоугольный канал квадратного сечения (рис. 1). Принципиально при срыве плазмы (потеря магнитного удержания в течение 10–100 мс, сопровождающаяся экстремальными импульсными тепловыми и электромагнитными нагрузками на конструкционные материалы реактора) в теплообменных каналах происходят импульсные воздействия двух типов: скачок электрического тока, возникающего при замыкании плазменного шнура на стенку, или импульсное магнитное поле, возникающее в переходных режимах работы.

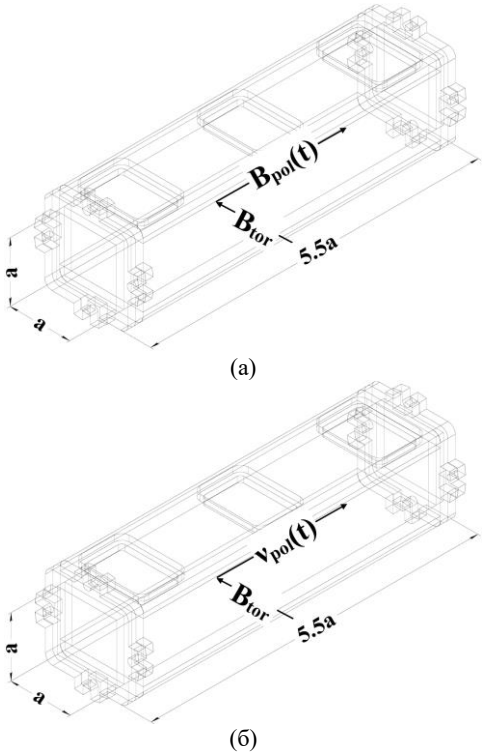


Рис. 1. *Принципиальная схема импульсного магнитного поля (а) и импульсного струйного течения (б) через полость с жидким металлом в постоянном поперечном МП*

Для создания импульсных электромагнитных условий требуется сложная лабораторная система, объединяющая необходимые для этого возможности [9]. Проведенное численное моделирование показало, что в результате воздействий ожидается реализация струйных течений и скачков давления (рис. 1, *а*). В качестве начальной точки экспериментального исследования изучаются параметры импульсных струйных течений и контролируемых скачков давления, реализующихся в исследуемой системе в стационарном поперечном магнитном

поле (рис. 1, *б*). Для создания этих условий с однородным поперечным магнитным полем за основу брался электромагнит ДЭМ-1 [13]. Для генерации импульсного струйного течения была создана система генерации импульсов давления (ГИД, рис. 2).

На входе в систему ГИД подключён ресивер с воздушным компрессором 1. Газ поступает в ресивер 5 через нормально открытый электромагнитный клапан 2. В момент создания импульса давления этот клапан закрывается. Контроль давления перед пуском осуществляется с помощью манометра 4. Предохранительный обратный клапан 7 защищает воздушную систему от попадания жидкости. После стабилизации системы контрольное давление фиксируется манометром, что позволяет сопоставить его показания с данными, получаемыми из экспериментально исследуемой области. Электромагнитный клапан 9 служит для сброса давления и возврата системы в исходное состояние для проведения повторных экспериментов и набора статистики. Ключевым элементом является разделительная колба 10, которая создаёт границу раздела газ/жидкий металл и передаёт импульс давления в рабочий канал 11 с исследуемой жидкостью. Также колба 10 выполняет функцию по созданию некоторого объёма жидкого металла, предотвращая завоздушивание опытного участка 11 при относительно длительном импульсном движении (порядка 4–6 сек). На рисунке 3 приведён разрез 3D-модели опытного участка с установленным на входе пьезоэлектрическим датчиком давления Kistler 601A. Выходной конец канала является открытым (для исключения возможного исследования гидростатического течения) и соединен через трубу 26х3 с выходной колбой 12. В отличие от стандартных колб 10 и 5 с присоединением 1,5 дюйма (внутренний диаметр 35 мм, высота 150 мм), выходная колба 12 имеет присоединение 4 дюйма (внутренний диаметр 100 мм, высота 180 мм). Выбор колбы большего объёма обусловлен двумя причинами: 1) создание безопасного буферного объёма на случай заполнения участка газом; 2) возможность пренебречь влиянием гидростатического течения после импульсного воздействия. В целях безопасности открытые полости (колба 12 и выход после клапана 9) выведены в систему вентиляции ртутного помещения через фильтрующие элементы.

Заполнение контура происходило без газовых полостей. Движению жидкости предшествует гидравлический удар, распространяясь со скоростью звука на длине порядка метра, он реализует себя в течении единиц миллисекунд и остаётся не детектируемым при чувствительности измерителя на уровне 0.01 атм. В начальный момент времени (около 500 мс) движение жидкости сопровождается инерционно-упругими колебаниями с амплитудой 0.5 атм. После происходит стабилизация истечения струи ртути со скоростью около 1.6 м/с (скорость течения регистрировалась с помощью скоростной (240 кадр/с) съёмки колбы 10 (рис. 2)) при начальном давлении порядка 6 атм в объёме газа около 0.6 л. Распределение пульсаций давления для воды (средняя скорость около 5.0 м/с), показало схожую картину (рис. 4). В классической магнитной гидродинамике увеличение числа Гартмана приводит к росту гидравлического сопротивления и подавлению турбулентных пульсаций, вызывая ламинаризацию течения [15]. Однако в случае инерционно-упругих колебаний сильное магнитное поле не оказало влияния на величину пикового давления, которое соответствовало значению, зафиксированному без поля (рис. 4).

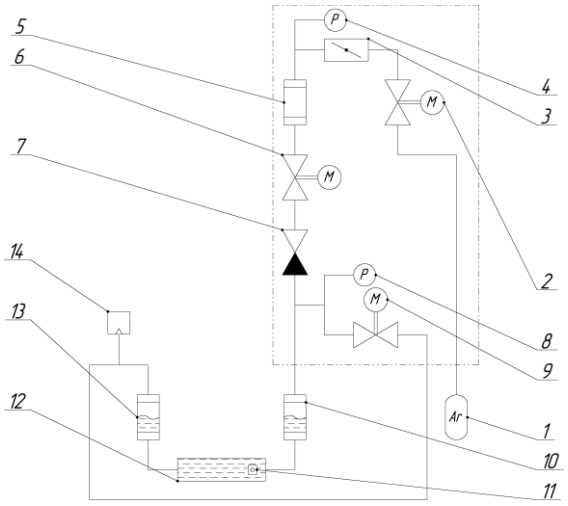


Рис. 2. *Принципиальная схема импульсно-воздушной системы: 1 – ресивер с воздушным компрессором; 2 – электромагнитный клапан (нормально открыт); 3 – кран; 4, 8 – манометр (до 6 атм); 5 – ресивер (0.6 л); 6 – электромагнитный клапан (нормально закрыт); 7 – обратный клапан; 9 – электромагнитный клапан (нормально закрыт для сброса давления в опытном участке); 10 – колба с жидкостью для подачи давления; 11 – порт с пьезоэлектрическим датчиком давления Kistler 601A; 12 – опытный участок; 13 – колба с жидкостью компенсационная; 14 – вентиляция*

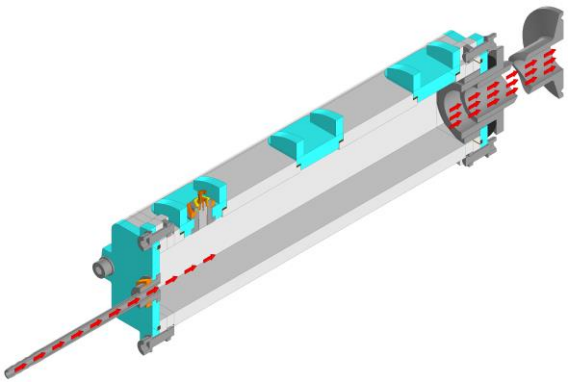


Рис. 3. *Конфигурация опытного участка для исследования струйных течений*

Созданная система при неполном заполнении полости позволяет изучать двухфазную систему (газ – жидкость), и, в частности, возникновение волн свободной поверхности. На полученных зависимостях (рис. 5) заметно влияние магнитного поля: пульсации давления при струйном движении в поле затухают примерно в два раза быстрее. Также на рис. 5 представлены кадры от скоростной съемки формирования волнового движения без магнитного поля. В работе [16] представлены результаты численного моделирования тонкой плёнки лития. Приложенное поперечное магнитное поле приводит к торможению потока, как и в классической магнитной гидродинамике, при этом формируется высокоскоростная поверхностная струя. Ускорение тонкого слоя вызывает срыв плёнки, при этом, как и согласно полученным результатам на рис. 5, магнитное поле подавляет волновые неустойчивости. В работе [17] исследуются колебания свободной поверхности под действием постоянного и переменного магнитных полей. Экспериментальные результаты демонстрируют, что магнитного поле уменьшает амплитуду скорости. При этом на рис. 5, учитывая, что давление пропорционально квадрату скорости, колебания имеют уменьшенную амплитуду давления приблизительно в 1.5–2 раза по сравнению с течением без приложенного магнитного поля.

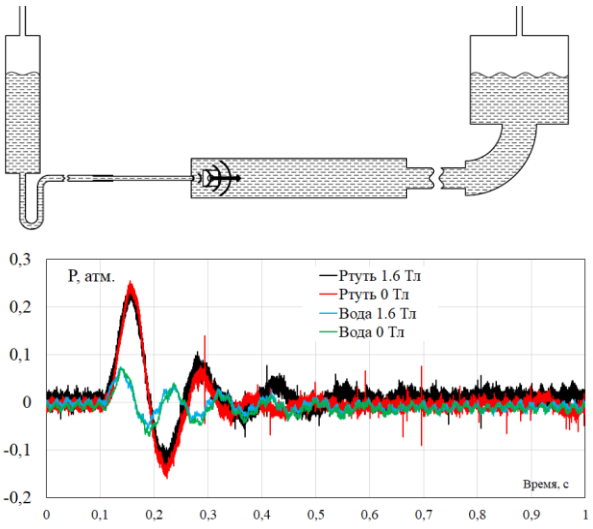


Рис. 4. *Давление на стенке полости в начальной фазе струйного течения при заданном давлении ГИД – 6.3 атм*

Возможна и обратная постановка эксперимента с воздействием на свободную поверхность: затопление полости через выходной патрубок большого сечения с отбором жидкости через струйный канал (рис. 6). Представленные кадры скоростной съёмки соответствуют обратному течению без приложенной магнитной индукции. Магнитное поле, как и в предыдущем случае, создавало гидравлическое сопротивление, приводящее к увеличению сдвига фаз между амплитудами, однако затухания колебаний волнового движения под действием поперечного магнитного поля отмечено не было.

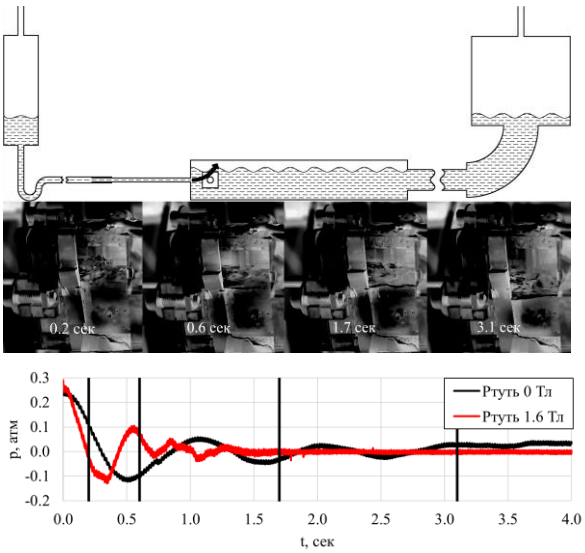


Рис. 5. *Давление на стенке полости при заданном давлении ГИД – 6.3 атм при истечении струи в полость со свободной поверхностью*

3. Заключение

Спроектированный и описанный в работе экспериментальный стенд обладает широкими возможностями для воспроизведения и исследования импульсных режимов, характерных для термоядерного реактора. Его использование позволит сформировать теоретическую базу, получить необходимые экспериментальные данные и провести валидацию численных моделей. Одним из успешно примененных методов диагностики стало использование пьезоэлектрических датчиков давления, которые стабильно работают и сохраняют свои калибровочные характеристики в сильных магнитных полях.

В ходе исследований изучалось воздействие импульсного скачка давления, создаваемого через капиллярную трубку (внутренний диаметр 4 мм), для формирования струйного течения в прямоугольном канале. В начальный момент времени (порядка 500 мс) наблюдались инерционно-упругие колебания. Этот временной интервал соизмерим с длительностью типичных импульсных воздействий магнитным полем или током в жидких металлах. Согласно классическим представлениям магнитной гидродинамики, увеличение магнитного поля приводит к значительному росту гидравлического сопротивления. Однако проведённые исследования колебаний и последующего импульсного струйного течения не выявили влияния приложенного поперечного магнитного поля на пиковое давление и характер течения однофазной ртути.

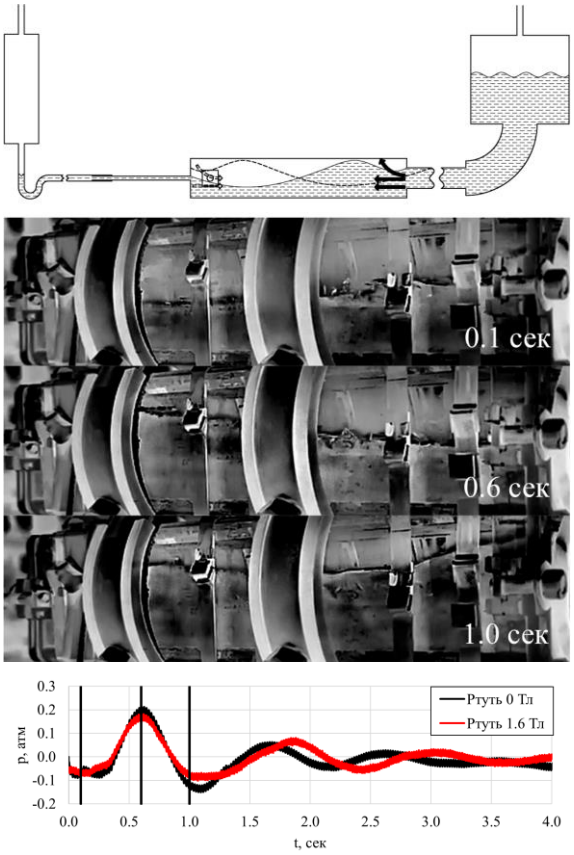


Рис. 6. *Характеристики обратного течения при наличии свободной поверхности*

В качестве одного из способов уменьшения влияния магнитного поля на среду в литературе рассматривается концепция двухфазного теплоносителя (например, литий–гелий), что может снизить требования к надёжности конструкционных материалов. В рамках данной работы были проведены эксперименты с двухфазной системой «воздух–ртуть», позволившие изучить влияние магнитного поля при импульсном воздействии струи. Установлено, что магнитное поле приводит к подавлению колебаний волнового течения, вызываемого струёй, причем затухание пульсаций происходит примерно в два раза быстрее. При возврате стенда в исходное состояние путем сброса давления в системе возникает обратное течение ртути. Небольшая часть жидкости проходит через узкое сечение для формирования струйного течения, в то время как основная масса, сталкиваясь с торцевыми стенками, образует сложное волновое движение с меняющимся направлением. Магнитное поле создаёт дополнительное гидравлическое сопротивление, что проявляется в увеличении сдвига фаз между колебаниями давления. При этом, в отличие от режима с инжектируемой струей, поперечное магнитное поле не оказывает заметного влияния на затухание колебаний при таком волновом движении.

Исследование импульсных воздействий на жидкометаллический теплоноситель является актуальной задачей при разработке теплообменного оборудования термоядерных установок. Необходимость таких исследований продиктована недостаточной полнотой феноменологического описания быстропротекающих процессов в электропроводящих средах, к которым относятся импульсные токи, гидравлический удар и влияние магнитных полей в переходных режимах.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 25-19-00642.

Список литературы

1. *Ihli T., Basu T. K., Giancarli L. M., Konishi S., Malang S., Najmabadi F., Nishio S., Raffray A. R., Rao C. V. S., Sagara A., Wu Y.* Review of blanket designs for advanced fusion reactors // Fusion Engineering and Design. 2008. Vol. 83, № 7–9. P. 912–919.
2. *Miki N., Verrecchia M, Barabaschi P., Belov A., Chiocchio S., Elio F., Ioki K., Kikuchi S., Kokotkov V., Ohmori J., Roccella M., Sonato P., Testoni P., Utin Y.* Vertical displacement event/disruption electromagnetic analysis for the ITER-FEAT vacuum vessel and in-vessel components // Fusion Engineering and Design. 2001. Vol. 58. P. 555–559.
3. *Kim D. H., Oh D. K., Pak S., Jhang H., Lee J., Rozov V.* Eddy current induced electromagnetic loads on shield blankets during plasma disruptions in ITER: A benchmark exercise // Fusion Engineering and Design. 2010. Vol. 85, № 10–12. P. 1747–1758.
4. *Smolentsev S.* A model and assessments of the effect of transient plasma on liquid metal flows in a fusion blanket // Fusion Engineering and Design. 2025. Vol. 213, 114854.
5. *Smolyanov I., Zikanov O.* Exploratory study of liquid-metal response to rapid variation of applied magnetic field // Physical Review E. 2025. Vol. 111, № 6, 065104.
6. *Kawczynski C., Smolentsev S., Abdou M.* Characterization of the lid-driven cavity magnetohydrodynamic flow at finite magnetic Reynolds numbers using far-field magnetic boundary conditions // Physics of Fluids. 2018. Vol. 30, 067103.
7. *Smolyanov I. A., Shmakov Y. I., Listratov Y. I., Berdyugin D. A., Belyaev I. A., Zikanov O. Y.* Numerical simulation of flux expulsion in a plain channel MHD flow. // Computational Continuum Mechanics. 2025. Vol. 18, № 3 P. 276–294.
8. *Bandaru V., Pracht J., Boeck T., Schumacher J.* Simulation of flux expulsion and associated dynamics in a two-dimensional magnetohydrodynamic channel flow // Theoretical and Computational Fluid Dynamics. 2015. Vol. 29, № 4. P. 263–276.
9. *Shmakov E. I., Smolyanov I. A., Rakhimov R. F., Balabaev N. E., Belyaev I. A.* Evaluation of the parameters of an experimental stand for studying the influence of a pulsed magnetic field on a conduc-

tive medium in a transverse constant Field // *Plasma Physics Reports*. 2026. Vol. 52. P. 281–292.

10. *Балабаев Н. Е., Рахимов Р. Ф., Листратов Я. И., Беляев И. А.* Экспериментальное исследование магнитоконвективных пульсаций и импульсных возмущений в жидкометаллических потоках для систем охлаждения термоядерных реакторов // Тепловые процессы в технике. 2025. Т. 17, № 12. С. 557–568.
11. *Miyazaki K., Nakajima I., Fujiie Y., Suita T.* Propagation of pressure wave in NItrogen-Mercury two-phase system // Journal of Nuclear Science and Technology. 1972. Vol. 9, № 5. P. 315–318.
12. *Hijilata K., Mori Y., Takahasi Y.* Study on a shock wave in liquid metal two-phase mixture with and without magnetic field // Nuclear Engineering and Design. 1986. Vol. 95. P. 343–352.
13. *Belyaev I. A., Chernysh D. Y., Luchinkin N. A., Krasnov D. S., Kolesnikov Y. B., Listratov Y. I.* Formation of the inlet flow profile for passive control of a magnetohydrodynamic liquid-metal flow in a channel // High Temperature. 2023. Vol. 61, № 3. P. 417–428.
14. *Wang Z. H., Wang S. D., Meng X., Ni M. J.* UDV measurements of single bubble rising in a liquid metal Galinstan with a transverse magnetic field // International Journal of Multiphase Flow. 2017. Vol. 94. P. 201–208.
15. *Belyaev I., Sardov P., Melnikov I., Frick P.* Limits of strong magneto-convective fluctuations in liquid metal flow in a heated vertical pipe affected by a transverse magnetic field // International Journal of Thermal Sciences. 2021. Vol. 161, 106773.
16. *Baranov V. V., Evtushchenko I. A., Kirillov I. R., Firsova E. V., Yakovlev V.V.* Liquid metal film flow for fusion application // Magnetohydrodynamics. 1995. Vol. 30, № 4. P. 460–467.
17. *Karcher C., Minchenya V.* Control of free-surface instabilities during electromagnetic shaping of liquid metals // Magnetohydrodynamics. 2009. Vol. 45, № 4. P. 511–518.

References

1. Ihli T., Basu T. K., Giancarli L. M., Konishi S., Malang S., Najmabadi F., Nishio S., Raffray A. R., Rao C. V. S., Sagara A., Wu Y. Review of blanket designs for advanced fusion reactors. *Fusion Engineering and Design*, 2008, vol. 83, no. 7–9, pp. 912–919.
2. Miki N., Verrecchia M, Barabaschi P., Belov A., Chiocchio S., Elio F., Ioki K., Kikuchi S., Kokotkov V., Ohmori J., Roccella M., Sonato P., Testoni P., Utin Y. Vertical displacement event/disruption electromagnetic analysis for the ITER-FEAT vacuum vessel and in-vessel components. *Fusion Engineering and Design*, 2001, vol. 58, pp. 555–559.
3. Kim D. H., Oh D. K., Pak S., Jhang H., Lee J., Rozov V. Eddy current induced electromagnetic loads on shield blankets during plasma disruptions in ITER: A benchmark exercise. *Fusion Engineering and Design*, 2010, vol. 85, no. 10–12, pp. 1747–1758.
4. Smolentsev S. A model and assessments of the effect of transient plasma on liquid metal flows in a fusion blanket. *Fusion Engineering and Design*, 2025, vol. 213, 114854.
5. Smolyanov I., Zikanov O. Exploratory study of liquid-metal response to rapid variation of applied magnetic field. *Physical Review E*, 2025, vol. 111, no. 6, 065104.
6. Kawczynski C., Smolentsev S., Abdou M. Characterization of the lid-driven cavity magnetohydrodynamic flow at finite magnetic Reynolds numbers using far-field magnetic boundary conditions. *Physics of Fluids*, 2018, vol. 30, 067103.
7. Smolyanov I. A., Shmakov Y. I., Listratov Y. I., Berdyugin D. A., Belyaev I. A., Zikanov O. Y. Numerical simulation of flux expulsion in a plain channel MHD flow. *Computational Continuum Mechanics*, 2025, vol. 18, no. 3, pp. 276–294.
8. Bandaru V., Pracht J., Boeck T., Schumacher J. Simulation of flux expulsion and associated dynamics in a two-dimensional magnetohydrodynamic channel flow. *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, 2015, vol. 29, no. 4, pp. 263–276.
9. Shmakov E. I., Smolyanov I. A., Rakhimov R. F., Balabaev N. E., Belyaev I. A. Evaluation of the parameters of an experimental stand for studying the influence of a pulsed magnetic field on a conductive medium in a transverse constant field. *Plasma Physics Reports*, 2026, vol. 52, pp. 281–292.
10. Balabaev N. E., Rakhimov R. F., Listratov Y. I., Belyaev I. A. Experimental investigation of magnetoconvective oscillations and impulsive disturbances in liquid-metal flows for cooling systems of thermonuclear reactors. *Thermal Processes in Engineering*, 2025, vol. 17, no. 12, pp. 557–568.
11. Miyazaki K., Nakajima I., Fujiie Y., Suita T. Propagation of pressure wave in NItrogen-Mercury two-phase system. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 1972, vol. 9, no. 5, pp. 315–318.
12. Hijilata K., Mori Y., Takahasi Y. Study on a shock wave in liquid metal two-phase mixture with and without magnetic field. *Nuclear Engineering and Design*, 1986, vol. 95, pp. 343–352.
13. Belyaev I. A., Chernysh D. Y., Luchinkin N. A., Krasnov D. S., Kolesnikov Y. B., Listratov Y. I. Formation of the inlet flow profile for passive control of a magnetohydrodynamic liquid-metal flow in a channel. *High Temperature*, 2023, vol. 61, no. 3, pp. 417–428.
14. Wang Z. H., Wang S. D., Meng X., Ni M. J. UDV measurements of single bubble rising in a liquid metal Galinstan with a transverse magnetic field.

International Journal of Multiphase Flow, 2017, vol. 94, pp. 201–208.

15. Belyaev I., Sardov P., Melnikov I., Frick P. Limits of strong magneto-convective fluctuations in liquid metal flow in a heated vertical pipe affected by a transverse magnetic field. *International Journal of Thermal Sciences*, 2021, vol. 161, 106773.
16. Baranov V. V., Evtushchenko I. A., Kirillov I. R., Firsova E. V., Yakovlev V.V. Liquid metal film flow for fusion application. *Magnetohydrodynamics*, 1995, vol. 30, no. 4, pp. 460–467.
17. Karcher C., Minchenya V. Control of free-surface instabilities during electromagnetic shaping of liquid metals. *Magnetohydrodynamics*, 2009, vol. 45, no. 4, pp. 511–518.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:
Рахимов Р. Ф., Лоцманов М. В., Беляев И. А. Экспериментальное исследование магнитогидродинамических течений, возбуждаемых импульсной струёй // Вестник Пермского университета. Физика. 2026. № 3. С. 23–29. doi: 10.17072/1994-3598-2026-3-23-29

Please cite this article in English as:
Rakhimov R. F., Lotsmanov M. V., Belyaev I. A. Experimental study of magnetohydrodynamic flows excited by a pulsed jet. *Bulletin of Perm University. Physics*, 2026, no. 3, pp. 23–29. doi: 10.17072/1994-3598-2026-3-23-29

Сведения об авторах
1. *Рафаиль Фатихович Рахимов*, м.н.с., лаборатория № 5 инженерной теплофизики и возобновляемой энергетики, Объединенный институт высоких температур Российской академии наук; ул. Ижорская, 13, Москва, 125412
2. *Матвей Владимирович Лоцманов*, стажер-исследователь, лаборатория № 5 инженерной теплофизики и возобновляемой энергетики, Объединенный институт высоких температур Российской академии наук; ул. Ижорская, 13, Москва, 125412
3. *Иван Александрович Беляев*, канд. техн. наук, с.н.с. лаборатория № 5 инженерной теплофизики и возобновляемой энергетики, Объединенный институт высоких температур Российской академии наук; ул. Ижорская, 13, Москва, 125412

Author information
1. *Rafail F. Rakhimov*, Junior Researcher, Laboratory No. 5 of Engineering Thermophysics and Renewable Energy, Joint Institute for High Temperatures RAS; 13, Izhorskaya st., Moscow, 125412, Russia
2. *Matvey V. Lotsmanov*, Research Intern, Laboratory No. 5 of Engineering Thermophysics and Renewable Energy, Joint Institute for High Temperatures RAS; 13, Izhorskaya st., Moscow, 125412, Russia
3. *Ivan A. Belyaev*, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Laboratory No. 5 of Engineering Thermophysics and Renewable Energy, Joint Institute for High RAS; 13, Izhorskaya st., Moscow, 125412, Russia