

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной и инновационной
ционального исследовательского
рственного университета
математических наук
орожцов Александр Борисович
24 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национального исследовательского
Томского государственного университета» – на диссертацию
Мельникова Алексея Юрьевича
«ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЖЕНИЯ ВЯЗКОГО СВЕРХЗВУКОВОГО
ПОТОКА С ОБРАЗОВАНИЕМ ПСЕВДОСКАЧКА
В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КАНАЛАХ»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальностям 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

На отзыв представлены:

- диссертационная работа объемом 117 страниц текста, состоящая из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 97 наименований;
- автореферат диссертации на 19 страницах, включая список из 11 публикаций по теме диссертационной работы, в том числе 4 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук; 7 статей в сборниках материалов конференций, представленных в изданиях, входящих в Web of Science и / или Scopus.

Актуальность исследования. Диссертация посвящена комплексному изучению процесса торможения сверхзвукового потока в цилиндрическом канале. Изучение сверхзвуковых течений газа в проточных каналах представляет интерес ввиду особенностей, возникающих при взаимодействии скачков уплотнения с турбулентным пограничным слоем. Результаты исследования процессов торможения потоков во внутренних каналах могут быть использованы при рассмотрении задач, касающихся работы сверхзвуковых аэродинамических труб, сверхзвуковых воздухозаборников, сверхзвуковых эжекторов и т.п. Взаимодействие прямого скачка уплотнения с пограничным слоем у поверхности стенки в сжимаемых потоках является причиной формирования сложной картины течения. Когда скачок достаточно сильный, чтобы образовался отрыв пограничного слоя, то может

происходить разделение этого скачка. Если канал достаточно длинный, то после нескольких последовательных скачков уплотнения, следует область отрицательного градиента давления. Во всей области взаимодействия поток затормаживается от сверхзвуковой скорости до дозвуковой. Наличие цепочки скачков уплотнения (псевдоскачка) сильно влияет на прохождение процессов в различных газодинамических устройствах. В этом случае процесс торможения может отличаться от сложившихся представлений, которые были получены из анализа аэродинамики внешнего обтекания. Так, возникающий в канале псевдоскачок должен бы запереть поток, поскольку нет факторов, которые могут зафиксировать положение отрыва. Однако, как показали эксперименты, этого не происходит. Математическое моделирование и экспериментальные исследования влияния начального числа Маха потока и длины канала на характеристики торможения потока и перехода к дозвуковому режиму течения представляют интерес в понимании физики данного процесса.

Общая оценка содержания диссертационного исследования. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования; четко определена цель исследования; сформулированы задачи; раскрыты научная новизна, научная и практическая значимость исследования, апробация результатов; представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен аналитический обзор состояния проблемы по тематике торможения сверхзвуковых потоков и образования псевдоскачка во внутренних течениях. Описаны взаимодействия скачка уплотнения и пограничного слоя в проточных каналах при увеличении числа Маха потока. Даны понятия цепочки скачков уплотнения и псевдоскачка. Рассмотрены распределения газодинамических параметров потока на цепочке скачков уплотнения и псевдоскачке. Отмечено, что за цепочкой скачков уплотнения следует «область смещения», в которой скачки отсутствуют, но давление увеличивается до некоторой максимальной величины, и давления на стенке и оси канала совпадают. Приведено обоснование введения понятий длинного и короткого канала. Дано описание псевдоскачка в диффузорах аэродинамических труб. Показано, что замедление сверхзвукового потока в диффузоре аэродинамической трубы происходит через псевдоскачок определенной длины. Поэтому потери полного давления между рабочей частью и вторым критическим сечением зависят не только от числа Маха, но и от корреляции между длиной псевдоскачка и длиной от рабочей части до критического сечения диффузора. Приведен обзор литературы, посвященной воздухозаборным устройствам. Отмечено, что восстановление полного давления в воздухозаборном устройстве чувствительно к конструкции горла, длина которой должна быть равной длине псевдоскачка или немного превышающей ее.

Во второй главе представлены результаты экспериментального исследования сверхзвукового потока с образованием псевдоскачка в каналах

различной длины. Приведено описание экспериментальной установки, представляющей собой присоединенный к вакуумной емкости канал, на входе которого устанавливалось необходимое сопло, с заданным числом Маха. Приведены результаты экспериментального исследования торможения сверхзвукового потока в коротком канале длиной $L/D = 32$ и в длинном канале длиной $L/D = 64$. Установлено, что псевдоскачок формируется в промежуточном сечении длинного канала ($L/D = 64$) при минимальном давлении в вакуумной емкости и занимает свое стационарное положение до значения противодавления $P_{\text{вак}}/P_0 = 0.074$. При дальнейшем увеличении давления в вакуумной емкости происходит перемещение псевдоскачка в сторону входного сечения, как и в случае короткого канала. Получены оценки максимальной возможной длины каналов со сверхзвуковой скоростью газа на входе и максимально возможного коэффициента потерь полного давления.

В третьей главе представлено численное моделирование процессов торможения и образования псевдоскачка в длинных цилиндрических каналах. Моделирование осуществлялось в пакете прикладных программ ANSYS Fluent, в стационарной осесимметричной постановке. Приведено описание расчетной области и результаты тестирования сходимости решения при увеличении числа узлов расчетной сетки. Результаты численного моделирования сверхзвукового течения в длинном канале с образованием псевдоскачка показали смещение начального сечения псевдоскачка вверх по потоку при увеличении длины канала. Дальнейшее увеличение длины канала приводит к организации дозвукового режима втекания. Численным моделированием подтверждено, что в каналах большой длины положение псевдоскачка остается постоянным в некотором диапазоне противодавлений, а начало перемещения псевдоскачка связано с отношением давлений в выходном сечении канала и в выходной области. Расчет длины псевдоскачка хорошо согласуется с экспериментальными данными.

В четвертой главе представлены результаты численного моделирования сверхзвукового течения в цилиндрических каналах с диффузорами больших углов расширения. Рассматривалась возможность применения геометрического и теплового дросселирования течения в диффузоре. Оба воздействия оказывают схожее влияние на характеристики течения. Установлено соотношение между тепловым воздействием и геометрическим воздействием на течение в канале, при соблюдении которого потери полного давления в диффузоре отличаются незначительно.

В заключении сделаны выводы по работе, показывающие решение всех задач, поставленных в соответствии с целями диссертации.

Основные результаты диссертации, **обладающие научной новизной**, заключаются в следующем:

– В результате экспериментального изучения процесса торможения вязкого сверхзвукового потока в каналах установлено, что образование псевдоскачка в длинных каналах ($L/D > 32$) может происходить лишь за счет трения (при отсутствии противодавления).

- Показано, что в отличие от коротких каналов, где псевдоскачок образуется в выходном сечении канала, в длинных каналах образование структуры псевдоскачка, происходит в некотором сечении канала, которое зависит от начального числа Маха потока. Определены характеры влияния увеличения длины канала, противодавления на выходе канала и изменения начального числа Маха потока.

- Показано, что в широком диапазоне противодавлений псевдоскачок в длинных каналах занимает устойчивое положение. Установлено, что увеличение длины канала или противодавления на выходе приводит к смещению псевдоскачка вверх по потоку, а увеличение начального числа Маха потока приводит к смещению псевдоскачка вниз по потоку, при этом суммарные потери полного давления не зависят от положения псевдоскачка.

Научная и практическая ценность достигнутых результатов состоит в том, что на основании полученных экспериментальных данных и результатов численного моделирования получены распределения параметров сверхзвукового потока в длинных каналах при наличии псевдоскачка и степени возможного повышения противодавления без нарушения режимов течения, которые могут быть использованы при проектировании аэродинамических устройств. Результаты численного моделирования и экспериментальных работ, такие как неравномерности профиля скорости, значения давлений и их отношений могут быть применены в дальнейшем при проведении экспериментальных и численных исследований взаимодействия сверхзвуковых потоков и пограничных слоев в каналах. Показана возможность существенного повышения полного давления на выходе коротких диффузоров с большими углами раскрытия и значительного снижения длины псевдоскачка, что важно при проектировании высокоскоростных двигателей. Установлено соотношение между геометрическим и тепловым дросселированием для псевдоскачкового режима течения в диффузорах с большими углами раскрытия. Использование полученного соотношения позволит проводить соответствие между видами воздействия при проведении экспериментальных исследований.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается комплексным применением экспериментальных методов исследования и проведением численного моделирования исследуемых процессов, показывающих совпадение с хорошей точностью, а также согласование тестовых результатов с известными данными в литературе.

Публикации и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 4 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК, результаты исследований широко обсуждались на международных и всероссийских научных конференциях.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает результаты исследований.

Замечания. Отмечая актуальность, научную новизну теоретическую и практическую значимость исследования, следует также обратить внимание на замечания, возникшие в процессе анализа текста диссертации.

– В первой главе диссертации проведен обзор литературных данных в области торможения сверхзвуковых потоков в каналах. Рассмотрено обширное количество аналитических и экспериментальных работ. В настоящее время при проведении различных исследований все большее применение находят численные методы. Как в обзоре, так и в ходе работы не уделено внимания математическим моделям расчета псевдоскачка и процесса торможения сверхзвуковых потоков.

– Определение короткого и длинного канала дано в п. 1.3.3. «Коротким каналом в данной работе будем называть каналы, длина которых сопоставима с длиной псевдоскачка и не превышает его длину более чем в 2–3 раза, т.е. $L/D \approx 30\dots$ ». Однако остается неясным, из каких соображений были выбраны именно эти значения.

– Во второй главе автором описывается экспериментальная часть работы. В целом проведенные эксперименты выполнены на высоком уровне. Применяемые методы и подходы соответствуют современному уровню проведения экспериментов. Однако некоторые моменты требуют отдельного внимания и уточнения. Так в п. 2.1 сказано, что использовалась труба диаметром 50 мм. Не указано, какова причина выбора именно такого диаметра канала. Там же сказано, что исследовалось две конфигурации короткого канала длиной 32 калибра и длинного – 64 калибра. Согласно первой главе и данному определению короткого канала (до 30 калибров) возникает противоречие, и канал 32 калибра уже относится к длинным каналам. Однако автор называет такой канал коротким.

– В главах 3 и 4 не приводится сравнение выбранной модели турбулентности с другими существующими.

Указанные замечания не снижают научного и практического значения выполненной работы и не влияют на новизну и достоверность положений, выносимых на защиту.

Диссертационная работа Мельникова Алексея Юрьевича «Исследование торможения вязкого сверхзвукового потока с образованием псевдоскачка в цилиндрических каналах», является самостоятельным, логически завершенным исследованием. Диссертация соответствует требованиям пп. 9–11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мельников Алексей Юрьевич, достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа, плазмы.

Отзыв составлен заведующим лабораторией прикладной газовой динамики Научно-исследовательского института прикладной математики и механики, доцентом кафедры динамики полета Национального исследовательского Томского государственного университета, кандидатом физико-математических наук Рогаевым Константином Сергеевичем на основании положительного заключения совместного семинара лаборатории прикладной газовой динамики Научно-исследовательского института

прикладной математики и механики и кафедры динамики полета физико-технического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета (протокол № 9 от 01.03.2024).

Заведующий лабораторией
прикладной газовой динамики
Научно-исследовательского института
прикладной математики и механики,
доцент, и.о. зав кафедрой динамики полета
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
кандидат физико-математических наук

Рогаев Константин Сергеевич
тел. +7 (923) 413-71-04
e-mail: rogaev@ftf.tsu.ru

Доцент кафедры динамики полета
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
кандидат физико-математических наук,
доцент

Фарапонов Валерий Владимирович
тел. +7 (905) 991-71-55
e-mail: fff@ftf.tsu.ru

Даем согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела А.Ю. Мельникова.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.
Служебный телефон: (382-2) 529-585
Email: rector@tsu.ru

Сведения о ведущей организации
по диссертации Мельникова Алексея Юрьевича
«Исследование торможения вязкого сверхзвукового потока
с образованием псевдоскачка в цилиндрических каналах»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.1.9 Механика жидкости газа и плазмы

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томский государственный университет, НИ ТГУ, ТГУ
Место нахождения	Томская область, г. Томск
Почтовый индекс, адрес	Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Телефон	(3822) 52-98-52
Адрес электронной почты	rector@tsu.ru
Адрес официального сайта	www.tsu.ru
Список основных публикаций работников ведущей организации в соответствующей отрасли науки в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15)	
1.	<p>Рогаев К. С. Экспериментально-теоретическая методика определения закона горения высокоплотного топлива в условиях постоянного объема / К. С. Рогаев, А. Н. Ищенко, Н. М. Саморокова, А. С. Дьячковский, А. Д. Сидоров // Физика горения и взрыва. – 2023. – Т. 59, № 4. – С. 71–77.</p> <p><i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Rogaev K. S. Experimental and Theoretical Method for Determining the Law of Constant-Volume Combustion of a High-Density Propellant / K. S. Rogaev, A. N. Ishchenko, N. M. Samorokova, A. S. D'yachkovskii, A. D. Sidorov // Combustion, Explosion and Shock Waves. – 2023. – Vol. 59, № 4. – P. 457–463.</p>
2.	<p>Ищенко А. Н. Адаптация гидробаллистического стенда для испытаний малогабаритных метательных установок / А. Н. Ищенко, В. В. Буркин, В. З. Касимов, А. С. Дьячковский, А. В. Чупашев, А. Ю. Саммель, К. С. Рогаев, А. Д. Сидоров, И. В. Майстренко, Л. В. Корольков, В. А. Бураков, Н. М. Саморокова // Приборы и техника эксперимента. – 2023. – № 3. – С. 125–129.</p> <p><i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Ischenko A. N. Adaptation of a Hydroballistic Stand for Testing Small-Size Projections / A. N. Ischenko, V. V. Burkin, V. Z. Kasimov, A. S. D'yachkovskii, A. V. Chupashev, A. Y. Sammel', K. S. Rogaev, A. D. Sidorov, I. V. Maistrenko, K. V. Korolkov, V. A. Burakov, N. M. Samorokova // Instruments and Experimental. – 2023. – Vol. 66, № 3. – P. 492–496.</p>
3.	<p>Ищенко А. Н. Разработка суперкавитирующего ударника для малогабаритной баллистической установки / А. Н. Ищенко, В. В. Буркин, А. С. Дьячковский, А. В. Чупашев, К. С. Рогаев // Инженерно-физический журнал. – 2023. – Т. 96, № 5. – С. 1275–1280.</p>

	<p><i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Ishchenko A. N. Development of a Supercavitating Striker for a Small-Size Ballistic Installation / A. N. Ischenko, V. V. Burkin, A. S. D'yachkovskii, A. V. Chupashev, K. S. Rogaev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2023. – Vol. 96, № 5. – P. 1265–1270.</p>
4.	<p>Ищенко А. Н. Экспериментально-теоретическое исследование горения зерненого заряда в замкнутом объеме / А. Н. Ищенко, А. Ю. Крайнов, К. С. Рогаев, А. С. Дьячковский, Е. Ю. Степанов // Инженерно-физический журнал. – 2023. – Т. 96, № 6. – С. 1487–1493.</p> <p><i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Ishchenko A. N. Experimental and Theoretical Study of Granulated Charge Combustion in a Closed Volume / A. N. Ishchenko, A. Y. Krainov, K. S. Rogaev, A. S. D'yachkovskii, E. Y. Stepanov // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2023. – Vol. 96, № 6. – P. 1474–1480.</p>
5.	<p>Рогаев К. С. Исследование особенностей горения высокоплотных топлив в условиях манометрической бомбы / К. С. Рогаев, А. Н. Ищенко, А. С. Дьячковский, Н. М. Саморокова, Е. Ю. Степанов, А. В. Чупашев // Инженерно-физический журнал. – 2023. – Т. 96, № 4. – С. 927–936.</p> <p><i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Rogaev K. S. Investigation into Distinctive Features of Combustion of High-Density Propellants Under the Conditions of a Manometric Bomb / K. S. Rogaev, A. N. Ishchenko, A. S. D'yachkovskii, N. M. Samorokova, E. Y. Stepanov, A. V. Chupashev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2023. – Vol. 96, № 4. – P. 928–938.</p>
6.	<p>Дьячковский А. С. Исследование особенностей горения высокоплотных топлив в условиях сопловой установки / А. С. Дьячковский, К. С. Рогаев, А. Н. Ищенко, Н. М. Саморокова, А. Д. Сидоров, Е. Ю. Степанов, А. Д. Кодякова // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2023. – № 84. – С. 109–122. – DOI: 10.17223/19988621/84/9.</p> <p><i>Scopus:</i> D'yachkovskiy A. S. A study of combustion features of high-density propellants in a nozzle test facility / A. S. D'yachkovskiy, K. S. Rogaev, A. N. Ishchenko, N. M. Samorokova, A. D. Sidorov, E. Yu. Stepanov, A. D. Kodyakova // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika – Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics. – 2023. – № 84. – P. 109–122.</p>
7.	<p>Рогаев К. С. Исследование особенностей зажигания и горения высокоплотных зарядов в условиях постоянного объема / К. С. Рогаев, А. С. Дьячковский, А. Н. Ищенко, Н. М. Саморокова, Е. Ю. Степанов, Н. Р. Гимаева // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2023. – № 81. – С. 123–132. – DOI: 10.17223/19988621/81/11.</p> <p><i>Scopus:</i> Rogaev K. S. A study of the ignition and combustion of highdensity charges under constant volume conditions. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta / K. S. Rogaev, A. S. D'yachkovskiy, A. N. Ishchenko, N. M. Samorokova, E. Yu. Stepanov, N. R. Gimaeva // Matematika i mekhanika – Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics. – 2023. – № 81. – P. 123–132.</p>
8.	<p>Ищенко А. Н. Анализ суперкаверн, формируемых при высокоскоростном движении в воде группой ударников / А. Н. Ищенко, В. В. Буркин, А. С. Дьячковский, А. В. Чупашев, А. Ю. Саммель, К. С. Рогаев, А. Д. Сидоров // Письма в Журнал технической физики. – 2022. – Т. 48, № 1. – С. 10–11.</p>

	<p><i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Ishenko A. N. Analysis of supercavities formed in water by a group of strikers during high-speed motion / A. N. Ishenko, V. V. Burkin, A. S. Diachkovskii, A. V. Chupashev, A. Yu. Sammel, K. S. Rogaev, A. D. Sidorov // Technical Physics Letters. – 2022. – Vol. 48, № 1. – P. 7–8.</p>
9.	<p>Ищенко А. Н. Взаимодействие суперкавитирующих ударников с подводными преградами / А. Н. Ищенко, В. В. Буркин, А. С. Дьячковский, К. С. Рогаев, А. Ю. Саммель, А. Д. Сидоров, Е. Ю. Степанов, А. В. Чупашев // Инженерно-физический журнал. – 2022. – Т. 95, № 4. – С. 1012–1016. <i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Ishchenko A. N. Interaction of supercavitating strikers with underwater obstacles / A. N. Ishenko, V. V. Burkin, A. S. Diachkovskii, K. S. Rogaev, A. Yu. Sammel, A. D. Sidorov, E. Yu. Stepanov, A. V. Chupashev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2022. – Vol. 95, № 4. – P. 997–1001.</p>
10.	<p>Афанасьева С. А. Экспериментально-теоретические исследования особенностей высокоскоростного движения в воде суперкавитирующих ударников, изготовленных из разных материалов / С. А. Афанасьева, И. С. Бондарчук, В. В. Буркин, А. С. Дьячковский, А. Н. Ищенко, К. С. Рогаев, А. Ю. Саммель, А. Д. Сидоров, Е. Ю. Степанов, А. В. Чупашев // Инженерно-физический журнал. – 2021. – Т. 94, № 6. – С. 1528–1537. <i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Afanas'eva S. A. Experimental and theoretical investigations of the specific features of high-velocity motion of supercavitating strikers made of various materials in water / S. A. Afanas'eva, I. S. Bondarchuk, V. V. Burkin, A. S. D'yachkovskii, A. N. Ishchenko, K. S. Rogaev, A. Y. Sammel', A. D. Sidorov, E. Y. Stepanov, A. V. Chupashev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2021. – Vol. 94, № 6. – С. 1494–1503.</p>
11.	<p>Афанасьева С. А.-Р. Экспериментально-теоретическое исследование взаимодействия высокоскоростного осколка с разнесенной мишенью / С. А.-Р. Афанасьева, В. В. Буркин, А. С. Дьячковский, А. Н. Ищенко, К. С. Рогаев, А. Ю. Саммель, Е. Ю. Степанов, М. В. Хабибуллин, А. В. Чупашев // Известия вузов. Физика. – 2021. – Т. 64, № 2 (758). – С. 115–120. <i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Afanas'eva S. A. Experimental and computational research into high-speed interaction between projectile and split target / S. A. Afanas'eva, V. V. Burkin, A. S. D'yachkovskii, A. N. Ishchenko, K. S. Rogaev, A. Y. Sammel', E. Y. Stepanov, M. V. Khabibullin, A. V. Chupashev // Russian Physics Journal. – 2021. – Vol. 64, № 2. – P. 317–322.</p>
12.	<p>Ищенко А. Н. Одиночное и совместное движение суперкавитирующих ударников в сверхзвуковом режиме в воде / А. Н. Ищенко, В. В. Буркин, А. С. Дьячковский, И. В. Майстренко, К. С. Рогаев, А. Ю. Саммель, А. В. Чупашев // Письма в Журнал технической физики. – 2020. – Т. 46, № 23. – С. 22–24. <i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Ishchenko A. N. Single and joint movement of supercavitating strikers in the supersonic mode in water / A. N. Ishchenko, V. V. Burkin, A. S. Diachkovskii, I. V. Maistrenko, K. S. Rogaev, A. Y. Sammel, A. V. Chupashev // Technical Physics Letters. – 2020. – Т. 46, № 12. – С. 1177–1179.</p>

13.	<p>Ищенко А. Н. Разработка математической модели внутриваллистических процессов для пушечного старта группы суперкавитирующих ударников / А. Н. Ищенко, В. В. Буркин, В. З. Касимов, С. А. Афанасьева, А. С. Дьячковский, К. С. Рогов // Инженерно-физический журнал. – 2020. – Т. 93, № 2. – С. 451–457. <i>в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:</i> Ishchenko A. N. Development of a mathematical model of intraballistic processes for a gun-start of a group of supercavitating strikers / A. N. Ishchenko, V. V. Burkin, V. Z. Kasimov, S. A. Afanas'eva, A. S. D'yachkovskii, K. S. Rogoiev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2020. – Vol. 93, № 2. – P. 436–442.</p>
14.	<p>Скибина Н. П. Влияние структуры течения газа в осесимметричном канале на формирование неоднородного температурного поля в наполнителе из твердого легкоплавкого материала / Н. П. Скибина, В. В. Фарапонов // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2023. – № 81. – С. 149–161. <i>Scopus:</i> Skibina N. P. Effect of a gas flow structure in an axisymmetric channel on the inhomogeneous temperature field formation in a low-melting cylinder / N. P. Skibina, V. V. Faraponov // Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta, Matematika i Mekhanika. – 2023. – № 81. – P. 149–161</p>
<p>Прочие публикации работников ведущей организации по теме диссертации за последние 5 лет</p>	
15.	<p>Скибина Н. П. Исследование нестационарных термогазодинамических процессов в проточном канале при сверхзвуковом обтекании модельного тела : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.02.05 / Н. П. Скибина. – Томск, 2022. – 165 с.</p>

Верно

И.о. проректора по научной
и инновационной деятельности

А. Б. Ворожцов