

Заключение диссертационного совета 24.2.312.11, созданного
на базе федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации по диссертации на
соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета 24.2.312.11 № 10

О присуждении Абдрашитову Алексею Аллановичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение амплитуды колебаний давления в струйном осцилляторе Гельмгольца» по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 16.04.2025, протокол № 6 диссертационным советом 24.2.312.11, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет» Министерства образования и науки РФ, 420015, г.Казань, ул. К.Маркса, 68, приказ №1305/нк от 22.05.2023 г.

Соискатель, Абдрашитов Алексей Алланович, 12 февраля 1958 года рождения, в 1981 году окончил Казанский авиационный институт им. А.Н. Туполева по специальности аэродинамика и термодинамика с присвоением квалификации инженер-физик. В настоящее время работает младшим научным сотрудником в лаборатории теплофизики и волновых технологий Института энергетики и перспективных технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

Диссертация «Повышение амплитуды колебаний давления в струйном осцилляторе Гельмгольца» выполнена в лаборатории теплофизики и волновых технологий Института энергетики и перспективных технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Марфин Евгений Александрович, ведущий научный сотрудник лаборатории теплофизики и волновых технологий Института энергетики и перспективных технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

Комкин Александр Иванович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры экологии и промышленной безопасности ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,

Жилин Александр Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории № 12 «Волновые процессы в ультрадисперсных средах» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (ПФИЦ УрО РАН) в своем **положительном** заключении, составленном Любимовой Татьяной Петровной, доктором физико-математических наук, профессором, заведующей лабораторией вычислительной гидродинамики Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук (ИМСС УрО РАН), подписанном Мизевым Алексеем Ивановичем, доктором физико-математических наук, директором ИМСС УрО РАН и утвержденном доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН Плеховым Олегом Анатольевичем, директором ПФИЦ УрО РАН, указала, что диссертационная работа является актуальной, обладает научной новизной и является законченной научно-квалификационной работой, в которой впервые изложены новые, научно-обоснованные технические решения, имеющие практическую значимость, в которой решена задача по повышению эффективности добычи трудноизвлекаемых запасов нефти за счет разработки и оптимизации устройства, генерирующего интенсивные акустические колебания для воздействия на нефтяной пласт, имеющая существенное значение для развития нефтедобывающей отрасли, что соответствует п. 13, 15, 18 паспорта специальности 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы и отвечает требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в области исследования процессов возбуждения и распространения колебаний давления в жидкости, наличием

публикаций по специальности 1.1.9, а также способностью определить научную новизну и практическую ценность диссертационной работы.

Соискатель имеет 56 опубликованных работ, общим объемом 52,2 печ. л. (личный вклад соискателя 55%), все по теме диссертации, в том числе, 10 в ведущих рецензируемых изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание научных степеней доктора и кандидата наук (ВАК РФ), и 10 – в научных изданиях, индексируемых международной базой данных Scopus, 20 патентов РФ.

Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах. В диссертационной работе отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора или источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Абдрашитов, А. А. Влияние длины сопла на работу струйного осциллятора Гельмгольца / А. А. Абдрашитов, Е. А. Марфин // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. – 2021. – № 1. – С. 142-150.

2. Abdrashitov, A. A. Excitation of acoustic modes by tone harmonics of a hole in a jet-driven Helmholtz oscillator / A. A. Abdrashitov, E. A. Marfin // Acoustical Physics. – 2023. – Vol. 69, – P. 471–477.

3. Abdrashitov, A. Features of sound generation by the jet-driven Helmholtz oscillator / A. Abdrashitov, E. Marfin, E. Plekhova // Akustika. – 2021. – Vol. 39. – P. 214-218. – DOI 10.36336/akustika202139212.

4. Abdrashitov, A. A. Short cylindrical nozzles in a jet-driven Helmholtz oscillator / A. A. Abdrashitov, E. A. Marfin // Physics of Fluids. – 2020. – Vol. 32, No. 7. – P. 077103.

5. Abdrashitov, A. A. Experimental Study of a Borehole Acoustic Radiator with a Ring in a Long Cylindrical Chamber / A. A. Abdrashitov, E. A. Marfin, D. V. Chachkov // Acoustical Physics. – 2018. – Vol. 64, No. 2. – P. 237-244.

6. Abdrashitov, A. A. Effect of Nozzle Shape on Amplitude of Well Acoustic Emitter Generation / A. A. Abdrashitov, E. A. Marfin, D. V. Chachkov, V. M. Chefanov // Acoustical Physics. – 2018. – Vol. 64, No. 4. – P. 492-502.

7. Marfin, E. A. Acoustic stimulation of oil production by a downhole emitter based on a jet-driven Helmholtz oscillator / E. A. Marfin, R. N. Gataullin, A. A. Abdrashitov // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2022. – Vol. 215. – P. 110705.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

Ведущей организации - федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского

отделения Российской академии наук, г. Пермь. Отзыв положительный. Замечания:

- 1) Генерация акустических мод в камере-резонаторе является сложным процессом, который непосредственно зависит от характеристик струйного течения, его устойчивости и формирования набора вторичных вихревых структур. Для понимания механизма генерации акустических волн и оптимизации конструкции камеры-резонатора необходим анализ мгновенных и пульсационных характеристик течения внутри камеры. К сожалению, автор работы ограничился только оценкой средних значений скорости при помощи эмпирических зависимостей для свободной струи, вытекающей из кольцевого отверстия.
- 2) Известно, что при скоростях течения газа меньше скорости звука газы могут рассматриваться как несжимаемая сплошная среда. В диссертации в качестве модельной среды для удобства в экспериментах использовался воздух. Однако конечной целью для чего проводились исследования, являлось создание реального промышленного устройства, поэтому было бы необходимо провести несколько сравнительных экспериментов на рабочей жидкости (воде).
- 3) При проведении экспериментов проводились измерения скорости истечения воздуха из рабочего отверстия устройства. При этом скорость определялась по перепаду давления между входом и выходом из этого отверстия. В этом случае использовался коэффициент гидравлического сопротивления, взятый из соответствующего справочника. Этот коэффициент соответствует случаю истечения сплошной среды из круглого отверстия в бесконечный объем. В эксперименте реализуются другие картины течения, причем рассматривается несколько различных случаев. По этой причине определение потока будет носить большую погрешность, чем указано в тексте диссертации.
- 4) Работа имеет выраженный прикладной характер и направлена на разработку устройства повышающего добычу нефти в результате акустического воздействия. Отмечается успешное применение разработанной технологии в реальных условиях. При этом в тексте не представлены параметры реальных технических систем, требования к таким установкам, характеристики гидродинамических режимов, что не дает возможности сравнить параметры исследованной системы и промышленных установок.
- 5) В работе установлено, что существует оптимальное значение числа Рейнольдса для генерации звуковых волн с помощью осциллятора Гельмгольца, при котором достигается максимальная мощность колебаний. Поскольку пик локального максимума является достаточно резким, для поддержания высокой эффективности устройства число Рейнольдса должно быть близко к оптимальному. В условиях конкретного нефтепромысла, где прочие параметры (кроме скорости прокачки) можно считать фиксированными, число Рейнольдса определяется скоростью потока. Требуется ли в таком случае дополнительный контроль расхода для обеспечения работы устройства на

оптимальном режиме? Как оптимальная скорость прокачки соотносится с типичными значениями на реальных нефтепромыслах и входит ли она в проектный диапазон эксплуатации промысла? 6) В работе присутствуют стилистические неточности и опечатки.

Официального оппонента, Комкина Александра Ивановича, доктора технических наук, доцента, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва. Отзыв положительный. Замечания: 1) Во второй главе, где описывается методика проведения экспериментальных исследований, встречается некорректная терминология. Так говорится о амплитудно-частотном спектре. В действительности можно говорить об амплитудно-частотной характеристике или амплитудном спектре, так как понятие спектр уже предполагает частотную зависимость. 2) В работе подробно рассматриваются механизмы формирования вихревых структур в струйном осцилляторе Гельмгольца. Было бы целесообразно дать также обзор моделей, описывающих генерацию звука в свободной струе, вытекающей из сопла. 3) Для оценки частоты собственных колебаний струйного осциллятора Гельмгольца автором используется формула (2.2). Однако это формула справедлива для случая резонатора с двумя горлами, на которые звуковая волна поступает одновременно. В данном случае звук генерируется при прохождении струи через сопло, а затем проходит через выходное отверстие. При этом такой осциллятор с точки зрения акустики будет скорее камерой расширения, так что использование формулы (2.2) в данном случае будет не совсем корректно. 4) На рис.2.12 и 2.14 представлены графические зависимости, которые практически не описаны. Стоило бы, если уж они приведены, остановиться на них подробнее. 5) В работе, особенно во второй главе, имеют место стилистические неточности и опечатки.

Официального оппонента, Жилина Александра Анатольевича, кандидата физико-математических наук, доцента, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск. Отзыв положительный. Замечания: 1) В экспериментах автор проводит не прямые измерения скорости струи на срезе сопла по перепаду статического давления. Как соотносятся эти данные с данными прямых измерений внутри цилиндрического сопла? Были ли проведены соответствующие методологические исследования по оценке получаемых результатов не прямых измерений скорости? 2) На рис. 3 в автореферате приведено сопоставление результатов динамики амплитуды колебаний. Как можно объяснить принципиальное отличие кривой, относящейся к

случаю установки перед втекающей струей глухой пластины (отсутствие роста амплитуды колебаний)? 3) Имеется ли экспериментальное подтверждение гидродинамического механизма разрушения тороидального вихря за кромкой сопла? 4) На странице 41 говорится об озвучивании СОГ динамиком снаружи, но из текста в абзаце непонятна цель и задача данного действия. 5) В тексте диссертации встречаются отдельные ошибки, недочёты и опечатки, например в формулах (1.1) и (2.3), в подписях к рисунку 2.10, 2.13, 4.2, 4.4, 4.11, в тексте на странице 53 и т.д.

Отзывы на автореферат диссертации:

- **д.т.н., Варсегова В.Л.**, профессора кафедры РДЭУ Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ. Отзыв положительный. Замечание: практическое использование экспериментальных результатов было бы значительно упрощено, если бы диссертантом были приведены функции регрессии представленных на графике зависимостей.

- **д.ф.-м.н., профессора Храмченкова М.Г.**, профессора кафедры математических методов в геологии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета. Отзыв положительный, без замечаний.

- **к.т.н., доцента Олейникова А.Ю.**, доцента кафедры Е5 «Экология и производственная безопасность» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова». Отзыв положительный. Замечания: для полноценного понимания механизмов генерации вихревых структур в потоке жидкости необходимо дополнить работу численным экспериментом и оптической визуализацией (PIV/SIV). В автореферате не указаны возможные негативные эффекты акустического воздействия (кавитационное повреждение оборудования), что важно для промышленного внедрения. Из автореферата не ясно, какой уровень акустического воздействия может создаваться снаружи устройства в нефтеносном слое и достаточно ли это воздействие для интенсификации добычи из месторождения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **получены** новые экспериментальные данные о влиянии геометрии элементов профилированного канала на амплитуду и частоту генерации периодических колебаний давления в потоке рабочей жидкости, уточняющие существующие модели генерации вихревого звука;

- **определен** интервал режимных и геометрических параметров, а именно, числа Рейнольдса и Струхала, в пределах которого наблюдается генерация

вихревого звука свободной струей, вытекающей из цилиндрического отверстия в плоской стенке;

- **разработаны** эффективные модели струйного осциллятора Гельмгольца, обеспечивающие максимальную амплитуду генерации: модель с цилиндрическим соплом $\ell_1 \sim 0,55d_1$ в комбинации с камерой длиной $L/d_1 = 0,25$ и диаметром выходного отверстия $d_2/d_1 = 1,3$; модель с профилированным соплом в комбинации с камерой длиной $L/d_1 = 1,5$; модель с цилиндрическим соплом с фаской 90° по потоку, с длиной цилиндрического участка $\ell^* = (0,3-0,4)d_1$, $\ell^*/\ell_1 = (0,4-0,5)$.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- в процессе экспериментального исследования генерации вихревого звука установлены не описанные ранее особенности его возникновения. Генерация звука возникает при определенном соотношении размеров отверстия и характеризуется числом Струхала порядка 0,6;
- уточнен механизм возбуждения звука в струйном осцилляторе Гельмгольца.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- определены геометрические параметры струйного осциллятора Гельмгольца, обеспечивающие максимальную амплитуду генерируемого звука;
- результаты проведенных исследований легли в основу комплекса технических решений, включающего новые конструкции скважинных излучателей с повышенной эффективностью, что подтверждается серией патентов на изобретения, полученных автором;
- внедрение усовершенствованных излучателей позволило увеличить продуктивность пластов и, как следствие, повысило эффективность нефтедобычи, обеспечив значительный экономический эффект.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность полученных результатов обеспечивается хорошим соответствием полученных экспериментальных данных с результатами исследований других авторов; использованием поверенной измерительной аппаратуры и подтверждает высокую точность определяемых величин; а также многократным повторением экспериментов и хорошей воспроизводимостью результатов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке лабораторного стенда и методики экспериментально исследования модели СОГ; изготовлении физических моделей устройства и проведении их испытаний; обработке и анализе экспериментальных данных; подготовке научных публикаций; выступлении на конференциях; обсуждении полученных результатов. Диссертантом разработаны несколько конструкций излучателей, защищенных патентами на изобретение.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 1.1.9
Механика жидкости, газа и плазмы, а именно пунктам:

- п. 13 – Струйные течения и кавитация;
- п. 15 – Линейные и нелинейные волны в жидкостях и газах;
- п. 18 – Экспериментальные методы исследования динамических процессов в жидкостях и газах.

Диссертационным советом сделан вывод, что диссертация Абдрашитова А.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения по повышению эффективности добычи трудноизвлекаемых запасов нефти за счет разработки и оптимизации устройства, генерирующего интенсивные акустические колебания для воздействия на нефтяной пласт, имеющие важное значение для развития нефтедобывающей отрасли Российской Федерации. Диссертация соответствует п. 13, 15 и 18 паспорта специальности 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы и отвечает требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, и её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы.

На заседании 27 июня 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Абдрашитову Алексею Аллановичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.1.9, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

Тимур Наилевич
Мустафин

27.06.2025 г.