

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный
исследовательский центр
Уральского отделения
Российской академии наук
(ПФИЦ УрО РАН)

614990, г. Пермь, ул. Ленина, 13а
Тел. (342) 212-60-08, факс (342) 212-93-77
E-mail: psc@permisc.ru, http://www.permisc.ru
ИНН 5902292103, КПП 590201001

11.06.2025

№ 337/2171-368

на №

от

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУН

«Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук»
д.ф.-м.н., член корреспондент РАН



/ О.А. Плехов

июня 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Пермский
федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской
академии наук»

о диссертационной работе Абдрашитова Алексея Аллановича на тему «Повышение амплитуды колебаний давления в струйном осцилляторе Гельмгольца», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы».

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертации обусловлена возрастанием доли трудноизвлекаемых запасов нефти и снижением рентабельности их разработки, перспективностью интенсификации добычи нефти путем воздействия на пласт упругими колебаниями и необходимостью разработки для этого скважинных излучателей, а также недостаточной изученностью механизма генерации колебаний в ограниченном тракте проточных систем.

Научная и практическая значимость диссертационной работы.

Полученные результаты обладают научной новизной и важны для приложений. В процессе экспериментального исследования генерации вихревого звука установлены не описанные ранее особенности его возникновения. В результате экспериментов, выполненных на современном уровне, получены результаты, которые дают возможность создать устройство, использование которого принесет большой экономический эффект.

Общая характеристика работы

Объем диссертации составляет 138 страниц, включая 47 рисунков и 15 таблиц. Список литературы содержит 150 наименований. Структурно диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Во введении отражена актуальность исследования, сформулирована цель работы, поставлены задачи исследования, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу современного состояния работ по теме диссертации. Представлен обзор работ по повышению нефтеотдачи продуктивных пластов при воздействии на них упругими волнами в комбинации с иными методами, а также по теоретическому и экспериментальному исследованию механизма генерации звука свободной струей, натекающей на препятствие и резонанса в струйном осцилляторе Гельмгольца. На основании проведенного анализа делается вывод об остающихся не достаточно изученными акустических характеристиках и механизмах генерации звука.

Вторая глава посвящена описанию разработанного экспериментального стенда, физической модели струйного осциллятора Гельмгольца, методики проведения экспериментальных исследований и верификации результатов.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования генерации вихревого звука, в том числе тона свободной (нестесненной) струи без резонатора и струи, протекающей через резонатор. Показано, что размещение перед соплом препятствия не оказывает влияния на числа Струхала тона свободной струи, но влияет на его амплитуду. Установлена динамика возникновения и развития семейства гармоник струйного тона отверстия.

В четвертой главе представлены результаты экспериментов с моделями струйного осциллятора Гельмгольца и их анализ. Проведены эксперименты по оптимизации размеров камеры-резонатора и выходного отверстия и эксперименты по оптимизации геометрии сопла. Критерием оптимизации являлось достижение максимально возможной амплитуды генерации. Продemonстрировано, что при использовании оптимальных параметров струйный осциллятор Гельмгольца позволяет генерировать в протекающей жидкости периодические колебания давления с амплитудой, сравнимой по величине с величиной скоростного напора.

В заключении приведены основные результаты работы.

Достоверность обеспечивается использованием аттестованной измерительной аппаратуры и современных апробированных методов, проведением калибровочных измерений, воспроизводимостью полученных экспериментальных данных, а также соответствием полученных данных результатам других авторов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Установлены принципиально новые закономерности генерации вихревого звука в струйных системах.
2. Впервые выявлен и описан механизм дискретного возбуждения резонанса в струйном осцилляторе Гельмгольца гармониками тона отверстия, что позволило объяснить особенности формирования акустических мод.
3. Определены и научно обоснованы оптимальные конструктивные параметры струйного осциллятора Гельмгольца, обеспечивающие максимальную амплитуду генерируемых колебаний, включая критические соотношения геометрических размеров проточной части.
4. Разработан и запатентован комплекс технических решений на основе полученных результатов, включающий новые конструкции скважинных излучателей с повышенной эффективностью.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 56 работ, включая 10 статей в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК и 10 статей в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science, получено 20 патентов на изобретения.

Соответствие автореферата диссертации

Основные разделы работы, результаты и выводы представлены в автореферате. Автореферат соответствует содержанию диссертации и удовлетворяет требованиям ВАК.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты работы могут быть использованы при проектировании скважинных излучателей в нефтедобывающей промышленности для повышения эффективности разработки трудноизвлекаемых запасов нефти, рекомендованы к ознакомлению в научных подразделениях университетов (физический и механико-математический факультеты МГУ, МГТУ им. Баумана, Пермский государственный университет, Альметьевский государственный технологический университет - Высшая школа нефти и др.), а также в академических институтах РАН (Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН, Институт проблем нефти и газа РАН, Институт высоких температур РАН, Институт гидродинамики им. Лаврентьева СО РАН, Институт механики сплошных сред УрО РАН и др.).

Замечания по диссертационной работе

По содержанию работы имеются следующие 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 реализуется другие картины течения, причем рассматривается несколько различных случаев. По этой причине определение скорости 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 физические параметры (кроме скорости прокачки) можно считать фиксированными, число Рейнольдса определяется скоростью потока. Требуется ли в таком случае дополнительный контроль расхода для обеспечения работы устройства в 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.

Приведенные замечания не снижают общего положительного впечатления о работе.

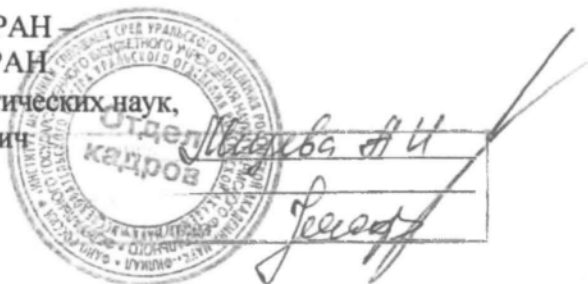
Заключение

Диссертационная работа Абдрашитова Алексея Аллановича «Повышение амплитуды колебаний давления в струйном осцилляторе Гельмгольца» актуальна, обладает научной новизной и имеет теоретическую и практическую ценность. Работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной задачи повышения эффективности добычи трудноизвлекаемых запасов нефти за счет разработки и оптимизации устройства, генерирующего интенсивные акустические колебания для воздействия на нефтяной пласт, имеющей существенное значение для развития нефтедобывающей отрасли. Тема работы соответствует п.13, 15, 18 паспорта специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертационная работа отвечает требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Абдрашитов Алексей Алланович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы».

Результаты диссертации доложены и обсуждены, отзыв рассмотрен и одобрен на заседании Научного семинара ИМСС УрО РАН 5 июня 2025 г. (Протокол № 20/25). Присутствовало 22 человека, в том числе 4 доктора и 10 кандидатов наук. Результаты голосования: "за" - 22, "против" - 0, "воздержался" - 0.

Директор ИМСС УрО РАН -
филиала ПФИЦ УрО РАН
доктор физико-математических наук,
Мизев Алексей Иванович



/ А.И. Мизев

Заведующий лабораторией
Вычислительной гидродинамики ИМСС УрО РАН –
Филиала ПФИЦ УрО РАН,
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор физико-математических наук, профессор
Любимова Татьяна Петровна

Любимова

/ Т.П. Любимова

Сведения о ведущей организации:
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки «Пермский федеральный
исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук»

Почтовый адрес:
614990, Пермь, ул. Ленина, 13А
тел.: +7 (342) 212 60 08;
e-mail: psc@permisc.ru
Веб-сайт: <https://www.permisc.ru>



Михайловой Т.П.
Левая

Вход. № 05-8480
«11» 06 2025 г.
подпись *[signature]*