

Предложения для доклада РАН о состоянии фундаментальных наук в Российской Федерации и о важнейших научных достижениях российских ученых в 2018 году, утвержденные Ученым советом ИММ (протокол № 11 от 30.11.2018)

Экспериментально исследованы особенности осаждения полидисперсной газозвеси при различной степени заполнения закрытой трубы в режиме перехода к ударным волнам на первой собственной частоте. Обнаружен немонотонный характер зависимости времени осаждения газозвеси от степени заполнения трубы, что связано с образованием вторичного течения в виде тороидальных вихрей. Определено, что наименьшее время осаждения газозвеси имеет место при заполнении трубы наполовину. Показано ускорение осаждения газозвеси в сотни раз по сравнению с естественным осаждением.

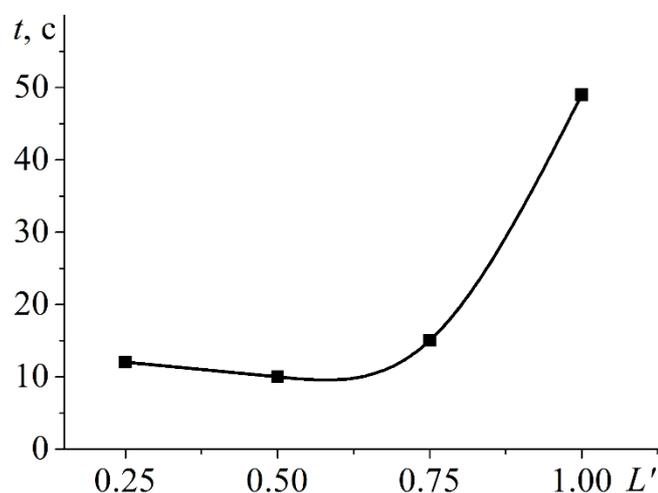


Рис. 1. Зависимость времени осаждения газозвеси от степени заполнения трубы на первой собственной частоте  $\nu = 182$  Гц при амплитуде смещения поршня  $l=0.15$  мм.

## АННОТАЦИЯ

Экспериментально исследованы особенности осаждения полидисперсной газозвеси в закрытой трубе в режиме перехода к ударным волнам на первой собственной частоте. В качестве газозвеси использовался табачный дым. Табачный дым в отсутствие колебаний находится в равновесии и естественное осаждение продолжается в течение длительного времени. При возбуждении колебаний процесс происходит в сотни раз быстрее, чем при естественном осаждении. Наименьшее время осаждения газозвеси имеет место при заполнении трубы наполовину, а при заполнении трубы на четверть и три четверти время процесса практически одинаковое, несмотря на различие в

содержании в трубе газозвеси второе. Таким образом, зависимость времени осаждения газозвеси от степени заполнения трубы имеет немонотонный характер, что, по-видимому, связано с образованием вторичного течения в виде двух тороидальных вихрей в верхней и нижней половинах закрытой трубы.

#### ПУБЛИКАЦИИ

1. Губайдуллин Д.А., Зарипов Р.Г., Ткаченко Л.А. Резонансные колебания аэрозоля в трубе с диафрагмой в безударно-волновом режиме // Теплофизика высоких температур. 2014. Т.52. №6. С.921-926 / / Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A. Resonance Oscillations of an Aerosol in a Tube with a Diaphragm in the Shock-Free Wave Mode // High Temperature. 2014. Vol. 52. No.6. P. 895-899.

2. Damir Gubaidullin, Rinat Zaripov, Liudmila Tkachenko Vibration of Aerosols in the Tubes // Proceedings of International Conference on Engineering Vibration (ICoEV-2015). Ljubljana, Slovenia, 7-10 September 2015. P.79-88.

3. Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A. Influence of oscillations on coagulation and sedimentation of aerosols in tubes // 24th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (ICTAM2016). Montreal, Canada, 21-26 August 2016.

4. Губайдуллин Д.А., Зарипов Р.Г., Ткаченко Л.А., Шайдуллин Л.Р. Экспериментальное исследование коагуляции и осаждения газозвеси в закрытой трубе при переходе к ударно-волновому режиму // Теплофизика высоких температур. 2017. Т. 55, № 3. С. 484-486 / Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A., Shaidullin L.R. Experimental Study of Coagulation and Sedimentation of Gas-Particle Suspension in Closed Tube under Transfer to the Shock-Wave Regime // High Temperature. 2017. Vol. 55, No. 3, P. 463-465.

5. Губайдуллин Д.А., Зарипов Р.Г., Ткаченко Л.А. Экспериментальное исследование резонансных колебаний аэрозоля в трубах в режиме перехода к ударным волнам // Доклады академии наук. 2017. Т. 475, № 3. С. 273-276 / Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A. Experimental Investigation of Resonance Oscillations of Aerosol in Tubes at the Transition to the Shock-Wave Mode // Doklady Physics. 2017. Vol. 62, No. 7. P. 363–365.

6. Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A. Sedimentation effect of finely dispersed aerosol in tubes in shock-wave and shock-free modes // Abstract of European Aerosol Conference, Switzerland, Zurich, August 27–September 1, 2017.

7. Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A. Dynamics of nonlinear waves in the tubes filled with aerosol // Abstract of International Conference on Engineering Vibration, Bulgaria, Sofia, September 4 – 7, 2017.

8. Губайдуллин Д.А., Зарипов Р.Г., Ткаченко Л.А., Шайдуллин Л.Р. Динамика аэрозоля в открытой трубе при колебаниях различной интенсивности вблизи резонанса // Теплофизика высоких температур. 2018. Т. 56. №1. С. 145-147 / Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A., Shaidullin L.R. The Dynamics of an Aerosol in an Open Tube under Oscillations of Various Intensities near Resonance // High Temperature. 2018. Vol. 56, No. 1, P. 146-148.

9. Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A. Dynamics of nonlinear waves in the tubes filled with aerosol // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 148. 01002. 4 p.

10. Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A. Non-linear vibrations of gas suspension in tubes with partial filling // Book of Abstracts 14th International Conference on Vibration Engineering and Technology of Machinery (VETOMAC XIV), Lisbon, Portugal, September 10 - 13, 2018. P.7.

Научный руководитель чл.-корр. РАН Губайдуллин Д.А.

Исполнители: д.ф.-м.н. Зарипов Р.Г., к.ф.-м.н. Ткаченко Л.А., Шайдуллин Л.Р.

Тел. (843)236-52-89.

Развита теория распространения акустических волн в смеси жидкости с полидисперсными парогазовыми и газовыми пузырьками. Изучено влияние теплофизических свойств фаз, межфазного тепломассообмена, примесей в виде твердых частиц на дисперсию и диссипацию возмущений. Показано, что разработанная теория может уверенно использоваться для расчета искажения акустического сигнала при его взаимодействии с многослойными средами, содержащими слои пузырьковой жидкости.

## АННОТАЦИЯ

Разработаны математические модели, описывающие динамику акустических волн в пузырьковых средах при учете межфазного тепломассообмена и сложной компоновке состава дисперсной фазы, когда учитывается многофракционность состава дисперсной фазы (неодинаковость пузырьков по теплофизическим свойствам, комбинированный состав из фракций газовых и парогазовых пузырьков, из фракций пузырьков и твердых частиц), при этом учитывается и полидисперсность состава пузырьков каждой из фракций. С использованием развитой теории решен ряд задач о взаимодействии акустических волн с дискретно-слоистыми средами, включающими в себя слои пузырьковой жидкости, при различных углах падения волн. Разработан теоретический метод расчета искажения акустического сигнала при его взаимодействии с многослойной средой, содержащей слои полидисперсной пузырьковой жидкости. Результаты расчета эволюции импульсного возмущения давления малой амплитуды показали хорошее согласование с данными эксперимента, полученными при диагностике многослойного образца, содержащего слои пузырьковой жидкости (рис.1). Установлено, что используя особые дисперсионные и диссипативные свойства слоя пузырьковой жидкости можно существенно влиять на динамику акустического сигнала в многослойной среде в зависимости от основной частоты сигнала. Для задачи об отражении акустической волны полидисперсным пузырьковым слоем вблизи поверхности океана найдены и проанализированы параметры задачи, при которых коэффициент отражения принимает экстремальные значения, выполнено сопоставление с экспериментальными данными.

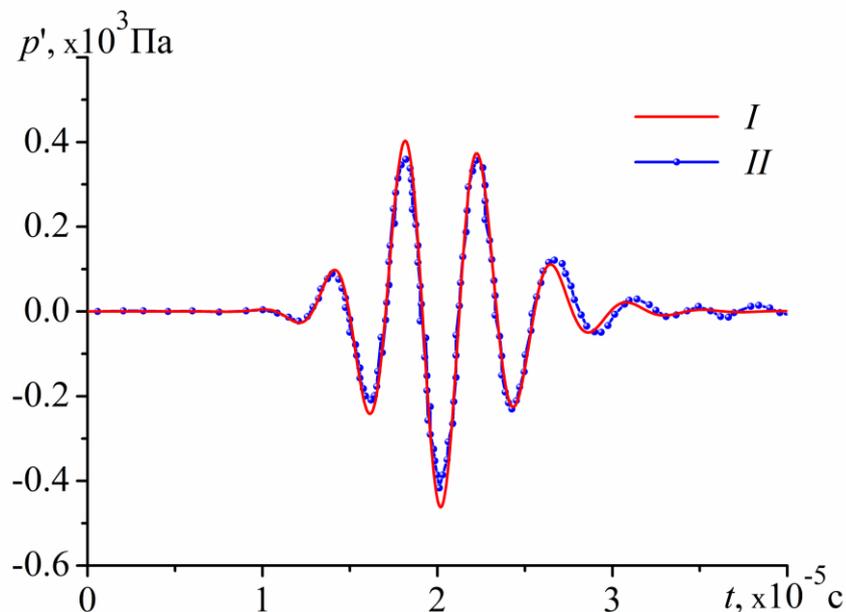


Рис. 1. Импульс давления с основной частотой 0.25МГц, прошедший через трехслойную преграду с пузырьковым слоем; *I* – результаты расчета, *II* – экспериментальные данные (V. Leroy et all // JASA. 2008. Vol. 123. No. 4).

#### Публикации

1. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Акустические волны в жидкости с твердыми частицами и пузырьками газа // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2018. № 2. С. 77-83.
2. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Особенности отражения акустических волн от границы или слоя двухфазной среды // Акустический журнал. 2018. Т.64. №2. С.162-173.
3. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Влияние фазовых переходов на отражение акустических волн от границы парогазожидкостной смеси // Теплофизика высоких температур. 2018. Т.56. №2. С.317–319.
4. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Наклонное падение акустической волны на слой пузырьковой жидкости // Инженерно- физический журнал. 2018 Т.91 №5 С.1214-1220.
5. Губайдуллин Д. А., Никифоров А. А. Затухание акустического сигнала, распространяющегося через два слоя пузырьковой жидкости// Инженерно- физический журнал. 2018 Т.91 №1 С.214-220.
6. Нигматулин Р.И., Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А. Влияние пузырькового слоя трехслойной преграды на эволюцию акустического сигнала // Доклады Академии наук. 2017. Т.474. №4. С. 436-438.
7. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Падение акустической волны на многослойную среду, содержащую слой пузырьковой жидкости // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2017. №1. С.109-116.
8. Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А. Взаимодействие акустического сигнала с неподвижной дискретно-слоистой средой, содержащей слой пузырьковой жидкости // Теплофизика высоких температур. 2017. Т.55. №1. С.102-107.
9. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Акустика жидкости с полидисперсными парогазовыми пузырьками // Инженерно-физический журнал. 2017. Т.90. №2. С.325-333.
10. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Отражение акустической волны от пузырькового слоя конечной толщины // Доклады академии наук. 2016. Т.470. №5. С.525-527.
11. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Звуковые волны в жидкости с полидисперсными парогазовыми пузырьками // Акустический журнал. 2016. Т.62. №2. С.178-186.

12. Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А., Федоров Ю.В. Обзор по акустике пузырьковых жидкостей // Актуальные проблемы механики сплошной среды. К 25-летию ИММ КазНЦ РАН. Сб. науч. тр. – Казань: изд-во «Фэн», 2016. С.30-48.
13. Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А., Гафиятов Р.Н. Акустические волны в многофракционных пузырьковых жидкостях // Теплофизика высоких температур. 2015. Т.53. №2. С.250-255.
14. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Звуковые волны в жидкостях с полидисперсными парогазовыми и газовыми пузырьками // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2015. №1. С.67-77.
15. Нигматулин Р.И., Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А. Динамика импульсных волн в пузырьковых жидкостях. Сравнение теории с экспериментом // Доклады академии наук. 2014. Т.456. № 6. С.662–664
16. Нигматулин Р.И., Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Акустические волны разной геометрии в полидисперсных пузырьковых жидкостях. Теория и эксперимент // Доклады Академии наук. 2013. Т.450. №6. С.665-669.
17. Гафиятов Р.Н., Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А. Распространение акустических волн в двухфракционных пузырьковых жидкостях с учетом фазовых превращений в каждой из фракций // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2013. №3. С.92–99.
18. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Звуковые волны в двухфракционных полидисперсных пузырьковых средах // Прикладная математика и механика. 2013. Т.77. №5. С.743-753.

Научный руководитель чл.-корр. РАН Губайдуллин Д.А.

Тел. (843)236-52-89. Исполнители: к.ф.-м.н. Гафиятов Р.Н., к.ф.-м.н.

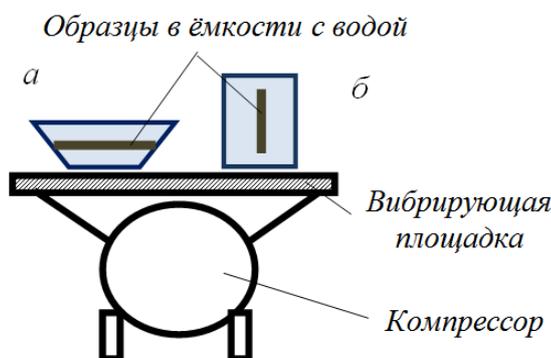
Никифоров А.А., к.ф.-м.н. Федоров Ю.В.

Экспериментально исследовано влияние вибрации на коррозионный износ тонкостенных стальных элементов в водной среде. Установлено, что вибрация способствует более быстрому разрушению защитного пассивирующего слоя, образуемого в процессе коррозии, и тем самым способствует ускоренной коррозии. Эффект необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации металлических конструкций, особенно транспортных средств и трубопроводов, взаимодействующих со средой и испытывающих вибрацию, для защиты от коррозионного разрушения.

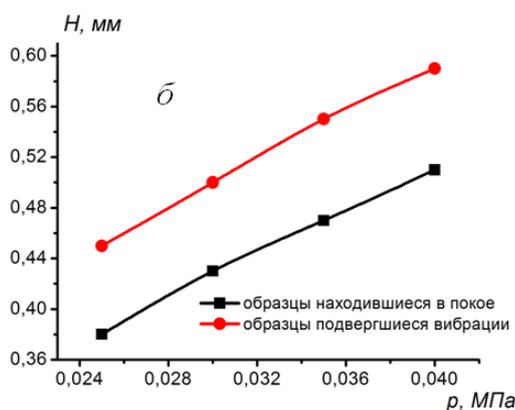
#### АННОТАЦИЯ

На поверхности металла, находящегося в водной или другой среде, образуется тонкий защитный пассивирующий слой, при разрушении которого начинается коррозия. Выполнены две серии работ: тонкие круглые образцы из стали устанавливаются горизонтально (*a*) и вертикально (*b*) в емкостях со средой. Емкости размещаются на вибрирующей площадке, прикрепленной к компрессору (частота вращения  $n = 2800$  об/мин). Контрольные емкости не подвергаются вибрации. Образцы выдерживаются в течение заданного времени в водной среде при различных режимах работы компрессора. Степень коррозии образцов оценивается экспериментально-теоретическим методом. Определены зависимости прогиба  $H$  от давления  $p$ .

Обнаружено влияния вибрации на процесс коррозии стальных образцов, находящихся в водной среде. Вибрация создает благоприятные условия для разрушения пассивирующего слоя, и тем самым ускоряет коррозионный износ. Эффект имеет важное теоретическое значение при изучении явления коррозии, а также большое практическое значение, в частности, при проектировании и эксплуатации конструкций для их защиты от коррозии.



Размещение образцов на вибрирующей площадке



Графики «давление  $p$  - прогиб  $H$ »

#### Публикации

1. Якупов Н.М., Якупов С.Н. Коррозионный износ при вибрации // Доклады академии наук, 2018. Т.479, №6. С.626-628 / N.M. Yakupov and S.N. Yakupov Corrosion Wear under Vibrations // Doklady Physics, 2018, Vol. 63, No.4, pp.147-149.
2. Якупов С.Н., Якупов Н.М. Влияние вибрации на коррозионный износ // VII Международная конференция «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов». Сборник материалов. М.: ИМЕТ РАН, 2017. С.691-693.
3. Якупов С.Н., Якупов Н.М. Исследование влияния вибрации на коррозионный износ тонкостенных элементов // Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2017» (МНТК «ИМТОМ-2017»), ч.1, Казань, 2017. С.183-186.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Якупов Нух Махмудович

Tel.: (843)272-42-45, E-mail: [yzsrr@kfti.knc.ru](mailto:yzsrr@kfti.knc.ru)

Исполнители: д.т.н., проф. Якупов Н.М., к.т.н., с.н.с. Якупов С.Н.