

Институт механики и машиностроения
Важнейшие научные достижения 2019 года

✓ Развита теория распространения акустических возмущений в жидкости с упругими твердыми частицами и пузырьками газа, покрытыми вязкоупругой оболочкой. Для смеси воды с частицами полистирола и пузырьками воздуха найдено хорошее согласие теории с экспериментом. Установлено, что в области умеренных частот затухание происходит, в основном, за счет пузырьков газа. При этом учет вязкоупругости оболочки приводит к уменьшению коэффициента затухания. Влияние частиц начинается лишь на высоких частотах, где наблюдается рост коэффициента затухания.

АННОТАЦИЯ

Получена математическая модель, описывающая динамику акустических возмущений в смеси жидкости с упругими частицами и пузырьками газа, покрытыми вязкоупругой оболочкой. Проанализировано влияние пузырьков газа, твердых частиц, вязкоупругой оболочки на дисперсионные кривые. По результатам проделанной работы можно выделить следующие основные выводы. 1) Выявлено, что для пузырьков без оболочки равновесная (низкочастотная) скорость звука не зависит от частоты возмущений и размера пузырьков (рис. 1), в то время как для покрытых пузырьков наблюдается обратная ситуация, а именно установлена зависимость равновесной скорости звука от размера пузырьков и параметров оболочки, которые в свою очередь могут зависеть от частоты возмущений. 2) Для смеси жидкости с пузырьками газа и твердыми частицами показано, что в области умеренных частот затухание происходит, в основном, за счет пузырьков газа. При этом учет вязкоупругости оболочки приводит к уменьшению коэффициента затухания. Влияние частиц начинается лишь на высоких частотах, где происходит рост коэффициента затухания. (Предполагается, что размеры частиц на порядок меньше размера пузырьков). 3) Установлено, что если скорость распространения высокочастотных возмущений больше скорости звука в чистой жидкости, то это свидетельствует о наличии примеси твердых частиц не только в чистой, но и также в пузырьковой жидкости. 4) На основе сравнения с экспериментальными данными показано, что разработанная теория может быть использована для развития ультразвуковой

спектроскопии мягких гетерогенных материалов, в которых присутствуют как пузырьки газа, так и упругие твердые включения.

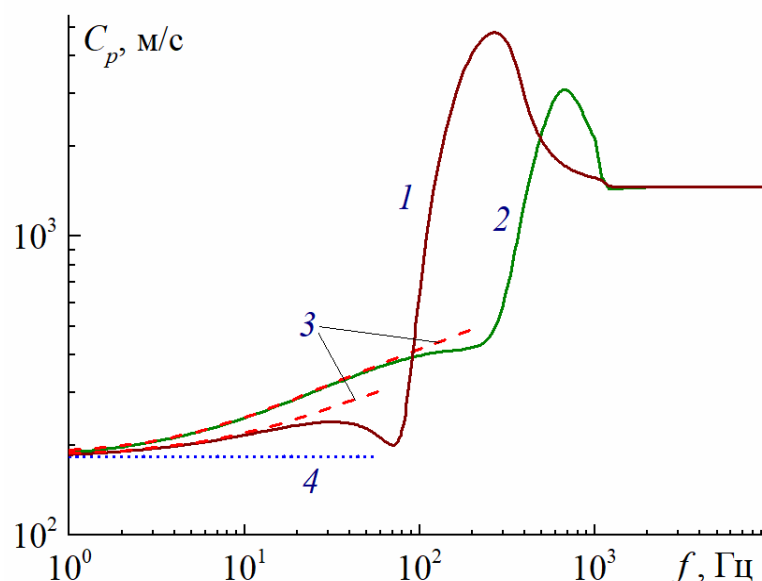


Рис. 1. Частотные зависимости фазовой скорости для смеси воды с пузырьками воздуха, покрытыми резиновой оболочкой и ее низкочастотные асимптотики с учетом (3) и без учета (4) упругой оболочки при различных размерах пузырьков: 1 – $R_{10} = 0.0796$ м, 2 – $R_{10} = 0.0396$ м; толщина оболочки – 1.3 мм, объемное содержание $\alpha_g = 0.005$. Параметры расчета взяты из эксперимента (Lee et al. // J. Acoust. Soc. Amer. 2017. V. 142. № 6. P. 3443–3449).

Публикации

1. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Акустические волны в жидкости с пузырьками газа, покрытыми вязкоупругой оболочкой // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2019. № 2. С. 126-133.
2. Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А. Акустические волны в вязкоупругих пузырьковых средах // Теплофизика высоких температур. 2019. Т. 57. № 1. С. 150-153.
3. 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.

ИММ ФИЦ КазНЦ РАН. Научный руководитель чл.-корр. РАН Губайдуллин Д.А. Исполнители: к.ф.-м.н. Федоров Ю.В., к.ф.-м.н. Никифоров А.А. Тел. +7(843)236-52-89

✓ 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.

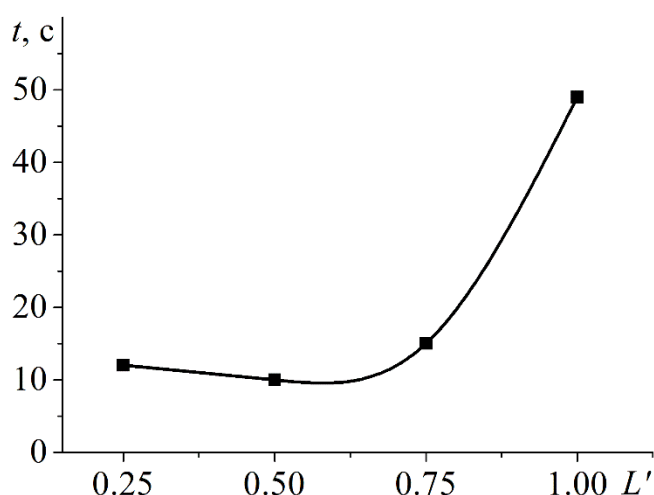


Рис. 1. Зависимость времени осаждения газозвеси от степени заполнения трубы на первой собственной частоте $\nu = 182$ Гц при амплитуде смещения поршня $l=0.15$ мм.

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 (рис. 1), а при заполнении трубы на четверть и три четверти время процесса практически одинаковое, несмотря на различие в содержании в трубе газозвеси втрое. Таким образом, зависимость времени осаждения газозвеси от степени заполнения трубы имеет немонотонный

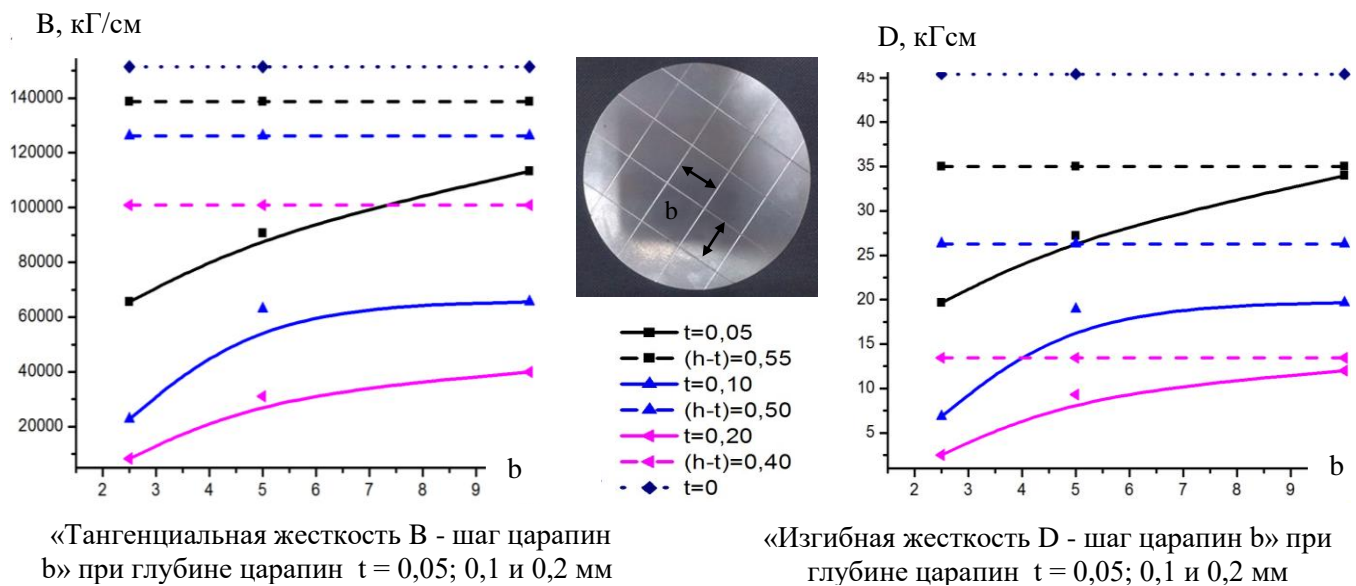
характер, что, по-видимому, связано с образованием вторичного течения в виде двух тороидальных вихрей в верхней и нижней половинах закрытой трубы.

ПУБЛИКАЦИИ

1. Gubaidullin D.A., Zaripov R.G., Tkachenko L.A., Shaidullin L.R. Deposition of Polydisperse Gas Suspensions with Nonlinear Resonance Oscillations in a Closed Tube // The Journal of the Acoustical Society of America. 2019. Vol.145. No.1. P. EL30-EL33.
2. Губайдуллин Д.А., Зарипов Р.Г., Ткаченко Л.А., Шайдуллин Л.Р. Динамика табачного дыма при резонансных колебаниях в закрытой трубе // Теплофизика высоких температур. 2019. Т.57. №2. С. 312-315.
3. Damir Gubaidullin, Rinat Zaripov, Liudmila Tkachenko, Linar Shaydullin Deposition of aerosol with resonant vibrations in an open tube // Abstract of 14th International Conference on Vibration Problems (ICOVP 2019), Crete, Greece, 1-4 September, 2019.
4. 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.
5. 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.
6. 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, 10 – 13 September, 2018. P.7.
7. Губайдуллин Д.А., Зарипов Р.Г., Ткаченко Л.А., Шайдуллин Л.Р. Экспериментальное исследование коагуляции и осаждения газовзвеси в закрытой трубе при переходе к ударно-волновому режиму // Теплофизика высоких температур. 2017. Т. 55, № 3. С. 484-486.
8. 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.
9. 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, 27 August– 1 September, 2017.
10. 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.
11. 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.
12. 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.

ИММ ФИЦ КазНЦ РАН. 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. +7(843)236-52-89

✓ Экспериментально-теоретическим методом обнаружен эффект снижения несущей способности тонкостенных стальных элементов конструкций с системой взаимно перпендикулярных поверхностных царапин по сравнению с гладкими образцами соответствующей минимальной толщины. Снижение несущей способности объясняется образованием пластических деформаций в области, прилегающей к поверхности царапин. Получены зависимости приведенной тангенциальной и изгибной жесткости элементов от частоты и глубины царапин. Обнаруженный эффект необходимо учитывать как при проектировании, так и при эксплуатации тонкостенных конструкций.



АННОТАЦИЯ

Конструкции предназначены для выполнения определенных функций в течение заданного срока. К сожалению, многие из них, не отработав заданный срок, разрушаются. Одной из причин разрушения конструкций является наличие поверхностных дефектов, в частности, царапин, возникающих в процессе эксплуатации. В литературе уделено мало внимания изучению дефектов типа царапин, отсутствуют работы по изучению системы взаимно перпендикулярных царапин. Царапины менее опасны, чем трещины, однако они наряду с ослаблением жесткости элемента конструкции вызывают концентрацию напряжений и могут стать очагом зарождения трещин. Особо ощутимы царапины для тонкостенных элементов конструкций.

Стандартное одноосное испытание полос, вырезанных из тонкостенных элементов с системой взаимно перпендикулярных поверхностных царапин неприменимо – имеет место двумерная задача. Инденторный метод не позволяет оценивать жесткости тонкостенных элементов с царапинами в целом.

Проведены экспериментальные исследования тонкостенных образцов толщиной h с системой взаимно перпендикулярных царапин различным шагом b и глубиной t . С использованием экспериментально-теоретического метода определены тангенциальная V и изгибная D жесткости образцов. Дано

объяснение эффекта снижения жесткостей образцов с системой царапин по сравнению с соответствующими жесткостями для гладких образцов соответствующей минимальной толщины. Т.е. если сравнить образец 1 толщиной h с царапинами глубиной t и образец 2 толщиной $h-t$ без царапин, то образец 2 будет более жестким. Этот эффект наблюдается как для тангенциальной, так и для изгибной жесткости при любых глубине и шаге царапин (рис. 1). Характер изменения жесткостей тонкостенного элемента конструкции в зависимости от плотности и глубины царапин представляет научный и практический интерес. Учет этих факторов при их проектировании и эксплуатации позволит сохранить конструкцию от разрушения и, тем самым, предотвратить техногенные катастрофы.

Публикации:

1. Yakupov S.N. Influence of Scratches on the Stiffness Properties of Thin-walled Elements // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2019, Vol. 40, No. 6, pp. 834-839. ISSN 1995-0802, с Pleiades Publishing, Ltd., 2019.
2. Якупов С.Н. Влияние повреждений типа царапин на несущую способность тонкостенного элемента // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник трудов в 4 томах. Д23 Т.3: Механика деформируемого твердого тела. Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. С.1286-1287.
3. Якупов С.Н., Якупов Н.М. Влияние царапин на характеристики жесткости тонкостенных образцов // Обратные краевые задачи и их приложения: материалы конференции, 20-24 октября 2014 [Электронный ресурс]: (тексто-графические материалы). Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (РИНЦ). (24 name.html).
4. Якупов С.Н., Якупов Н.М. Влияние царапин на прочностные характеристики тонкостенных элементов конструкций // Международные Научные чтения им. чл.-корр. РАН И.А. Одингга «Механические свойства современных конструкционных материалов», Москва, 4-5 сентября 2014 г. / Сборник материалов. М.: ИМЕТ. С.343-345.

ИММ ФИЦ КазНЦ РАН. Научный руководитель д.т.н., проф. Якупов Н.М.
Исполнитель: к.т.н., с.н.с. Якупов С.Н. E-mail: yzsrr@kfti.knc.ru, тел. +7(843)272-42-45.