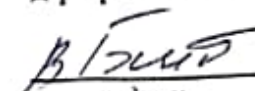


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Физико-технический факультет (ФТФ)

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

д-р. физ.-мат. наук, доцент

 В.И. Биматов
подпись

« ____ » _____ 2021 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

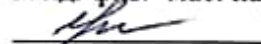
ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА НА ДИНАМИКУ
ВСПЛЫТИЯ СОВОКУПНОСТИ ПУЗЫРЬКОВ

по направлению подготовки 24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика
направленность (профиль) «Динамика полета и управление движением ракет и
космических аппаратов»

Лесниченко Алина Олеговна

Руководитель ВКР

канд. физ.-мат. наук, доцент.

 А.С. Усанина
подпись

« ____ » _____ 2021 г.

Автор работы

студент группы № 101705

 А.О. Лесниченко
подпись

« ____ » _____ 2021 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Физико-технический факультет (ФТФ)
Кафедра динамики полёта

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ООП
док. физ.-мат. наук, профессор

 В.И. Биматов
подпись
« 9 » 02 2020 г.

ЗАДАНИЕ

по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра / специалиста / магистра
обучающемуся

Лесниченко Алине Олеговне

Фамилия Имя Отчество обучающегося

по направлению подготовки 24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика, направленность
(профиль) «Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов».

1 Тема выпускной квалификационной работы

Влияние поверхностно-активного вещества на динамику всплытия совокупности
пузырьков

2 Срок сдачи обучающимся выполненной выпускной квалификационной работы:

а) в учебный офис / деканат – 29.03 б) в ГЭК – 2.06.2020

3 Исходные данные к работе:

Объект исследования – совокупность пузырьков воздуха

Предмет исследования – динамика всплытия совокупности пузырьков воздуха в
присутствии поверхностно-активного вещества

Цель исследования – исследование влияния поверхностно - активного вещества на
коэффициент сопротивления кластера пузырьков, всплывающих
в вязкой жидкости при числах Рейнольдса $Re < 1$

Задачи:

• Изучение теоретических основ рассматриваемого процесса; • Обработка и анализ экспериментальных данных по всплытию одиночного пузырька воздуха в присутствии и в отсутствие поверхностного активного вещества в жидкости; • Обработка и анализ экспериментальных данных по всплытию совокупности пузырька воздуха в присутствии и в отсутствие поверхностного активного вещества в жидкости; • Получение эмпирических зависимостей для коэффициента сопротивления совокупности пузырьков, всплывающих в присутствии и в отсутствие поверхностного активного вещества в жидкости; • Сравнение полученных результатов с литературными данными.

Методы исследования:

Эмпирический метод – обработка результатов экспериментов

Организация или отрасль, по тематике которой выполняется работа, –
НИИ ПММ ТГУ

4 Краткое содержание работы

Первая глава посвящена изучению основных критериев подобия в гидродинамике, изучению метода анализа размерностей для получения критериев подобия и получению безразмерных критериев, описывающих процесс всплытия одиночного пузырька и кластера пузырьков в жидкости. Во второй главе рассматриваются основные методы определения физико-химических свойств жидкости. Третья глава носит аналитический характер. В ней приводится уравнение движения пузырька, выражения для коэффициента сопротивления при различных режимах движения пузырька. Четвертая глава посвящена анализу результатов экспериментального исследования процесса всплытия одиночного пузырька и совокупности пузырьков воздуха в присутствии и в отсутствие поверхностно-активного вещества и получению эмпирических зависимостей для коэффициента сопротивления кластера пузырьков. В заключении излагаются выводы о влиянии поверхностно-активного вещества на коэффициент сопротивления совокупности пузырьков, всплывающих в вязкой жидкости в области чисел Рейнольдса $Re < 1$.

Руководитель выпускной квалификационной работы

Доцент кафедры динамики полета ТГУ

должность, место работы


подпись

/ А.С. Усанина
И.О. Фамилия

Задание принял к исполнению

должность, место работы


подпись

/ А.О.Лесниченко
И.О. Фамилия

Аннотация

Изучение движения пузырьков в вязкой жидкости является одной из классических задач гидродинамики, которое в течение долгого времени привлекает внимание исследователей. Динамика всплытия кластера пузырьков во многом зависит от различных факторов, в том числе и от физических свойств дисперсных сред. В данной работе исследуется процесс всплытия кластера пузырьков в жидкости. На основе результатов экспериментального исследования всплытия кластера монодисперсных пузырьков воздуха в глицерине в присутствии и в отсутствие поверхностно-активного вещества (ПАВ) проанализировано влияние ПАВ на динамику движения компактного кластера.

В настоящее время по данной тематике проведено недостаточно экспериментальных и теоретических исследований, поэтому требуются дальнейшие исследования.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.	4
1. Критерии подобия при движении капли в потоке	5
1.1 МЕТОД АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТЕЙ.....	5
1.2 ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ.....	6
1.3 МЕТОД РЭЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗРАЗМЕРНЫХ КРИТЕРИЕВ.	7
2. Методы определения физико-химических свойств жидкости.....	13
2.1 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ.....	13
2.2 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ.	17
2.3 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ....	22
3. Всплытие одиночного пузырька	25
3.1 УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПУЗЫРЬКА	25
3.2 КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПУЗЫРЬКА	26
3.3 ВСПЛЫТИЕ ПУЗЫРЬКА ПРИ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА $Re < 1$	27
4. Анализ результатов экспериментального исследования.....	30
4.1 ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЕРИМЕНТА	31
4.2 КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОДИНОЧНОГО ПУЗЫРЬКА В ОТСУТСТВИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА.....	32
4.3 КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОДИНОЧНОГО ПУЗЫРЬКА В ПРИСУТСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА.....	34
4.4 КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ СОВОКУПНОСТИ ПУЗЫРЬКОВ В ОТСУТСТВИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА.....	36
4.5 КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ СОВОКУПНОСТИ ПУЗЫРЬКА В ПРИСУТСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА.....	38
Заключение	41
Литература.....	42

Введение.

Изучение всплытия одиночного пузырька и кластера пузырьков в вязкой жидкости является одной из классических задач гидродинамики, которое в течение долгого времени привлекает исследователей. Процесс всплытия пузырька определяется большим количеством параметров, в том числе физико-химическими свойствами самих газовых пузырьков и внешней среды. В данной работе рассматриваются экспериментальные данные по процессу всплытия одиночного пузырька и группы пузырьков в вязкой жидкости в присутствии и отсутствии поверхностно-активного вещества. Интерес к данной проблеме обусловлен не только большим количеством практических приложений получаемых результатов, а также малоизученностью влияния поверхностно - активного вещества на динамику частиц дисперсной фазы применительно к задачам движения двухфазных потоков.

В данной работе проведен анализ процесса всплытия кластера монодисперсных пузырьков воздуха в присутствии поверхностно-активного вещества, а также в его отсутствии. Получены эмпирические зависимости для коэффициента сопротивления кластера пузырьков, всплывающего в присутствии и отсутствии поверхностно-активного вещества.

Целью работы является исследование влияния поверхностно - активного вещества на коэффициент сопротивления кластера пузырьков, всплывающих в вязкой жидкости при числах Рейнольдса $Re < 1$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в работе проведено исследование влияния поверхностно-активного вещества на коэффициент сопротивления кластера монодисперсных пузырьков, всплывающих в вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса $Re < 1$.

В работе изучены основные критерии подобия движения и устойчивости формы пузырька, получены критерии подобия для задач о всплытии одиночного пузырька в жидкости, о движении группы (двух) пузырьков в жидкости методом Рэлея. Изучен режим движения одиночных частиц для значения коэффициента сопротивления, соответствующего малым числам Рейнольдса ($Re < 1$).

Проведена обработка и анализ экспериментальных данных по всплытию одиночного пузырька воздуха в присутствии и в отсутствие поверхностно-активного вещества в жидкости. Проанализированы результаты экспериментов по всплытию совокупности монодисперсных пузырьков воздуха в присутствии и в отсутствие поверхностно-активного вещества в жидкости.

Обнаружено, что при добавлении поверхностно-активного вещества в жидкость наблюдается увеличение коэффициента сопротивления совокупности пузырьков, по сравнению с коэффициентом сопротивления совокупности пузырьков в отсутствие поверхностно-активного вещества в жидкости. Получены эмпирические зависимости для коэффициента сопротивления кластера монодисперсных пузырьков, всплывающих в присутствии и в отсутствие поверхностно-активного вещества в жидкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов, В. А. Движение частиц дисперсной фазы в несущей среде: учебное пособие: / В. А. Архипов, А. С. Усанина. — Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2014. — Т. 1. — 252 с.
2. https://intech-gmbh.ru/density_determination/.
3. Абсалямов, И. Р. Исследование основных способов измерения плотности жидкости / И. Р. Абсалямов, Д. Е. Порядин // Вестник современных исследований. — 2018. — № 6.3(21)—615-617с.
4. http://legacy.stu.lipetsk.ru/files/materials/1680/colloid_labs.pdf.
5. Осовская, И. И. Практическая вискозиметрия: учебное пособие / И. И. Осовская, В. С. Антонова. — Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД–СПб, 2018. — 78 с.
6. Левич, В. Г. Физико-химическая гидродинамика / В. Г. Левич. — Москва : Физматгиз, 1959. — 700 с..
7. Развитие течения на межфазной поверхности пузырьков и капель в присутствии ПАВ / К. А. Бушуева [и др.] // Конвективные течения. — 2007. — № 3.
8. Зуев, А. Л. Особенности концентрационно- капиллярной конвекции / А. Л. Зуев, К. Г. Костарев // Успехи физических наук. — 2008. — Т. 178, № 10.
9. Dissolution and Hydrate-Formation Processes behind the Shock Wave in a Gas–Liquid Mixture./ V. E. Dontsov and A. A. Chernov // Scientific American. 2008.
10. Influence of surfactant solubility on the deformation and breakup of a bubble or capillary jet in a viscous fluid. / Y. N. Young [и др.] // Scientific American. — 2009.
11. Архипов, В.А., Басалаев С.А., Усанина А.С., Перфильева К.Г., Поленчук С.Н., Романдин В.И. Устройство для создания компактного кластера монодисперсных пузырьков: Патент 2670228 РФ// 2017. Бюл. №29—15с.
12. Фукс, Н.А. Механика аэрозолей/ Н.А Фукс – Москва: Академия наук СССР, 1951—1810с.
13. Архипов, В.А. Динамика всплытия кластера пузырьков в присутствии поверхностно-активного вещества/ Усанина А.С., Басалаев С.А., Каличкина Л.Е., Мальков В.С// Известия РАН. Механика жидкости и газа.2020, №1— 8с.

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: glesnichenko@bk.ru / ID: 8158985
Проверяющий: (glesnichenko@bk.ru / ID: 8158985)
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - users.antiplagiat.ru

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 7
Начало загрузки: 21.05.2021 09:03:26
Длительность загрузки: 00:00:02
Имя исходного файла: ДИПППЛОММ.pdf
Название документа: ДИПППЛОММ
Размер текста: 49 кБ
Символов в тексте: 50159
Слов в тексте: 5117
Число предложений: 275

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 21.05.2021 09:03:28
Длительность проверки: 00:00:09
Комментарии: не указано
Модули поиска: Интернет

ЗАИМСТВОВАНИЯ	САМОЦИТИРОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
19,27%	0%	0%	80,73%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.
Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.
Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.
Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

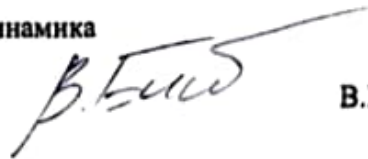
№	Доля в отчете	Источник	Актуален на	Модуль поиска
[01]	13,05%	Методы и средства для измерения вязкости жидкости http://diplomba.ru	01 Янв 2016	Интернет
[02]	4,33%	Аэростатический плотномер газов. — Студопедия.Нет https://studopedia.net	19 Ноя 2018	Интернет
[03]	1,89%	15 http://studfiles.ru	29 Июл 2016	Интернет

Автор работы г.л. Лесниченко А.О.
Научный руководитель Умнико А.С. УР
Руководитель В.И.С. Бича В.И.С.

Заключение
руководителя ООП 24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика
профиль Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов

Руководствуясь п.3.2 «Регламента размещения текстов выпускных квалификационных работ в электронной библиотеке НИ ТГУ» (Приказ ректора №301/ОД от 22.04.2016) выпускную квалификационную работу. Лесниченко А.О. следует разместить в депозитарий НБ НИ ТГУ с изъятием разделов 1,2,3,4.

Руководитель ООП Баллистика и гидроаэродинамика
Профиль Динамика полета и управление
Движением ракет и космических аппаратов



В.И.Биматов