Важнейшие результаты фундаментальных и прикладных исследований ИММ, полученные в 2017 году и рекомендованые Учёным советом института для включения в отчётный доклад РАН

1.

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

Аннотация. Развита теория распространения акустических волн в смеси жидкости с полидисперсными парогазовыми и газовыми пузырьками. Разработаны математические модели, описывающие динамику акустических волн в пузырьковых средах при учёте 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 твёрдых частиц), при этом учитывается и полидисперсность состава пузырьков каждой из фракций. Сопоставление с различными экспериментальными результатами других авторов показало корректность представленных моделей. С использованием развитой теории решён ряд задач о взаимодействии акустических волн с дискретно-слоистыми средами, включающими в себя слой пузырьковой жидкости, при различных углах падения волн. Разработан теоретический метод расчёта искажения акустического сигнала при его взаимодействии с многослойной средой, содержащей слой полидисперсной пузырьковой жидкости. Результаты расчёта эволюции импульсного возмущения давления малой амплитуды показали хорошее согласование с данными эксперимента, полученными при диагностике многослойного образца, содержащего слой пузырьковой

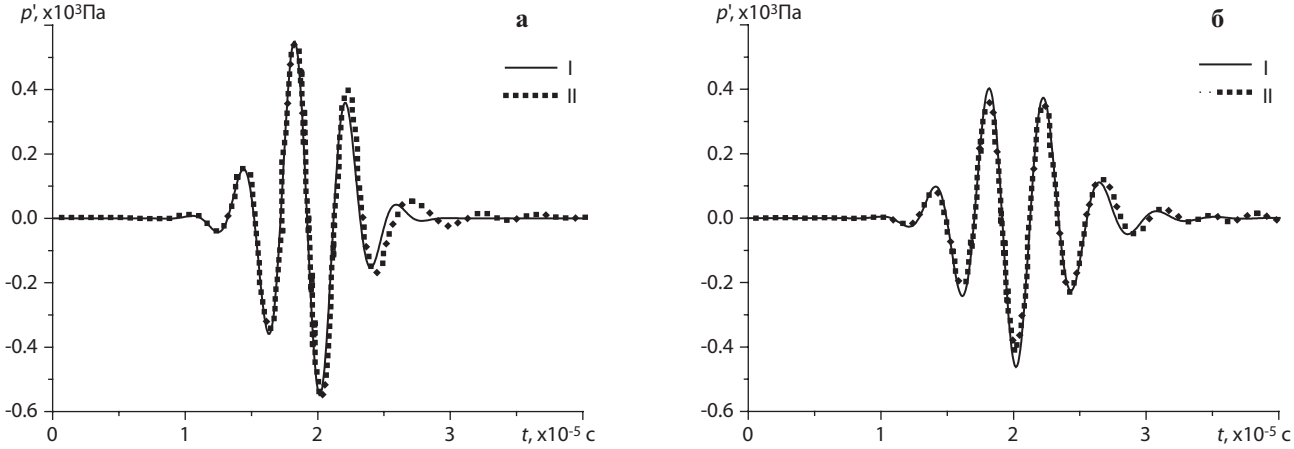

Рис. 1. Импульс давления с основной частотой 0.25 МГц: **а** исходный сигнал, **б** сигнал, прошедший через трёхслойную преграду с пузырьковым слоем; I – результаты расчёта, II – экспериментальные данные (V. Leroy et al. // JASA. 2008, Vol. 123, No. 4).

жидкости (рис. 1). Установлено, что особые дисперсионные и диссипативные свойства слоя пузырьковой жидкости могут существенно влиять на динамику акустического сигнала в многослойной среде в зависимости от основной частоты сигнала. Показано, что с использованием полученного метода можно проводить верификацию теоретических моделей динамики газожидкостных сред на основе экспериментальных данных. 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.

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

Исполнители: к.ф.-м.н. Никифоров А.А., к.ф.-м.н. Гафиятов Р.Н., к.ф.-м.н. Федоров Ю.В.

Публикации:

1. Нигматулин Р.И., Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А.: Влияние пузырькового слоя трёхслойной преграды на эволюцию акустического сигнала // Доклады Академии наук 2017, Т. 474, № 4, С. 436–438.
2. 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.
3. 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.
4. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В.: Акустика жидкости с полидисперсными парогазовыми пузырьками // Инженерно-физический журнал 2017, Т. 90, № 2, С. 325–333.
5. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В.: Отражение акустической волны от пузырькового слоя конечной толщины // Доклады академии наук 2016, Т. 470, № 5, С. 525–527.
6. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В.: Звуковые волны в жидкости с полидисперсными парогазовыми пузырьками // Акустический журнал 2016, Т. 62, № 2, С. 178–186.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Гафиятов Р.Н., Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А.: Распространение акустических волн в двухфракционных пузырьковых жидкостях с учётом фазовых превращений в каждой из фракций // Известия РАН. Механика жидкости и газа 2013, № 3, С. 92–99.
13. Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В.: Звуковые волны в двухфракционных полидисперсных пузырьковых средах // Прикладная математика и механика 2013, Т. 77, № 5, С. 743–753.
14. Нигматулин Р.И., Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В.: Звуковые волны в двухфракционных полидисперсных пузырьковых жидкостях // Доклады Академии Наук 2012, Т. 447, № 3, С. 284–287.
15. Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А. Гафиятов Р.Н.: Акустические волны в двухфракционных пузырьковых жидкостях с фазовыми превращениями // Теплофизика высоких температур 2012, Т. 50, № 2, С. 269–273.

2.

Разработаны математические модели переноса реагирующих и дисперсных примесей двухфазным фильтрационным потоком, учитывающие изменения структуры порового пространства. Разработаны эффективные методы параллельных вычислений для моделирования полимердисперсного заводнения месторождения с большим числом скважин. Исследовано влияние свойств фаз на скорости распространения плоских волн в пористой среде, насыщенной двумя жидкостями.

Аннотация. Разработана методика вычисления изменения пористости и проницаемости в результате кислотного воздействия на пласт, основанная на использовании функции распределения пор по размерам и интенсивности растворения поровых каналов. Получены результаты, характеризующие эффективность кислотного воздействия на пласт. Показано, что положительный эффект от кислотной обработки прискважинной зоны достигается за счёт интенсификации добычи нефти. Разработан эффективный численный алгоритм решения задач о переносе дисперсных и реагирующих примесей потоком двухфазной жидкости в пористой среде, основанный на методе контрольных объёмов. Методы параллельных вычислений на многопроцессорном вычислительном кластере позволили эффективно решить задачи Коши для функций распределения пор по размерам и частиц по объёмам при вычислении структурных изменений пористости и проницаемости

пласта от воздействия полимердисперсными системами. Исследовано распространение плоских волн в пористой среде, насыщенной двумя несмешивающимися жидкостями. На основе дисперсионных уравнений получены и проанализированы зависимости фазовых скоростей продольных и поперечных волн от частоты колебаний для различных значений вязкости фаз и водонасыщенности с учётом капиллярных сил.

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Никифоров А.И.

Исполнители: к.т.н. Садовников Р.В., к.ф.-м.н. Никифоров Г.И., к.ф.-м.н. Закиров Т.Р.

Публикации:

1. Никифоров А.И., Садовников Р.В., Никифоров Г.А.: О переносе дисперсных частиц двухфазным фильтрационным потоком // Вычислительная механика сплошных сред 2013, Т. 1, С. 47–53.
2. Закиров Т.Р., Никифоров А.И.: Кислотное воздействие на многослойные нефтяные пласты // Вычислительные методы и программирование 2013, Т. 14, С. 50–57.
3. Закиров Т.Р., Никифоров А.И.: Моделирование кислотного воздействия на прискважинную зону нефтяного пласта при заводнении // Математическое моделирование 2013, Т. 25, № 2, С. 54–63.
4. Закиров Т.Р., Никифоров А.И.: Влияние режимов фильтрации на эффективность кислотного воздействия на нефтяные пласты // Нефтепромысловое дело 2013, № 8, С. 21–26.
5. Калмыков А.В., Минебаев Р.Р., Мартынчук Р.М., Никифоров А.И.: Об эффективности заводнения нефтяных залежей в турнейских отложениях (на примере объектов разработки ЗАО “ТАТЕХ”) // Георесурсы 2013, № 3(53), С. 17–20.
6. Калмыков А.В., Минебаев Р.Р., Никифоров А.И.: Оценка эффективности заводнения массивных залежей в карбонатных коллекторах турнейских отложениях (на примере объектов разработки ЗАО “ТАТЕХ”) // Теория и практика применения методов увеличения нефтеотдачи пластов / Мат. IV Междунар. науч. симпозиума. М.: ОАО “Всерос. нефтегаз. науч.-исслед. ин-т” 2013. Т. 1, С. 62–66.
7. Никифоров А.И.: Модели технологий воздействия на нефтяные пласты // Теория и практика применения методов увеличения нефтеотдачи пластов / Мат. IV Междунар. науч. симпозиума. М.: ОАО “Всерос. нефтегаз. науч.-исслед. ин-т” 2013. Т. 2, С. 113–119.
8. Никифоров А.И., Маргулис Б.Я., Лукьянов О.В., Садовников Р.В.: Оценка функций относительных фазовых проницаемостей по данным лабораторных экспериментов // Экспозиция нефть газ 2014, № 3(35), С. 56–58.
9. Закиров Т.Р., Никифоров А.И., Латыпов А.И.: Моделирование теплового воздействия в комбинации с кислотной обработкой многослойной нефтяной залежи // Химия и технология топлив и масел 2014, № 6, С. 61–65.
10. Закиров Т.Р., Никифоров А.И.: Моделирование теплового воздействия на нефтяной коллектор с применением кислотной обработки прискважинной зоны // Нефтяное хозяйство 2014, № 10, С. 60–63.
11. Закиров Т.Р., Никифоров А.И., Латыпов А.И.: Моделирование теплового воздействия в комбинации с кислотной обработкой многослойной нефтяной залежи // Химия и технология топлив и масел 2014, № 6, С. 61–65.
12. Закиров Т.Р., Никифоров А.И.: Оценка кислотного воздействия на прискважинную зону нефтяного коллектора // Бурение и нефть 2014, № 10, С. 24–26.
13. Закиров Т.Р., Никифоров А.И.: Моделирование кислотного воздействия на пористую среду // Экспозиция нефть газ 2014, № 6(38), С. 34–36.
14. Закиров Т.Р., Никифоров А.И.: О кислотном воздействии на пористую среду // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований 2014, № 9-2, С. 45–49.
15. Неффёдов Н.В., Карпов В.Б., Калмыков А.В., Никифоров А.И.: Особенности разработки и моделирования малых месторождений, приуроченных к массивным залежам карбонатного типа (на примере объектов ОАО “РИТЭК” – ТПП “ТатРИТЭКнефть”) // Георесурсы 2014, № 2(57), С. 8–12.
16. Садовников Р.В.: Оценка параметров трещиновато-пористого пласта по данным нестационарного притока жидкости к вертикальным скважинам // Инженерно-физический журнал 2014, Т. 87, № 6, С. 1349–1355.
17. Sadovnikov R.V.: Evaluation of parameters of a fractured porous bed from data on unsteady fluid inflow to vertical wells // Journal of Engineering Physics and Thermophysics 2014, Vol. 87, Issue 6, P. 1407–1413, doi:10.1007/s10891-014-1144-8, http://dx.doi.org/10.1007/s10891-014-1144-8
18. Zakirov T.R., Nikiforov A.I., Latypov A.I.: Modeling thermal treatment in combination with acid treatment of a multilayer oil reservoir // Chemistry and Technology of fuels and oils 2015, Vol. 50? P. 449–452.
19. Садовников Р.В.: Идентификация параметров трещиновато-пористого пласта по данным нестационарного притока жидкости к вертикальным скважинам // Инженерно-физический журнал 2016, Т. 85, № 5, С. 1109–1116.
20. Sadovnikov R.V.: Identification of parameters of a fractured-porous reservoir by the data of unsteady fluid inflow to vertical wells // Journal of Engineering Physics and Thermophysics September 2016, Vol. 89, Issue 5, P. 1103–1110. doi:10.1007/s10891-016-1473-x
21. Никифоров А.И., Садовников Р.В.: Распространение плоских волн в пористой среде, насыщенной двумя несмешивающимися жидкостями // Актуальные проблемы механики сплошной среды / К 25-летию ИММ КазНЦ РАН. Сборник научных трудов. Казань: Издательство “Фэн” АН РТ. 2016, 452 с.
22. Никифоров А.И., Садовников Р.В.: Решение задач заводнения нефтяных пластов с применением полимердисперсных систем на многопроцессорной вычис-

лительной системе // Математическое моделирование 2016, Т. 28, № 8, С. 112–126.
23. Nikiforov A.I., Sadovnikov R.V.: Solution of problems of oil reservoirs flooded with water using polymer-dispersed systems on a multiprocessor computer system // Mathematical Models and Computer Simulations 2017, Vol. 9. No. 2, P. 221–231.

3.

Установлено влияние пористого проницаемого слоя, нанесенного на цилиндрическое тело, на его гидродинамические характеристики и теплоотдачу при обтекании ламинарным потоком вязкой несжимаемой жидкости. Для кругового цилиндра, помещённого в поток жидкости, найден режим вынужденных вращательных колебаний, при котором происходит подавление дорожки Кармана, максимально снижается коэффициент сопротивления.

Аннотация. Рассматривается ламинарное поперечное неизотермическое обтекание вязкой несжимаемой жидкостью пористого цилиндра квадратного сечения и кругового цилиндра, совершающего вынужденные вращательные колебания вокруг своей оси. Выделяется также случай, когда непроницаемое ядро цилиндра окружено пористым слоем. Полная система уравнений Навье-Стокса и энергии интегрируются численно с использованием метода конечных объёмов. Для описания механического взаимодействия потока и матрицы пористого слоя применяется закон Дарси. При умеренных числах Рейнольдса исследовано влияние проницаемости пористого слоя на характер течения, теплообмен цилиндра с потоком жидкости.

Показано, что с ростом проницаемости теплоотдача обтекаемого цилиндра увеличивается, в основном, на его фронтальной стороне. Представлена аппроксимационная формула для среднего числа Нуссельта в зависимости от чисел Рейнольдса и Дарси. Произведено сравнение результатов расчётов гидродинамических и тепловых характеристик обтекания непроницаемого и полностью проницаемого цилиндра. Установлены значения амплитуды и частоты вынужденных колебаний кругового цилиндра, при которых коэффициент сопротивления максимально уменьшается.

Научный руководитель: д.т.н. Федяев В.Л.

Ответственный исполнитель: к.т.н. Моренко И.В.

Публикации:

1. Моренко И.В.: Ламинарное обтекание вязкой несжимаемой жидкостью цилиндра, совершающего вращательные колебания // Теплофизика и аэромеханика 2017, Т. 24, № 3, С. 365–371.
2. Morenko I.V.: Laminar incompressible viscous flow past a cylinder performing rotary oscillations // Thermophysics and Aeromechanics 2017, Vol. 24, No. 3. P. 355–360.
3. Моренко И.В., Федяев В.Л.: Неизотермическое поперечное обтекание цилиндра квадратного сечения с непроницаемым ядром, покрытым пористым слоем // ТВТ 2017, Т. 55, № 3, С. 426–432.
4. Morenko I.V., Fedyaev V.L.: Nonisothermal cross-flow around a cylinder with a square cross section and an impermeable core covered with a porous layer // High Temperature 2017, Vol. 55, No. 3, P. 426–432.
5. Моренко И.В., Снигерев Б.А.: Расчёт ламинарного неизотермического обтекания кругового цилиндра с проницаемым слоем // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества 2015, № 2, С. 71–76.
6. Моренко И.В., Федяев В.Л.: О влиянии проницаемости бруса квадратного сечения на течение и теплообмен // Проблемы энергетики 2015, № 3-4, С. 68–75.

4.

Экспериментально изучены закономерности коррозии тонкостенных металлических элементов при воздействии магнитного поля. Отмечено снижение коррозии при наличии магнитного поля. Установлено, что большему износу подвержены образцы, поверхности которых параллельны силовым линиям магнитного поля Земли. Предложено устройство для защиты от коррозии (патент №2547067), основанное на эффекте влияния магнитного поля на коррозию.

Аннотация. Известно, что на поверхности металла, находящегося в агрессивной среде, образуется тонкий защитный пассивирующий слой, при разрушении которого начинается коррозионное разрушение. Среди факторов, влияющих на разрушение защитного слоя, наряду с деформацией [1, 2], можно отметить влияние физических полей. Влияние ультрафиолетового излучения рассмотрено, в частности, в [3, 4], а магнитного поля в [5–8].

Исследовано влияние ориентации металлических образцов относительно направления силовых линий магнитного поля Земли на процесс коррозионного износа образцов. Разработан алгоритм исследования: две группы исследуемых тонких круглых образцов

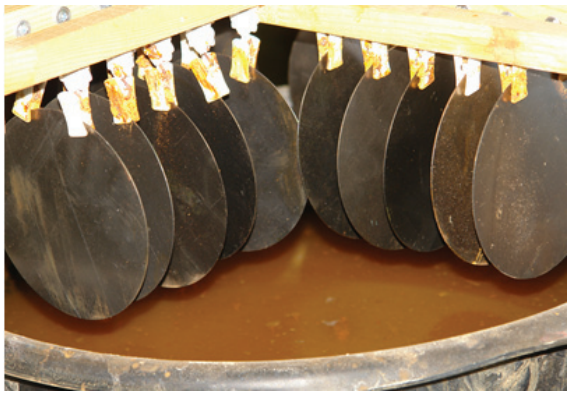

Рис. 1. Размещение образцов в ёмкости с агрессивной средой

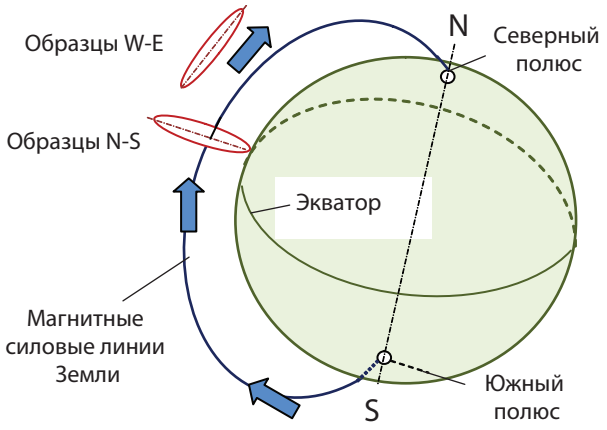

Рис. 2. Схема ориентации образцов относительно силовых линий магнитного поля Земли

(по десять в каждой) размещаются в одной ёмкости с агрессивной средой (рис. 1). При этом силовые линии Земного магнитного поля пронизывают первую группу (N-S) образцов перпендикулярно поверхности, а вторую (W-E) – по касательной к поверхности (рис. 2). Образцы выдерживаются в исследуемой среде в течение заданного времени. Степень коррозионного износа оценивается изменением жёсткостных характеристик образцов экспериментально-теоретическим методом, представляющего собой синтез экспериментальных исследований тонких круглых образцов и теоретической обработки экспериментальных данных на основе соотношений нелинейной теории оболочек [9–13]. Образцы из групп (N-S) и (W-E), выдержанные заданное время в агрессивной среде, закрепляются по контуру на установке и нагружаются равномерным давлением. В процессе увеличения давления p производится мониторинг формы образуемого купола, в частности, высоты подъема вершины купола H и строится график “давление p – прогиб H”.

На базе экспериментальных исследований впервые обнаружено ориентации металлических образцов относительно направления силовых линий магнитного поля Земли на процесс коррозионного износа металлических образцов. Большему износу подвержены образцы, поверхности которых параллельны силовым линиям магнитного поля Земли [14, 15]. Установлено также, что эффект более значителен в искусственных магнитных полях с большей напряженностью. Эффект можно объяснить тем, что магнитное поле, возникающее на поверхности образца из группы (N-S), создает дополнительную силу притяжения пассивирующего слоя к основе образца.

Обнаруженный эффект имеет важное теоретическое значение при изучении явления коррозии, как сложного электрохимического процесса под воздействием магнитного поля с учётом ориентацией силовых линий. Также эффект имеет большое практическое значение, в частности, при проектировании различных конструкций и сооружений, их ориентировании в пространстве по отношению к силовым линиям Земли, а также для их защиты от коррозионного разрушения.

Информация об устройстве для защиты от коррозии (патент №2547067) передана в ООО “Газпром трансгаз Казань” для практического использования.

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

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

Публикации:

1. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. // Проблемы прочности 2012, № 2, С. 76–84.
2. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N.: Corrosion on the deformed surfaces // 19th European Conference on Fracture: Fracture Mechanics for Durability, Reliability and Safety. Kazan, Russia, 26–31 August, 2012. 347_proceeding.pdf.
3. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. // ДАН 2012, Т. 446, № 6, С. 624–626.
4. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N.: Effect of ultraviolet radiation on the corrosive wear of steel samples // ISSN 1028_3358, Doklady Physics, 2012, Vol. 57, No. 10, P. 393–395.
5. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. // ДАН 2012, Т. 443, № 2, С. 173–175.
6. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N.: Effect of a magnetic field on corrosive wear // ISSN 1028_3358, Doklady Physics, 2012, Vol. 57, No. 3, P.104–106.
7. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N.: Influence of the magnetic field on corrosive wear // 19th European Conference on Fracture: Fracture Mechanics for Durability, Reliability and Safety. Kazan, Russia, 26–31 August, 2012. 203_proceeding.pdf.
8. Yakupov N.M., Yakupov S.N., Rynkovskay M.I.: Some problems of corrosion and methods of protection // Abstract Book / 2nd International Congress on Technology – Engineering & Science. Malaysia, July 28–29, 2016. P. 143–145.
9. Якупов Н.М., Нургалиев А.Р., Якупов С.Н. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов 2008, Т. 74, № 11, С. 54–56.
10. Yakupov N.M., Nurgaliev A.R., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N.: Operation of structures with corrosive wear // Russian Engineering Research 2013, Vol. 33, No. 2, P. 69–73.
11. Гиниятуллин Р.Р., Якупов Н.М.: Определение механических характеристик тонкостенных элементов, подверженных воздействию сред и физических полей // Труды 11-й Международной конференции. 6–8 мая 2013 / С. Петербург. Изд-во Политехнического ун-та. 2013. С. 84–86.
12. Якупов Н.М., Нуруллин Р.Г., Нургалиев А.Р., Якупов С.Н.: Патент РФ на изобретение №2310184.
13. Галимов Н.К., Якупов Н.М., Якупов С.Н. // МТТ 2011, № 3, С. 58–66.
14. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н.: Влияние направления силовых линий магнитного поля Земли

на коррозионный износ // ДАН 2015, Т. 463, № 6, С. 684–686.
15. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N.: Effect of the direction of the Earth's magnetic field lines on corrosive wear // Doklady Physical Chemistry 2015, Vol. 463, Part 2, P. 188–190.

5.

На основе метода матричных систем сравнения и техники дифференциальных линейных матричных неравенств получены условия для ограниченности на конечном интервале относительно заданных множеств, определяющих качество функционирования, и для свойства подавления начальных отклонений и неопределённых внешних возмущений с оценкой качества по H_∞-критерию для нелинейных липшицевых систем. Предложены способы синтеза управления, наблюдателей состояния и неизвестных входов, обеспечивающих ограниченность и оптимальное по H_∞-критерию подавление начальных отклонений и неопределённых внешних возмущений.

Аннотация. Задачи анализа свойств ограниченности, H_∞-качества, синтеза управления и наблюдателей сводятся к численному решению матричных систем сравнения или задачам оптимизации с дифференциальными линейными матричными неравенствами. Предлагаемый подход распространяет на неавтономные системы подход, основанный на методе инвариантных эллипсоидов и технике линейных матричных неравенств, применительно к нелинейным системам с ограниченными по L_∞ или L_2-норме внешними возмущениями. В них коэффициенты усиления регуляторов и наблюдателей определяются в зависимости от текущей оценки состояния или ошибки оценивания, получаемой с помощью дифференциальных линейных матричных неравенств или матричной системы сравнения.

Способы применены для оценивания состояния и синтеза управления в виде обратной связи по состоянию системы терминального наведения, робота манипулятору с нежёстким соединением звеньев. Результаты компьютерного моделирования показывают, что их применение приводит в ряде случаев к улучшению качества переходных процессов в системе с неопределёнными возмущениями. А применение наблюдателей с переменными коэффициентами усиления для оценивания состояния и неизвестных входов автономных систем оказывается более эффективным (по времени сходимости и точности получаемых оценок) по сравнению с наблюдателями с постоянными коэффициентами.

Научный руководитель и автор: Маликов Александр Иванович, д.ф.-м.н., профессор

Публикации:

1. Маликов А.И.: Оценивание состояния и стабилизация непрерывных систем с неопределёнными нелинейностями и возмущениями // Автоматика и телемеханика 2016, № 5, С. 19–36; (State estimation and stabilization of continuous systems with uncertain nonlinearities and disturbances) Automation and Remote Control 2016, Vol. 77, No 5, P. 764–778.
2. Маликов А.И.: Управление на конечном интервале нелинейных систем одного класса с H_∞-критерием качества // Известия РАН. Теория и системы управления 2017, № 3, С. 25–46; (Finite time control for one class of nonlinear systems with the H_∞ performance criterion // Journal of Computer and Systems Sciences International 2017, Vol. 56, No. 3, P. 364–384.)
3. Исанькин М.А., Маликов А.И.: Синтез управления по состоянию наблюдателя робота манипулятора с двумя звеньями с нежёстким соединением // Вестник КГТУ им. А. Н. Туполева 2016, № 3, С. 112–121.
4. Маликов А.И.: Синтез наблюдателей состояния для нелинейных липшицевых систем с неопределёнными ограниченными по L_∞ норме возмущениями // Вестник КГТУ им. А. Н. Туполева 2016, № 3, С. 128–140.
5. Маликов А.И.: Синтез наблюдателей состояния по результатам измерений для нелинейных липшицевых систем с неопределёнными возмущениями // Автоматика и телемеханика 2017, № 5, С. 16–35; (State observer synthesis by measurement results for nonlinear Lipschitz systems with uncertain disturbances // Automation and Remote Control 2017, Vol. 78, No 5, P. 782–797.)
6. Malikov A.I.: State and unknown inputs finite time estimation for time-varying nonlinear lipschitz systems with uncertain disturbances // Preprints of the 20th World Congress The International Federation of Automatic Control. Toulouse, France, July 9–14, 2017. P. 1475–1480. / IFAC PapersOnLine 2017, Vol. 50, Is. 1, P. 1439–1444.
7. Маликов А.И.: Синтез наблюдателей состояния и неизвестных входов для нелинейных липшицевых систем с неопределёнными возмущениями // Автоматика и телемеханика (принята в печать).