

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОМЕХАНІКИ



КОНСОНАНС-2017

АКУСТИЧНИЙ СИМПОЗИУМ
2–3 жовтня 2017 року

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Київ-2017

ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ

Віктор Тимофійович Грінченко
академік НАН України, професор

УЧЕНИЙ СЕКРЕТАР

Валерій Никифорович Олійник
кандидат фізико-математичних наук

ІНДЕКС АВТОРІВ

- Басовський В.Г., 2
Батутина Т.Я., 2
Безверхий О.І., 3
Безимянный Ю.Г.
(Безымянный Ю.Г.), 3–5
Берегун В.С., 6
Бережная Н.Д., 17
Борисюк А.О., 6
Вовк И.В., 7
Воскобойник А.А., 8
Воскобойник А.В., 7, 8
Воскобойник В.А., 7, 8
Высоцкий А.Н., 4
Гетьман О.И., 5
Горбань И.И., 9
Горбань І.М., 2
Городецка Н.С.
(Городецкая Н.С.), 19, 20
Григор'єва Л.О., 10
Гринченко В.Т., 10
Жук Я.О., 10
Кириченко С.Ю., 11
Козирацкий Е.А., 5
Колесников А.Н., 5
Комаров К.А., 4
Коновалюк Т.П., 12
Корнієнко В.Ф., 3
Коробко В.В., 13
Котвицкий И.В., 21
Котлов В.Ю., 25
Красильников А.И., 14
Краснопольская Т.С.
(Krasnopolskaya T.S.), 15
Крутиков В.С., 15
Ломейко А.И., 17
Лукерини Ф., 8
Лукьянов П.В., 16
Любицкий А.А., 16, 17
Лящук О.І., 18
Мазная А.В., 4
Маципура В.Т., 7
Мирний С.С., 19
Мироненко Е.С., 26
Нікішов В.І.
(Никишов В.И.), 19, 20
Олійник В.Н.
(Олейник В.Н.), 2, 21
Омельченко А.В., 16
Петрищев О.Н., 22
Печук Е.Д.
(Pechuk E.D.), 15
Продеус А.Н., 21
Радченко П.Я., 5
Редаелли А., 8
Романюк М.И., 22
Рудницкая М.А., 23
Рудницкий А.Г., 23
Святненко А.О., 24
Сокол Г.И., 25–27
Талько О.В., 4
Ткаченко Л.В., 23
Троценко Я.П., 28
Узленков А.В., 17
Фиоре Б., 8
Фролов В.П., 27
Чертов О.Р., 8
Черногор Л.Ф., 18
Щербак Т.М.
(Щербак Т.Н.), 19, 20

ГЕНЕРАЦІЯ ЗВУКУ ПОТОКОМ НАД ДВОВИМІРНОЮ КРУГОВОЮ ЦИЛІНДРИЧНОЮ КАНАВКОЮ

В.Г.Басовський, І.М.Горбань

Інститут гідромеханіки НАН України, Київ

Побудована гібридна числова модель оцінювання параметрів звукового поля, генерованого потоком над поперечною двовимірною канавкою у вигляді неповної внутрішньої частини нескінченного кругового циліндра. Числова модель складається із двох кроків. На першому кроці за допомогою вихрового методу обчислюються гідродинамічні характеристики близького поля циліндра, які є входними параметрами для другого кроку числової моделі. На другому кроці для обчислення характеристик звукового поля використовується акустична аналогія у формі рівняння Фокс Вільямса – Хоукінгса в частотній області.

ПОЛУЭМПИРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В УСЛОВИЯХ СТАРТА РАКЕТЫ С ОТКЛОНЕНИЕМ ЕЕ ОСИ ОТ ОСИ ГАЗОХОДА ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ

Т.Я.Батутина¹, В.Н.Олийнык²

¹ *Государственное предприятие*

“Конструкторское бюро “Южное” имени М.К.Янгеля”

² *Інститут гідромеханіки НАН України, Київ*

В рамках решения проблемы предварительного оценивания акустических нагрузок, действующих на ракету космического назначения на стартовом участке полета предложена модифицированная полуэмпирическая методика расчета параметров генерируемого реактивной струей звукового поля, являющаяся дальнейшим развитием метода распределенных источников, известного как методика SP-8072-II. В основе данного подхода лежит представление об автотомельном (универсальном) характере пространственного и частотного распределений источников как функции числа Струхала и связанных с ним безразмерных величин. При этом оценка характерной длины звукообразующего участка струи существенно скорректирована, по сравнению с оригинальными рекомендациями SP-8072, в соответствии с современными экспериментальными данными. При исследовании акустики ракетного старта основные трудности, как правило, связаны с корректным учетом гидродинамического и акустического взаимодействия следа струи и сопутствующего звука с сооружениями стартового комплекса и земной поверхностью. Для пусковой установки, оборудованной газоходом закрытого типа, эта задача упрощается за счет нивелирования роли находящихся в газоходе источников звука. В то же время, как показывает опыт, в реальных условиях ракета может уходить со стартовой позиции по так называемой “возмущенной” траектории, когда ее ось испытывает угловое отклонение и линейное смещение относительно оси газохода. В рамках полуэмпирического подхода упомянутую выше методику предложено дополнить учетом дополнительных акустических источников, возникающих в тех случаях, когда периферия следа отклоненной реактивной струи частично выходит

за пределы канала газохода и попадает на поверхность стартового стола. Для моделирования такого взаимодействия использована полуэмпирическая модель взаимодействия сверхзвуковой струи с плоским дефлектором, разработанная в ФГУП ЦНИИМаш (РФ). Анализ полученных результатов продемонстрировал удовлетворительное согласование данных расчета по предложенной методике с данными натурных измерений. Кроме того, показано, что в определенных случаях выход периферии следа струи за пределы газохода может приводить к значительному росту уровней генерируемого при старте звука, по сравнению с “невозмущенной” (несмещенной) траекторией. При этом на некоторых высотах подъема ракеты формируется локальный максимум, не характерный для условий несмещенного вертикального старта. Этот результат представляет практический интерес с точки зрения предсказания наиболее проблемных в акустическом отношении моментов полета, когда акустические нагрузки на конструктивные элементы ракеты могут превышать предписанные проектировщиком предельные значения.

ВПЛИВ УМОВ ЗАКРІПЛЕННЯ КРАЇВ НА РЕЗОНАНСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛИВАНЬ П'ЄЗОКЕРАМІЧНИХ КІЛЕЦЬ

О.І.Безверхий, В.Ф.Корнієнко

Інститут механіки імені С.П.Тимошенка НАН України

Найбільш характерним режимом роботи п'єзокерамічних перетворювачів є резонансний режим. Тому для розрахунку їх напружено-деформованого стану на резонансних режимах роботи необхідно враховувати втрати енергії в матеріалі. В роботі дана постановка задачі про вимушені коливання п'єзокерамічних кільцевих пластин з урахуванням електромеханічних втрат на резонансних режимах роботи. Електромеханічні втрати враховані шляхом введення комплексних сталих у матеріальні співвідношення. Проведені розрахунки вимушених коливань п'єзокерамічних кільцевих пластин при різних умовах закріплення країв. Проаналізовані напруження, переміщення і провідності з врахуванням механічних, діелектричних і п'єзоелектричних втрат в широкому діапазоні частот, що виникають в кільцевій пластині. Одержано ряд фізичних залежностей для амплітудних значень переміщень, напружень і провідностей.

ПРИНЦИПИ ВИКОРИСТАННЯ АКУСТИЧНИХ ПОЛІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПОРОШКОВИХ ТА КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Ю.Г.Безимяний

*Інститут проблем матеріалознавства
імені І.М.Францевича НАН України, Київ*

Технологічний прогрес пов'язаний з постійним створюванням нових матеріалів з певними властивостями. Порошкова металургія дозволяє отримувати такі матеріали шляхом застосування технологічних процесів, які можуть включати в себе

у різних комбінаціях з різними режимами наступні стадії впливу на вихідні компоненти та формовки з них: пресування, спікання, додаткову обробку тиском, повторне спікання, хіміко-термічну обробку та інші. При цьому, чим більше вихідних компонентів, чим складнішим є технологічний процес, тим більше варіаційних можливостей з отримання унікальних властивостей нового матеріалу, але тим складніше передбачити результат. Тому відпрацювання технології створення багатокомпонентних матеріалів обов'язково передбачає використання методів експрес-оцінки їхніх властивостей на малих представницьких об'ємах зразків варіантів розроблюваного матеріалу. У цій доповіді наведені можливості акустичних неруйнівних методів при розв'язанні цієї задачі. Головна проблема, яка виникає при дослідженні властивостей матеріалів із складною будовою за допомогою малопотужних акустичних полів полягає у тому, щоб поставити коректний експеримент, який дозволяє забезпечити високу чутливість параметрів пружної хвилі до досліджуваної характеристики матеріалу, достовірну інтерпретацію результатів вимірювань та гарантувати їх від промахів. Нами розроблено принципи адаптації методу акустичного дослідження до особливостей матеріалу та задач, які необхідно вирішити. Ця адаптація забезпечує на основі акустичного моделювання досліджуваного об'єкта обґрунтований вибір за критерієм досягнення підвищеної чутливості та інформативності результату таких елементів постановки експерименту: видів акустичного поля та параметрів пружних хвиль, методів та умов вимірювання реальних зразків матеріалу, кореляційного зв'язку досліджуваних властивостей матеріалу із параметрами пружних хвиль. Розроблені принципи підтверджені експериментальними результатами, отриманими при відпрацюванні технології створення реальних багатокомпонентних порошкових та композиційних матеріалів. Більш детально результати деяких досліджень наведені в стендових докладах, представлених на цій конференції.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В КОМБИНИРОВАННЫХ КЕРАМИКО-ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

**Ю.Г.Безымянный, А.Н.Высоцкий, К.А.Комаров,
А.В.Мазная, О.В.Талько**

*Институт проблем материаловедения
имени И.Н.Францевича НАН Украины, Киев*

Комбинированные керамико-полимерные материалы способны эффективно противостоять действию высокоэнергетических динамических нагрузок и являются перспективными для использования в средствах баллистической защиты. Создание таких материалов дает возможность регулировать механизмы диссипации кинетической энергии, создаваемой при внешнем воздействии ударника, за счёт использования физико-механических характеристик слоёв из разных материалов. Наиболее достоверную информацию о защитных свойствах ударостойких композитов можно получить в результате баллистических испытаний. Однако, такие испытания требуют значительных финансовых затрат и приводят к разрушению образцов изделий. Теоретические оценки не позволяют учесть многих реальных

факторов. Поэтому представляет практический интерес возможность использования неразрушающих методов для моделирования процессов диссипации энергии ударного воздействия. Исследования проводили на керамико-полимерных материалах, включающих в себя слой керамики с подпорами из комбинаций различных полимерных композиций. Были измерены параметры упругих волн в различных акустических полях, позволяющие дать оценки характеристик упругости и неупругости исследуемых образцов. Сопоставление результатов ультразвуковых измерений и баллистических испытаний показало, что адаптация акустических методов к особенностям образцов материалов и исследуемой задачи, а также использование соответствующих методик измерений позволили синтезировать маломощное акустическое поле, отображающее процессы, происходящие в силовом поле при воздействии ударника на комбинированный керамико-полимерный материал, и выбрать параметры упругой волны, обладающие высокой чувствительностью к характеру разрушения материала и его структурных составляющих. Полученный результат может быть положен в основу использования неразрушающих акустических методов для отработки состава комбинированных керамико-полимерных защитных материалов по критериям живучести и ударостойкости.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПСЕВДОСПЛАВА Fe-Cu-Mo

**Ю.Г.Безымянный, Е.А.Козирацкий, А.Н.Колесников,
О.И.Гетьман, П.Я.Радченко**

*Институт проблем материаловедения
имени И.Н.Францевича НАН Украины, Киев*

Псевдосплавы Fe-Cu применяют в качестве материалов для электрических компонентов устройств, плавких вставок, а также для изготовления деталей, подверженных ударным нагрузкам, что требует от них высокой электропроводности и прочности. Такие материалы относятся к системе с ограниченной растворимостью компонентов, поэтому отработка их состава предполагает особое внимание к контролю за изменением свойств в ходе технологического процесса. Образцы исследуемого материала цилиндрической формы диаметром 9 и высотой (3...4) мм получали путём прессования и спекания с последующим дополнительным спеканием при температуре 1000 °С порошков меди и железа с различным содержанием молибдена. Размер исходных порошков находился в пределах от 0.5 до 5 мкм. Время спекания для разных образцов составляло 1, 2, 4 или 8 часов. Размер пор в полученных образцах не превышал 6 мкм. Скорость распространения продольной упругой волны измеряли импульсным методом, прозвучивая образцы в направлении прессования и перпендикулярно ему на частоте 5 МГц. По результатам измерений проведена оценка степени анизотропии образцов как отношения скоростей, измеренных в двух направлениях. Показано, что анизотропия уменьшается с увеличением времени спекания и зависит от концентрации молибдена. Для расчёта модулей упругости по экспериментальным значениям скоростей распространения упругих волн и оценке влияния на них пористости использованы

моделі ізотропного і трансверсально-ізотропного тела. Також проведені теоретичні розрахунки характеристик упругості з урахуванням властивостей вихідних компонентів. Результати акустичних вимірювань порівняні з результатами структурного аналізу. Проведені дослідження дають підстави передувати, що збільшення процентного вмісту молибдену призводить до уповільненню утворення твердих фаз при спеканні і покращенню пластичності спеканих композитів, що відображається в змінах параметрів акустичних характеристик матеріалу.

ЗАСТОСУВАННЯ КУМУЛЯНТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ

В.С.Берегун

*Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"*

Акустичні сигнали в загальному випадку є нагаусівськими, для яких кумулянтні коефіцієнти відрізняються від нуля. На сьогоднішній день кумулянтні коефіцієнти акустичних сигналів використовуються для проведення діагностики та контролю підшипників кочення, двигунів внутрішнього згорання, використовуються для дослідження таких явищ як витоки рідини в трубопроводах, шуми колінних суглобів, уклони морської поверхні та ін. На практиці замість теоретичних значень кумулянтних коефіцієнтів використовуються їх оцінки, однак у відомих роботах не наведено інформації щодо об'ємів вибірки акустичних сигналів, необхідних для оцінки кумулянтних коефіцієнтів та не досліджено імовірнісних характеристик оцінювання. З використанням кумулянтних коефіцієнтів як статистичного критерію для типових негаусівських моделей акустичних діагностичних сигналів досліджено об'єми вибірок, необхідні для оцінок кумулянтних коефіцієнтів, що дозволило виявляти дефекти (задача контролю) та здійснювати розрізнення різних станів об'єктів (задача діагностики) з наперед заданими помилками першого роду.

ФУНКЦІЯ ГРІНА ТРИВИМІРНОГО КОНВЕКТИВНОГО РІВНЯННЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА ДЛЯ НЕСКІНЧЕННОГО ПРЯМОГО ПОРОЖНИННОГО ЦИЛІНДРА

А.О.Борисюк

Інститут гідромеханіки НАН України, Київ

Розробленим у даній роботі методом побудовано функцію Гріна тривимірного конвективного рівняння Гельмгольца для нескінченного прямого порожнинного циліндра довільної (але незмінної по його довжині) форми та площі поперечного перерізу з акустично жорсткими і акустично м'якими стінками, а також зі стінками змішаного типу. Ця функція представляється рядом за акустичними модами циліндра. У побудованій функції Гріна в явному вигляді відображені ефекти

рівномірної осередненої течії в циліндрі. Ці ефекти стають вагомішими зі збільшенням числа Маха течії, зумовлюючи, зокрема, появу і подальше збільшення асиметрії функції відносно поперечного перерізу циліндра, в якому розташоване точкове акустичне джерело. І навпаки, зі зменшенням числа Маха вагомість впливу течії на функцію Гріна зменшується, проявляючись, окрім іншого, у зменшенні зазначеної її асиметрії. У випадку ж відсутності течії одержана функція Гріна є симетричною відносно вказаного перерізу. Запропонований у даній роботі підхід створює основи для подальшого розроблення аналітичних методів кількісного знаходження характеристик акустичних полів, які генеруються у каналах з нерегулярною геометрією та внутрішньою течією.

МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СЕРДЕЧНОГО РИТМА

И.В.Вовк¹, В.Т.Маципура²

¹Институт гидромеханики НАН Украины, Киев

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

Анализируется возможность наличия мультифрактальных свойств временного ряда, образованного временными интервалами между ударами сердечного пульса человека. Приведены результаты исследований для здорового сердца человека и в случае болезни сердца.

ПОЛЕ ДАВЛЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ ВНУТРИ И В ОКРЕСТНОСТИ ГЛУБОКОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ЛУНКИ

В.А.Воскобойник, А.В.Воскобойник

Институт гидромеханики НАН Украины, Киев

Представлены результаты физического моделирования турбулентного обтекания глубокой сферической лунки на гидравлически гладкой поверхности стенки узкого гидродинамического канала. Цель исследования – экспериментально изучить поле давления и особенности формирования и развития крупномасштабных вихревых структур внутри глубокой сферической лунки на плоской поверхности, обтекаемой турбулентным потоком. Экспериментальные исследования проводились в узком гидродинамическом канале Ростокского университета (Германия) длиной 1.2 м, шириной 0.2 м и глубиной 0.015 м. На дне гидродинамического канала в его срединном сечении располагалась сферическая лунка диаметром $d = 0.046$ м, глубиной $h = 0.012$ м и, соответственно, углублением $h/d \approx 0.26$. Заподлицо с обтекаемой поверхностью лунки и в ее окрестности устанавливалась группа миниатюрных датчиков абсолютного давления и пульсаций пристеночного давления для регистрации пространственно-временных характеристик поля давления. Наряду с инструментальными измерениями проводилась визуализация потока с помощью контрастных красителей, которая позволяла исследовать особенности

формирования вихревого течения внутри лунки и выбросов вихрей наружу из лунки. Результаты исследований показали, что внутри глубокой сферической лунки формируются крупномасштабные асимметричные вихревые структуры, источник которых находится на передней стенке лунки несколько сбоку от срединного сечения лунки, а сток располагается на противоположной боковой стороне кормовой стенки лунки, т.е. вихревые структуры имеют наклонное положение и пересекают срединное сечение лунки. Совершая колебательное движение, асимметричный крупномасштабный вихрь периодически выбрасывается над кормовой стенкой под углом, который растет с увеличением скорости турбулентного течения. Установлено, что при числе Рейнольдса $Re_d = Ud/\nu = 40000$ угол выброса вихря равен приблизительно 45° , а при $Re_d = 60000$ – уже почти 60° . Зарегистрировано, что на поверхности лунки, обтекаемой турбулентным потоком, и в ее окрестности поле давления имеет асимметричный характер. Это обусловлено особенностями генерации вихревого течения внутри глубокой сферической лунки и выбросами крупномасштабных вихревых структур наружу из нее. Максимальная интенсивность давления и коэффициент сопротивления давления наблюдается на кормовой стенке лунки, а минимальная – на ее передней стенке. Установлено, что при “переключении” вихревого течения из одной стороны лунки в другую поле пульсаций пристеночного давления совершает противофазные колебания в половинках лунки, разделенных продольной осевой плоскостью. Обнаружено, что спектральные составляющие пульсаций пристеночного давления на обтекаемой поверхности сферической лунки имеют дискретные составляющие, отвечающие частотам “переключения” вихреобразования внутри лунки (число Струхала $St = fd/U \approx 0.003$), частотам выбросов вихревых структур наружу из лунки ($St \approx 0.05$) и частотам автоколебаний сдвигового слоя ($St \approx 0.4$).

ЭФФЕКТ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ШУМ ПРОТЕЗИРУЕМЫХ КЛАПАНОВ СЕРДЦА

**В.А.Воскобойник¹, А.Редаелли², Б.Фиоре², О.Р.Чертов³
А.А.Воскобойник¹, А.В.Воскобойник¹, Ф.Лукерини²**

¹ *Институт гидромеханики НАН Украины, Киев*

² *Миланский технический университет Politecnico di Milano, Италия*

³ *Национальный технический университет Украины*

“Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского”

Представлены результаты экспериментальных исследований эффекта вязкости жидкости на гидродинамический шум, который генерируется струйным течением через механический двухстворчатый или двухлепестковый митральный клапан. Цель исследований – изучить посредством физического моделирования влияние вязкости жидкости на гидроакустические характеристики струй, которые вытекают из полузакрытого и открытого механического двухлепесткового клапана сердца. Физическое моделирование течения через сердечный клапан было осуществлено на механическом двухлепестковом клапане фирмы Сорин биомедика (Италия). Экспериментальные исследования проводились посредством гидроакустических измерений гидродинамических шумов в ближнем следе боковой и

центральной струй раствора глицерина и течения чистой воды ниже по потоку от искусственного двухлепесткового клапана сердца. Расход рабочей жидкости через митральный клапан варьировался от 5 до 15 л/мин. В качестве рабочей жидкости применялась чистая вода и водный раствор глицерина различной концентрации от 35 до 43 % глицерина в растворе. Кинематическая вязкость глицеринового раствора изменялась от 3.2 до 4.3 кинематической вязкости воды. Определено влияние вязкости жидкости на гидроакустические характеристики струй, вытекающих из полузакрытого и открытого механического двухлепесткового клапана сердца. Обнаружены интегральные и спектральные характеристики гидродинамического шума струй глицеринового раствора и течения чистой воды ниже по потоку от двухлепесткового митрального клапана сердца при различном расходе жидкости. В условиях течения чистой воды интегральные характеристики поля давления меньше, чем в условиях течения водного раствора глицерина. С увеличением концентрации глицерина в растворе средние давления и особенно среднеквадратичные значения пульсаций давления увеличиваются. Спектральные уровни гидродинамического шума в ближнем следе боковой струи раствора глицерина ниже, чем для потока воды в частотных диапазонах от 1 до (7...8) Гц и от 100 до 1000 Гц для расхода жидкости 5 л/мин. Для более высоких расходов жидкости спектральные компоненты гидродинамического шума в ближнем следе боковой струи раствора глицерина полузакрытого митрального клапана выше, чем для чистой воды. Наибольшая – в (1.5...1.8) раз – разница в спектральных уровнях наблюдается в диапазоне частот от 10 до 100 Гц для расхода жидкости 15 л/мин.

Работа выполнена при поддержке по гранту EU-financed project AMMODIT (Approximation Methods for Molecular Modelling and Diagnosis Tools) – project reference: 645672, funded under: H2020-EU.1.3.3 – under the MSCA-RISE-2014 (Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff) of Program Horizon 2020.

ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕНОМЕНА СТАТИСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

И.И.Горбань

*Институт проблем математических машин
и систем НАН Украины, Киев*

Приведены описание методики и результаты экспериментальных исследований статистической устойчивости статистик на больших интервалах наблюдения. Акцентировано внимание на том, что гипотеза идеальной статистической устойчивости статистик не находит экспериментального подтверждения. Представлены основные направления исследований физико-математической теории гиперслучайных явлений, описывающей физические события, величины, процессы и поля с учетом нарушения статистической устойчивости.

УЗАГАЛЬНЕНИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ ЗБУРЕНЬ В БАГАТОШАРОВИХ ЕЛЕКТРОПРУЖНИХ ТІЛАХ З ВИКРИВЛЕНИМИ ПОВЕРХНЯМИ

Л.О.Григор'єва

Київський національний університет будівництва та архітектури

Пропонується узагальнений підхід до дослідження товщинних (радіальних) збурень, що виникають в п'єзокерамічних пластинах, циліндрах, сферах при електричних навантаженнях. Розглядаються багат шарові перетворювачі з електродованими поверхнями розділу при Запропонований підхід дозволяє досліджувати коливання тіл з шарами, виконаними з різних електропружних та пружних матеріалів. Чисельна реалізація виконана за допомогою скінченних різниць. Проведено порівняння коливань багат шарових циліндрів з зустрічним напрямком поляризації електропружних шарів та циліндрів з зовнішнім або внутрішнім пружним підкріплюючим шаром.

ВОЕННАЯ АКУСТИКА (ОБЗОР ПО МАТЕРИАЛАМ ЗАРУБЕЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ)

В.Т.Гринченко

Институт гидромеханики НАН Украины, Киев

В докладе сделан обзор, технологий и систем военного назначения, использующих физические принципы акустики. Представлен широкий спектр технических решений и средств, обеспечивающих пассивную и активную акустическую локацию, наведение на цель, акустическую маскировку, постановку помех и пр. Проанализированы перспективы развития акустических вооружений в ближайшем будущем. Обзор построен на базе открытых зарубежных источников.

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНІХ НАПРУЖЕНЬ НА ШВИДКОСТІ ПОШИРЕННЯ ПЛОСКИХ ХВИЛЬ В ШАРУВАТИХ НАНОКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛАХ

Я.О.Жук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Протягом останнього десятиліття вчені багатьох спеціальностей інтенсивно досліджують різноманітні наноматеріали і розробляють технології їх виробництва і застосування (нанотехнології). Сформовані цілі напрямки, які є пріоритетними на сучасному етапі. Однак механічні аспекти поведінки наноматеріалів ще недостатньо вивчені. Зокрема залишкові напруження, що виникають внаслідок технологічних особливостей виготовлення нанокompозиту, викликають суттєвий

інтерес в нано- і мікроелектромеханічних системах. Залишкові напруження можуть викликати різноманітні приповерхневі ефекти, та їх присутність може якісно змінити характер поведінки матеріалу. Тому визначення залишкового напружено-деформованого стану наноматеріалу є важливою задачею. Залишкові технологічні напруження для наступних задач розглядаються як початкові. Відповідно в подальшому тіла з початковими напруженнями будемо називати попередньо деформованими. Надійною технікою неруйнівного контролю залишкових (початкових) напружень в твердих тілах є ультразвукова методика. Її застосування ґрунтується на теорії поширення пружних хвиль в попередньо напружених тілах, яка початково була розвинена для макро-, мезо- і мікророзмірних об'єктів. Врахування динамічних ефектів є виправданим, оскільки воно дозволяє більш точно прогнозувати поведінку наноматеріалів. В даній роботі цей підхід застосовується до нано- і мікрооб'єктів з метою розробки нових математичних моделей для описання вказаних процесів при зменшенні характерних геометричних розмірів тіл. Досліджуються особливості розповсюдження поздовжньої та поперечно поляризованої хвиль перпендикулярно та вздовж шарів в нанокompозитних матеріалах при наявності початкових (залишкових технологічних) напружень. Композит складається з шарів двох матеріалів, що періодично чергуються. Матеріали шарів вважаються нелінійно пружними і описуються потенціалом типу Мернагана. Для моделювання процесу розповсюдження хвиль використовується теорія пружності скінчених деформацій і розвинута на її основі постановка задачі в рамках тривимірної лінеаризованої теорії пружності при скінчених початкових деформаціях. Встановлено, що залежності відносних швидкостей розповсюдження хвиль від малих початкових напружень має лінійний характер, Показано, що для деяких нанокompозитів існують такі відношення товщин шарів, при яких швидкості не залежать від величини початкового напруження.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТ РАБОТАЮЩЕЙ СТУПЕНИ ДУ В ДИАПАЗОНЕ (4.1...8) СЕКУНД ПОЛЕТА РКН В АТМОСФЕРЕ

С.Ю.Кириченко

Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

Из всех источников шума техногенного происхождения одними с наиболее высокими уровнями являются двигательные установки ракет-носителей космического назначения (РКН). Если рассматривать взлетающую ракету, как источник шума, то уровни акустического поля от ее работы в окружающей среде могут достигать (160...190) дБ. Такие уровни шума смертельны для человека. Поэтому эксплуатация пусковых комплексов ракет-носителей, а также испытательных станций ракетных двигателей связаны с необходимостью реализации целого комплекса мер по защите от шума, включающего в себя установку специальных технически сложных глушителей шума, возведение зданий и сооружений с повышенной звукоизоляцией и прочее. Так, наиболее остро задача защиты от шума стоит при запусках жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Это связано как с высокими мощностями

излучаемого шума, так и с неизбежным присутствием обслуживающего персонала на станциях. Основная цель данной работы – рассчитать уровни звуковых полей для настоящей ракеты в определенной точке. Был произведен расчет звукового поля на основании представлений Лэмба о том, что в случае формирования звукового поля сосредоточенная сила эквивалентна акустическому диполю. Произведенный расчет в системе автоматизированного проектирования Mathcad показал, что для использования методики, основанной на представлениях Лэмба, в корректных пределах, ракета должна улететь на такое расстояние от поверхности стартового стола, чтобы струя не касалась этой поверхности, иначе физический процесс воздействия струи на окружающую среду будет носить иной характер. Значение имеет также длина самой струи. Было получено, что данные методики возможно применять с определенного промежутка времени полета ракеты, а именно начиная с 4.1 секунды. За этот промежуток времени ракета поднимется на достаточное расстояние, для того, чтобы считать принятые предположения правомерными. Начиная с данного промежутка времени, произведен расчет уровня звукового давления в точке, рассчитанный в зависимости от частоты звуковой волны, времени полета ракеты и значения силы тяги для максимальных режимов работы ракетного двигателя. Для наглядности данные записаны в виде таблиц и по ним построены графики. Из приведенных данных видно, что уровни звукового давления в данной точке во время полета РКН, составляющем (4.1...8) секунд, составляет величины (167...179) дБ. При изучении полученных данных возникают вполне обоснованные требования о минимальном безопасном расстоянии для человека от двигательной установки ракеты. Выходом из этой ситуации является разработка и установка таких дополнительных систем шумоглушения к уже имеющимся, которые могут обеспечить соблюдение санитарных норм по шуму при запусках ЖРД.

ЗВУКОВЫЕ ПОЛЯ, ГЕНЕРИРУЕМЫЕ НЕСКОЛЬКИМИ КОГЕРЕНТНЫМИ ВИХРЕВЫМИ СТРУКТУРАМИ

Т.П.Коновалюк

Институт гидромеханики НАН Украины, Киев

Рассмотрены упругие вихревые взаимодействия нескольких когерентных вихревых структур и генерируемые в их результате звуковые поля. Когерентные вихревые структуры описываются MZS-моделью второго и первого порядков (моментной моделью M. V. Melander, N. J. Zabusky, A. S. Styczek, 1986). В ее рамках они представлены как эллиптические вихри Кирхгофа, взаимодействие которых описывается гамильтоновой системой дифференциальных уравнений четвертого порядка. Звуковые поля рассчитывались методом акустической аналогии Лайтхилла в формулировке Пауэлла. Среда полагалась безграничной идеальной невязкой, а завихренность внутри пятен – постоянной. Рассмотрена система, состоящая из трех одинаковых по размеру эллиптических вихрей с интенсивностями $\Gamma_1 = \Gamma_2 = -\Gamma_3 = \Gamma$. Исследовано поведение вихревых систем для трех характерных типов взаимодействия центров завихренности пятен – прямого, обменного и

взаимного захвата. Анализ звуковых полей систем вихревых пятен показал наличие низко- и высокочастотных областей в звуковых спектрах. При этом низкочастотные составляющие обусловлены движением центров завихренности пятен (крупномасштабными вихревыми движениями), а высокочастотные являются результатом наличия/взаимодействия внутренних степеней свободы. По аналогии с точечными вихрями, для крупномасштабных вихревых движений введено понятие области эффективного вихревого взаимодействия, на границе которой уровень звукового давления от крупномасштабных вихревых движений становится на 20 дБ ниже максимального значения. Характерная частота низкочастотной области определяется временной протяженностью интервала эффективного вихревого взаимодействия. Характерная частота высокочастотной области равна половине завихренности пятна. Показано, что основной вклад внутренних степеней свободы в звуковое поле определяется вращениями и деформациями пятен. При этом для точечных вихрей присутствует лишь нижняя часть звукового спектра. Для того, чтобы крупномасштабные вихревые движения пятен можно было заменить системой точечных вихрей, спектр флуктуаций звукового давления пятен должен быть четко разделен на низко- и высокочастотные полосы. Ширина низкочастотных полос спектров пятен и точек должна быть примерно одинаковой. При этом допустимо, чтобы их уровни различались. Выполнение этих условий означает, что типы крупномасштабных вихревых движений пятен и точечных вихрей одинаковы, а характер звукового спектра позволяет судить об активности взаимодействий вихрей в потоке. Анализ звуковых полей показал, что при построении источника звука систему вихревых пятен нельзя заменить системой точечных вихрей, поскольку неучет внутренних степеней свободы распределенных вихрей существенно – на несколько порядков – уменьшает оценки результирующего уровня звукового давления.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ СИСТЕМ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ТЕПЛОВИХ РЕСУРСІВ

В.В.Коробко

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, Миколаїв*

Характерною особливістю сучасного стану енергетики, промисловості, транспорту є зростання об'ємів низькотемпературних теплових викидів. В цей же час бракує технологій енергозбереження, які здатні ефективно використовувати саме такі теплові ресурси. Термоакустичні теплові машини (ТАТМ) можуть виявитись придатними для вирішення цієї проблеми, оскільки здатні забезпечити перетворення низькотемпературної скидної теплоти від будь яких зовнішніх джерел енергії, також перспективним є використання ТАТМ в системах відновлювальної енергетики. Розповсюдженню ТАТМ заважають їх низька питома потужність, складність безпосереднього отримання механічної або електричної енергії. Суттєвою проблемою є відсутність узагальнюючих положень, що до проектування та експлуатації таких систем. У ході проведення комплексу досліджень вдалось формалізувати

базові основи проектування низькотемпературних ТАТМ для систем енергозбереження та відновлювальної енергетики. Була побудована узагальнююча математична модель процесів енергоперетворення для комплексу “ДЖЕРЕЛО ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ – ТАТМ – ДОВКІЛЛЯ – КОРИСНЕ НАВАНТАЖЕННЯ”, яка враховує особливості теплофізичних процесів в елементах ТАТМ та зовнішніх системах. У результаті виконаної роботи було розроблено та обґрунтовано низку технічних рішень, які дозволяють розширити робочий температурний діапазон ТАТМ в зону низьких та криогенних температур, забезпечити ефективність їхньої роботи, а саме:

- сукупність конструктивних засобів для примусового запуску низькотемпературних ТАТМ;
- використання гравітаційних термосифонів в системах підвода теплоти від зовнішніх джерел енергії до робочого тіла ТАТМ;
- застосування теплообмінних поверхонь, які призначені для роботи в умовах коливного руху робочого середовища,

Показано, що корисним навантаженням для ТАТМ можуть служити імпульсні двонаправлені турбіни для приводу електрогенераторів або зовнішніх агрегатів. З метою реалізації запропонованих заходів були розроблені технологічні схеми використання скидних та відновлювальних теплових ресурсів, ефективність та працездатність деяких з них була підтверджена експериментально.

КУМУЛЯНТНЫЙ АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

А.И.Красильников

Институт технической теплофизики НАН Украины, Киев

Проанализированы источники и особенности акустических флуктуационных сигналов, возникающих в результате естественного функционирования исследуемых физических или технических объектов. Показано, что в настоящее время для исследования акустических флуктуационных сигналов обычно применяются методы корреляционного и спектрального анализа, которые являются исчерпывающими для гауссовских случайных процессов. На основании анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований установлено, что флуктуационные сигналы имеют, как правило, равномерную спектральную плотность и негауссовское распределение мгновенных значений. В связи с этим возникает необходимость применения негауссовских моделей флуктуационных сигналов и исследования, помимо корреляционных и спектральных функций, их более полных вероятностных характеристик. Систематизированы современные математические модели и рассмотрены вероятностные характеристики флуктуационных сигналов, в результате чего показана перспективность кумулянтных методов их исследования. Исследованы свойства кумулянтных коэффициентов и построены модели несимметричных распределений с нулевым коэффициентом асимметрии и негауссовских распределений с нулевыми коэффициентами асимметрии и эксцесса. Обоснована возможность различения флуктуационных сигналов кумулянтными методами.

Исследованы кумулянтные коэффициенты $1/f$ -шума, акустико-эмиссионных сигналов, проведен статистический анализ акустических сигналов утечки жидкости в трубопроводах, акустических шумов коленных суставов. Полученные результаты подтверждают эффективность кумулянтных методов исследования акустических флуктуационных сигналов и могут быть использованы при разработке новых и усовершенствовании существующих систем акустической диагностики физических и технических объектов.

ENERGY EXTRACTION BY AN OSCILLATING SYSTEM FROM A GENERATOR OR A WAVE FIELD

T.S.Krasnopol'skaya, E.D.Pechuk

Institute of Hydromechanics of NAS of Ukraine, Kyiv

The purpose of our work is study an oscillating system and an electro-dynamical transducer, which are driven either by the amplifier or wave field. In the first case an amplifier is considered as a self-exciting system with a limited power. Electrical current produced by it is converted by the transducer into mechanical force, which leads to vibrations of the base. A mechanical oscillator is mounted on the transducer base. The influence of oscillator vibrations on the formation of the driving force leads to a number of specific effects, in particular, to the Sommerfeld – Kononenko's effect. New nonlinear effects in the coupled shaker – oscillator system are studied in details. Steady-state regimes of the constructed model are investigated by methods of the theory of dynamical systems. Regular periodic and chaotic regimes are found and studied. Expressions for supplied and consumed powers are shown and investigated for regular and chaotic regimes. The inverse problem model is also discussed. The classical results for wave power absorption by wave energy extractor as a single degree of freedom system are presented in the second considered problem. The example includes an axisymmetric buoy which oscillates and is subjected to its natural hydrostatic restoring force. Main attention is focuses on the values and expressions for the mean powers. The expression for the maximum mean power is given for the considering system.

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ДВИЖЕНИЯ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ ГРАНИЦЫ В СЖИМАЕМОЙ СРЕДЕ

В.С.Крутиков

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев

Авторскими методами обратных задач с учетом взаимодействия нелинейных аргументов впервые получено решение волнового уравнения в областях с подвижными излучающими границами. Точные аналитические соотношения универсальны, пригодны для обратных (задач управления) и прямых задач, при произвольных величинах начального радиуса и перемещений, законах изменения скорости излучения и радиуса подвижной границы, которые различны.

СНИЖЕНИЕ VVI-ШУМА РОТОРА ВЕРТОЛЕТА С ПОМОЩЬЮ ЛОПАСТИ С ДВОЙНЫМ ИЗГИБОМ

П.В.Лукьянов

Институт гидромеханики НАН Украины, Киев

В последнее время в автомобилестроении и вертолетостроении внедряются современные экологически чистые технологии – “Blue” технологии. Если в автомобилестроении – это гибридные двигатели, обладающие пониженным количеством выбросов в атмосферу, то в случае вертолетов – это специальные формы лопастей ротора, позволяющие снизить VVI-шум. Это так называемые “Blue Edge” технологии. “Blue Edge” лопасти имеют различные формы изгиба вдоль по размаху. Ввиду новизны исследований в печати существуют лишь единичные экспериментальные работы, в которых не представлены конкретные параметры формы дважды изогнутой лопасти: на фото можно лишь наблюдать качественно форму лопасти, ее изгибы. В настоящей работе поставлена и численно решена модельная задача для лопасти с двойным “sin-sin” изгибом (в виде функций синус). Предполагается, что такая форма лопасти позволит снизить генерируемый шум VVI-типа. Результаты численных расчетов показали, что “sin-sin” лопасть близка к “Blue Edge” лопасти: максимальный генерируемый шум для большинства расчетных ситуаций находится в пределах 60 Дб. Кроме того, максимум по уровню шума расположен уже не ближе к внешнему концу лопасти, а может располагаться ближе к ее середине (вдоль по размаху лопасти). Таким образом, дважды изогнутая лопасть позволила более равномерно распределить генерируемый VVI-шум вдоль по размаху лопасти, снизить его уровень. Анализ расчетных данных говорит о том, что “sin-sin” лопасть можно отнести к малошумным лопастям “Blue Edge” типа.

ДИСТАНЦИОННАЯ АКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОДУКТИВНОСТИ МЕТАНОВЫХ СИПОВ НА МОРСКОМ ДНЕ ПО ФЛУКТУАЦИОННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭХО-СИГНАЛОВ: МЕТОДОЛОГИЯ

А.А.Любицкий¹, А.В.Омельченко²

*¹Институт радиофизики и электроники
имени А.Я.Усикова НАН Украины, Харьков*

²Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Продуктивность газовыделяющих источников является комбинированным параметром, характеризующим частоту эмиссии пузырьков газа (преимущественно метана) в водную толщу и численно равным их количеству в придонном слое газового факела (ГФ) над сипом. С помощью акустических методов и средств этот параметр обычно определяется путем измерения одночастотными эхолотами основной энергетической характеристики – силы объемного рассеяния с привлечением данных о среднем значении сечения обратного рассеяния (σ_{BS}) пузырьков газа, формирующих факелы. Поскольку в интенсивных ГФ отдельные пузырьки не “разрешаются” эхолотами, то $\langle \sigma_{BS} \rangle$ оценивается по данным зондирования одиночных пузырьков газа, наблюдаемых вне таких факелов, что может привести

к большим ошибкам в оценках продуктивности индивидуальных сипов и потоков метана от дна. В докладе представлен метод определения продуктивности газовых сипов, основанный на измерении параметров вероятностного распределения эхо-сигналов от ГФ при конечном числе пузырьков газа в элементе разрешения акустической системы. Получены инверсионные соотношения, связывающие среднее количество пузырьков в элементе разрешения эхолота $\langle n \rangle$ с коэффициентом эксцесса. Даны оценки объемов выборок эхо-сигналов для достижения заданной точности определения $\langle n \rangle$. Приводятся результаты имитационных компьютерных экспериментов с использованием дискретной модели объемной реверберации, подтверждающие справедливость полученных инверсионных соотношений при широком варьировании условий экспериментов. Обсуждается влияние когерентной компоненты в суммарном рассеянном сигнале на результаты решения обратной задачи – определения продуктивности сипов по флуктуационным характеристикам эхо-сигналов.

ДИСТАНЦИОННАЯ АКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОДУКТИВНОСТИ МЕТАНОВЫХ СИПОВ НА МОРСКОМ ДНЕ ПО ФЛУКТУАЦИОННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭХО-СИГНАЛОВ: ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

А.А.Любицкий, А.В.Узленков, А.И.Ломейко, Н.Д.Бережная

*Институт радиофизики и электроники
имени А.Я.Усикова НАН Украины, Харьков*

В работе представлены аппаратурно-методическое обеспечение и результаты экспериментов по исследованию и верификации дистанционного акустического метода определения продуктивности газовых сипов по флуктуационным характеристикам эхо-сигналов. Эксперименты проведены в контролируемых условиях лабораторного бассейна на установке, в состав которой входят: водный резервуар из оргстекла с размерами $1.65 \times 0.6 \times 0.65$ м, сонар (рабочая частота 78 кГц), 10-ти канальный инжектор газовых факелов (ГФ), устройство подачи сжатого воздуха, WEB-камера, маска с окном 120×47 мм и импульсный источник коллимированного светового пучка для подсчета количества газовых пузырьков в элементе разрешения сонара. Приводятся и анализируются гистограммы распределения амплитуды эхо-сигналов от одиночных пузырьков газа с эквивалентными радиусами от 1 до 6 мм, характерными для природных ГФ, а также вероятностные распределения мгновенных значений эхо-сигналов от многоструйных ГФ, моменты и параметры распределений, включая коэффициенты асимметрии и эксцесса. На этой основе получены оценки среднего числа $\langle n \rangle$ в элементе разрешения сонара с использованием инверсионного соотношения, связывающего $\langle n \rangle$ с коэффициентом эксцесса. Прямое сопоставление данных синхронных измерений $\langle n \rangle$ акустическим и оптическим методами свидетельствует о близком их соответствии. Результаты модельных экспериментов в лабораторном бассейне подтверждают возможность реализации акустического метода определения продуктивности газовых сипов с использованием флуктуационных характеристик сигналов обратного объемного рассеяния звука в ГФ и могут служить основой для его дальнейшего развития.

ВИМІРЮВАННЯ ІНФРАЗВУКУ В АНТАРКТИЦІ

О.І.Лящук

*Головний Центр спеціального контролю
Національного центру управління та випробування космічних засобів
Державного космічного агентства України, Київ*

В регіоні української антарктичної станції “Академік Вернадський” зміни атмосферного тиску виникають в результаті фізичної взаємодії між атмосферою, океанами, кріосферою і твердою поверхнею. Ці явища, пов’язані зі змінами навколишнього середовища і джерелами генерації поблизу поверхні Землі, можуть бути виміряні за допомогою інфразвукових хвиль, що спостерігаються на станції. Специфікою інфразвукових хвиль, пов’язаних з великими джерелами енергії, є їх мале затухання та можливість поширення на тисячі кілометрів уздовж поверхні Землі. Тому інфразвукові хвилі можуть ефективно використовуватися для дистанційного зондування фізичних параметрів атмосфери Землі. Так, наприклад, великі землетруси (Японія, Суматра, Чилі), що генерували цунамі, також створювали подібні хвилі в атмосфері, які досягали навіть верхньої атмосфери. Специфічним для регіону є фоновий інфразвук в наслідок коливання океану та криги. В доповіді повідомляється про стан інфразвукових спостережень на українській та сусідніх антарктичних станціях.

РЕЄСТРАЦІЯ АКУСТИЧНИХ ЕФЕКТІВ ВІД ВХОДУ КОСМІЧНИХ ТІЛ В АТМОСФЕРУ ЗЕМЛІ

О.І.Лящук¹, Л.Ф.Чорногор²

*¹Головний Центр спеціального контролю
Національного центру управління та випробування космічних засобів
Державного космічного агентства України, Київ*

²Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Вхід в атмосферу Землі космічних тіл є безперервним процесом. Частота падіння суттєво залежить від початкової кінетичної енергії тіла. Малі тіла, діаметром до метра, повністю згорають в атмосфері, у той час як дуже рідкісні великі об’єкти (близько 100 м) можуть досягати поверхні Землі та викликати катастрофічні наслідки. Разом з тим існує досить велика кількість об’єктів, розміром від одиниць до десятків метрів у діаметрі, що повністю або частково руйнуються в атмосфері. При цьому утворюються ударні хвилі, що реєструються світовою мережею інфразвукових станцій. Мережа інфразвукових станцій існує і в Україні, в Державному космічному агентстві. Протягом останніх років зареєстровано низку інфразвукових сигналів від вибухів метеороїдів (Словаччина, Росія, Румунія та ін.). Як відомо, амплітуда та спектр інфразвуку несе у собі інформацію про джерело хвиль та параметри атмосфери. Визначено основні параметри інфразвукових хвиль, згенерованих в процесі польоту і вибуху космічних тіл – час запізнення, тривалість, спектральний склад і дисперсійна залежність, а також швидкість приходу. Рознесений прийом дозволив оцінити істинну швидкість приходу сигналів та середню швидкість тропосферно-стратосферного вітру. Підтверджено, що

амплітуда інфразвуку сильно залежить від швидкості і напрямку вітру на тропосферних і стратосферних висотах, напрямку на пункт реєстрації та метеоумов на трасі поширення.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ АКУСТИЧНИХ ШУМІВ ДВОМА ЦИЛІНДРАМИ, РОЗТАШОВАНИМИ ПЛІЧ-О-ПЛІЧ

С.С.Мирний

Інститут транспортних систем і технологій НАН України, Дніпро

Робота присвячена математичному моделюванню та дослідженню характеристик акустичних шумів, що виникають при нестационарному обтіканні групи з двох однакових циліндрів розташованих пліч-о-пліч у потоці в'язкої нестисливої рідини. Швидкість потоку, що обтікає групу кругових циліндрів обирається такою, що відповідає ламінарному нестационарному обтіканню поодинокого кругового циліндру такого ж діаметру як у циліндра в групі. Це дозволило порівняти отримані результати з відомими даними та виявити особливості генерування шумів за наявності декількох тіл в потоці. Відомо, що нестационарні та осереднені аеродинамічні характеристики декількох, близько розташованих у потоці, тіл суттєво змінюються в залежності від розташування тіл відносно потоку та між собою. В свою чергу, зміна загальної картини обтікання та зміна частот відриву вихорів від циліндрів може стати причиною зміни частот акустичних шумів, що генеруються при обтіканні. В роботі проведено порівняння методів математичного моделювання акустичних шумів на прикладі обтікання поодинокого циліндру потоком в'язкої нестисливої рідини. Також проаналізовано відмінності акустичних шумів, що генеруються при обтіканні двох циліндрів розташованих пліч-о-пліч, та акустичних шумів поодинокого циліндру. Робота виконана в рамках гранту на виконання науково-дослідної роботи молодих учених НАН України "Математичне моделювання генерації акустичних шумів групою тіл в потоці в'язкої нестисливої рідини"(номер державної реєстрації 0117U003511).

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРЯМОКУТНОЇ ПЕРЕШКОДИ НА РОЗСІЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ХВИЛЬ

В.І.Нікішов¹, **Н.С.Городецька**¹, **Т.М.Щербак**²

¹ *Інститут гідромеханіки НАН України, Київ*

² *Національний транспортний університет, Київ*

Аналіз робіт, присвячених захисту берегової зони від руйнування поверхневими хвилями за рахунок занурених у рідину штучних конструкцій, дозволяє виділити клас задач, в яких розглядаються хвильові рухи в водоймі. Водойма схематично розділена на окремі області, що мають вертикальні границі, а глибина в кожній з них не змінюється. Зауважимо, що, довільний профіль донної поверхні може

бути представлений в ступінчастому вигляді, само тому особливості поширення поверхневих хвиль над таким профілем можуть бути вивчені шляхом розв'язання задачі про трансформації хвиль певною сукупністю ступінчастих структур. В даній роботі розглядається розсіювання монохроматичних поверхневих гравітаційних хвиль на підводній прямокутній перешкоді у випадку нормального падіння. На перешкоду падає хвиля з частотою ω_{dim} , що поширюється вздовж вісі x з $x = -\infty$. Глибина рідини до перешкоди дорівнює H_1 , за перешкодою – H_3 і над перешкодою – H_2 . Довжина перешкоди дорівнює $2b$. Рідина вважається ідеальною, нестисливою. Метод розв'язку поставленої граничної задачі аналогічним методу часткових областей і полягає в представленні розв'язку для потенціалу швидкості в кожній з областей у вигляді ряду по системі власних функцій, характерних для конкретної області, а потім виконання умов спряження цих розв'язків на вертикальних границях. В роботі враховується локальна особливість для швидкості потоку в куткових точках, що дозволяє встановити асимптотичні властивості невідомих. В роботі були проведені розрахунки впливу співвідношення глибин рідини H_1, H_2, H_3 на характер розсіювання хвиль. Показано, що навіть незначна різниця між H_1 і H_3 призводить до помітної зміни мінімальних значень коефіцієнту відбиття. Показано, що на відміну від симетричного випадку ($H_1 = H_3$), коли коефіцієнт відбиття досягає нульових значень на певних частотах, його величина відмінна від нуля при наявності асиметрії ($H_1 \neq H_3$). Збільшення ширини перешкоди призводить до появи цілої низки локальних мінімумів в розподілі коефіцієнта відбиття, але знову його значення не досягає нуля. Для хвиль малої довжини вплив перешкоди на їх поширення суттєво зменшується.

О ЛОКАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ЗАДАЧАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН

В.И.Никишов¹, **Н.С.Городецкая**¹, **Т.Н.Щербак**²

¹*Институт гидромеханики НАН Украины, Киев*

²*Национальный транспортный университет, Киев*

В реальном мире не существует локальных особенностей в характеристиках полей любой физической природы. Однако при построении математических моделей таких полей особенности возникают, и их необходимо принимать во внимание для адекватного описания физического поведения системы. Под локальной особенностью будем понимать неограниченный рост некоторых характеристик поля в отдельной точке. В общем случае можно выделить локальные особенности двух видов. Первые из них порождаются за счет моделирования характера нагрузки. Особенность, обусловленная видом нагрузки, существует для поля любой физической природы. Важный момент для задач с нагрузками, приложенными в точке (или вдоль линии) – неограниченность энергии, закачиваемой в среду. Второй вид локальных особенностей в физических полях обусловлен допущениями, принятыми при формулировке граничной задачи. В полях различной физической природы особенности могут иметь различные характеристики поля. В теории упругости обычно могут возникать особенности по напряжениям. В зависимости от граничной задачи, особенность может быть степенной, логарифмической или осциллирующей степенной. В акустических задачах могут возникать

особенности по колебательной скорости степенного вида. В задачах гидромеханики изучались как степенные, так и логарифмические особенности. При построении решения граничных задач с особенностями в характеристиках поля можно выделить два направления. Первое – это попытка устранить особенность, а вторая – выделить и учесть. В данной работе предлагается численно-аналитический метод, позволяющий учитывать локальные особенности в физических полях. Он реализован на примере задач рассеяния поверхностных гравитационных волн тонкими погруженными в жидкость барьерами и рассеивания волн в упругом волноводе приповерхностной трещиной. В обеих задачах априорно определена особенность в характеристиках поля – корневая сингулярность.

ПРО АКУСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СФЕРИ З КОНЦЕНТРИЧНИМ ІМПЕДАНСНИМ ВКЛЮЧЕННЯМ

В.Н.Олійник

Інститут гідромеханіки НАН України, Київ

Розв'язано задачу про гармонічні пульсації заповненої акустичним середовищем сфери з концентричним імпедансним включенням. Знайдено аналітичний вираз для акустичного імпедансу поверхні такої сфери. Проаналізовано залежність шуканого імпедансу від частоти для різних значень імпедансу поверхні внутрішнього включення. Показано, що для достатньо низькоімпедансних включень тип реакції зовнішньої поверхні сфери може змінюватися з пружного на інерційний. Висловлено припущення про те, що означений випадок виявляється внутрішньо суперечливим з фізичної точки зору, оскільки тут для розглянутої сфери можуть порушуватись умови динамічної стійкості.

О НАДЕЖНОСТИ НЕКОТОРЫХ ПРОСТЫХ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ МЕР КАЧЕСТВА РЕЧЕВЫХ И МУЗЫКАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

А.Н.Продеус, И.В.Котвицкий

*Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”*

Качество речевых и музыкальных сигналов оценивают как субъективно, на слух, так и с использованием объективных (инструментальных) мер качества. Очевидно, использование объективных мер качества неизбежно порождает вопрос об их достоверности, т.е. о “качестве мер качества”. Весьма привлекательными, с точки зрения простоты вычислений, являются такие меры качества как сегментное отношение сигнал-шум (Segmental Signal to Noise Ratio – SSNR) и лог-спектральные искажения (Log-Spectral Distortion – LSD). Однако, несмотря на свою простоту, эти меры обладают рядом особенностей, недостаточно освещенных в литературе.

Известно лишь, что поведение данных мер может быть неадекватным при фильтрации сигналов. Между тем, при передаче речи и музыки по каналам связи, сигналы практически всегда подвергаются фильтрации, направленной, например, на ограничение полосы частот, коррекцию передаточной характеристики канала и т.п. Поэтому предпринятые в данной работе исследования, направленные на восполнение указанного пробела, представляются актуальными. Для определенности, рассмотрена задача оценивания качества сигналов, ограниченных по полосе частот. Показано, что такой недостаток меры SSNR как повышенная чувствительность к ошибке выравнивания по времени тестируемого и эталонного сигналов может быть в известной степени компенсирован путем интерполяции сигналов, т.е. путем виртуального повышения частоты дискретизации в (2...4) раза. Показано также, что если тестируемый сигнал является откликом нерекурсивного фильтра, необходимым условием достоверности оценок SSNR является четкость порядка такого фильтра. Кроме того, показано, что мера LSD обладает повышенной чувствительностью как к форме спектра сигнала, так и к форме частотной характеристики низкочастотных фильтров, ограничивающих полосу частот. Указано, что к аномальному поведению оценок LSD может приводить нормализация по дисперсии сопоставляемых сигналов. Предложено модифицировать оценку LSD для повышения ее статистической устойчивости.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ КОНСТАНТ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ МАГНИТОСТРИКЦИИ К.Б.ВЛАСОВА

О.Н.Петрищев, М.И.Романюк

*Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского”*

Рассматриваются начальные фрагменты уравнений К.Б.Власова физического состояния деформируемых и поляризуемых магнитным полем ферромагнитных (магнитоотрицательных) материалов. Эти, укороченные по сравнению с общими формулировками К.Б. Власова, уравнения физического состояния (обобщенный закон Гука и закон магнитной поляризации для сред с магнитоотрицательными эффектами) линеаризуются путем включения в них достаточного сильного, постоянного магнитного поля. Линеаризованные уравнения физического состояния механически деформируемых ферромагнетиков имеют ту же самую конструкцию, что и хорошо известные уравнения физического состояния пьезоэлектрических материалов. В состав линеаризованных уравнений физического состояния ферромагнитных (магнитоотрицательных) материалов входят следующие материальные константы: модули упругости размагниченного ферромагнетика, магнитоотрицательные константы с размерностью генри, деленный на метр и магнитные проницаемости (компоненты тензора второго ранга), которые из термодинамических соображений определяются в условиях постоянства (равенства нулю) упругих деформаций в объеме ферромагнитного образца. Сразу необходимо отметить, что в

реальном эксперименте невозможно обеспечить равенство нулю упругих деформаций, но легко и просто реализуются условия постоянства и равенства нулю упругих напряжений. Определенные в этом режиме магнитные проницаемости связаны простыми линейными соотношениями с проницаемостями, которые должны определяться при равенстве нулю упругих деформаций. Для поликристаллических и размагниченных, т.е. изотропных по своим физическим свойствам, ферромагнетиков модули упругости и магнитострикционные константы являются элементами матриц изотропных тензоров четвертого ранга, т. е. определяются двумя линейно независимыми константами. В основу экспериментальной методики определения этих четырех материальных констант (два модуля упругости и две магнитострикционные константы) положено измерение частотно зависимого значения коэффициента самоиндукции (индуктивности) электрического контура со свободным, т.е. не заземленным витками намагничивающей обмотки, сердечником из ферромагнитного материала. В реализованных на сегодняшний день экспериментах использовался магнитострикционный феррит, из которого изготавливалось плоское кольцо (шайба). При одновременной подаче в намагничивающую обмотку постоянного и переменного электрических токов в свободном сердечнике возникают упругие планарные радиальные материальных частиц, которые формируют на различных частотах магнитомеханические резонансы и антирезонансы. При этом числовые значения индуктивности (меры энергоемкости электрического контура) претерпевают значительные и легко измеряемые изменения. Экспериментально зафиксировав две пары частот магнитомеханических резонансов и антирезонансов, получаем принципиально реализуемую возможность определения путем пересчета числовых значений четырех материальных констант ферромагнитного (магнитострикционного) материала. Естественно, что выполнение этой процедуры предполагает наличие математической модели, т.е. аналитического выражения для расчета коэффициента самоиндукции электрического контура с механически свободным ферромагнитным сердечником.

***IN SILICO* ПОДАВЛЕНИЕ ШУМОВ В ОПТОАКУСТИЧЕСКОМ СИГНАЛЕ**

А.Г.Рудницкий, М.А.Рудницкая, Л.В.Ткаченко

Институт гидромеханики НАН Украины, Киев

Оптоакустическая томография является достаточно новой областью лазерно-ультразвукового метода диагностики объектов, поглощающих оптическое излучение. Поскольку оптико-акустический (ОА) сигнал несет в себе информацию о распределении тепловых источников в исследуемой среде (в том числе биологической), по нему можно судить о поглощающих в этой среде неоднородностях. Успех решения такой обратной задачи в значительной степени зависит от качества зарегистрированных на поверхности объекта сигналов. Одним из элементов такой предварительной обработки является подавление ОА шумов. Трехмерная природа ОА сигналов и большое разнообразие их статистических характеристик диктует

достаточно строгие требования к применяемым для этого фильтрам. В настоящей работе представлены результаты сравнения разработанных авторами пяти трехмерных фильтров (усредняющий, медианный, винеровский, модифицированный медианный и итерационный усекающий) для различных видов шумов и их смесей. Эффективность этих фильтров проверялась с использованием таких мер, как отношение сигнал/шум, пиковое отношение сигнал/шум, среднеквадратичное отклонение и индекс структурного подобия. Результат *in silico* моделирования на трехмерном Shep-Logan фантоме показал, что наиболее эффективными являются модифицированный медианный и итерационный усекающий фильтры.

О ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ ПЛОСКИХ СИСТЕМ, ОБРАЗОВАННЫХ ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ВНУТРЕННИМИ ЭКРАНАМ

Святненко А.О.

*Государственное предприятие
“Киевский научно-исследовательский институт гидроприборов”, Киев*

Рассмотрена задача об излучении звука плоской системой, образованной из конечного числа цилиндрических преобразователей с внутренними экранами. Преобразователи представляют собой пьезокерамические оболочки с радиальной поляризацией, внутренние полости которых заполнены жидкостью. Кроме того, в каждой из этих полостей размещен акустически мягкий экран в виде кругового цилиндра. Продольные оси оболочек и экранов параллельны и сдвинуты относительно друг друга на некоторое расстояние. Аналитические соотношения описывающие физические поля такой системы, получены путем совместного решения системы дифференциальных уравнений, представляющих волновые процессы в окружающих преобразователи средах, электромеханические колебания пьезокерамических оболочек с радиальной поляризацией и их электрическое состояние. Решение задачи излучения выполнено методом связанных полей в многосвязных областях и сведено к решению бесконечных систем линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов расположений в ряды Фурье механических и акустических полей. В качестве примера применения полученных соотношений для системы, образованной из двух излучателей, рассчитаны и приведены частотные зависимости амплитуд и фаз колебательной скорости и акустического давления на поверхности излучателей и электрического тока во внешней цепи излучателей полного и его динамической и емкостной составляющих. Показано, что идея, предложенная В.Т.Гринченко, И.В.Вовком и В.Т.Мацьпурой по использованию несимметричности расположения внутреннего экрана в цилиндрических излучателях имеет возможности очень перспективной для построения технических устройств гидроакустики.

ДВИГАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА КАК ОБЪЕМНЫЙ ИСТОЧНИК АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЕРВЫЕ СЕКУНДЫ ПОЛЕТА РКН

Г.И.Сокол, В.Ю.Котлов

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

При старте РКН в атмосфере возникают разнообразные по характеру излучения акустические поля. Поэтому необходимо выявить особенности и определить направления исследований акустического излучения при старте РКН на основе существующих представлений о генерировании и распространении звуковых волн. Они связаны с типом излучателей акустических колебаний. Поэтому необходимо определиться с тем, какие типы акустических источников появляются при старте. Решение этой проблемы возможно, если детально рассмотреть работающие агрегаты во время старта ракеты с точки зрения возможности генерирования акустических излучений. А также учесть местонахождение старта ракеты на Земле, рельеф местности в месте старта, характер метеорологических условий. При изучении поля акустических излучателей учитывается важный фактор, который представляет собой это соотношение между радиусом излучателя и длиной волны звука. Этот фактор определяет тип акустического излучения: низкочастотное или высокочастотное. Звуковое давление в определенной точке акустического поля, окружающего ракету, может быть рассчитано на основе этих теоретических положений. Струя двигательной установки (ДУ) ракеты может быть аппроксимирована излучателем аэрогидромеханического шума. При изучении природы аэрогидромеханического шума существенны источники звука двух типов: монополь и диполь. Монополь рассматривается как точечный источник пульсирующего массового расхода, а диполь можно рассматривать как два очень близко расположенных друг к другу монополя, находящихся в противофазе. Руководствуясь известными соотношениями в акустике для расчета акустической мощности излучателя объемного типа, получены зависимости звукового давления от частоты на заданных температурных уровнях и рассчитаны уровни звукового давления в акустическом поле, окружающем ракету в первые секунды полета. Составлены алгоритм и программа. Программа состоит из двух циклов, вложенных друг в друга, написана на языке JAVA. В алгоритм программы для расчета характеристик инфразвука в зависимости от среднегодовых температур окружающей среды снесен интервал колебаний частот от 31.5 до 8000 Гц. На основе проведенных расчетов были получены зависимости звукового давления от частоты на заданных температурных уровнях. Данные расчетов представлены в виде таблиц. Из данных таблиц следует, что имеется установившееся значение уровня звукового давления (150...155) дБ на частоте ~ 250 Гц. Звуковое давление возрастает на частотах ниже 250 Гц. Подобные результаты можно наблюдать для всех заданных температур. Так же стоит отметить, что изменения температуры (от -32 до +42°С) оказывают незначительное влияние на значение уровня звукового давления.

О ВЗАИМОСВЯЗИ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК РАКЕТ С АКУСТИЧЕСКИМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ В АТМОСФЕРЕ

Г.И.Сокол, Е.С.Мироненко

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

В течение последних десятилетий резко возросло количество источников инфразвуковых колебаний. Публикации свидетельствуют о том, что источниками инфразвука в атмосфере являются и колебания при запусках ракет. Частое неблагоприятное воздействие инфразвука вполне доказано. Инфразвук вызывает нервное перенапряжение, недомогание, головокружение, изменение деятельности внутренних органов, нервной и сердечно-сосудистой систем. Исследование проблемы излучения инфразвуковых волн при работе двигательной установки (ДУ) летательных аппаратов во время первых секунд работы начато не случайно. В ряде научно-исследовательских работ показано, что при работе ДУ в импульсном режиме наибольшую величину амплитуды в общем спектре шума имеют гармоники низких частот. Ранее в литературе проведены измерения характеристик акустического поля, генерируемого при работе на месте пульсирующей камеры. Акустическое поле возбуждалось периодически следующими струями. Приведены результаты расчета величины звукового давления в первой гармонике шума в окружающей воздушной среде в дальнем акустическом поле. Актуальным становится расчет характеристик звукового поля, возникающего в среде при работе двигателей (амплитуд и частот спектра шума) при запусках ракетных двигателей большой мощности. Расчет необходимо проводить на стадии эскизного проектирования при выдаче рекомендаций для уменьшения акустического воздействия на организмы космонавтов и обслуживающего персонала космодромов. В процессе работы ракетных двигателей в переходном режиме (то есть в первые секунды запуска двигательной установки (ДУ)), возникает периодическое возмущение среды в результате действия потоков газов, обусловленных истечением сгоревших компонентов топлива. Это ведет к возникновению звукового поля. Звуковые волны, возбужденные вблизи сопел, распространяются далее в атмосфере. Для решения поставленной задачи, а, точнее, для определения уровня звукового давления в (4.1...8) с. Полета ракет космического назначения, была разработана методика расчета шума их ДУ, с учетом изменяющихся параметров. То есть в зависимости от удаления от источника акустического возмущения (ракеты), угла характеристики направленности, времени, номера гармоники, частоты, а также изменяющейся скорости звука, на языке программирования Fortran. Проанализировав данные проведенных расчетов, можно сделать следующие выводы: шум ДУ, то есть амплитуды составляющих спектра шума ДУ зависит от пары компонентов топлива, их расхода, коэффициентов соотношения компонентов, качества рабочего процесса в камере сгорания и ее конструктивных данных, скорости истечения продуктов сгорания на срезе сопла.

ИСТОЧНИКИ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ СТАРТЕ РАКЕТЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Г.И.Сокол¹, В.П.Фролов²

¹ *Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара*

² *Государственное предприятие
"Конструкторское бюро "Южное" имени М.К.Янгеля"*

Объектом данного исследования являются источники акустического излучения при старте ракеты космического назначения (РКН). Целью научной работы стало создание научных основ современных методов исследования акустических источников излучения, а также разработка методик расчетов акустических характеристик при старте РКН в первые секунды полета. Основные задачи, на решение которых направлена данная научная работа: создание научных основ исследований по направлениям, связанным с определением типа акустических излучений при старте РКН, разработка физических моделей акустических полей в зависимости от типа акустических источников излучения и математических методик расчета характеристик акустических полей. Методы исследований – математическое моделирование акустических полей в рамках линейной акустики; математические методы исследований акустических шумов, основанные на рядах Фурье, применение для расчетов акустических характеристик программных сред: JAVA, Fortran, MathCad. В результате проведения работ получены следующие результаты. Разработана общая методология исследований акустических излучений во время полета ракеты космического назначения в первые 8 секунд полета РКН. Рассмотрен вид источников акустических колебаний и их акустические поля. Предложены модели для расчета акустических характеристик. Предложены методики расчета шума двигательной установки (ДУ), позволяющие определить звуковое давление в окружающей среде. В первые (0...4.1) секунды полета предложено моделирование акустического поля от ДУ РКН как объемного источника излучения. При этом следует опираться на значение граничной частоты $f_{гр} = 225$ Гц, которая разделяет два вида акустического поля: $f_{гр} < 225$ Гц – фронт акустической волны сферического типа, $f_{гр} > 225$ Гц – фронт акустической волны плоского типа. Для всех частот акустического излучения объемным излучателем, больших 225 Гц, акустическое излучение распространяется вдоль струи. Значение граничной частоты определено для РКН определенного типа с диаметром сопла ДУ 1.51 м. После старта РКН, начиная с 4.1 секунды полета, предложено моделировать акустическое излучение от ДУ с представлением поля на основе потенциала Лэмба. Разработана методика расчета. На основе известных полуэмпирических соотношений рассчитан уровень шума, возникающий в окружающей среде от струи ДУ. Показано, что модель полуэмпирических соотношений не дает представления о характере акустического поля вокруг струи и носит качественный характер. Проведен расчет акустической мощности струи с учетом скорости движения газов. Рассмотрено излучение акустических волн из отверстия газохода. Моделирование акустического излучения на участке полета ракеты (0...1.5) секунды требует уточнения из-за того, что струя полностью или частично заглублена во внутреннюю полость газохода.

ФОРМУВАННЯ АВТОКОЛИВАНЬ ПОТОКОМ РІДИНИ У ЦИЛІНДРИЧНОМУ КАНАЛІ ЗІ СТЕНОЗАМИ

Я.П.Троценко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Течія рідини (газу) в нерегулярних каналах широко зустрічається як в природі, так і в технічних приладах: судини кровоносної системи людини, бронхіальні дерева, труби для транспортування технічних середовищ, вентиляційні системи тощо. Нерідко виникають випадки, коли потік, зустрічаючи на своєму шляху перешкоди (нерегулярності), починає генерувати акустичні коливання, тобто частина його енергії перетворюється у звукову. Проблема генерування тональних звуків потоком в нерегулярних каналах є складною при вивченні її як в експериментальному так і теоретичному плані. У зв'язку з цим, на даний момент ще не достатньо кількісних даних про зв'язки рівнів і характеру шумів, що виникають у каналах такого типу, із геометричними та фізичними характеристиками відповідних каналів. У даній роботі досліджуються особливості потоку рідини у напівнескінченному циліндричному каналі з двома послідовно розташованими стенозами (різкими звуженнями поперечного перетину). Вважається, що стінки каналу та стенозів нерухомі й абсолютно жорсткі. Приймаються наступні гіпотези: потужність акустичних коливань є значно меншою за потужність потоку, і породжений звук не впливає на його характер. Задача розв'язується в межах моделі в'язкої нестисливої рідини. В межах прийнятої моделі процес описується системою нестационарних рівнянь Нав'є – Стокса. Проводиться чисельне розв'язання за методом скінченних об'ємів з використанням бібліотек тулбоксу з відкритим кодом OpenFOAM.

КІНЕМАТИКА КРАЙОВОГО РЕЗОНАНСУ ПРЯМОКУТНИХ ПЛАСТИН

І.А.Улітко, І.О.Горошко, В.М.Нікітенко,
В.О.Андрущенко, Н.П.Пучко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У доповіді приводяться результати експериментальних досліджень і чисельного моделювання засобами ANSYS частотного спектра і форм коливань п'єзоелектричних і пружних прямокутних пластин. Наведена оцінка відповідності теоретичних і експериментальних даних, як по резонансним частотам, так і за положенням вузлових ліній. Досліджувалися п'єзопластини наступних розмірів: прямокутні пластини $80 \times 28 \times 6$ мм, $45 \times 21 \times 2.8$ мм і пластина призматичної форми $100 \times 20 \times (10 \times 8)$ мм. За методом Хладні отримані якісні картини вузлових ліній, однак для з'ясування характерних напрямів руху частинок піску був проведений експеримент для порівняно великої пластини, виготовленої з високочастотного алюмінієвого сплаву типу Д16Т з розмірами $300 \times 100 \times 10$ мм. Для збудження крайових резонансів на торці цього пасивного резонатора були наклеєні п'єзокерамічні пластинки розміром $100 \times 10 \times 2$ мм. Саме на цій пластині вдалося візуалізувати не тільки форму вузлових ліній, але і в режимі відеофільму визначити напрям руху частинок піску і їх траєкторію. Зауважимо, що ця траєкторія має доволі складний вигляд. Це дуже важливо знати при проектуванні перспективних сенсорів і актуаторів на краєвих модах. Досліджувалося питання про ефективність збудження крайової моди при суцільних електродах і товщинній поляризації. Коефіцієнт електромеханічного зв'язку можна значно збільшити за рахунок розрізних електродів і їх переполосовки. Розглядається питання зв'язаності двох мод коливань і рознесення парціальних частот.

“КОНСОНАНС-2017”
АКУСТИЧНИЙ СИМПОЗИУМ
ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Надруковано в Інституті гідромеханіки НАН України
Наклад 100 примірників
Підписано до друку 25.09.2017

“КОНСОНАНС-2017”
АКУСТИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Напечатано в Институте гидромеханики НАН Украины
Тираж 100 экземпляров
Подписано к печати 25.09.2017