

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДП «АНТОНОВ»

МАТЕРІАЛИ
X МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
„АВІА-2011”

19-21 квітня

Том 1

Київ 2011

РОБОЧИЙ ОРГКОМІТЕТ

Голова

оргкомітету

Куляк М.С.

ректор Національного авіаційного університету

Заступник голови

Харченко В.П.

проректор університету з наукової роботи

Члени

оргкомітету:

Азарсков В.М.

в.о. директора Інституту аерокосмічних систем управління

Васильєв В.М.

директор Інституту аеронавігації

Гудманян А.Г.

директор Гуманітарного інституту

Запорожець О.І.

в.о. директора Інституту екологічної безпеки

Литвиненко О.Є.

декан факультету комп'ютерних систем

Матвеев В.В.

директор Інституту економіки та менеджменту

Сопілко І.М.

директор Юридичного інституту

Суслова Г.А.

заступник директора інституту ІСАО

Сидоров М.О.

декан факультету комп'ютерних наук

Фоменко А.М.

директор Інституту міжнародних відносин

Філоненко С.Ф.

директор Інституту інформаційно-діагностичних систем

Чемакіна О.В.

в.о. директора Інституту аеропортів

Шмаров В.М.

директор Аерокосмічного інституту

Юдін О.К.

директор Інституту новітніх технологій

Секретаріат конференції

Голова

секретаріату

Зайцев Ю.В.

начальник відділу НТІ та ІВ

Члени

секретаріату:

Газдок Р.В.

співробітник відділу НТІ та ІВ

Шепель О.Ю.

співробітник відділу НТІ та ІВ

Рибалко О.Л.

співробітник відділу НТІ та ІВ

Льченко В.М.

Помічник проректора з наукової роботи

Корбут Л.А.

Начальник відділу науково-методичного
забезпечення діяльності

Шевченко О.Р.

начальник відділу міжнародних зв'язків

За науковий зміст викладеного матеріалу відповідають автори.

ЗМІСТ

Секція 1. Вимірювання, контроль, діагностика

А.И. Бондаренко, А.А. Прачев, Е.В. Монченко, Е.Д. Близнюк, А.В. Дергунов ОЦЕНКА СВОЙСТВ СУХОГО АКУСТИЧЕСКОГО КОНТАКТА В НИЗКОЧАСТОТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	1.1
В.М. Троць, О.В. Дергунов, Ю.В. Куц, С.В. Чубинський МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ СИГНАЛІВ У ДОПЛЕРІВСЬКОМУ УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ВИМІРЮВАЧІ ШВИДКОСТІ КРОВОТОКУ	1.5
Ю.В. Куц, С.В. Шенгур, Ю.В. Гусев СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ТА СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ КУТОВИХ ДАНИХ	1.9
С.Ф. Філюненко, О.П. Космач ВІПЛИВ ЧАСУ УСЕРЕДНЕННЯ НА ПАРАМЕТРИ РЕЗУЛЬТУЮЧОГО СИГНАЛУ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИ ТЕРТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	1.15
В.Н. Стадниченко, А.П. Стахова АКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕБОВОСТАНАВЛИВАЮЩИХ СОСТАВОВ	1.19
С.Ф. Філюненко, Т.В. Німченко ПАРАМЕТРИ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИ РУЙНУВАННІ ЗРАЗКІВ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	1.23
М.Б. Гумен, О.А. Батіна, Т.Ф. Гумен СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ	1.27
Д.А. Нестерук ТЕПЛОВОЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ВОДЫ В СОТОВЫХ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ	1.31
К.Ю. Безьямянная ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ РЕЗИНОПОДОБНЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ	1.35
А.И. Урбах, М.Д. Банов, С.М. Дорошко, Е.Н. Гарбуз, Ю.В. Фещук ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ПЛАВЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛЕГКОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ	1.39
И.М. Исмаилов, Н.В. Годжаева ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА	1.43
И.В. Линчевский ДАТЧИК МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА АВТОГЕНЕРАТОРЕ С МАГНИТООПТИЧЕСКИМ КРИСТАЛЛОМ	1.47
О.Ф. Закревський (НТУУ «КПІ», Україна) ВІПЛИВ СКІНЧЕННОСТІ ГАБАРИТІВ НА ЯКІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЇ ВИХРОСТРУМОВИМ МЕТОДОМ (ЕКСПЕРИМЕНТ)	1.51
А.Р. Корсунов ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ЛЕТНОГО СОСТАВА	1.55
В.С. Єременко, Є.Ф. Суслєв, П.А. Щегедін СИСТЕМА РЕЄСТРАЦІЇ СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ NI SOMRASTRIO	1.59
А.А. Рижкова, Д.О. Харламов, М.В. Гладішевський, О.В. Радько, Н.А. Медведєва КОНТРОЛЬ ЛОПАТОК-ТУРБІН І ІНШИХ ДЕТАЛЕЙ ЛІТАКІВ ДЕФЕКТΟΣКОПОМ УДЗ-71	1.63

*А.И. Бондаренко, А.А. Прачев, Е.В. Монченко, Е.Д. Близнюк, А.В. Дергунов
(Национальный авиационный университет, Украина)*

ОЦЕНКА СВОЙСТВ СУХОГО АКУСТИЧЕСКОГО КОНТАКТА В НИЗКОЧАСТОТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Выполнена оценка свойств сухого акустического контакта при контроле многослойных конструкций методами низкочастотной дефектоскопии. Получены зависимости разделения давления в зоне контакта при различном значении радиуса сферы контактного наконечника преобразователя.

В современной акустической дефектоскопии широкое применение находят низкочастотные методы неразрушающего контроля (НК), основанные на применении упругих колебаний низких звуковых и ультразвуковых частот (до 100... 150 кГц). Основной особенностью низкочастотных методов является сухой акустический контакт преобразователя с изделием. Сухой акустический контакт представляет собой соединение поверхности электроакустического преобразователя с объектом контроля, обеспечивающее передачу акустической энергии между ними без дополнительных смачивающих материалов [1]. Надежная передача акустической энергии при сухом контакте обеспечивается за счет усилия прижима рабочей поверхности преобразователя к поверхности объекта контроля путем приложения постоянной статической силы.

Сухой акустический контакт в низкочастотной дефектоскопии впервые получил распространение в связи с необходимостью решения задач по обнаружению несплошностей (дефектов соединения и расслоения между элементами) в клеевых, паяных, и других многослойных конструкциях, выполненных из различных металлических и неметаллических материалов (слоистые пластики, сотовые панели, лопасти вертолетов, соединения обшивок с элементами жесткости, другие изделия авиакосмической техники) [2]. При контроле таких многослойных конструкций используют сухой точечный контакт (СТК), который осуществляется в основном через выпуклую поверхность преобразователя, имеющего двойную кривизну [1].

На основе сухого точечного контакта для контроля многослойных конструкций разработано ряд низкочастотных методов акустической дефектоскопии, к которым можно отнести: импедансный, велосиметрический, акустико-топографический и другие акустические методы. Теоретические основы физических принципов и прикладные аспекты различных низкочастотных методов дефектоскопии многослойных конструкций с СТК, их практическое воплощение в разных типах дефектоскопических приборов, отличающихся применяемыми преобразователями, характером излучения и способами обработки сигналов, обобщены в монографии [3].

Для контроля многослойных конструкций в основном используется импедансный метод, основанный на возбуждении в объектах контроля изгибных упругих волн звуковых (реже низких ультразвуковых) частот и регистрации изменений механических импедансов, обусловленных дефектами соединений между слоями контролируемой конструкции [3]. В данном случае механический импеданс является параметром контролируемой многослойной конструкции [2]. Импедансный метод с сухим точечным контактом позволяет контролировать многослойные конструкции в различных сочетаниях материалов, отличающиеся по своим физико-механическим свойствам [2]. Метод в основном использует совмещенный стержневой преобразователь, в корпусе которого располагаются излучающий и приемный пьезоэлементы. При контроле осуществляется перемещение преобразователя по поверхности многослойной конструкции. Прижим контактного наконечника преобразователя производится с помощью статической постоянной силы F_0 . Постоянная сила F_0 должна обеспечить надежную передачу акустической энергии как при возбуждении

колебаний в объекте контроля, так и при приеме колебаний, отраженных от несплошностей.

При анализе свойств сухого акустического контакта в процессе контроля многослойных конструкций будем рассматривать наиболее распространенный импедансный метод дефектоскопии с использованием совмещенных преобразователей, содержащих разделенные волноводом излучающий и приемный пьезоэлементы [2]. Излучающий элемент возбуждает гармонические упругие колебания, которые через сухой точечный контакт преобразуются в гармонические изгибные колебания контролируемой конструкции. Преобразователь контактирует с контролируемой конструкцией через износостойкий контактный наконечник с выпуклой сферической или конической с острым концом рабочей поверхностью [3]. На рис. 1. приведены виды контактов преобразователей с поверхностью многослойной конструкции.

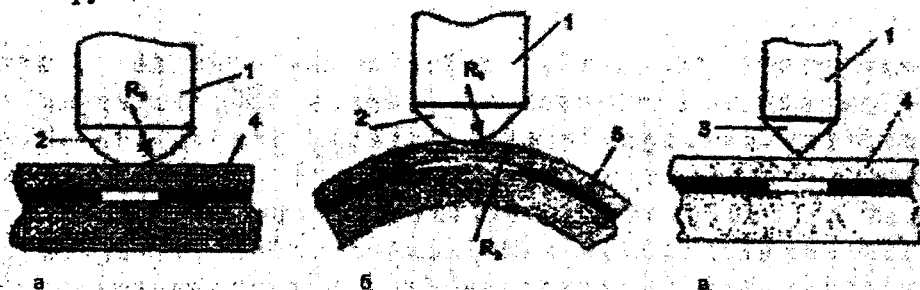


Рис. 1 Виды контакта при контроле многослойной конструкции:

1- преобразователь; 2 – контактный наконечник со сферической рабочей поверхностью; 3- контактный наконечник с острым концом; 4 – плоское контролируемое изделие; 5- контролируемое изделие в форме цилиндра; R_1 – радиус контактного наконечника; R_2 – радиус изделия в форме цилиндра

Рабочая зона поверхности контактного наконечника, которая контактирует с поверхностью изделия, должна быть во много раз меньше длины низкочастотной ультразвуковой волны в материале объекта контроля. Достигаются такие малые размеры контактной зоны при контроле многослойных конструкций за счет использования сферической выпуклой поверхности преобразователя, радиус кривизны которого составляет порядка $R=3...25$ мм. Площадь зоны контакта при этом соответствует долям квадратного миллиметра. Зона контакта сферического наконечника с контролируемой многослойной конструкцией зависит от формы последней. При контакте сферического наконечника с плоским изделием или в виде сферы (рис. 1, а) зона контакта ограничена окружностью, а при контакте с образующей цилиндра (рис. 1, б) - эллипсом.

При контроле многослойных конструкций с сухим точечным контактом необходимым условием является прижим преобразователя к поверхности конструкции с помощью постоянной статической силы. Известно, что если постоянная сила прикладывается к какому-либо упругому или твердому телу через посредство некоторого другого упругого или твердого тела, то подобная задача в большинстве случаев является контактной задачей теории упругости [4]. Впервые положения контактной задачи теории упругости были использованы в неразрушающем контроле связи с развитием методов низкочастотной дефектоскопии на основе сухого точечного контактного наконечника преобразователя со сферической контактной поверхностью при его прижатии поверхности многослойной конструкции постоянной сосредоточенной силой F_0 и связаны исследованием явления контактной гибкости зоны контакта [3].

Оценим свойства сухого точечного акустического контакта преобразователя с сферической формой контактного наконечника с плоской поверхностью многослойной конструкции с позиций контактной задачи теории упругости (рис.1,а). Для этого воспользуемся результатами теории, полученными в предположении чисто упругих деформаций двух контактирующих тел радиусами R_1 и R_2 с идеально гладкими сферическими поверхностями, которые приведены в работе [3]. Зона контакта двух тел обычно характеризуется величиной радиуса a круговой поверхности контакта и величиной сближения тел.

При оценке свойств сухого точечного контакта сферического наконечника преобразователя с плоской поверхностью многослойной конструкции будем также считать контактирующие поверхности идеально гладкими. В этом случае выражение для определения радиуса a круговой поверхности контакта имеет вид:

$$a = \sqrt[3]{F_0 D R_1}, \quad (1)$$

а выражение для определения величины сближения α преобразователя и многослойной конструкции будет иметь вид

$$\alpha = \sqrt[3]{F_0^2 D^2 / R_1}, \quad (2)$$

где D - коэффициент, учитывающий коэффициенты Пуассона и модули упругости Юнга первого и второго тел; R_1 - радиус контактного наконечника. Наибольшее давление q_0 в центре круговой площадки контакта преобразователя с многослойной конструкцией можно определить, по выражению:

$$q_0 = (3F_0/2\pi) \sqrt[3]{F_0 / D R_1}. \quad (3)$$

Рассмотрим как будет изменяться распределение давлений по круговой поверхности контакта наконечника преобразователя и плоской многослойной конструкции для разных радиусов сферы наконечника и постоянном значении силы F_0 .

В соответствии с выражением (1) радиус a круговой поверхности давления при известных механических постоянных контактного наконечника и многослойной конструкции и заданной силы будет зависеть от радиуса сферы контактного наконечника. Будем рассматривать распределение давления вдоль прямолинейных участков $-a_1 < x < a_1$ и $-a_2 < x < a_2$ оси Ox . Эти участки (рис. 2) отражают области контакта между сжатыми контактными наконечником и поверхностью многослойной конструкции при условии, что $R_1 > R_2$.

При этом будем считать, что сухой контакт сжатых поверхностей осуществляется вдоль отрезка оси Ox , представляющего собой одну непрерывную линию. Начало координат участков $-a_1 < x < a_1$ и $-a_2 < x < a_2$ расположено по середине их зон контакта, т.е. в точке приложения усилия на поверхности многослойной конструкции. В зоне контакта наконечнику радиуса R_1 с многослойной конструкцией под действием силы F_0 соответствует окружность радиуса a_1 а контактному наконечнику радиуса R_2 - окружность радиуса a_2 .

Покажем, каким образом связаны между собой сосредоточенная сила F_0 прижатия контактного наконечника преобразователя к поверхности многослойной конструкции и уравниваемое ее действие давления $q(z)$ в зонах контакта, представляющие собой прямолинейные участки вдоль оси Ox с радиусами a_1 и a_2 (рис.2).

Для оценки распределения напряжений на поверхности многослойных конструкций внутри кругового контура давления воспользуемся выражением вида:

$$q(z) = (3F_0/2\pi a^2) \sqrt[3]{1 - x^2/a^2}. \quad (4)$$

Примем, что для радиуса R_1 сферы контактного наконечника и при постоянном значении силы $F_0 = 10H$, радиус окружности зоны контакта $a_1 = 0,2$ мм (рис.2,а).

Площадь зоны контакта будет составлять десятые доли миллиметра. В зоне контакта под давлением силы F_0 в соответствии с формулой (4) распределение давления $q(z)$ будет иметь вид, приведенный на рис. 3 (кривая 1).

Для контактного наконечника преобразователя радиуса R_2 (рис. 2,б) примем радиус контактной зоны $a_2 = 0,1$ мм.

Площадь контактной зоны при этом будет составлять сотые доли миллиметра.

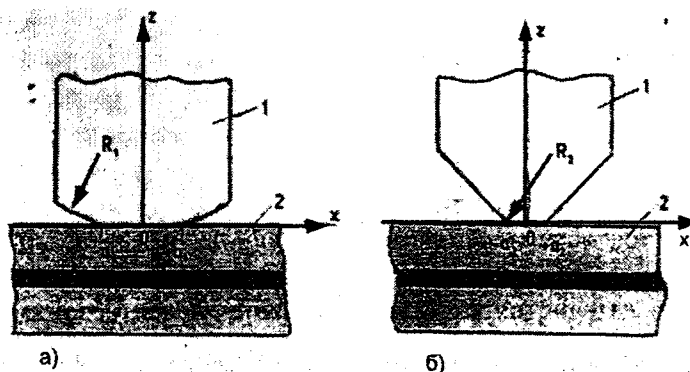


Рис. 2 Область контакта между преобразователем радиусами R_1 (а) и R_2 (б) с многослойной конструкцией

Распределение давления $q(z)$ в зоне контакта будет иметь вид, приведенный на рис. 3 (кривая 2). Графики распределения давления (рис.3) показывают, что с уменьшением радиуса контактного наконечника преобразователя в два раза напряжения в зоне контакта возрастают в четыре раза при одном и том же значении сосредоточенной силы F_0 , которое выбирается в пределах $F_0 = 3...10H$.

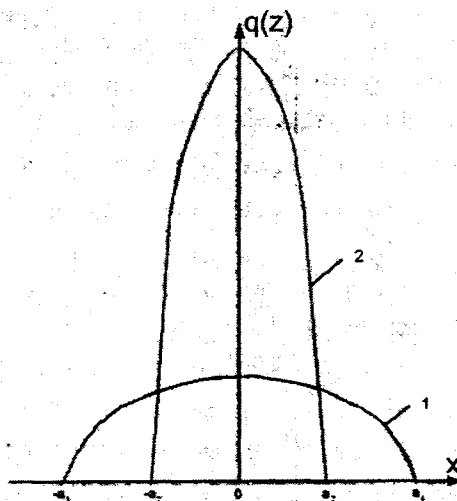


Рис.3 Распределение давления в контактной зоне в зависимости от ее радиуса

Из формулы (4) видно, что даже при небольших значениях F_0 максимальное контактное напряжение σ_{\max} в центре области контакта будет равно $q(z) = \sigma_{\max} = 3F_0 / 2\pi a^2$ и в некоторых случаях может превышать пределы пропорциональности материалов контактирующих тел. В данном случае σ_{\max} превышает среднее значение напряжения $\sigma_{cp} = F_0 / \pi a^2$ в полтора раза. Однако большие напряжения действуют лишь в малых по площади областях, прилегающих к зоне соприкосновения контактирующих тел.

Список литературы

1. ГОСТ 23829-85. Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 15 с.
2. В.В.Клюев, Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник /В.В.Клюев, Ф.Р.Соснин, В.Н.Филинов и др.; Под ред. В.В.Клюева. - М.: Машиностроение, 1995. - 488 с.
3. Ланге Ю.В. Акустический импедансный метод неразрушающего контроля многослойных конструкций. Состояние и перспективы развития //Приборы и системы управления. - 1988. - № 5. - с. 16-18.
4. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости. - М.: Наука 1980.-304 с.