

Бакнин М.Д., Коваленко А.О.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: m.baknin@yandex.ru*

Программная фильтрация при интерпретации георадарограмм

При интерпретации георадарных профилей возникают ситуации, при которых невозможно адекватно оценить полезный сигнал на фоне шума, отражений и переотражений. И в следствии достоверно интерпретировать профиль. Для решения этой проблемы прибегают к программной фильтрации.

В качестве примера можно привести следующие профили, рисунок 1 до фильтрации и рисунок 2 после фильтрации. Из рисунка 1 видно, что отчетливо не просматривается никаких подземных коммуникаций в грунте.

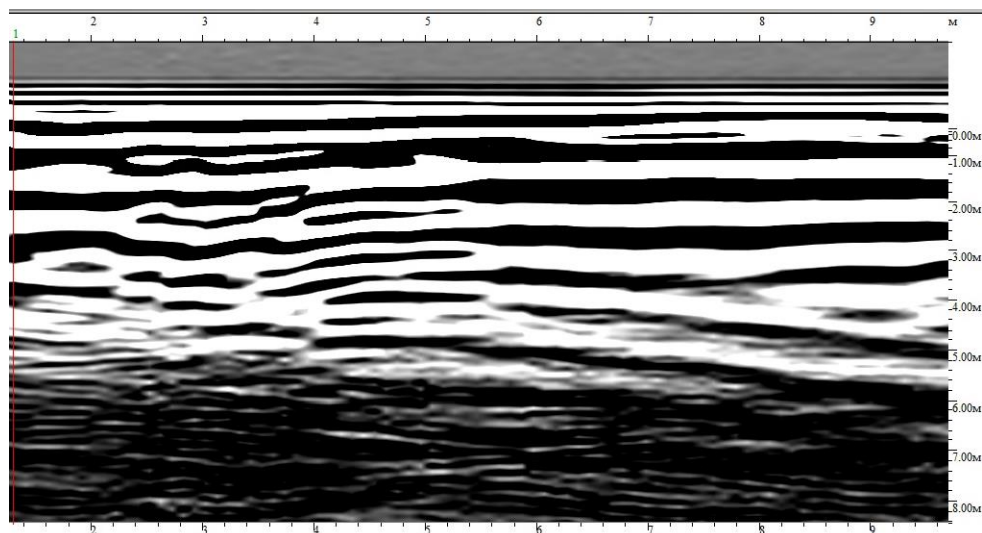


Рис.1. Георадарограмма до фильтрации

После фильтрации отчетливо выявляется обводненная часть грунта, начиная с 3 метров и достигая 8 метров. Кроме этого, так же более четко просматривается отражение от предполагаемой подземной коммуникации на 3-6 метрах интерпретируемого профиля.

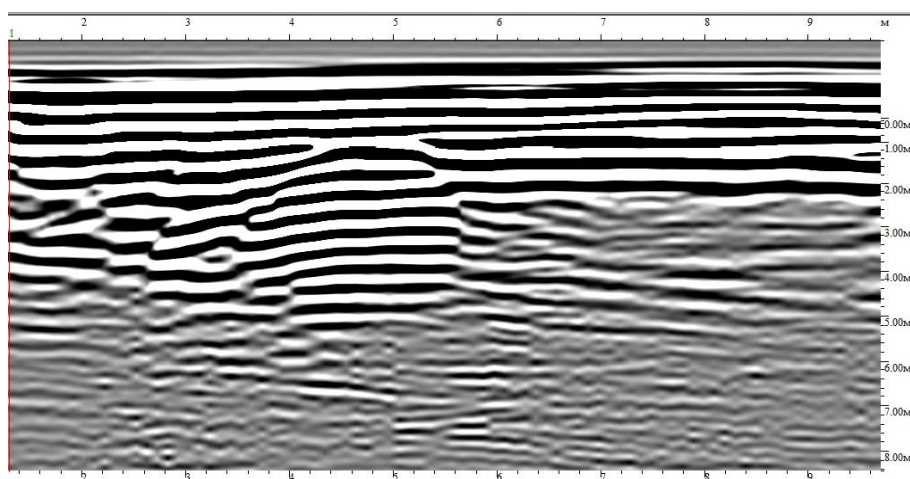


Рис.2. Георадарограмма после фильтрации

Таким образом, программная фильтрация должен применяться в комплексе с визуальным анализом регистрируемой картины с целью регистрации на георадарограммах профилях преобладание полезных сигналов и помех. Далее, с помощью прикладного программного обеспечения, выполняется спектральный анализ этих участков для более адекватной оценки интерпретации профиля [1].

Литература

1. Технические указания по применению георадиолокационного метода для диагностики земляного полотна, МПС РФ, М. 1997 г.

Ганьшина О.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru*

Неразрушающий контроль изделий из полимерных композиционных материалов

Современные технологии становятся более развитыми, в связи с чем возрастают требования к анализу качества продукции. Особую актуальность в этом вопросе по сей день имеет именно неразрушающий контроль изделий. Однако, для точного определения надёжности и качества важно ориентироваться в методиках контроля для конкретных материалов.

Не трудно заметить, как композиционные материалы находят всё большее практическое применение. Причём их использование встречается в таких отраслях, как самолётостроение, ракетостроение, судостроение и другие, вытесняя тем самым использование титановых сплавов и нержавеющей стали [2]. Это объясняется тем, что такие изделия отличаются высокой прочностью и долговечностью при минимальной массе. Это, в свою очередь, ставит высокую планку в оценке механической прочности и надёжности материала.

Композиционные материалы – это многокомпонентные материалы [4], состоящие из полимерной, металлической, углеродной, керамической или др. основы (матрицы), армированной наполнителями из волокон, нитевидных кристаллов, тонкодисперсных частиц и др. При этом, композитные материалы довольно-таки сложные для контроля из-за своей неоднородной текстуры.

Оценка качества и процесс выявления дефектов опирается на многие методы контроля, например, акустические, оптические, магнитные и другие [1]. Но тем не менее будет ошибочно утверждать, что можно использовать все методы неразрушающего контроля, так как почти все композитные материалы являются немагнитными. Из-за этого фактора из списка используемых методов неразрушающего контроля можно вычеркнуть, например, высокочастотный ультразвуковой метод. Это объясняется тем, что ультразвуковые волны начинают ослабляться и рассеиваться при работе с такими материалами, что может существенно ограничить диапазон контролируемой величины. Альтернативой могут послужить технологии теплового контроля, метод радиографии, радиоволнового или, например, рентгенотелевизионного. Для выявления внутренних макродефектов, например, расслоений, трещин, раковин можно использовать эхоимпульсный, теневой метод, метод вынужденных колебаний, свободных колебаний и др. При постановке задачи обнаружения поверхностных макродефектов деталей из композитных материалов, например, подмятий, царапин и сколов, можно использовать визуально-оптический метод, а в некоторых случаях люминесцентный метод дефектоскопии. Неровности поверхности и глубина поверхностных повреждений могут быть оценены с помощью профилометров и профилографов. Так же с помощью неразрушающего контроля есть возможность визуализировать внутреннюю структуру исследуемой зоны и обнаружить складки, отклонения угла армирования, искривления волокон в плоскости слоев и другие нарушения макроструктуры. В этом следует обратиться к методу акустической микроскопии [3].

Таким образом, в работе рассматривалась специфика неразрушающего контроля композиционных материалов и приведены основные методы неразрушающего контроля для выявления дефектов.

Литература

1. Ланге Ю.В. Акустические низкочастотные методы и средства неразрушающего контроля многослойных конструкций. Москва. Машиностроение, 1992, 272 с
2. Михеев С.В., Строганов Г.Б., Ромашин А.Г. Керамические и композиционные материалы в авиационной технике. М.: Альтекс, 2002. 276 с.
3. Троицкий В.А., Карманов М.Н., Троицкая Н.В. Неразрушающий контроль качества композиционных материалов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. — 2014
4. Электронный справочник. Химическая энциклопедия. Электронный ресурс - <http://www.chemport.ru>

Греченева А.В.
 ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
 исследовательский университет»
 Россия, 30805, г. Белгород, ул. Победы, д. 85
 Тел: (49234) 77-2-36
 E-mail: 1155464@bsu.edu.ru

Математическая модель шаблона двигательного действия на основе данных гониометрии, ЭЭГ и ЭМГ

Отклонения в электрофизиологических сигналах причастных к двигательной активности опорно-двигательного аппарата от значений нормы или среди здоровых людей при различной концентрации внимания, точности, меткости и т.д., проявляются в амплитуде, фазе, форме и других характеристиках сигналов [1, 2]. Создание единой математической модели данных шаблонов и последующая разработка адаптивных алгоритмов выделения и классификации электрофизиологических сигналов, типов движений, и заболеваний опорно-двигательного аппарата и нервной системы позволит вывести автоматизированные системы диагностики и реабилитации на новый, более эффективный уровень.

При анализе мышечной активности следует отметить, что суммарный потенциал скелетной мышцы равен алгебраической сумме потенциалов, созданных каждым нейроном, подходящим к этой мышце:

$$\Delta\varphi_{oc} = \sum_{i=1}^n \Delta\varphi_i \quad (1)$$

Таким образом, сформируем вектор, описывающий движение человека:

$$\vec{M}(t) = f\{\vec{Ib}(t), \vec{Un}(t), \vec{Fm}(t)\}, \quad (2)$$

где $\vec{M}(t) = \{\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}\}$ - вектор, описывающий положение в трехмерном пространстве кинематических точек человека; $\vec{Ib}(t) = E\{\vec{x}(t) - \vec{Mo}(t)\}$ - вектор, характеризующий картину активности моторной зоны коры головного мозга, формируемый из вектора $\vec{x}(t)$, характеризующего планируемые движения, и вектора $\vec{Mo}(t)$, характеризующего обратную связь (коррекцию) от различных рецепторов; $\vec{Un}(t) = f\{\vec{Ib}(t), \vec{N}\}$ - вектор, описывающий суммарные потенциалы $\Delta\varphi_{oc}$ каждой из мышц, описываемых вектором \vec{N} ; $\vec{Fm}(t) = f\{\vec{Un}(t), \vec{k}(t)\}$ - вектор, описывающий реакцию мышц человека в зависимости от поданных на них потенциалов и параметров мышечных волокон $\vec{k}(t)$.

В результате установлено, что шаблон движения можно описать вектором:

$$\vec{T}(t) = \{\vec{T}_d(t), \vec{Ib}(t), \vec{Un}(t), \vec{Pst}, \vec{Ppt}\}, \quad (3)$$

где $\vec{T}_d(t)$ - вектор пространственного изменения положения кинематических пар; $\vec{Ib}(t), \vec{Un}(t)$ - вектора описывающие изменение электрофизиологических параметров во время движения (некоторые примеры представлены в работе [7]); \vec{Pst} - вектор, описывающий спектрально-временные характеристики (частотные, мощностные спектры и т.п.) шаблонов гониометрических и электрофизиологических сигналов; \vec{Ppt} - вектор, описывающий пространственно-временные характеристики движения (темп, амплитуду, скорость, ускорение и т.п.).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-38-00704 мол _а

Литература

1. Захарова Т.В., Щемирова А.А. Методы нахождения опорных точек циклических нестационарных сигналов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2016. № 3. С. 47-58
2. Щенявская Е.В., Захарова Т.В. Метод синхронизации сигналов магнитоэнцефалограмм и миограмм // Системы и средства информатики. 2015. Т. 25. № 4. С. 101-113

Греченева А.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru

Основы построения сегментарной модели позвоночника с учетом режима нагрузки

Моделирование биологических объектов – отдельный класс задач моделирования, к результатам которого предъявляется множество серьезных требований, ключевым из которых является степень адекватности модели. Изучение движений и механических свойств позвоночника человека и построение его моделей является предметом научного направления - биомеханики. Существующие подходы к моделированию позвоночника, как правило, имеют прикладной характер и разработаны под решение конкретных практических задач, не позволяя получить полную картину поведения биомеханических параметров в различных режимах нагрузки и двигательной активности. Это ведет к трудности теоретического изучения влияния различных параметров (структурных, физических и др.) на степень функционального отклонения динамики позвоночника и опорно-двигательного аппарата в целом. Разработка многопараметрической модели биомеханики позвоночника затруднена исходя из отсутствия возможности проведения клинических исследований, ввиду высокого риска получения осложнений. В результате, актуальной является разработка комплексной сегментарной модели позвоночника человека, способной учитывать уровень нагрузки, а также его пространственное положение (на основе результатов гониометрического контроля) и изменения на биотрибологическом уровне (с использованием данных артрофонометрии).

Исходя из анализа структуры, формы и механики, предлагается позвоночник в первом приближении представить в виде гибкого ступенчатого стержня (рисунок 1). При этом, координаты пространственного положения, форма изгибов представляет из себя интегральное отображение всех динамико-кинематических изменений, являющихся результатом изменений в каждом из сегментов позвоночника. Следовательно, качественный анализ изменения формы позвоночника во времени дает возможность оценить действующие силы (нагрузку).

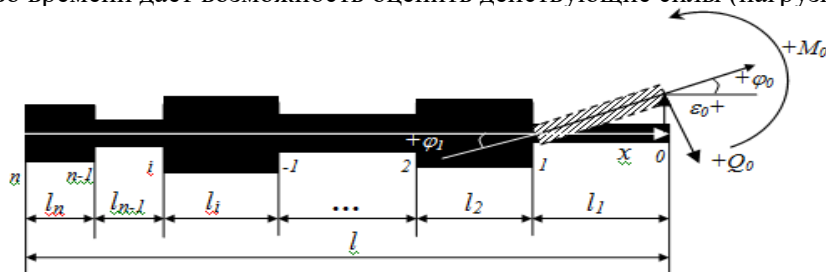


Рис. 1. Схема позвоночника в виде ступенчатого стержня

На рис. 1: l - общая длина стержня, l_i – длина i -го участка стержня, ε - изгибная жесткость i -го участка, φ - угол поворота, $+M_0$ - изгибающий момент 0-участка сегмента, $+Q_0$ - поперечная сила 0-участка сегмента. При более детальном подходе следует учитывать физиологические особенности данной анатомической структуры, а также силы взаимодействия между позвонками и межпозвонковыми дисками. В таком случае, при оценке биомеханических свойств суставного хряща следует вводить качественные коэффициенты показателей хрящевой ткани. Считается, что патологически измененная ткань имеет более низкие вязкоупругие свойства, чем в норме. Подтверждением являются результаты работы [1], согласно которым удаление тонкого поверхностного слоя толщиной 33–53 мкм приводит к изменению модуля упругости хряща с 8,2–10,3 до 6,8–9,3 МПа.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-08-00992_a

Литература

1. Kempson, G.E. The determination of a creep modulus for articular cartilage from indentation tests on the human femoral head / G.E. Kempson, M.A.R. Freeman, S.A.V. Swanson // J. Biomech. – 1971. – Vol. 4, No. 4. – P. 239–250.

Дорофеев Н.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru*

Оптимизация процесса реабилитации позвоночника в автоматизированной системе гониометрического контроля

Процесс реабилитации позвоночника в случае наличия патологии или травмы должен проходить по индивидуальной методике реабилитации. Это связано с индивидуальными физиологическими особенностями пациента, особенностями патологии или травмы. Конечно, в общем случае индивидуальные методики выстраиваются на основании базовых (основных) методик реабилитации. Методика реабилитации должна отражать зависимости травмоопасности и восстановления от совершаемых движений. Как известно, двигательные действия человека, осуществляемые в соответствии с методикой, вызывают ряд физиологических и биохимических процессов, которые оказывают положительное или негативное воздействие на процесс реабилитации [1-4].

При совершении движений в процессе реабилитации возможны такие пространственные положения позвонков в пространстве, которые находятся за пределами допустимых отклонений для конкретного пациента и наносят ему вред. Очевидно, что реализация, какой либо методики восстановления на практике требует контроля движения, нагрузки и её распределения на тело пациента. При контроле и оценке состояния пациента во время реабилитации необходима индивидуальная модель позвоночника и пациента, оценка степени повреждений и патологии, локализация поврежденных и пораженных мест.

В этом случае оптимизировать процесс реабилитации возможно следующим образом:

- оценка параметров движения и текущего состояния пациента;
- оценка текущей нагрузки;
- на основании индивидуальной модели позвоночника и пациента формируются и корректируются оценки допустимых отклонений;
- оценивается тип движения и распределение нагрузки;
- оценивается степень влияния движения и нагрузки на пациента и состояния позвоночника в целом;
- производится коррекция допустимых отклонений;
- оценивается степень развития патологии и травмы при продолжении движений;
- формируются управляющие решения для системы реабилитации.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-08-00992_a

Литература

1. Пежович С., Чотек С., Филипяк Я., Беджинский Р., Ярмундович В., Чарек И. Влияние стабилизации на изменение характеристик жесткости шейного отдела позвоночника (экспериментальное исследование) // Российский журнал биомеханики. 2003. Т. 7. № 3. С. 52-60
2. Ежов М.Ю., Берендеев Н.Н., Петров С.В. Математическая модель развития изменений в суставных тканях при различных по интенсивности физических нагрузках // Фундаментальные исследования. 2013. № 7-3. С. 550-554
3. Туктамышев В.С., Безматерных В.В. Моделирование влияния внутрибрюшного давления на нагружение позвоночного столба // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 704-709
4. Шилько С.В., Ермаков С.Ф. Роль жидкой фазы и пористой структуры хряща в формировании биомеханических свойств суставов. Часть 1 // Российский журнал биомеханики. 2008. Т. 12. № 2. С. 31-40.
5. Венгерова Н.Н., Соловьева И.О. Влияние тренировочных нагрузок на состояние позвоночника гимнасток-художниц // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2008. Т. 3. № 1. С. 45-47

Дорофеев Н.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru*

Оценка и контроль допустимой степени изгиба позвоночника при реабилитации и под действием физической нагрузки

Разработка и повышение эффективности автоматизированных систем реабилитации позвоночника является актуальной задачей. Основными проблемами внедрения и разработки систем подобного класса являются:

- выбор адекватной биомеханической модели позвоночника;
- измерение физиологических параметров состояния позвоночника и пациента в целом;
- точная оценка влияния совершаемого движения на состояние пациента;
- точный прогноз влияния совершаемого движения на будущее состояния пациента.

Биомеханическая модель позвоночника человека, должна наиболее точно соответствовать физиологическим особенностям пациента и в частности параметрам его позвоночника. Биомеханическая модель должна описывать не только механические свойства позвонков, но так же описывать параметры межсуставной жидкости и межпозвоночного хряща, описывать зависимости изменения этих свойств во времени. Поскольку процедура реабилитации позвоночника зачастую связана с процедурами лечения патологий позвоночника и его восстановления после повреждения или травмы (переломы, ушибы), то неверное движение может привести не только к боли, но и резкому ухудшению состояния пациента вплоть до летального исхода. Поэтому в модели должны быть отражены нейромеханические особенности позвоночника и пациента в целом. Кроме этого необходимо учитывать восприятие пациента болевых ощущений. Это означает, что кроме костно-мышечного скелета позвоночника в модели позвоночника должны быть отражены нервные корешки спинного мозга и сам спинной мозг. Так же модель должна позволять вносить изменения в форму и структуру позвоночника и костно-мышечных суставов позвонков, что является важным при описании повреждений и патологий. При построении модели пациента данные о параметрах позвоночника и физиологических особенностях пациента должны поступать от гониометрических, электроэнцефалометрических, электромиографических, рентгенометрических и других систем неразрушающего контроля.

Очевидно, что точность и достоверность получаемых данных с измерительных систем на прямую влияет на точность построения индивидуальной биомеханической модели пациента и его позвоночника, что на прямую сказывается на качестве, эффективности и безопасности процедуры реабилитации. Очевидно, что точность измерений и степень адекватности индивидуальной биомеханической модели зависят от точности оценки влияния движений пациента, патологий и повреждений позвоночника на нервные волокна и спинной мозг в целом. Это означает, что необходима разработка механо-болевого модели участков нервной системы человека, взаимодействующих с позвоночником. Механо-болевая модель должна описывать влияние внешних механических воздействий на деформацию и свойства моделируемых участков нервной системы, и возникновению болевых ощущений. Следует отметить, что болевые ощущения являются индивидуальной особенностью каждого пациента и определяются болевым порогом (чувствительностью) человека. В целом при оценке ущерба (или оздоровительного эффекта) от совершаемых движений необходима полная биокинематическая и биофизическая модель позвоночника и человека в целом. Конечно реализовать эти математические модели на практике в настоящее время не представляется возможным, однако в рамках реабилитации позвоночника необходимы модели патологий и повреждений, оказывающие существенное влияние на здоровье пациента при совершении двигательных действий. При оценке влияния движений, долгосрочном и краткосрочном прогнозе этого влияния на здоровье пациента необходимы нейросетевые алгоритмы и модели классификации и обнаружения: движений, патологий (или травм), оценке риска и сценарии развития.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-08-00992_a

Коваленко А.О., Бакнин М.Д., Кузичкин О.Р.
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 E-mail: Alexei.Kovalenko55555@yandex.ru

Алгоритмы обработки виброакустических сигналов формируемых проезжающим автотранспортом

Задача динамического измерения основных параметров транспортных средств, таких как скорость, тип и вес остается актуальной на сегодняшний день. Наибольшую трудность представляет проблема определения веса транспорта в движении. На данный момент контроль веса осуществляется либо стационарно с использованием автомобильных весов, либо динамически тензорезистивным методом контроля, но его практическая реализация позволяет производить контроль лишь точно на стационарных пунктах, которые не могут быть развернуты более масштабно в короткие сроки из-за сложности установки и больших финансовых затрат[1-3]. Поэтому необходимо применение новых методов и алгоритмов для осуществления мониторинга транспорта.

Алгоритмы обработки виброакустических сигналов можно разделить на несколько основных этапов, последовательное выполнение которых позволит идентифицировать параметры транспортного средства.

Было выделено восемь основных этапов:

- фильтрация и сглаживание данных с датчика;
- обнаружение автомобиля;
- идентификация отдельно каждой оси автомобиля;
- определение направления движения и позиционирования автомобиля;
- определение скорости;
- определение типа автомобиля;
- расчет нагрузки на каждую ось;
- определение общей массы транспортного средства.

Общая схема алгоритма представлена на рис. 1.

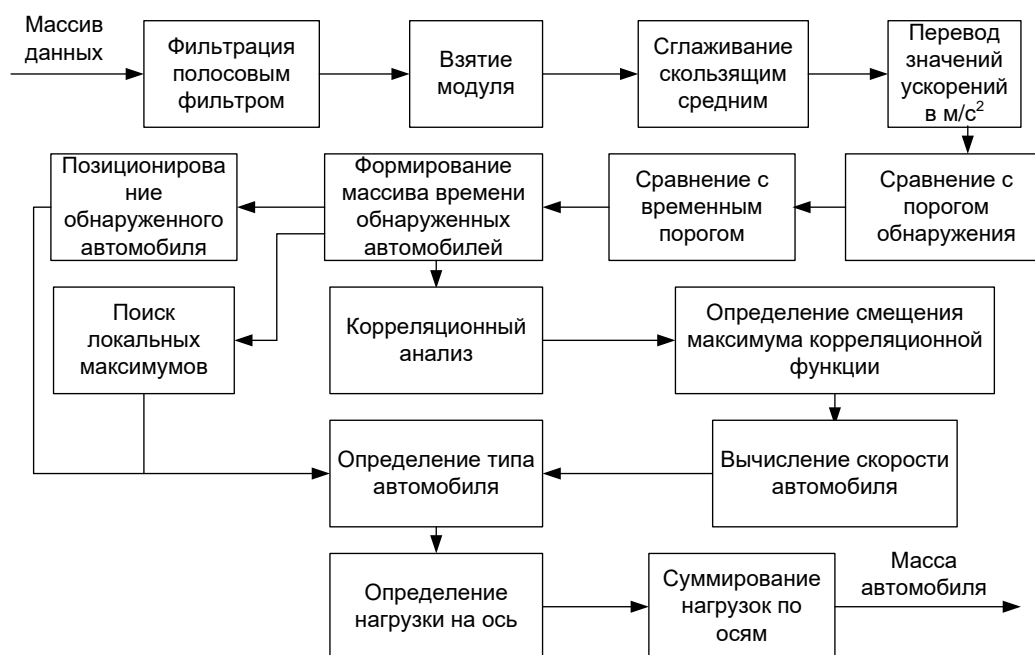


Рис. 1. Алгоритмы обработки виброакустических сигналов для получения характеристик автомобиля

Таким образом, обрабатывая виброакустические сигналы от транспортных средств можно динамически определять такие параметры транспортного средства, как вес, скорость, количество осей и тип. Следовательно, применение виброакустического метода контроля упростит процедуру мониторинга транспортных потоков и динамического весового контроля.

Литература

1. А. Э. Горев Информационные технологии на транспорте. Электронная идентификация автотранспортных средств и транспортного оборудования: учеб. пособие для студентов специальностей 190701 – организация перевозок и управление на транспорте, 190702 – организация и безопасность движения (автомобильный транспорт) / А. Э. Горев; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 96 с.

2. Коваленко А.О., Котов А.Н., Дорофеев Н.В. Виброакустический метод идентификации параметров автомобилей и транспортного потока // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности 2016 №2 с.20-23

3. Панова Ю.Н., Ивакин И.А. Использование интеллектуальных транспортных систем динамического весогабаритного контроля // Логистика - евразийский мост, материалы XI международной научно-практической конференции. Издательство: Красноярский государственный аграрный университет (Красноярск) 2016 с.193-198

Коваленко А.О., Бакнин М.Д., Кузичкин О.Р.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail:Alexei.Kovalenko55555@yandex.ru

Моделирование процесса формирования и регистрации виброакустического сигнала при проезде автотранспортного средства

Для описания процесса формирования и регистрации виброакустического сигнала рассмотрим случай проезда автомобилем по каким-либо неровностям дорожной поверхности как это схематично показано на рис.1. На данном рисунке так же отражено расположение регистрирующего датчика. Он расположен около дороги на известном расстоянии от неровностей 11 и 12 соответственно.

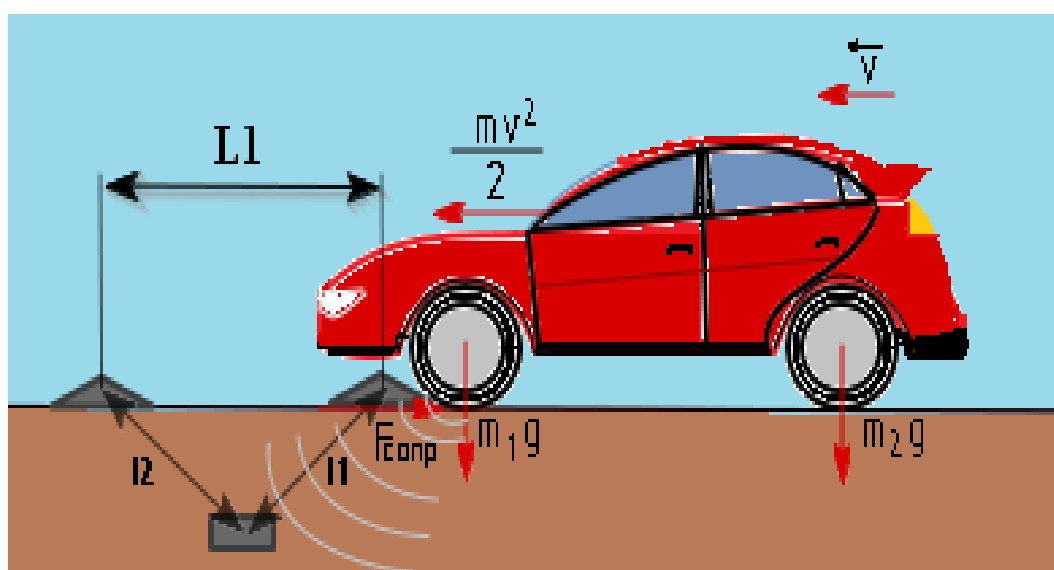


Рис. 1. Процесс формирования виброакустической волны автотранспортным средством

Расстояние между неровностями $L1$ так же известно. При ударе колеса о неровность формируется импульс определенной амплитуды и заполненный сигналом с определенной частотой, представляющий собой затухающие гармоническое колебание.

Такой же импульс будет сформирован и при ударе о вторую неровность, но с некоторой задержкой по времени Δt , величина которой, зависит от известного расстояния $L1$ и скорости автомобиля v . Временная задержка легко вычисляется при помощи корреляционной функции[1].

В случае неравенства расстояний $l1$ и $l2$ ко времени задержки необходимо прибавить время прохождения волной дополнительного расстояния при средней скорости её распространения в грунте около 3000 м/с².

При ударе на колесо действуют силы, показанные на рисунке 2.

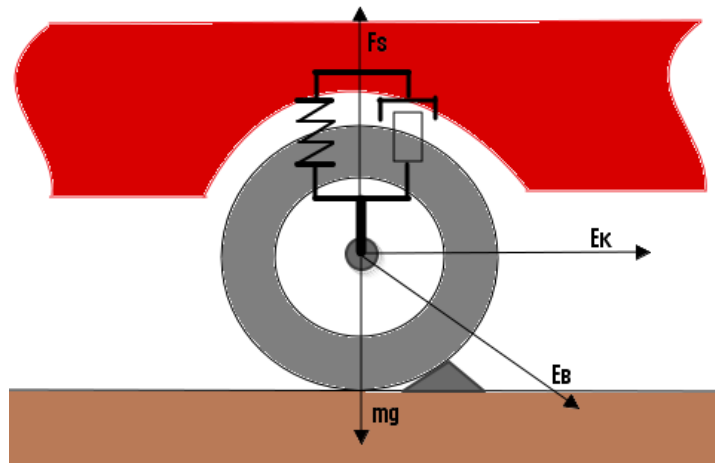


Рис. 2. Силы, действующие на колесо при ударе о дорожную неровность

В результате потеря кинетической энергии автомобиля при ударе расходуется не только на формирование виброакустической волны и излучение тепла, но и на перемещение колеса. Это необходимо учитывать при нахождении массы автомобиля в виде коэффициента передачи энергии.

Таким образом, задача моделирования виброакустического сигнала различных типов транспортных средств, сводится к моделированию отдельных автомобильных осей с различными характеристиками частоты и амплитуды, а также различными задержками по времени относительно друг друга.

Литература

1. Матвеев Ю.Н., Симончик К.К., Тропченко А.Ю., Хитров М.В. ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ Учебное пособие по дисциплине "Цифровая обработка сигналов". – СПб: СПбНИУ ИТМО, 2013. – 166 с.

Орлова А.Р.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: anas.orlova2015@yandex.ru*

Основные понятий и определения из области метрологии

Важнейшим путем научно-технического прогресса являются измерения. Они имеют большое значение во всех сферах производства, оценки качества представляемых товаров, а так же внедрения новых технологий и управления ими.

Метрология- это наука, изучающая измерения. Эталоны единиц величин и систем передачи размеров всем средствам измерений составляют техническую основу метрологического обеспечения. Благодаря нормированным метрологическим характеристикам средства измерения может быть оценена точность полученных результатов.

Что бы проверить готовность прибора к работе, проводят определенный ряд операций, целью которых является подтверждение соответствия установленным требованиям.

Обязательной первичной проверке при выпуске с производства подвергаются средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору. Пользователь средств измерений сам выбирает место проверки.

Так же проводится калибровка средств измерений - это совокупность операций, предназначенных для определения и подтверждения действительных метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному метрологическому контролю и надзору. Процесс калибровки предназначен для оценивания погрешности проверяемого средства измерения.

Выделяют несколько классификаций погрешностей:

1. По условиям измерений

Основная погрешность – это погрешность средства измерений, определяемая при нормальных условиях его эксплуатации (атмосферное давление 760 мм рт. ст., температура окружающей среды 20°C, влажность 80%).

Дополнительная погрешность – это погрешность средства измерений, которая вызвана отклонением одной из влияющей величин от нормальных значений или ее выходом за пределы нормальных значений.

2. По количественной оценке

Абсолютная погрешность – это разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины: $\Delta x = X - X_{д}$.

Относительная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины, выражается процентах: $d = \left(\frac{\Delta x}{X_{д}}\right) * 100\%$.

Приведенная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к условно принятому значению, выражается в процентах: $g = \left(\frac{\Delta x}{X_{м}}\right) * 100\%$.

1. Основную погрешность преобразователей давления определяют несколькими способами:

- по образцовому средству измерений на входе преобразователя устанавливают измеряемый параметр, равный номинальному, а по другому образцовому средству измерений измеряют значение выходного сигнала.

- по образцовому средству измерений на выходе преобразователя устанавливают расчетное значение выходного сигнала, соответствующее номинальному значению измеряемого параметра, а по другому образцовому средству измерений измеряют значение этого параметра на входе преобразователя.

2. Основную погрешность поверяемого преобразователя определяют для 9-ти значений измеряемой величины (в том числе для предельных значений): 5 значений при возрастании измеряемой величины (при прямом ходе), 4 значения при убывании измеряемой величины (при обратном ходе). Это необходимо для определения вариации показаний поверяемого прибора. Интервал между значениями измеряемой величины не должен превышать 30% диапазона измерений [1].

Литература

1. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация 2-е изд. — СПб.: Питер, 2005. — 432 с.

Суржик Д.И.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: arzerum@mail.ru*

Анализ особенностей использования спектрально-временного анализа для определения собственных колебаний зданий

Одними из важнейших параметров анализа колебаний зданий и сооружений высокого уровня ответственности, а также их изменений в процессе эксплуатации и геотехнического мониторинга состояния являются период и логарифмический декремент основного тона колебаний.

В настоящее время процедура определения значений периодов обертонов колебаний зданий, состав и метрологические характеристики применяемых измерительных систем регламентируются в соответствии с ГОСТ Р 54859-2011. При этом реальные колебания здания представляют как суперпозицию собственных и вынужденных колебаний, вызванных различными внутренними (работой бытовой техники и различных технических систем внутри здания) и внешними (городским транспортом, стройками и т.п.) воздействиями. Для определения значений периода колебаний зданий в соответствии с ГОСТом в данный момент применяют косвенный метод измерений, при котором регистрируют процессы колебаний здания по трем взаимно перпендикулярным осям, причем значения периода по каждой из осей определяют по результатам измерений по соответствующей оси расчетным методом, основанным на анализе спектров мощности колебаний здания [1].

Измерительная система, предназначенная для определения значений параметров основного тона колебаний зданий и сооружений, состоит из мультиплексорной системы сбора данных и блок обработки информации. Системы сбора данных содержит три тракта сбора и обработки информации для каждой из координатных осей, включающих в себя акселерометрические датчики, аналоговый коммутатор и аналого-цифровой преобразователь. Блок обработки информации представляет собой ЭВМ либо микроконтроллер, осуществляющий сбор, обработку и хранение поступающих данных. Данный блок измерительной системы должен выполнять обработку серии из нескольких последовательно проводимых и одинаковых по частоте дискретизации и продолжительности записей сигналов от первичных преобразователей. При этом параметры измерений выбирают в зависимости от требований к точности измерений с учетом необходимого значения доверительной вероятности. При выборе продолжительности записей сигналов первичных преобразователей учитывают, что установленный ГОСТом метод спектрально-временного анализа определения значений периода и декремента колебаний зданий основан на анализе спектров мощности их колебаний, поэтому продолжительность записей определяют как разность между ближайшими частотами и минимальными частотами в разложении сигнала при его преобразовании для получения спектра мощности. Первым шагом обработки записей является определение с помощью преобразования Фурье спектра мощности для каждой из них. Далее осуществляется фильтрация полученного спектра мощности и нормирование полученного в результате фильтрации участка спектра. Для каждого нормированного спектра проводят статистическую обработку. При измерениях периода и декремента собственных колебаний здания рабочий диапазон должен находиться в пределах от 0,15 до 20 Гц, при измерениях периода и декремента собственных колебаний элементов конструкции здания — от 0,6 до 100 Гц. Кроме того, при определении собственных колебаний зданий следует учитывать нелинейности характеристик здания как колебательной системы.

Литература

1. ГОСТ Р 54859-2011 Здания и сооружения. Определение параметров основного тона собственных колебаний.

Суржик Д.И., Васильев Г.С., Курилов И.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: arzerum@mail.ru

Анализ возможности применения синтезаторов частот с автокомпенсаторами фазовых искажений в устройствах измерительной техники

Во многих устройствах и системах измерительной техники используются специальные узлы, предназначенные для формирования множества когерентных стабильных сигналов в определенном диапазоне частотного спектра, заданной формы и обладающие высоким быстродействием. Примерами таких устройств и систем [1,2] являются системы геотехнического мониторинга, предназначенные для поиска резонансов, системы сканирования и анализа сигналов с разверткой по частоте в заданном частотном диапазоне, микромеханические системы, преобразующие электрическую энергию в управляемое движение, гидроакустические буи. Последние представляют собой устройства, предназначенные для анализа звуков окружающей среды: обнаружения, локализации, идентификации и отслеживания сейсмической активности подводных объектов.

В зависимости от назначения таких устройств и систем требуемый частотный диапазон формируемых колебания может составлять от десятков Герц до нескольких сотен МГц [1]. Например, для выделения собственных частот различных сооружений при геотехническом мониторинге такой диапазон максимально составляет несколько сотен Гц, в устройствах сканирования по частоте - до 200 кГц, а в гидроакустических буях - до 200 МГц. В случае низкочастотных диапазонов колебаний эффективным решением устройства формирования сигналов являются цифровые вычислительные синтезаторы (ЦВС), в случае высокочастотных - также ЦВС либо гибридные синтезаторы, сочетающие в себе ЦВС и синтезаторы на основе петли фазовой автоподстройки частоты. Они удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к формирователям сигналов устройств и систем измерительной техники, за исключением спектральной чистоты синтезируемых сигналов. У устройств на основе ЦВС она является недостаточной, поскольку синтезатор содержит в своем составе блоки цифровой и аналоговой обработки сигналов, функционирование которых сопровождается фазовыми и амплитудными искажениями выходного сигнала устройства. В частотной области эти искажения соответствуют образованию шумовой компоненты и множества паразитных спектральных составляющих [3].

Установлено, что в полосе частот до нескольких сотен МГц наиболее нежелательными являются дискретные паразитные спектральные составляющие, вызванные фазовыми искажениями. Эффективным методом их снижения является использование метода автоматической компенсации фазовых искажений [3,4], основанного на выделении фазовых искажений и противофазной модуляции входного сигнала ЦВС, выходного сигнала ЦВС или управляющего сигнала генератора управляемого напряжением петли фазовой автоподстройки частоты.

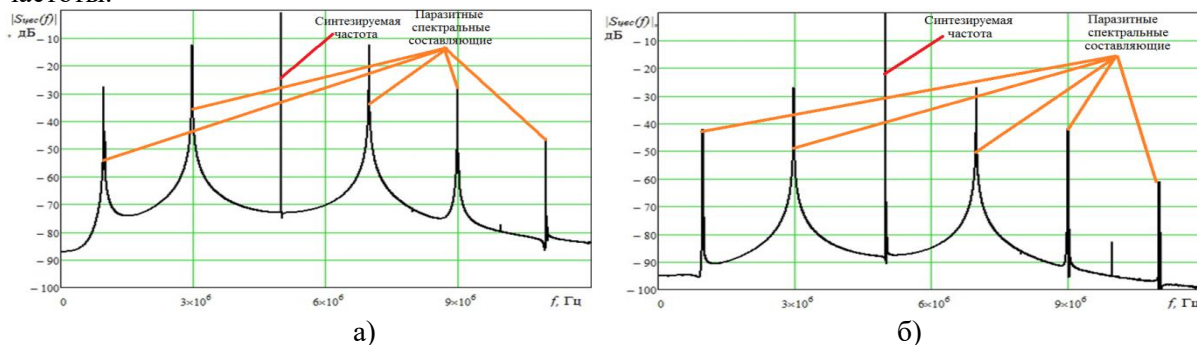


Рис. 1. Спектры выходного сигнала ЦВС при отсутствии (а) и наличии (б) автокомпенсации

На рис. 1 в качестве примера приведены результаты моделирования спектров выходного сигнала ЦВС с паразитной фазовой модуляцией, имитирующей реальные фазовые искажения, при отсутствии и наличии автокомпенсации фазовых искажений. Для моделирования использовались следующие параметры устройства: тактовая частота ЦВС 100 МГц, выходная частота 4,993 МГц, разрядность аккумулятора фазы 12 бит, разрядность ПЗУ 10 бит, разрядность ЦАП 14 бит, девиация фазы паразитной модуляции 0,1 рад, частота паразитной фазовой модуляции 2 МГц.

Из представленных спектрограмм видно, что при наличии в составе устройства автокомпенсатора фазовых искажений наблюдается значительное снижение уровня дискретных паразитных спектральных составляющих (порядка 15 дБ), что подтверждает эффективность предлагаемого метода улучшения спектральных характеристик и возможность использования формирователей сигналов на основе ЦВС в различных устройствах и системах измерительной техники.

Литература

1. Мёрфи Е., Слэттери К. Прямой цифровой синтез (DDS) в тестовом, измерительном и коммуникационном оборудовании. / Пер.: А. Власенко // Компоненты и технологии. – 2006. - №8.
2. Vankka J., Halonen K. Direct Digital Synthesizers: Theory, Design and Applications / - Helsinki University of Technology, 2000. - 208 p.
3. Суржик Д. И., Курилов И. А., Васильев Г. С. Компенсация искажений ЦВС в гибридных синтезаторах частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2015. – № 4(20). - С. 13-19.
4. Суржик Д.И. Моделирование спектральных характеристик звеньев автокомпенсатора фазовых искажений цифровых вычислительных синтезаторов // Методы и устройства передачи и обработки информации. - 2016. - № 18. - С. 17-21.

Шабаев А.Ю., Ганьшина О.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: darlok444@mail.ru*

Контроль металлических конструкций акустико-резистивным методом

Контроль является одним из разновидностей исследования промышленной безопасности. Системы контроля представляют собой объединение участников, реализующих работу в сфере контроля на основе регламентирующих норм, правил, методик [1].

Напряжение подразумевает собой приложенную к объекту нагрузку, отнесенную к единице площади. Другими словами, напряжение - это числовая мера, которая определяет закон распределения внутренних сил в сечении исследуемого объекта. Остаточными напряжениями, как правило, считают упругие напряжения, которые существуют и уравниваются внутри твердого тела, жесткого агрегата материалов, сборной или сварной конструкции при отсутствии внешних воздействий (силовых и температурных) [3].

Основной целью системы контроля является повышение уровня эксплуатационной безопасности технических устройств, зданий и сооружений, эксплуатируемых на опасных производственных объектах, достигаемое за счет повышения достоверности, воспроизводимости, сопоставимости результатов контроля и принятия на основе этих результатов своевременных и адекватных решений по обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов [2].

Во время механического воздействия происходит деформация элементов объекта. Это, в свою очередь, влечёт за собой изменение электрических параметров пропорционально тензору смещения. Перемена проводимости указывает о наличии в управляемом объекте дефектов, разнородностей.

Преобразование частоты электромагнитного поля даст возможность за счет присутствия скин-эффекта определить глубину нахождения дефекта. Это даст возможность выявить начало пластичной деформации конструктивного элемента до его необратимого разрушения.

Основное преимущество акустико-резистивного метода контроля над акустическим – это возможность выполнять раннее выявление предаварийного состояния металлоконструкций. В особенности это актуально для промышленных и социальных объектов повышенной опасности.

Чтобы реализовать данный метод необходимо отслеживать первичные информационные характеристики, такие как сила тока и частота. Сила тока напрямую связана с сопротивлением, а значит и с проводимостью и удельным сопротивлением металла. Чтобы засечь это изменение необходимо высокоточное оборудование, ведь речь идёт об изменении в десятки, единицы мОм. В этом заключается основной недостаток метода.

Применение акустико-резистивного метода позволит повысить безопасность среды жизнедеятельности человека, снизить уровень риска возникновения техногенных аварий и катастроф в природно-технических системах за счет повышения достоверности и оперативности получаемой информации о текущих изменениях в контролируемых металлоконструкциях, а также определять их остаточный ресурс.

Литература

1. ГОСТ°16504-81 Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
2. Коновалов Н. Н., Нормирование дефектов и достоверность неразрушающего контроля сварных соединений/Н. Н. Коновалов. – М.: ФГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2006
3. Чернышев Г.Н., Попов А.Л., Козинцев В.М., Пономарев И.И. Остаточные напряжения в деформируемых твердых телах / - М., 1996