

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
Россия, 602264, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, д.23
E-mail: alexandrov.pavel1991@yandex.ru.

Исследование резистивного метода неразрушающего контроля металлоконструкций

Одним из перспективных направлений современной дефектоскопии является применение электрических (резистивных) методов неразрушающего контроля, которые основаны на зависимости электрического сопротивления или проводимости элементов металлоконструкций от эксплуатационных напряжений в них.

В данной работе описывается методика резистивного неразрушающего контроля остаточных напряжений в металлоконструкциях. Представленный способ может применяться как для новых изделий, для которых еще на стадии производства предусмотрены электроды на концах изделия, так и для изделий, которые уже находятся в эксплуатации.

При механическом воздействии происходит деформация объекта, что вызывает изменение электрических параметров [1]. Резистивный метод неразрушающего контроля остаточных напряжений основан на взаимосвязи между интегральными электрическими и механическими характеристиками металлов и сплавов – удельной электрической проводимостью или удельным электрическим сопротивлением в *h*-слое металла и деформирующей способностью остаточных напряжений, связанной с изменением кристаллической решётки при деформации [2, 3].

Для исследования данного метода и подтверждение его возможной реализации как метода дефектоскопии была собрана экспериментальная установка, структурная схема которой показана на рис. 1

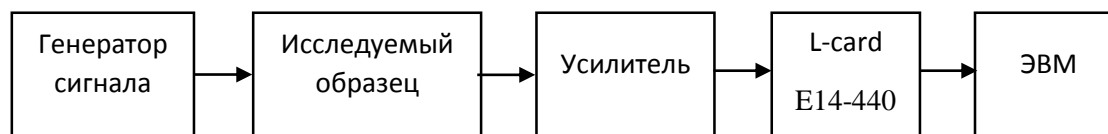


рис.1. Структурная схема экспериментальной установки

Сигнал синусоидальной формы звуковой частоты подаётся на токопроводящий металлический образец. В ненагруженном состоянии спектр сигнала имеет форму синуса Котельникова. При нагрузке на образец форма спектра сигнала будет искажена. Далее сигнал усиливается и поступает на L-card E14-440. Модуль E14-440 является современным универсальным программно-аппаратным устройством для использования со стандартной последовательной шиной USB и предназначен для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации в составе персональных IBM-совместимых компьютеров [6]. Зарегистрированные данные поступают на компьютер пользователя для дальнейшей обработки и анализа.

В предложенном для реализации способе используется воздействие на контролируемое изделие переменных электрических полей, что позволяет осуществлять раннее обнаружение предаварийного состояния металлоконструкций. С целью определения осуществимости предложенного метода выполнено компьютерное моделирование процесса диагностики электропроводного объекта, показывающее зависимость формы энергетического спектра диагностирующего электрического сигнала от напряженного состояния объекта контроля.

Моделирование показало, что начальная фаза разрушения изделий из металлов и сплавов может быть обнаружена с помощью электрических методов контроля путем сравнения спектров входного и выходного сигналов. Это позволит обнаружить начало пластичной деформации конструктивного элемента до его необратимого разрушения [3,6]. Исследуемый метод может быть применен для контроля протяженных электропроводных объектов, таких как стальные трубы, рельсы, железобетонные перекрытия и т.п., в том числе тех, у которых затруднен доступ ко всей поверхности. Особенно это актуально для промышленных и социальных объектов повышенной опасности.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теория упругости. – М.: Наука. 1968.
2. Улыбин А. В. Использование резистивного электроконтактного метода для контроля напряженно-деформированного состояния элементов стальных конструкций / А. В. Улыбин, С. Д. Васильков // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – №6. – С. 155-160.
3. Быков А.А., Кузичкин О.Р. Application Seismoelectric Method for Inspection Electrically Conducting Media / Applied Mechanics and Materials Vols. 490-491. Trans Tech Publications, Switzerland. – 2014. pp. 1712-1716
4. Быков А.А., Еременко В.Т., Кузичкин О.Р. Контроль образования техногенных нефтешламовых линз на основе резистивно-акустического метода / Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2014. № 6 (308). С. 169-176.
5. Быков А.А., Кузичкин О.Р. Исследование возможности применения сейсмoeлектрического метода в дефектоскопии / Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – № 2. – С. 125–127. – Режим доступа: [http://s-sibsb.ru/images/articles/2014/2\(6\)/S-SibSB_Issue_6.pdf](http://s-sibsb.ru/images/articles/2014/2(6)/S-SibSB_Issue_6.pdf)
6. Устройства для мобильных систем E14-440 Внешний модуль АЦП/ЦАП/ТТЛ на шину USB 1.1 Руководство пользователя. © Copyright 1989–2008, ЗАО “Л-Кард”

М.Д. Бакнин, М.С. Исаченко, Е.А. Гантова
*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых*
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: m.baknin@yandex.ru

Система мониторинга утечек нефтепродуктов на основе резистивно-акустического метода контроля

При эксплуатации объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК), наблюдается проблема с образованием грунтового нефтешлама. Это происходит в результате техногенных проливов и попадания нефтепродуктов в грунт в процессе производственных операций, авариях, дефектах сварных швов резервуаров ТЭК, износа элемента конструкций и т.д. В результате одним из серьезных последствий является образование техногенных нефтешламовых линз в приповерхностных слоях грунта, которые могут достигать значительных размеров в случае халатного отношения к этой проблеме.

В качестве примера можно привести известный случай выявления в грунтовых водах плавающей линзы керосина площадью 2 га на территории склада ГСМ воинской части на севере г. Иваново. А также очаг загрязнения на территории Моздокского аэродрома общей площадью 163 кв. км., состоящий из 5 линз керосина мощностью 0,01-0,6 м [1].

Основные задачи при обнаружении мест разливов нефтепродукта:

- картирование контура линзы и оценка объема нефтепродуктов;
- изучение динамики линз;
- изучение направления миграции линз.

Инструментальный замер относится к прямому методу контроля имеет широкое применение на практике, в связи с его простотой.

К недостаткам можно отнести обнаружение неглубоко залегающих линз, невозможность определения динамики и миграции линз.

Также, при применении этого метода невозможно производить мониторинг объекта, что ведет к неактуальности наблюдения за мигрирующими линзами нефтешлама.

При непосредственном обнаружении вытекание нефтепродукта на объектах ТЭК на ранней стадии применение этого метода является невозможным, это обуславливается тем, что обнаружение происходит непосредственно над разливом нефтепродукта. А так как на (ТЭК) может произойти разлив прямо под резервуаром или линза будет развиваться под конструкцией, это не является актуальным [2].

Резистивно-акустический метод относится к классу механоэлектрических методов контроля, базирующихся на вторичных сейсмических эффектах, пьезоэлектрическом и сейсмоэлектрическом. Он основан на регистрации вариаций силы тока в горных породах при распространении упругих колебаний и при фиксированной разности потенциалов на исследуемом участке геологической среды.

Механоэлектрические методы хорошо зарекомендовали себя в задачах оконтуривания и определения границ горных пород с различными электрическими и механическими свойствами, а также при выделении карстовых нарушений.

Разрешающая способность резистивно-акустического метода определяется системой зондирования, а также условием соизмеримости глубины зондирования с размерами искомого объекта.

По своей сути применение резистивно-акустического метода аналогично использованию многополюсных электролокационных установок. Они позволяют создать в точке наблюдения эллиптически поляризованное электрическое поле, вследствие того, что источники территориально разнесены и имеют изначально различные параметры зондирующих сигналов. Следует отметить важное свойство, характерное для многополюсных установок – это возможность балансировки результирующего поля в точке наблюдения, что позволяет размещать установку около объекта контроля утечек. При этом балансировки можно добиться за счет управления зондирующими сигналами с целью задания амплитудно-фазовых соотношений между этими сигналами. Это позволяет устранить влияние искажений

Секция 13. Приборы и системы

мультипликативного типа на фазовые характеристики регистрируемого поля и обеспечить более высокую чувствительность измерительной системы [3,6].

Таким образом, используя резистивно – акустический метод при обнаружении и мониторинге разливов нефтепродукта для создания систем раннего предупреждения техногенных нефтешламовых проливов на объектах ТЭК, является актуальным научно-техническим направлением в рамках рационального природопользования. Кроме того, это позволит автоматизировать технологические процессы рекультивации зон нефтешламовых проливов за счет адаптивного управления переработкой нефтешлама по выделению контура нефтешламовых линз и оценки объемов нефтепродуктов в них.

Литература

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды и природных ресурсов РСО-Алания в 2005 году. Владикавказ, 2006.
2. Рекультивация грунтов нефтешламовых амбаров. И.М. Габбасов, Р.Р. Сулеманов, Р.Н. Ситдигов. Институт биологии УНЦ РАН, г. Уфа, Россия.
3. Быков А.А., Кузичкин О.Р. Применение сейсмoeлектрического метода при геодинамическом контроле в природно-технических системах. Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2013. - №2(16). – С.22-28.
4. Быков А. А., Кузичкин О. Р. Применение сейсмoeлектрического метода для проверки токопроводящих сред. // Прикладная механика и материалы. Вып. 490-491, 2013. с. 1712-1716.
5. Еременко В.Т., Кузичкин О.Р., Быков А.А. Контроль образования техногенных нефтешламовых линз на основе резистивно-акустического метода. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2014. № 6 (308). С. 169-176.
6. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н., Калинкина Н.Е. Регистрация геодинамики поверхностных неоднородностей при электроразведке эквипотенциальным методом. В сб. “Методы и устройства передачи и обработки информации”. – СПб: Гидрометеоздат, 2001. С.107-110.

Лабораторная заглушённая камера

Среди наиболее «неприятных» для человека вредных факторов можно отметить акустический шум и радиочастотное излучение. Их влияние известно и много раз рассмотрено в самых разных научных работах. Изучение возможностей защиты человека от данных воздействий является важной составляющей учебного процесса по направлению подготовки «Техносферная безопасность».

Целью работы является разработка малогабаритной лабораторной камеры для исследования средств защиты от акустических и электромагнитных излучений.

Размеры камеры: высота 2262 мм, ширина 960 мм, глубина 760 мм при вертикальной ориентации.

Камера выполнена из панелей, каркас которых основан на применении строительных металлических профилей шириной 50 мм. Для внешней обшивки панелей использована фанера. На передней стороне камеры имеются две двери, обеспечивающие максимальный доступ во внутренний объём.

В качестве экранирующего слоя применены алюминиевая фольга толщиной 0,1 мм и сетка толщиной 1 мм с размером ячеек 6*3 мм. Экран выполнен в трёх вариантах: в боковых, верхней и нижней панелях - в виде одного слоя сетки, на задней стенке – в виде двух слоёв сетки с зазором между ними порядка 50 мм (зазор образован шумопоглощающим материалом), в дверцах в качестве экранирующего материала использована алюминиевая фольга. Электрический контакт между отдельными частями экрана осуществляется благодаря соединяющим элементам – саморезам, посредством которых панели соединены между собой в общую конструкцию. Такое сочетание трёх видов экрана позволит осуществить исследование влияния толщины экрана на эффективность экранирования (например, во время выполнения лабораторных работ).

С целью выравнивания характеристики камеры и снижения уровня эха внутренняя поверхность покрыта звукопоглощающим материалом, в качестве которого используется акустический поролон пирамидального и волнообразного профилей. В верхних углах использованы т.н. бас-ловушки, предназначенные для поглощения низкочастотных акустических сигналов.

Двери камеры установлены на петлях. Их фиксация в закрытом состоянии осуществляется с помощью накладных фиксаторов. Имеется колодка с разъёмами для соединения внешних и внутренних устройств системы. Аналогичная колодка установлена на внутренней поверхности двери. Предусмотрена клемма для соединения внутреннего экрана с заземляющим контуром.

Для исследования эффективности шумозащитных экранов предусмотрены направляющие для установки экранирующих конструкций на трёх разных уровнях.

В качестве излучателей акустического сигнала используются акустические системы 15АС-213 от министерскокомплекса «Ода-102». Диапазон воспроизводимых частот - 63...20000 Гц, номинальное электрическое сопротивление 4 Ом, предельная (паспортная) мощность 25 Вт. В качестве усилителя применён усилитель мощности от комплекса «Ода-102».

Проверка камеры с точки зрения ослабления акустического сигнала и анализа амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) внутреннего (рабочего) объёма проводилась с использованием громкоговорителя рупорного динамического ГР-6Л, обеспечивающего, в сочетании с усилителем звуковой частоты, уровень звукового давления на расстоянии 1 м – 116,5 дБ на частоте 1000 Гц. При установке в закрытую камеру фиксируемый уровень звукового давления уменьшился до 66,5 дБ. Таким образом, конструкция камеры обеспечивает уровень ослабления в 50 дБ.

Оценка АЧХ осуществлялась с использованием установленных в камере акустических систем на средневзвешенных частотах третьоктавных диапазонов. Разброс значений в пределах АЧХ имеет диапазон 34 дБ, что не может считаться удовлетворительным результатом. Однако в целом такое положение может быть принято допустимым, поскольку при проведении

Секция 13. Приборы и системы

реальных исследований полученный результат должен быть скорректирован с учётом исходной АЧХ.

Проверка камеры с точки зрения ослабления радиочастотного сигнала проводилась с использованием генератора сигналов (синтезатора частот) НМ8134-3, обеспечивающего генерацию в диапазоне от 1 Гц до 1,2 ГГц с различной формы модуляцией, и анализатора спектра HMS3000, предназначенного для настройки, разработки, сервисного обслуживания радиотехнических устройств в диапазоне частот от 100 кГц до 3 ГГц.

Функции излучающей и приёмной антенн при предварительной проверке уровня экранирования выполняли простейшие дипольные антенны.

С целью исключения возможного влияния на приёмный тракт (дипольная антенна - анализатор спектра HMS3000) источников радиочастотных сигналов в среде, расположенной внутри и вне учебного корпуса, приёмная антенна размещалась внутри камеры. Излучающий тракт (передающая антенна - генератор сигналов НМ8134-3) размещался в непосредственной близости от камеры. Измерения проводились на частоте 139,130 МГц.

Из полученных результатов следует, что внесение экрана из алюминиевой фольги толщиной 0,1 мм обеспечивает ослабление сигнала на уровне ~6 дБ, что явно недостаточно для организации эффективной защиты от радиоизлучений. Использование стальной сетки толщиной 1 мм обеспечивает защиту на уровне 41 дБ и попадает в диапазон $30 < \Delta_0 < 60$ дБ - достаточного экранирования.

Заключение

Созданная камера соответствует поставленной цели - разработке малогабаритной лабораторной камеры для исследования средств защиты от акустических и электромагнитных излучений. Обеспечиваемый уровень ослабления акустического сигнала (50 дБ) и радиочастотного сигнала (41 дБ) позволяют использовать камеру в учебном процессе и ряде научных исследований.

Анализ методов измерения уровня жидкости

Проблема измерения уровня жидкости в настоящее время затрагивает множество областей науки и техники, так как измерения используются в большинстве производственных процессов, в системах мониторинга и безопасности. Другими словами, чем больше автоматизирован производственный процесс, тем больше в него внедряется задача измерения уровня жидкостей.

Разнообразие состояний контролируемых сред, условий применения уровнемеров не позволяет использовать какой-то определённый метод измерения, поэтому его подбирают в зависимости от характеристик конкретных измеряемых продуктов, их состояния и условий применения.

Помимо основных требования к вопросу измерения уровня жидкостей (обеспечение требуемой точности, умеренная стоимость, удобство эксплуатации), есть и ряд специальных требований, зависящих от требований проектных организаций, характеристик резервуара и жидкости, дополнительного оборудования резервуара.

Следует помнить, что некоторые методы могут иметь отличительную высшую точность при лабораторных условиях, но в условиях реальной эксплуатации могут давать неверные данные или быть не пригодными вообще.

Рассмотрим подробнее наиболее распространённые методы измерения.

Волновые. В данной категории методов в качестве измерителя являются эффекты, связанные с распространением электромагнитных или акустических волн. [1]

Неволновые. Этот метод основан на изменении ёмкости конструктивного конденсатора, давления столба жидкости, выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело.

Комбинированные методы. Здесь в основу метода заложено сочетание элементов волновых и неволновых методов.

Все методы, в том числе и приведённые выше, имеют свои достоинства и определённые недостатки (погрешности). Естественно, погрешности могут быть частично скомпенсированы, но это ведёт к усложнению увеличению стоимости изделия. Опять же, полностью погрешности исключить невозможно из-за физических, экономических и эксплуатационных ограничений.

Возможность использования того или иного метода определяется диапазоном измерения, ограничениями в эксплуатации, стоимостью реализации и т.п.

Например, в локационных методах измерение производится при минимальном уровне жидкости от 5 метров и при максимальном уровне жидкости 15 метров, такая величина не измеряемого участка обусловлена многократным отражением сигнала от поверхности жидкости. В остальных методах эта зона существенно меньше и зависит от конструктивных параметров измерителя. [3]

Однако, следует учитывать, что жидкость может быть представлена в виде липкой и загрязнённой субстанции. В таких случаях целесообразно использовать только волновые «бесконтактные» методы, не использующие волновой тракт. Также этот метод незаменим в случаях, когда жидкость подвержена застыванию или замерзанию. [2] Однако, волновые методы не следует применять в случаях, когда на поверхности жидкости наблюдается сильное волнение

Секция 13. Приборы и системы

или пена. Эти методы малопригодны и там, где речь идёт о измерении уровня движущейся жидкости.

И большинство поплавковых методов малопригодны для измерения уровня жидкости в подвижных резервуарах, так как они могут быть наклонены к горизонту.

Тем не менее, проанализировав и подытожив самые актуальные и востребованные методы измерения, лидирующим являются как раз таки поплавковые методы, так как они имеют меньшее количество ограничений в эксплуатации.

Литература

1. Бобровников Г.Н. Катков А.Г. Методы измерения уровня. М.:Машиностроение, 1997, 167с.
2. Вильнина А.В. Современные методы и средства измерения уровня в химической промышленности: учебное пособие / А.В. Вильнина, А.Д. Вильнин, Е.В. Ефремов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011, - 84 с.
3. Хансуваров К.И. Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода. количества и уровня жидкости, газа и пара: учеб. пособие. М.: Изд-во стандартов, 1990. 287 с.

А.В. Греченева

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: 1155464@bsu.edu.ru*

Н.В. Дорофеев

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru*

Имитационная гониометрическая модель суставной биомеханики

Основные методы моделирования опорно-двигательного аппарата (ОДА) используют кинематическое представление движения [1, 2]. Несмотря на то, что они достаточно хорошо позволяют описать движение костного скелета, при моделировании работы мышечной, кровеносной и нервной систем человека во время перемещения возникают проблемы, связанные с необходимостью расчета скоростей и ускорений частей тела человека. Кроме того, наиболее информативным анализом, при котором врачи могут получить большее количество параметров: цикл шага, рабочий угол сустава и т.п., является анализ ОДА не в статичном положении, а при наличии нагрузки - в динамике (например, при ходьбе), что однозначно говорит о необходимости динамического анализа.

На основании данных об ускорениях, которое имеет каждое звено скелета человека в определенный момент времени, предлагается проектировать динамическую гониометрическую модель биомеханики. Информативным измерительным методом в данном случае выступает акселерометрическая гониометрия, принцип которой описан в [3, 4]. При этом, объединяя данные каждой из n-звенной моделей, можно получить комплексную гониометрическую модель биомеханики тела человека (рисунок 1). Данная модель позволит определять длины конечностей, пространственное положение каждого функционального узла скелета, амплитуды движения, скорости и ускорения, уровень вибрационной нагрузки.

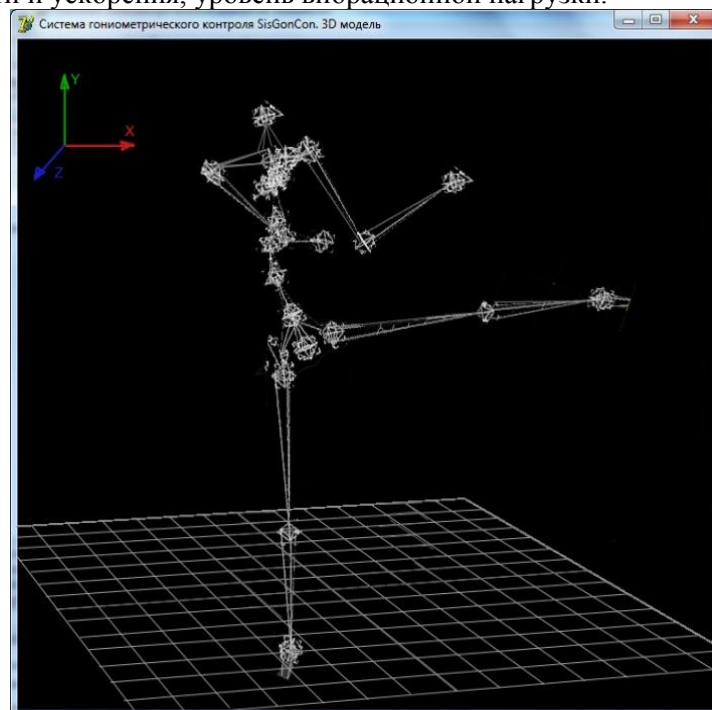


Рис. 1. Комплексная гониометрическая модель биомеханики тела человека

Секция 13. Приборы и системы

Метод имитационного моделирования применительно к биомеханическим задачам позволяет, не регистрируя кинематику и динамику двигательного действия, только по модели, созданной на компьютере:

- определить суставы, на которые больше всего падает нагрузка с целью предотвращения травм;
- рассчитать механические энергозатраты и разработать эффективные варианты двигательных действий и т. п.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-38-00704 мол_а

Литература

1. Бонилья Ф.В., Лукьянов Е.А., Литвин А.В., Деллов Д.А. Математическое моделирование динамики движения верхней конечности // Современные проблемы науки и образования. 2015. №1-1.
2. Большаков А. А., Глазков В. П., Кулик А. А. Построение математической модели движения нижних конечностей человека для исследования протезируемых систем // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2014. №2.
3. Греченева А.В., Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р. /Применение акселерометрических датчиков в измерительных гониометрических системах// Научный журнал «Машиностроение и безопасность жизнедеятельности», ISSN 2222-5285, №1, 2015. стр 55-58
4. Греченева А.В., Кузичкин О.Р., Дорофеев Н.В., /Акселерометрический метод измерения суставных перемещений// Научный журнал «Машиностроение и безопасность жизнедеятельности», ISSN 2222-5285, №1, 2015. стр 51-54

А.В. Греченева

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: 1155464@bsu.edu.ru*

Н.В. Дорофеев

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru*

Многоуровневая модель имитации биомеханики тела человека

Существующие системы рассчитывают работу мышц по перемещениям скелета и, не зависимо от работы мышц, нагрузку на костный скелет, тем самым, допуская, что мускулатура развита у всех в целом одинаково, что является крайне грубым приближением. В перспективе при построении систем моделирования ОДА человека в совокупности с кинематическим целесообразно использовать динамический анализ движения, что позволит сразу перейти к массосиловому анализу и находить взаимосвязи статических параметров ОДА и динамических (т.е. как влияет угол сгиба сустава и длина конечности на нагрузку соседних суставов). Это позволит через динамические характеристики описывать в трехмерной интерактивной модели взаимодействия костей скелета, мышц, кровеносных сосудов и нервных клеток человека.

Для комплексного описания биодинамики тела человека, структура антропоморфной модели может иметь несколько слоёв: а) кости и суставы; б) мышцы, сухожилия, кости, суставы и связки; в) нервная система, мышцы, кости, суставы и связки.

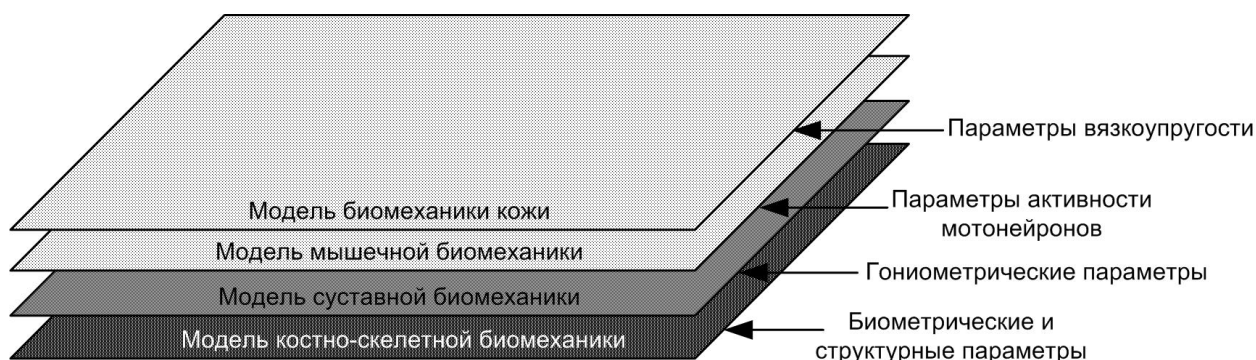


Рис. 1. Многоуровневая имитационная модель биомеханики тела человека

Структура модели предполагает объединение нескольких уже известных параметрических моделей биомеханики тела человека в единую комплексную имитационную модель. При этом, при построении модели суставной биомеханики предлагается применять новый подход, предложенный в [1]. Задание числа звеньев, тип суставов, количество и вид движителей. Если представить полную модель тела человека, состоящую из костей позвоночника и черепа, верхней и нижней конечностей, то такая модель будет состоять более чем из 80 твердых тел (костей) и иметь 250 степеней свободы [1]. Создать математический алгоритм такой комплексной задачи достаточно трудно. В настоящее время из моделей тела человека наиболее полными являются: 16-17-звенные модели с 40-44 степенями свободы, разработанные [2, 3].

Таким образом, применение комплексной имитационной модели биомеханики тела человека позволит осуществить:

- динамическое моделирование характеристик (например, работы мышц через понятия акселерографии, работы сустава через понятия гониометрии и т. д.);

Секция 13. Приборы и системы

- интерактивные модели взаимодействия элементов опорно-двигательной, сердечно-сосудистой и нервной систем органов человека через понятия механики и динамики, гидродинамики и теории управления, соответственно;
- методики измерения антропометрических данных пациента;
- методики внесения изменений в модель, в соответствии с измеренными данными;
- встроенные подсистемы интерфейса удаленной работы с данными, хранения данных и документооборота и доступа к данным через Internet.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-38-00704 мол_a

Литература

1. А.В. Греченева, О.Р. Кузичкин, Н.В. Дорофеев, И.С. Константинов/ Применение акселерометрических датчиков в измерительных гониометрических системах// Научно-технический журнал "Информационные системы и технологии", ISSN 2072-8964, № 4(90)2015 июль-август. Рубрика "Математическое и компьютерное моделирование", стр. 5-10
2. Антонова Н. Е. Математическое моделирование прямой стойки и походки человека для задач медицинской диагностики // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2012. №2.
3. Тяжелов А. А., Кизилова Н. Н., Фищенко В. А., Яремин С. Ю., Карпинский М. Ю., Карпинская Е. Д. Анализ стабилотрамм на основе математической модели тела человека как многозвенной системы // Травма. 2012. №4.
4. Сучилин Н. Г., Шевчук Ю. В. Ориентация главных центральных осей инерции тела человека при произвольном изменении позы в безопорном положении // Вестник ТГПУ. 2013. №8 (136).

Н.В. Дорофеев
*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru*

А.В. Греченева
*Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: 1155464@bsu.edu.ru*

Оценка степени изгиба позвоночника

В настоящее время развиваются системы реабилитации и диагностики опорно-двигательного аппарата. При построении подобных систем и автоматизации процесса диагностики и реабилитации позвоночника возникает ряд сложностей связанных с контролем болевого порога, физиологической нагрузки, допустимых движений.

Для повышения эффективности, функциональности и адаптивности систем реабилитации и диагностики опорно-двигательного аппарата для регистрации движений применяют акселерометрические преобразователи. При этом для построения информационной модели пациента применяют модель угловых отклонений.

Акселерометрические системы реабилитации и диагностики позвоночника применяются совместно с рентгено- и томографией, электро- и энцефалографией, что снижает риск дополнительной травмоопасности пациента. Однако, регистрируемые данные о состоянии позвоночника не всегда получаются в реальном масштабе времени и не показывают возможную степень его изгиба при заданной нагрузке без негативных последствий.

Для оценки оптимальной и предельно допустимой величины отклонения положения позвонков в системе реабилитации и диагностики позвоночника человека предлагается применять нейросетевые алгоритмы обработки накапливаемых данных.

При этом оценки предлагается использовать несколько нейросетевых моделей:

- для типов позвоночника без нарушений;
- для типов позвоночника с отклонениями от нормального положения, но находящихся в пределах допустимого;
- для различных типов повреждений позвоночника;
- для каждого пациента.

Выбор той или иной нейросети осуществляется по карте пациента, имеющимся симптомам и показаниям, данных рентгено- и томографии, электро- и энцефалографии. По мере обучения нейросетей и развития базы данных нейросетей будет формироваться нейросеть верхнего уровня, которая на основе имеющейся базы данных будет формировать обобщенные оценки и автоматически подключать ту или иную нейросеть к системе диагностики или реабилитации в зависимости от состояния позвоночника пациента.

Таким образом, предлагаемый подход позволит адаптировать систему диагностики и реабилитации позвоночника под пациентов с различными физиологическими особенностями и нарушениями позвоночника.

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

Н.В. Дорофеев
*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru*

А.В. Греченева
*Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: 1155464@bsu.edu.ru*

Оценка степени трения позвонков

В настоящее время развитие микроэлектроники способствует развитию систем реабилитации и диагностики позвоночника. При этом в основе широкодоступных систем реабилитации позвоночника, как правило, лежит один или несколько однотипных физических методов измерения, из-за чего контролируется лишь малое количество параметров, что существенно влияет на качество и эффективность постановки диагноза и выработки управленческих решений (формирование угла отклонения и наклона или расстояния для перемещения суставов в экзоскелетах).

Для повышения скорости коррекции нагрузки на позвонки и качества самого процесса реабилитации в целом применяются акселерометрические преобразователи совместно с системами неразрушающего контроля (рентгеновский снимок, томография, электротомография, энцефалография). При реабилитации и диагностике контролируется положение и смещение позвонков, уровня слуховых проходов, плеч, гребней подвздошных костей и вертикали, опущенной от затылочного бугра.

Однако данной информации не достаточно для процедуры реабилитации, и как следствие может создать дополнительную травму пациенту.

Для повышения эффективности систем реабилитации и диагностики позвоночника предлагается регистрировать уровень трения позвонков. Возникающие при трении позвонков шумы предлагается регистрировать акустическим методом, при этом в качестве первичных преобразователей предлагается использовать пьезоэлементы.

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

Моделирование работы барабанного вакуум-фильтра

Барабанный вакуум-фильтр предназначен для разделения жидкостей, содержащих твёрдые частицы во взвешенном состоянии [1]. Он представляет собой барабан, вращающийся в емкости с суспензией. Сам барабан изнутри разделён перегородками на отдельные ячейки, соединённые трубками с распределительной головкой, а внутренняя его поверхность покрыта фильтровальной тканью. При вращении барабан проходит зону фильтрации, где жидкость в него засасывается за счет создаваемых перепадов давления, а твёрдые частицы оседают на фильтрующей ткани. Далее при выходе ячеек из суспензии осадок, оставшийся на поверхности фильтровальной ткани промывается водой, барабан входит в зону сушки. При дальнейшем вращении ячейки перемещаются в зону удаления осадка. Здесь изнутри фильтра подаётся сжатый воздух, а осадок разрыхляется и срезается ножом с поверхности барабана.

С целью моделирования работы барабанного вакуум-фильтра, его конструкция была разработана в системе автоматизированного проектирования. Первыми были созданы конструкции корпуса, предназначенного для заполнения суспензией, а также барабана – вращающегося элемента фильтра (рис. 1, а, б). В процессе создания были использованы функции: «вытянутая бобышка/основание», «вытянутый вырез», «круговой массив», «линейный массив».

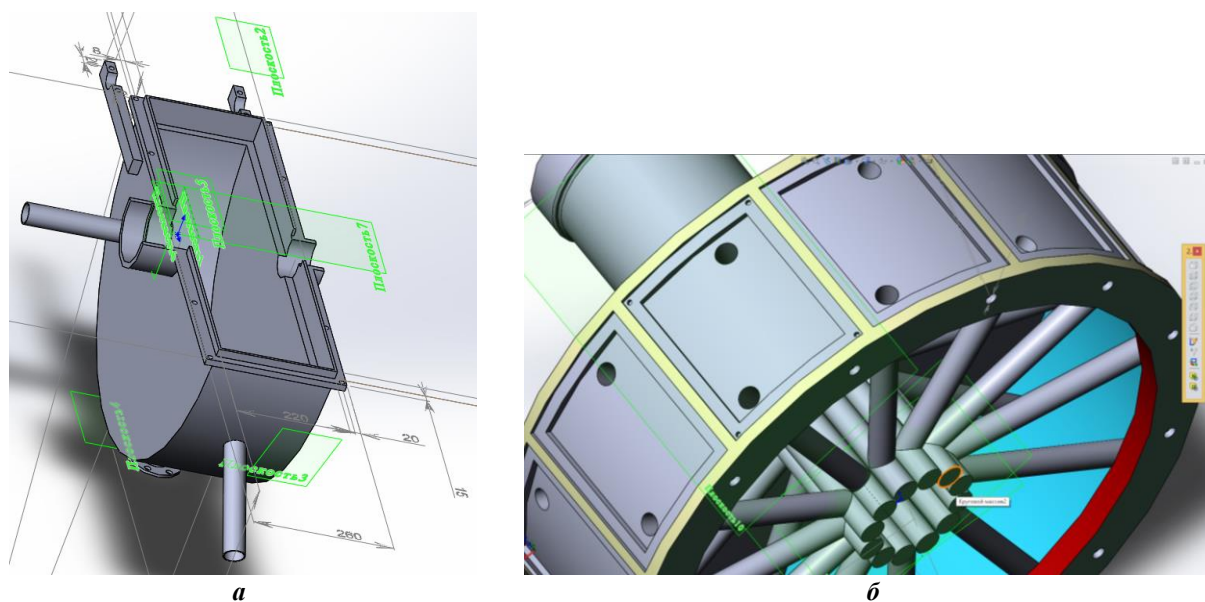


Рис. 1. Разработка конструкции:
а – корпуса фильтра; б – барабана

Вместе с барабаном командой «бобышка вытянуть» и «круговой массив» были созданы трубки, по которым перемещается суспензия. Далее была спроектирована крышка барабана. Также в системе автоматизированного проектирования была создана решетка, предназначенная для равномерного распределения осадка на поверхности барабана. Далее проводилась сборка элементов фильтра и изготовлены их чертежи (рис. 2). Причем, при обнаружении ошибок при проектировании или сборке система указывала на это, и просчеты сразу устранялись.

В связи с тем, что количество деталей барабанного вакуум-фильтра значительное, работа проводилась на компьютере с высокими характеристиками оперативной памяти.

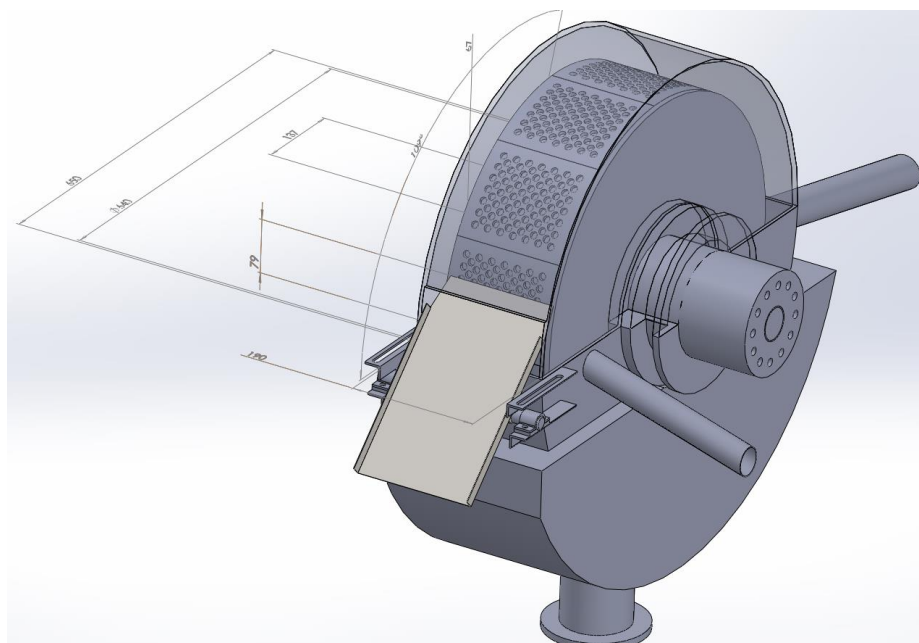


Рис. 2. Барабанный вакуум-фильтр

Разработанная в системе автоматизированного проектирования конструкция фильтра используется в лекционных курсах с целью моделирования работы, изучения его внутреннего устройства, а также освоения основных этапов разработки конструкции оборудования в САПР.

Таким образом, с использованием системы автоматизированного проектирования была разработана конструкция барабанного вакуум-фильтра, в процессе обнаружения ошибок оперативно вносились изменения в проект, благодаря чему сократилось время на проектирование, и увеличилась производительность труда.

Литература

1. Поникаров И.И., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки. М: Альфа-М, 2006. 608 с.

А.О. Коваленко, А.Н. Котов, Н.В. Дорофеев
Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: super.iskatel2@yandex.ru

Виброакустический метод идентификации параметров автомобилей и транспортного потока

В настоящее время, проблема контроля и управления транспортным потоком (КУТП) для обеспечения безопасности дорожного движения и для получения экономической выгоды является актуальной [1,2]. Необходима разработка новых подходов автоматизированного контроля параметров транспортного потока, а именно разработка простого и дешевого инструмента для мониторинга транспортного потока, обладающего мобильностью и не уступающего по функционалу современным системам.

Основными задачами систем КУТП (СКУТП) являются: определение параметров транспортных средств (скорость, габариты, вес, количество осей, владелец, гос. рег. номер и др.), параметров транспортного потока (скорость, плотность, протяженность, количество полос, количество и типы транспортных средств и др.), интеграция с другими системами и ГИС включая базы данных ГИБДД, и т.п.

Как правило, в СКУТП применяется несколько методов получения информации о параметрах транспортного потока (ТП), что связано с невозможностью оценить все параметры ТП одним методом [3]. Это приводит к возрастанию стоимости внедрению СКУТП и невозможности их применения в малых городах и на удаленных трассах.

Для уменьшения присущих существующим СКУТП недостатков предлагается использовать модифицированный метод виброакустического контроля параметров ТС, основанный на регистрации уникального виброакустического сигнала проходящего автомобиля. В параметрах регистрируемого сигнала заложены тип, разновидность, вес и скорость движения. При этом обрабатывая сигналы от проходящих транспортных средств можно оценить параметры ТП: плотность, скорость, протяженность, количество и тип транспортных средств в нём.

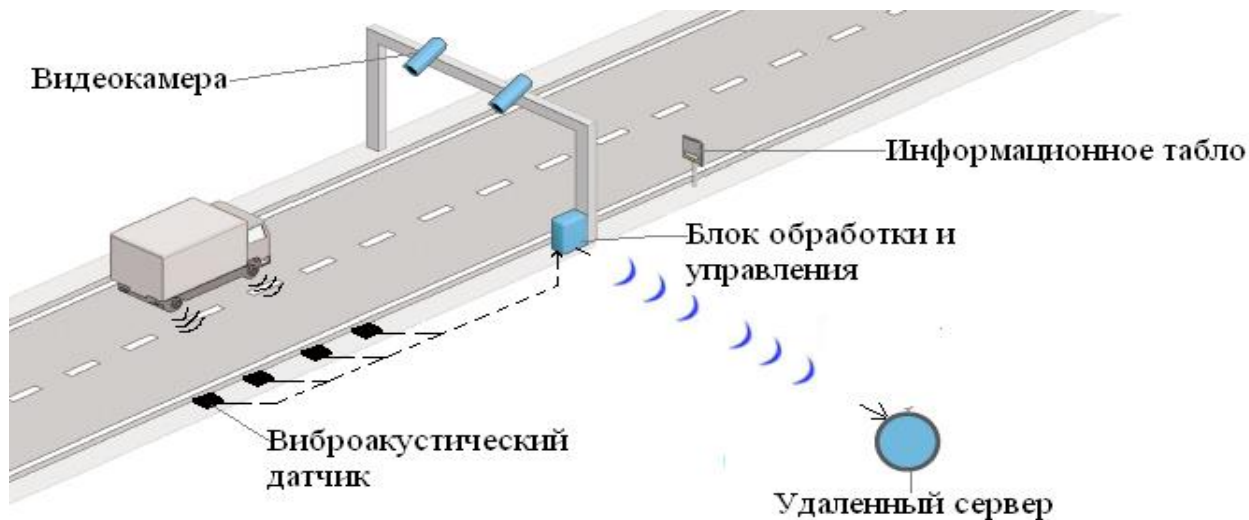


Рис.1.Виброакустический метод контроля параметров ТС

Для повышения точности работы системы синхронизация момента регистрации автотранспортного средства и усиление виброакустических сигналов осуществляется за счет использования выпуклой дорожной разметки, предупредительных трехмерных линий и т.п. Применение данного подхода может дополнять уже существующие СКУТП и использоваться самостоятельно. Несколько систем могут объединяться в общую сеть для регистрации средних параметров транспортного потока.

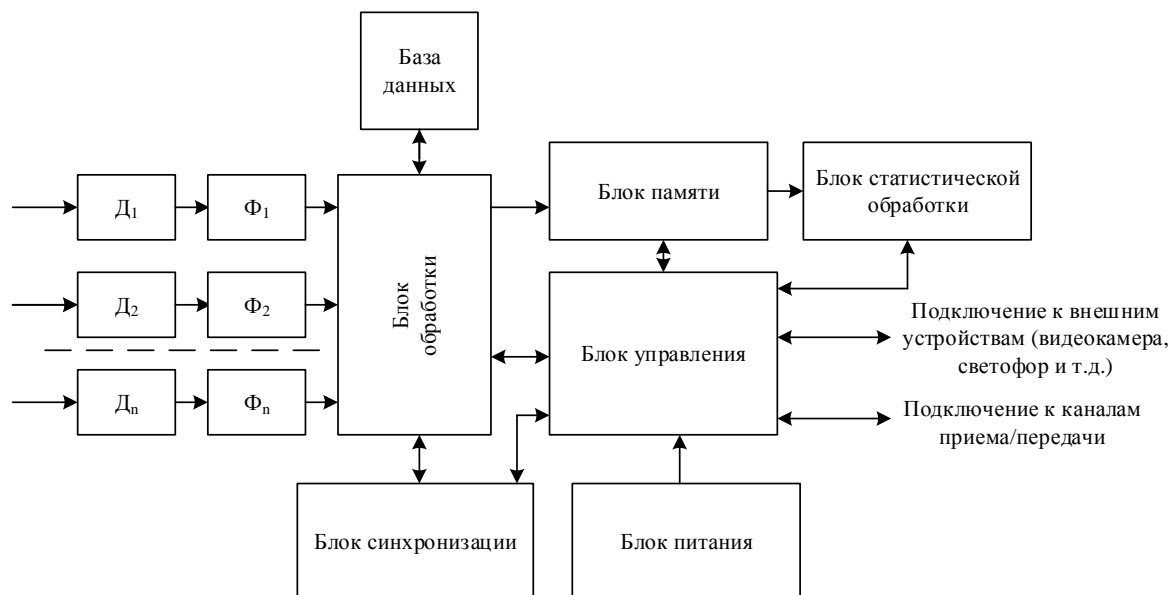


Рис.2. Структурная схема разрабатываемой системы управления и контроля транспортным потоком

Структурная схема СКУТП на базе виброакустического метода контроля представлена на рисунке 2. Следует отметить, что в отличие от других типов систем СКУТП представленную на рисунке 2 систему можно размещать как возле дорожного полотна, так и под ним, как на поверхности земли, так и под землей на глубине (в несколько десятки сантиметров).

Таким образом, внедрение данного метода позволяет обеспечить дешевыми, надежными, простыми и мобильными аппаратными средствами транспортного контроля и/или управления транспортным потоком малые города и населенные пункты, а также удаленные от инфокоммуникационной среды трассы.

Литература

1. Маковецкая-Абрамова О.В., Петров Г.А. Алгоритм идентификации транспортных средств в различных дорожных условиях // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2012. Т. 21. № 3. С. 5-7.
2. Обертов Д.Е., Бардов В.М. Алгоритм обнаружения транспортных средств с помощью акселерометров // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6 (67). С. 6-13.
3. 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.

А.О. Коваленко, А.Н. Котов, Н.В. Дорофеев
*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: super.iskatel2@yandex.ru*

Определение параметров автомобиля виброакустическим методом контроля транспортными потоками

На сегодняшний день системы определения параметров транспортного потока продолжают стремительно развиваться. Становится все больше систем видеонаблюдения, появилась система Платон использующая спутниковую навигацию. Начинается внедрение систем измерения веса транспортного средства в движении. Тем не менее, из-за очень высокой стоимости подобных систем, отсутствием их мобильности и сложности установки проблема разработки новых подходов автоматизированного контроля параметров транспортного потока остается актуальной.

Виброакустический метод контроля является простым и дешевым инструментом для мониторинга транспортных потоков, а системы на его основе обладают мобильностью и не уступают по функционалу современным. Для определения параметров проезжающего автомобиля данным методом необходимо проанализировать вибрации дорожного полотна и шумы создаваемый им.

Задача обнаружение простого отдельного автомобиля не вызывает особых сложностей и сводится только к задаче фильтрации. Фильтрация может осуществляться в несколько этапов и её сложность зависит от требований и от влияния различных внешних факторов и условий, в которых используется система.

Основные проблемы возникают при разделении нескольких автомобилей, движущихся друг за другом или параллельно.

В первом случае необходимо установить оптимальный временной порог обнаружения, который позволит избежать ложных срабатываний от одного и того же автомобиля и при этом даст возможность различать движущиеся друг за другом [1].

Проблема обгона в зоне определения может быть решена установкой нескольких датчиков на расстоянии, позволяющем автомобилям произвести обгон. Это позволит фиксировать подобную ситуацию и обрабатывать каждый автомобиль в отдельности.

Для разделения автомобилей помимо использования большего количества датчиков в зависимости от сложности дороги могут применяться различные радиотехнические методы разделения нескольких полезных сигналов.

Для определения класса автомобиля подсчитывается количество осей и расстояние между ними. Класс автоматически определяется по созданной базе данных шаблонов виброакустических сигналов. Не существует строгой классификации классов поэтому за основу можно взять к примеру, FHWA классификацию транспортных средств [2].

Скорость автомобиля может определяться прямым или косвенным способом. Виброакустический метод позволяет косвенно определять скорость несколькими вариантами. Наиболее просто использование нескольких синхронизированных датчиков на известном расстоянии это позволяет рассчитать скорость через время и расстояние [3]. Такой вариант может быть использован для расчета средней скорости автомобиля за большое расстояние, что в настоящее время набирает популярность. Для этого необходимо объединить несколько измерительных систем в общую сеть.

Второй вариант позволяет измерять скорость одним датчиком и заключается в использовании различных дорожных индикаторов (шумовых полос выпуклой дорожной разметки и т.д.).

Алгоритмы являются относительно простыми и позволяют использовать данный метод в реальных интеллектуальных транспортных системах на дорогах городов и междугородних трассах для сбора и обработки транспортной статистики, мониторинга и многих других целей.

Литература

1. Обертов Д.Е., Бардов В.М. Алгоритм обнаружения транспортных средств с помощью акселерометров // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6 (67). С. 6-13.
2. Обертов Д. Е., Бардов В. М. Алгоритм идентификации классов транспортных средств с помощью акселерометров // Информационно-управляющие системы. 2012. № 5(60). С. 15-18.

Секция 13. Приборы и системы

3. Посмитный Е.В., Медовщиков В.И. Обнаружения транспортного средства в чувствительной зоне пассивного акустического детектора транспортного потока // Научный журнал КубГАУ, 2011 №73(09), С. 78-93.

Секция 13. Приборы и системы

ром, позволяет подать в РЧ тракт пилот-сигнал для проверки канала приемника и снимать РЧ сигнал в режиме передачи.

Д.С. Макаров
Муромский институт (филиал)
Владимирского государственного университета
602264 г.Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23.
E-mail: dima.makarov93@yandex.ru

Основные направления модернизации СВЧ комплекса РЛС

Модернизация СВЧ комплекса РЛС проводится путём улучшения технических и эксплуатационных характеристик его составных частей без кардинальной переработки структурных и функциональных схем систем и подсистем СВЧ комплекса. При этом условии модернизация антенной системы и приёмо-передающих трактов проводится в следующих направлениях:

- введение дополнительного (четвёртого) основного приёмного канала в целях улучшения точностных характеристик измерения угловых координат;
- оптимизация состава аппаратуры приёмных строк, путём исключения избыточных функциональных элементов;
- модернизация аппаратуры СВЧ приемных каналов в соответствии с переходом к двойному преобразованию частоты при приёме эхо-сигналов;
- расширение границ отклонения передающего и приёмных лучей в связи с расширением угломестной зоны обзора в РЛС;
- улучшение эксплуатационных характеристик, в том числе повышение термоустойчивости наиболее критичных в этом отношении функциональных элементов при нештатных ситуациях в аппаратуре приёмо-передающих строк;
- повышение потенциала РЛС за счёт улучшения шумовых характеристик приёмного СВЧ тракта;
- замена устаревших материалов в пассивных СВЧ элементах антенной системы и СВЧ трактов;
- перевод на перспективную элементную базу цифровой аппаратуры подсистемы управления лучом, совмещённый с изменением её технических характеристик, обусловленных увеличением числа приёмных каналов и зоны угломестного обзора;
- повышение степени охвата функциональным и диагностическим контролем составных частей приёмо-передающих и передающих СВЧ-трактов.

Указанные направления модернизации не приводят к существенным изменениям конструкции ФАР, что было бы невыполнимо при указанных выше ограничениях порядка выполнения модернизаций. По этой причине рассмотренный в ходе разработки варианта модернизации антенной системы, предполагающий функциональное разделение СВЧ-трактов передающих и приёмных строк, не был принят для дальнейшей реализации, несмотря на то, что он позволяет значительно повысить эксплуатационную надёжность ФАР при нештатных ситуациях. Данный вариант, требующий относительно больших изменений конструкции шкафа ФАР, а также новой разработки ряда составных частей, в том числе и покупных изделий, целесообразно было бы совместить с изменениями схемотехнического построения ФАР, в том числе и использованием цифрового диаграммообразования. Реализация такого варианта модернизации ФАР представляется целесообразной на последующих этапах модернизации с учётом результатов.

Модернизация передающей системы РЛС проводится при сохранении состава и функциональной схемы передатчика, а также аппаратурной реализации большинства его составных частей с частичными улучшениями отдельных характеристик, в основном затрагивающими эксплуатационную надёжность и удобство проверки технического состояния и восстановительного ремонта. Одновременно проводится замена существующей морально устаревшей аппаратуры подсистемы формирователя сигналов гетеродинов и передатчика на аппаратуру, разрабатываемую на современной элементной базе. Такая замена, помимо существенного улучшения характеристик подсистемы, является принципиально необходимой для обеспечения возможности перемещения основной аппаратуры РЛС, так как значительно уменьшает объём, занимаемый аппаратурой подсистемы.

Пространственно-временная обработка сигналов по данным сети датчиков при локализации геодинамических процессов

Широкое внедрение в последнее десятилетие локальных и глобальных сетей передачи геоданных обеспечивает возможность оперативного получения необходимой информации и оперативной ее обработки, а также создание на их основе информационно-аналитических систем геодинамического контроля [1].

Системы геодинамического контроля, предназначены для слежения за геодинамическими проявлениями экзогенных процессов, осуществляют сбор и обработку информации в режиме реального времени, и оперативно реагируют на особые катастрофические изменения объекта геодинамического контроля. Распределенные системы геодинамического контроля, используемые для слежения за геодинамикой экзогенных процессов, строятся на применении многополюсных электроустановок [1-3]. Они позволяют организовать распределенную регистрацию геоэлектрических сигналов и обеспечить повышенную чувствительность системы геодинамического контроля к особым изменениям объекта исследования.

При геофизических исследованиях широкое распространение имеет цифровая регистрация с аналого-цифровым преобразованием сигналов [4]. Для этого разработана система цифровой регистрации с возможностью визуализации результатов измерений, она совмещает в себе аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Этой системе присуща многоканальность с регистрацией однородной геологической информации.

От источников регистрации геологической информации в качестве которых выступает набор излучающих электродов и приёмных бесконтактных трансформаторных датчиков (БТД), расположенных в контролируемой территории непосредственно в грунте, сигналы поступают в тракт регистрации, началом которого являются, как правило, широкополосные аналоговые предварительные усилители У с фильтрами [4]. Далее выходы усилителей подаются на коммутатор каналов КК (мультиплексор), обеспечивающий квантование сигналов по времени путем последовательного циклического опроса всех каналов с определенной частотой и производящий их подключение к аналого-цифровому преобразователю (АЦП). В разработанной системе АЦП имеет 15 двоичных разрядов, включая знак. Полученный на выходе АЦП код мантиссы и код характеристики каждой выборки сигнала с сигналами синхронизации передаются в форматер Ф. Форматер предназначен для формирования цифрового кода в принятом для системы формате записи с целью дальнейшей её записи на жесткий диск (ЦМР – цифровой магнитный регистр) через буферный накопитель БН. Для визуализации регистрируемых сигналов имеется тракт контрольного воспроизведения, включающий цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и осциллограф О. В этом тракте, считанные импульсные сигналы усиливаются, формируются многоуровневые, а соответствующие двоичные разряды этих слов передаются в ЦАП. Преобразователь формирует аналоговые сигналы. Визуализация регистрируемых аналоговых сигналов необходима для обеспечения проверки и контроля входных датчиков, отдельных устройств, а также систем контрольно-защитной автоматики и диагностики неисправностей.

Литература

1. Константинов И.С., Кузичкин О.Р. Организация систем автоматизированного электромагнитного контроля геодинамических объектов. Информационные системы и технологии. 2008, №4, с. 13-18;
2. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. -М. : Изд-во Моск. ун-та, 1995. - 272с.;
3. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. Учебник. - М.: «ЗАО Теоинформмарк» , 2002.-41 5 с.;
4. Орехов А.А., Дорофеев Н.В., Романов Р.В. Техническая диагностика в блоках трансформаторных датчиков систем геодинамического контроля. Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №2(16), 2013;

Сбор данных с автономных информационно-измерительных комплексов

В связи с обеспечением защиты народно-хозяйственных объектов от возможных негативных последствий и катастроф, все чаще применяются системы контроля геодинамических объектов [1]. Они строятся на базе многополюсной электролокационной установки, обеспечивающей эффективную организацию наблюдений за геодинамическими объектами. Подобные системы включают в себя набор излучающих электродов и приёмных бесконтактных трансформаторных датчиков (БТД), расположенных в контролируемой территории непосредственно в грунте [2]. Однако алгоритмическое обеспечение подобных систем в настоящее время является недостаточно проработанным вследствие многокомпонентности и общей сложности построения [3].

Измерительная система состоит из стационарных и временных пунктов контроля геодинамических объектов, в качестве измерительной системы выступает электролокационная установка с блоками БТД, платой согласования, персональным компьютером дежурного оператора, излучающими электродами и электродом «бесконечность», а также температурные датчики и коммутация. Блоки трансформаторных датчиков подключаются к плате согласования через разветвитель. Для соединения датчиков и платы согласования используется цифровой интерфейс связи стандарта RS-485 [4].

После запуска программы необходимо задать начальные настройки системы. После проведения инициализации всех устройств, подключённых к системе, и инициализации цифровой связи оператор проверяет работоспособность этих устройств и связи. Если все устройства работоспособны, то оператор запускает систему на долговременную автоматизированную работу. На время установки t_G запускается генератор и излучающие электроды. После достижения установившегося режима переходных процессов в режим приёма данных включаются регистрирующие устройства: БТД, грунтовый измеритель градиента температур [4].

По истечении заданного времени зондирования t_p , производится остановка работы генератора и регистрирующих устройств. Следующее повторение этого участка алгоритма происходит через заранее заданный промежуток времени T_p . В этой точке алгоритм закичивается. Однако параллельно ожиданию следующего зондирования производится анализ зарегистрированных данных. Производится формирование массива принятых с регистрирующих устройств данных. Затем проводится коррекция результатов измерений с учётом температурного фактора, интерпретация результатов геоэлектрического зондирования с применением выбранной модели [5]. Полученный результат отображается на мониторе блока управления.

Литература

1. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.;
2. Константинов И. С., Кузичкин О.Р. Организация систем автоматизированного контроля геодинамических объектов// Информационные системы и технологии. – 2008. – № 4-3/272(550). – с.9-13.;
3. Дорофеев Н.В., Орехов А.А., Романов Р.В. Алгоритм коррекции зондирующего сигнала системы геодинамического мониторинга // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №4(18), 2013.;
4. Орехов А.А., Дорофеев Н.В., Романов Р.В. Техническая диагностика в блоках трансформаторных датчиков систем геодинамического контроля // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, №2(16), 2013.;

Секция 13. Приборы и системы

5.Дорофеев Н.В., Романов Р.В. Получение прогнозных оценок изменения геологической среды при комплексной обработке распределенных данных. // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – Вып. 5 (57). – 2014. – 8 с. – <http://ipb.mos.ru/ttb>.

Б.П. Сафонов
 Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева
 301665 Новомосковск Тульской области, ул. Дружбы 8
bsafonov@dialog.nirhtu.ru

О приведённой функциональной эффективности цельносварных стальных кожухотрубчатых теплообменников

На предприятиях химической отрасли удельный вес теплообменного оборудования составляет порядка 20% по номенклатуре [1]. В общем выпуске теплообменных аппаратов для химической и смежных отраслей промышленности России около 80% занимают КТТ. Поэтому исследование металлоёмкости теплообменников этого вида представляет интерес с точки зрения оптимизации типоразмеров выпускаемых теплообменников.

По ГОСТ 9929-82 КТТ изготавливают с диаметром кожуха от 159 мм (наружный диаметр) до 3000 мм (внутренний диаметр) и длиной труб 1000...9000 мм. Для изготовления трубных пучков теплообменников этого типа используются стальные бесшовные холоднодеформированные трубы следующих размеров (наружный диаметр × толщина стенки, мм): 16×1,5; 16×2; 20×2; 25×1,5; 25×2; 25×2,5; 38×2; 57×3.

Цельносварной одноходовой теплообменник имеет следующие основные элементы: теплообменные трубы, кожух, трубные решётки, днища (рис. 1). Масса элементов теплообменного аппарата определяется его конструктивными размерами (диаметр кожуха и длина труб) и технологическими параметрами рабочих сред (давление в трубном и межтрубном пространстве).

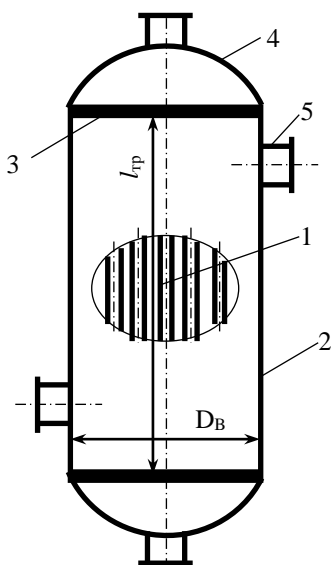


Рис. 1. Конструктивная схема одноходового КТТ жёсткой конструкции: 1- теплообменные трубы; 2-кожух; 3-трубная решётка; 4-днище

Для получения сопоставимых значений по металлоемкости аппарата рассмотрим условный кожухотрубчатый теплообменник (КТТУ), у которого перфорированный участок поверхности трубной решётки составляет $F_{п.р} = 1 \text{ м}^2$. Тогда диаметр $D_{0,y}$ перфорированного участка трубной решётки КТТУ будет равен

$$D_{0,y} = (1,274 \cdot F_{п.р})^{0,5} = (1,274 \cdot 1)^{0,5} = 1,129 \text{ м} \quad (1)$$

При этом внутренний диаметр $D_{в,y}$ условного теплообменника будет равен (см. ГОСТ 15118-79)

$$D_{в,y} = D_{0,y} + 0,014 = 1,129 + 0,014 = 1,143 \text{ м} \quad (2)$$

Дальнейшие выкладки в статье привязаны к условному теплообменному аппарату, имеющему $D_{в,y} = 1,143 \text{ м}$.

Секция 13. Приборы и системы

Под функциональной эффективностью теплообменного аппарата $\Phi_{\text{эф}}$ ($\text{м}^2/\text{кг}$) будем понимать площадь теплообмена аппарата $F_{\text{т.о.}}$, отнесённую к массе аппарата M_{Σ} . Приведённая функциональная эффективность $\Phi_{\text{эф.пр}}$ - то же для условного теплообменного аппарата, т.е.

$$\Phi_{\text{эф.пр}} = F_{\text{т.о.пр}} / M_{\Sigma.пр}, \quad (3)$$

здесь $F_{\text{т.о.пр}}$ -поверхность теплообмена КТТУ; $M_{\Sigma.пр}$ -масса КТТУ

Масса КТТУ определяли как сумму масс его элементов

$$M_{\Sigma.пр} = M_{\text{тр.пр}} + M_{\text{к.пр}} + 2 \cdot M_{\text{р.пр}} + 2 \cdot M_{\text{дн.пр}}, \quad (4)$$

здесь $M_{\text{тр.пр}}$ – масса труб; $M_{\text{к.пр}}$ – масса кожуха; $M_{\text{р.пр}}$ – масса трубной решётки; $M_{\text{дн.пр}}$ – масса отбортованного эллиптического днища.

Предварительные расчёты включали в себя расчёт величин $F_{\text{т.о.пр}}$, и компонентов $M_{\Sigma.пр}$ (из-за ограниченности объёма тезисов опущены).

На рисунке 2 показано изменение показателя $\Phi_{\text{эф.пр}}$ в зависимости от длины труб для уровня давления в аппарате 0,6 МПа. Представленные результаты показывают, что использование показателя $\Phi_{\text{эф.пр}}$ дает возможность сравнить эффективность применения труб разного сортамента. Для исследованных уровней давления и длин труб наиболее эффективными являются трубы 16×1,5 и 25×1,5. Применение труб других размеров будет обусловлено дополнительными эксплуатационными и технологическими требованиями.

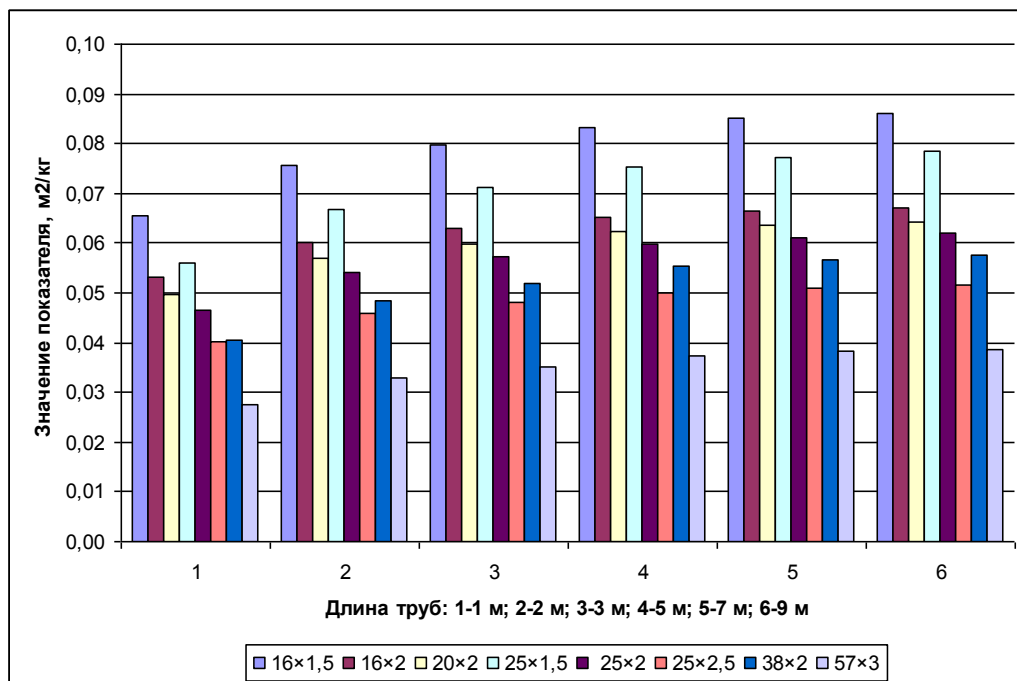


Рис. 2. Приведённая функциональная эффективность цельносварных стальных КТТУ для давления $p=0,6$ МПа

Таким образом, полученные результаты позволяют утверждать, что предложенный методический подход к оценке функциональной эффективности КТТ, основанный на использовании понятий условный кожухотрубчатый теплообменник (КТТУ) и приведённая функциональная эффективность, может быть признанным заслуживающим внимания и требующим дальнейшей проработки.

Литература

1. Машины и аппараты химических производств /И.И.Поникаров, О.А.Перельгин, В.Н.Доронин, М.Г. Гайнуллин. - М.: Машиностроение, 1989. - 368 с.