

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА СИГНАЛ ВИБРАЦИИ ОПОРЫ ПРИ ПРОХОДЕ ЧЕЛОВЕКА

Данная работа является составной частью проекта по разработке метода и аппаратно-программного комплекса на базе акселерометров для диагностики патологий опорно-двигательного аппарата (ОДА) человека. Диагностика производится на основании каталога моделей – образов патологий. Образ патологии формируется в пространстве параметров походки. Параметры походки оцениваются путем обработки сигналов вибрации опоры, по которой проходит человек. Работа относится к междисциплинарным научным исследованиям, так как позволяет применить современные методы и средства измерения и обработки сигналов к решению медицинской проблемы.

Объектом исследования является походка человека. Объект рассматривается как источник виброакустических волн, которые преобразуются акселерометрами в сигналы.

При разработке аппаратно-программного комплекса очень важным является вопрос выбора опоры, по которой проходит человек. Были рассмотрены четыре типа поверхностей: каменная плита, кафель, паркетная доска с покрытием, паркетная доска без покрытия. Проведено исследование влияния среды распространения на сигналы вибрации, регистрируемые акселерометрами, проведен сравнительный анализ вибрационных свойств различных поверхностей. Были проведены эксперименты, в ходе которых для каждой поверхности было записано по 10 записей тестовых сигналов, по 10 импульсов в каждой записи. Также для каждой поверхности было записано по 10 записей сигналов от прохода человека, по 10 шагов в каждой записи.

Основные параметры, по которым выбирается поверхность, пригодная для использования разработанного комплекса, следующие: амплитуда регистрируемого акселерометром сигнала вибрации; время затухания регистрируемого акселерометром сигнала вибрации; спектральные характеристики регистрируемого акселерометром сигнала вибрации. Поверхность, необходимая для применения разработанного аппаратно-программного комплекса должна обеспечивать высокую амплитуду сигнала, быстрое затухание и компактный спектр.

Обработка сигналов, зарегистрированных в ходе проведения экспериментов, и анализ результатов обработки позволили выбрать лучшую поверхность из рассмотренных для диагностики ОДА. Были исследованы сигналы вибрации, полученные при проходе одного и того же человека, на одинаковом удалении от датчика. Одной из основных характеристик сигнала, влияющих на вероятность обнаружения сигнала, является отношение сигнал/шум (ОСШ). Для полученных экспериментальных записей сигналов шагов были рассчитаны значения ОСШ. Отношение сигнал/шум рассчитывалось в соответствии с выражением

$$q, \text{дБ} = 10 \cdot \lg \left(\sqrt{\frac{N_{s+n}}{N_n}} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{\sqrt{\int_0^{T_0} s_{s+n}^2(t) dt}}{\sqrt{\int_0^{T_0} s_n^2(t) dt}} \right),$$

где N_{s+n} , N_n – мощность смеси сигнал+шум и чистого шума, соответственно.

Значения всех рассчитанных параметров сигналов от шагов человека для различных поверхностей были сведены в табл. 1. Все эти параметры были определены для сигналов, расположенных на одинаковом расстоянии от датчика.

Таблица 1.

Тип поверхности	Амплитуда А, В	ОСШ q, дБ	Время затухания $t_{\text{затух}}$, с
каменная плита	0,5	20	0,56
кафель	0,7	26	0,54
паркетная доска с покрытием	2	30	0,15
паркетная доска без покрытия	4,8	38	0,16

Как видно из табл. 1, лучшей поверхностью с точки зрения амплитуды сигнала и ОСШ является паркетная доска без покрытия, на втором месте паркетная доска с покрытием амплитуда, а затем кафель и каменная плита. Чтобы выбрать наилучшую поверхность для применения аппаратно-программного комплекса для диагностики ОДА, необходимо рассмотреть времена затухания сигналов.

При оценке параметров походки времена между шагами могут быть очень не велики и поэтому для того, чтобы их различать, необходим быстро затухающий сигнал. Время затухания должно удовлетворять условию: $0,1\text{с} < t_{\text{затух}} < 0,4\text{с}$. Это условие сформулировано исходя из средних значений временных параметров походки. Как видно по данным таблицы каменная плита и кафель не удовлетворяют требованиям по $t_{\text{затух}}$. Они не пригодны для применения аппаратно-программного комплекса для диагностики ОДА, т.к. у них сигнал от одного шага не успевает затухнуть до прихода сигнала от другого шага. Паркетная доска с покрытием и без него удовлетворяет требуемому условию по $t_{\text{затух}}$, время затухания при наличии покрытия незначительно меньше, чем без него.

Были рассмотрены спектральные характеристики сигналов от прохода человека по паркетной доске с покрытием и без него. В обоих случаях спектры компактные, ширина спектра составляет 50-60 Гц, спектры лежат в диапазоне от 0 до 150 Гц. Основная частота в случае поверхности паркетная доска без покрытия выше, чем с покрытием, это плюс для паркетной доски без покрытия, т.к. при решении задачи обнаружения лучше работать в области высоких частот, поскольку сигнал имеет более крутой фронт.

Таким образом, из рассмотренных поверхностей для применения аппаратно-программного комплекса для диагностика ОДА подходят паркетная доска с покрытием и без. Лучшей поверхностью по результатам эксперимента является паркетная доска без покрытия, т.к. она имеет самую высокую амплитуду сигнала, низкое время затухания и компактный спектр. В результате этого эксперимента в медицинском учреждении в специальном помещении был оборудован пол паркетной доской, где в дальнейшем проводилось большинство экспериментов по набору статистической информации для данной работы.

Полученные в ходе исследования результаты, имеют ценность не только для решения задачи диагностики состояния ОДА человека по сигналам вибрации опоры, но и в других задачах, связанных с обработкой сигналов вибрации, например, при разработке охранной системы, на базе акселерометров.

