

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики

**Регистрация и анализ тремора пальцев рук при физических нагрузках с
помощью полупроводникового лазерного автодина**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

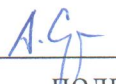
Студента 2 курса 205 группы
направления 03.04.02 «Физика»,
профиль подготовки «Медицинская физика»
факультета nano- и биомедицинских технологий

Петрунина Дмитрия Николаевича

Научный руководитель
доцент, к. ф.-м. н.

 09.06.2017 С.Ю. Добдин
подпись, дата

Зав. кафедрой
профессор, д. ф.-м. н.

 9.06.17 А.В. Скрипаль
подпись, дата

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

Тремор конечностей по праву считается самым распространенным расстройством двигательной функции человека. Чаще всего тремор является симптомом заболевания, то есть проявляется вторично, на фоне основной патологии, однако иногда может быть единственным проявлением заболевания.

Для диагностики тремора проводят неврологический осмотр, а также применяют акселерометрию, ЭМГ (электромиография), ЭЭГ (электроэнцефалография), КТ (компьютерная томография) и МРТ (магнитно-резонансная томография). Все эти методы достаточно сложны на практике, а также имеют высокую стоимость, поэтому актуально исследование возможности применения более простых методов диагностики.

Существуют методики с использованием оптических приборов и устройств. Они основаны на использовании источника света и регистрирующего устройства. В нашем эксперименте в качестве оптического прибора используется полупроводниковый лазер, работающий в режиме автодинного детектирования, который сочетает в себе свойства излучателя и приёмника в одном устройстве. Прямое определение параметров движения отражателя из-за сложности зарегистрированного автодинного сигнала невозможно, поэтому возникает необходимость программной обработки зарегистрированного сигнала.

Для диагностики тремора использовалась функциональная проба (или нагрузочная проба). В медицине наиболее часто из функциональных проб используют пробы с физической нагрузкой. Их проводят у больных с целью диагностики, определения прогноза и функциональной оценки.

Цель работы: зарегистрировать и проанализировать тремор пальцев рук при физических нагрузках с помощью полупроводникового лазерного автодина.

В ходе выполнения работы были поставлены задачи:

- 1) Провести критический анализ известных методов диагностики тремора;
- 2) Разработать методику и устройство для диагностики тремора пальцев рук;
- 3) Зарегистрировать тремор пальцев рук лазерным автодином до и после физической нагрузки;
- 4) Проанализировать полученные данные и оценить влияние физических нагрузок на характеристики тремора.

Новизна исследований, проведенных в ходе выполнения выпускной квалификационной работы, состоит в следующем:

1. Разработана методика для диагностики тремора пальцев рук;
2. Зарегистрирован и проанализирован тремор пальцев рук лазерным автодином до и после физической нагрузки;

Выпускная квалификационная работа состоит из содержания, введения, 4 глав, заключения и списка использованных источников. В 3 главе приведено описание методики и экспериментальной установки. В 4 главе представлены результаты исследований, проведенных на группе испытуемых в количестве 5 человек.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена актуальность темы исследований, сформулирована цель выпускной квалификационной работы и задачи, необходимые для её достижения.

В первой главе проводится описание устройства лазера, принципа действия, принципа работы в автодинном режиме.

Во второй главе рассматривается явление тремора, его классификация, причины и механизм возникновения тремора.

В третьей главе подробно проводится компьютерное моделирование автодинного сигнала, моделирование на тестовом объекте, изложен алгоритм вычисления параметров колебаний, а также проводится анализ полученных при моделировании данных.

В четвёртой главе приведено описание экспериментальной установки, а также описано проведенное исследование с применением нагрузочного тестирования (функциональная проба). В заключении приведены результаты и выводы выполненной работы.

Для компьютерного моделирования использовалась программная среда MathCAD.

С использованием известной формулы для нормированной переменной составляющей автодинного сигнала (формула 1) была написана программа и смоделирована функция (рис. 1).

$$P(t) = \cos\left(\theta + \frac{4\pi}{\lambda_0} Z(t)\right), \quad (1)$$

где θ – набег фазы автодинного сигнала, λ_0 – длина волны лазерного излучения, t – интервал времени наблюдаемого автодинного сигнала на различных участках движения, $Z(t)$ – функция, описывающая продольные перемещения объекта.

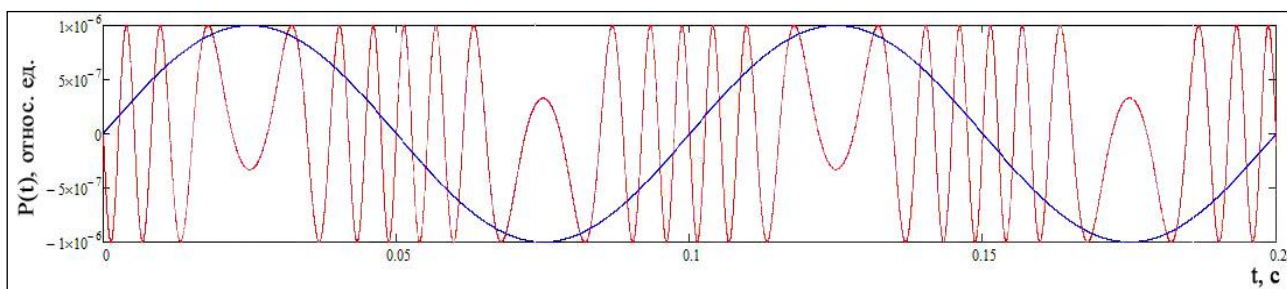


Рисунок 1 – Смоделированный автодинный сигнал

На рисунке 1 представлен вид автодинного сигнала полупроводникового лазера, смоделированного в предположении периодических колебаний внешнего отражателя.

В работе моделировались сигналы с амплитудами 2 мкм (рис. 2) и 4 мкм (рис. 3), которые считываются программой для дальнейших расчётов характеристик движения.

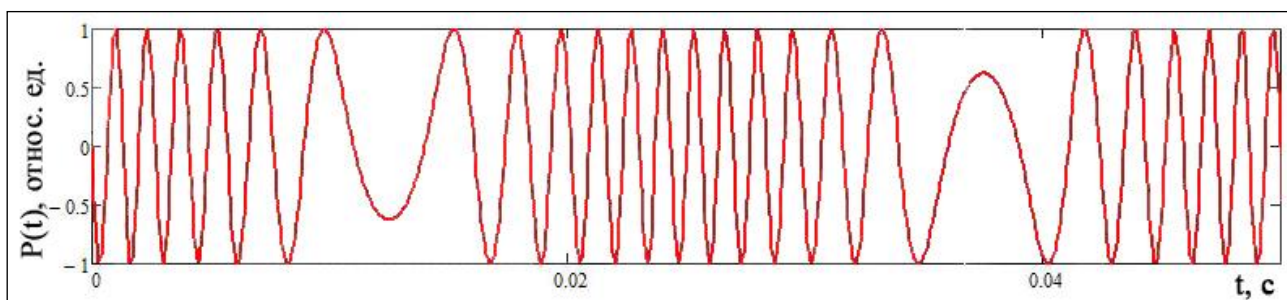


Рисунок 2 – Сигнал с амплитудой 2 мкм ($A=2 \cdot 10^{-6}$ м)

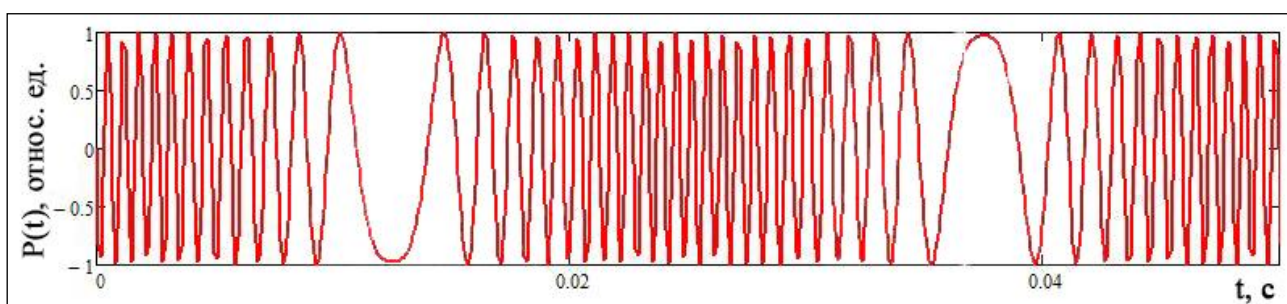


Рисунок 3 – Сигнал с амплитудой 4 мкм ($A=4 \cdot 10^{-6}$ м)

Далее происходит выделение нужного участка сигнала, имеющего ярко выраженную периодичность. Вручную задаётся интервал времени, соответствующий этому участку. Затем находятся максимумы выделенных

участков для каждого из сигналов, и они отмечаются на графиках символами «X» (рис. 4, 5).

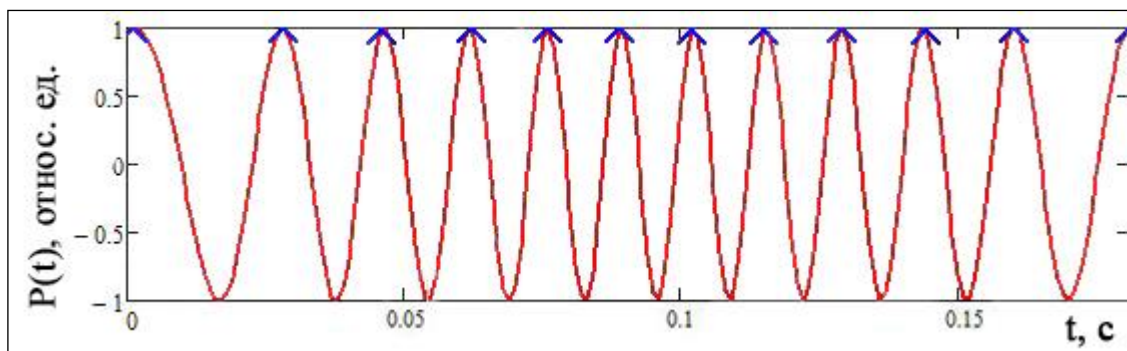


Рисунок 4 - Максимумы участка сигнала с $A=2$ мкм

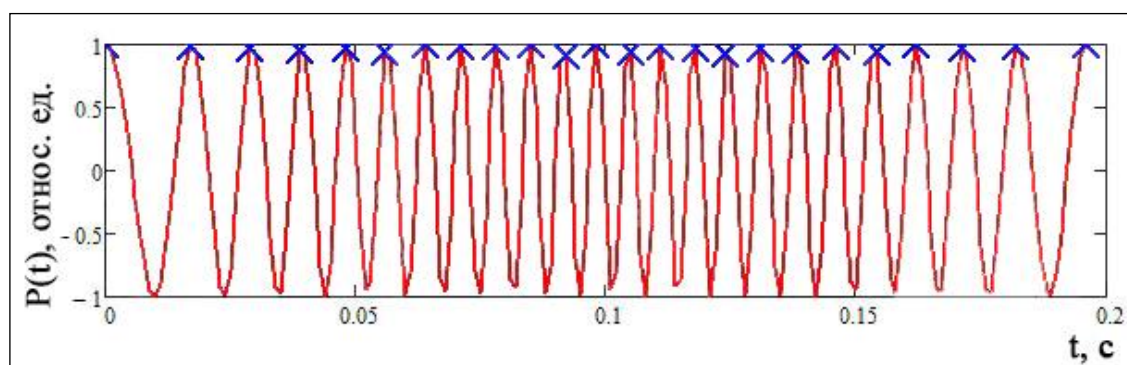


Рисунок 5 – Максимумы участка сигнала с $A=4$ мкм

Результаты выводятся в виде таблицы со значениями координат точек, соответствующих максимумам, и записываются в файл.

Далее находятся временные интервалы между соседними максимумами(время) и с помощью формулы 2 рассчитывается скорость.

$$V=L/t, \quad (2)$$

где $L=\lambda/2$, $\lambda=665 \cdot 10^{-9}$ (м), t -время.

Максимальное значение скорости при $A=2$ мкм составило $2.66 \cdot 10^{-5}$ м/с, при $A=4$ мкм - $5.14 \cdot 10^{-5}$ м/с. При увеличении амплитуды в 2 раза, скорость увеличилась в 1,93 раза. Для наглядного сравнения изменения скоростей при разных амплитудах приведён рисунок 6, на котором 1 – с $A=2$ мкм, 2 – с $A=4$ мкм.

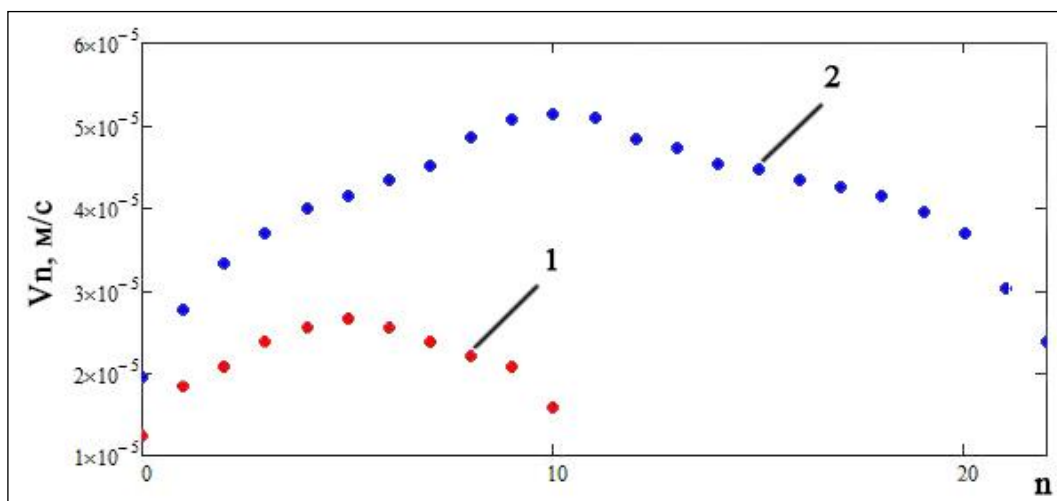


Рисунок 6 – Изменение скоростей для сигнала с $A=2$ мкм (1) и $A=4$ мкм (2)

При моделировании вибраций для последующей регистрации использовалась пьезокерамика. Экспериментальная установка фиксируется на виброустойчивом столе (рис. 7), на пьезокерамику направляется луч лазера.

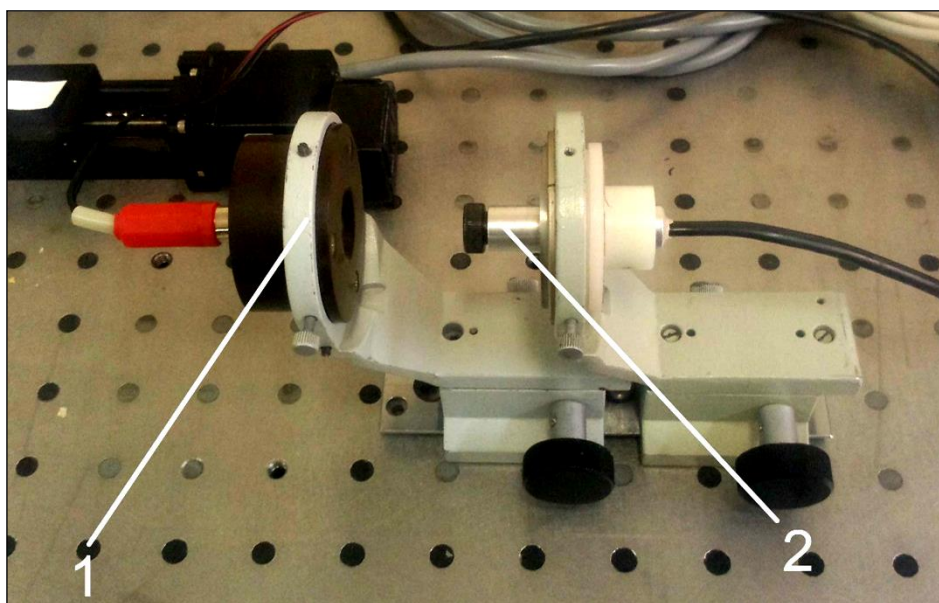


Рисунок 7 – Схема модели с пьезокерамическим элементом

С помощью программных средств на пьезокерамический элемент (1) подаётся напряжение, что вызывает возникновение микроколебаний, т.е. наблюдается обратный пьезоэлектрический эффект. Колебания и микросмещения пьезокерамики регистрируются с помощью лазерной

автодинной системы (2) и записываются в память ПК для последующей работы с сигналом.

Алгоритм обработки сигнала аналогичен алгоритму для компьютерной модели автодинного сигнала.

Метод анализа автодинного сигнала позволяет рассчитать параметры движения, а именно скорость, тестового объекта. Далее данный метод будет применён для анализа колебаний биологических объектов, в частности – для анализа тремора верхних конечностей.

В ходе исследования человек неподвижно сидел в кресле. С целью усиления мышечных составляющих колебаний ему предлагалось совершить физическую работу, которая заключалась в сгибании руки с грузом (гантель), опирающейся локтем на неподвижную опору. Груз поднимался в руке до начала развития утомления, что в среднем составляло 2–4 мин. Сразу после совершения физической работы регистрируется «дрожание» пальцев рук с помощью лазерного автодина.

Общий вид установки для регистрации колебаний с помощью лазерной автодинной системы представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 - Общий вид установки для регистрации тремора

На руку испытуемого (1) направляется луч лазера (2). Сигнал, полученный автодином, проходя через усилитель, встроенный в блок управления (3), попадает в аналого-цифровое устройство NI ELVIS. Далее сигнал проходит через устройство ввода данных DAQ (5) и выводится на монитор персонального компьютера (6), после чего имеется возможность записать данные в память ПК.

Полученный сигнал обрабатывается по следующему алгоритму: Регистрация сигнала – сглаживание/фильтрация сигнала – выделение периодического участка – расчёт максимумов данного участка – нахождение интервалов времени между соседними максимумами – расчёт скорости колебаний.

В исследовании приняло участие 5 испытуемых. Результаты измерений для каждого из них представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Испытуемый, №	$V_{\max} \cdot 10^{-6}$ (до физ. нагрузки), м/с	$V_{\max} \cdot 10^{-6}$ (после физ. нагрузки), м/с
1	8.32	28.22
2	8.92	11.26
3	7.22	8.21
4	8.22	8.84
5	9.15	18.47

Из приведённых в Таблице 1 результатов видно, что измеренные параметры колебаний после выполнения физической нагрузки больше, чем параметры, полученные до нагрузочного теста. Полученные результаты свидетельствует о том, что физическая нагрузка приводит к существенному увеличению скорости колебаний пальцев рук при треморе у некоторых испытуемых. У большинства испытуемых после физической нагрузки наблюдается увеличение максимальной скорости движения, что свидетельствует об усилении физиологического тремора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы были получены следующие результаты:

1) Был проведён критический анализ известных методов диагностики тремора;

2) Разработана методика и устройство для диагностики тремора пальцев рук. Из результатов эксперимента можно сделать вывод, что данный метод можно использовать для исследования характеристик колебаний при треморе, а именно – для определения скорости «дрожания»;

3) Был зарегистрирован тремор пальцев рук лазерным автодином до и после физической нагрузки;

4) Полученные данные были проанализированы. Сильные физические нагрузки являются провоцирующим фактором тремора пальцев рук. Величина, на которую увеличивается скорость колебаний рук при треморе, зависит от уровня физической подготовки человека. Для спортивных, физически крепких людей показатели изменились незначительно. У менее подготовленных людей наблюдалось увеличение показателей.

09.06.2017г

