

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

Кафедра оптики и биофотоники

**Лазерный доплеровский анемометр для измерения скорости
потоков**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 434 группы

направления 030302 физика профиль физика живых систем

физического факультета СГУ имени Н.Г.Чернышевского

Подфигурной Виктории Юрьевны

Научный руководитель
доцент каф. оптики и биофотоники, к.

ф.-м. н., доцент

И. В. Федосов

Зав. кафедрой

профессор, д.ф.-м.н.

В.В.Тучин

Саратов 2016 год

Оглавление

Введение	3
Цель дипломной работы	4
Задачи дипломной работы.....	4
Структура и объём работы.....	4
Краткое содержание работы.....	5
Список используемой литературы	12

Введение

Лазерная доплеровская анемометрия - метод бесконтактного измерения скорости движения газообразных, жидких и твёрдых сред, содержащих светорассеивающие неоднородности. Этот метод в настоящее время широко используется в научных исследованиях и технических приложениях.

Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА) позволяют решать большой круг задач: от исследования медленных направленных движений в капиллярах и живых клетках до дистанционных измерений турбулентной скорости потоков газа в сверхзвуковых трубах и скорости ветра в атмосфере. Величины измеряемых скоростей лежат в диапазоне от нескольких мкм/с до нескольких км/с.

Анализ лазерного доплеровского анемометра представляет допустимый экспериментальный метод для реологической оценки микрососудов. Из-за его уникального высокого пространственного и временного разрешения, это представляет стоящую альтернативу другим исследованиям [1].

Лазерный доплеровский анемометр позволяет измерять скорость течения крови и точно оценивать ее объемный расход через отдельные артериолы и вены. Возможность таких измерений критически важна для ранней диагностики атрофии зрительного нерва при глаукоме и диабетической ретинопатии, а также необходима для понимания фундаментальных механизмов регуляции местного кровотока в органах и тканях, например при инсульте головного мозга [2] или ишемии сердечной мышцы [3].

Цель дипломной работы

Целью данной работы является изучение принципа работы лазерного доплеровского анемометра и измерение с его помощью скорости потока жидкости, а так же осуществление спектрального анализа.

Задачи дипломной работы

1. Измерение скорости потока жидкости;
2. Построение профиля скоростей потока;
3. Освоение закономерностей распределения скорости при ламинарном течении в цилиндрической трубе;
4. Написание программы в среде LabView для осуществления спектрального анализа.

Структура и объём работы

Дипломная работа состоит из введения, четырех глав, списка используемой литературы и приложения. Общий объём работы составляет 43 страницы, 12 рисунков. Библиография включает 45 наименований.

Краткое содержание работы

Во введении обосновывается актуальность работы, обсуждается научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе описывается принцип действия лазерного доплеровского анемометра (ЛДА), который заключается в том, что движущийся объект облучают пучком лазерного излучения от неподвижного источника. Это излучение отражается от объекта и регистрируется неподвижным приемником. Вследствие эффекта Доплера, частота излучения, попадающего на приемник, будет отличаться от частоты излучения неподвижного источника на некоторую величину, пропорциональную скорости движения объекта относительно источника и приемника [4].

Для того чтобы получить информацию о движении исследуемого объекта, необходимо измерить величину доплеровского сдвига частоты рассеянного излучения. Для детектирования малой разности частот применяют метод смещения излучения на квадратичном фотодетекторе [5]. Детектор будет регистрировать интенсивность, изменяющуюся во времени с частотой, равной разности частот падающих на детектор волн. Это возможно в случае, когда интерферирующие волны когерентны, то есть разность фаз не зависит от времени.

Информация о скорости движения объекта содержится в частоте сигнала фотодетектора. Как правило, сигнал фотодетектора в ЛДА представляет собой сложный сигнал, содержащий множество колебаний с различными частотами. Поэтому для того, чтобы определить частоты доплеровского сдвига, необходимо исследовать частотный спектр этого сигнала. Частотным спектром электрического сигнала называется зависимость средней мощности этого сигнала от частоты. Для исследования спектрального состава сигнала можно преобразовать сигнал в цифровую форму, используя аналогоцифровой преобразователь (АЦП), а затем построить оценки спектра мощности с помощью ЭВМ с использованием алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ).

В третьей главе приводятся описание экспериментальной установки, методы выполнения работы и полученные данные.

Экспериментальная установка, используемая для выполнения работы, состоит из двух основных частей: лазерного доплеровского измерителя скорости потока и гидравлической системы, создающей поток жидкости в исследуемом канале.

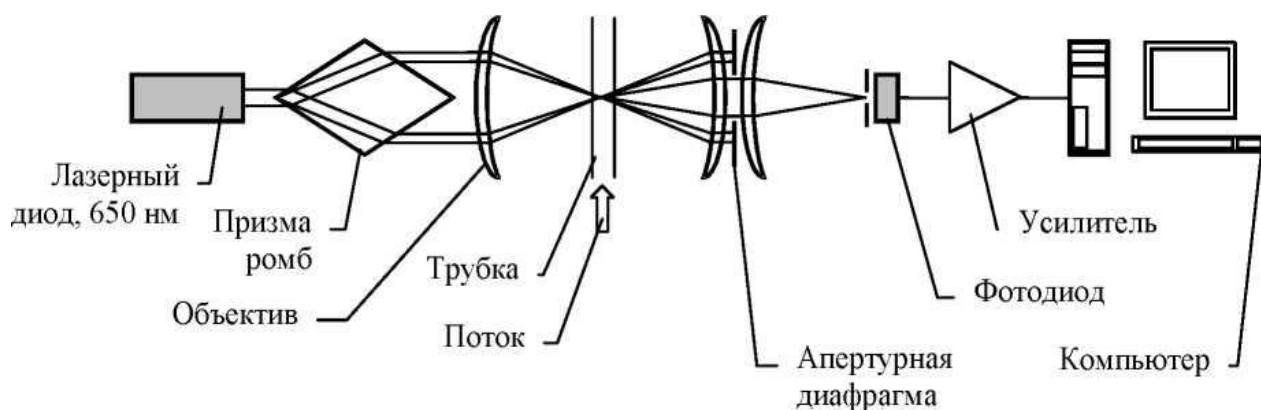


Рисунок - 1. Схема лазерного доплеровского измерителя скорости

Для того, чтобы определить скорость исследуемого течения жидкости при помощи лазерного доплеровского анемометра, было вычислено значение модуля разностного волнового вектора, который позволяет связать частоту доплеровского сдвига с проекцией скорости течения.

Зная значение модуля разностного волнового вектора можем вычислить скорость исследуемого течения жидкости:

Необходимо включить лазерный модуль и усилитель лазерного доплеровского измерителя скорости, а также запустить программу SpectraLab в режиме измерений в реальном масштабе времени. Для спектрального анализа использовалась рекомендуемая частота квантования 44100 Гц, ширина окна данных 2084 точек и окно данных Ханна. Усреднение периодограмм выполнялось по 10 неперекрывающимся окнам. Наблюдая спектр доплеровского сдвига частоты при постоянной скорости течения в

трубе, следует при помощи микрометрического винта перемещать трубу вдоль оптической оси лазерного доплеровского измерителя скорости, добиваясь максимальной величины доплеровского сдвига частоты, соответствующего осевому течению жидкости в трубе. Используя курсор, определили частоту доплеровского сдвига.

Измерительный объем ЛДА образован двумя пучками лазерного излучения с одинаковой частотой, пересекающимися под углом. Вследствие перекрытия одного из пучков сигнала не наблюдаем.

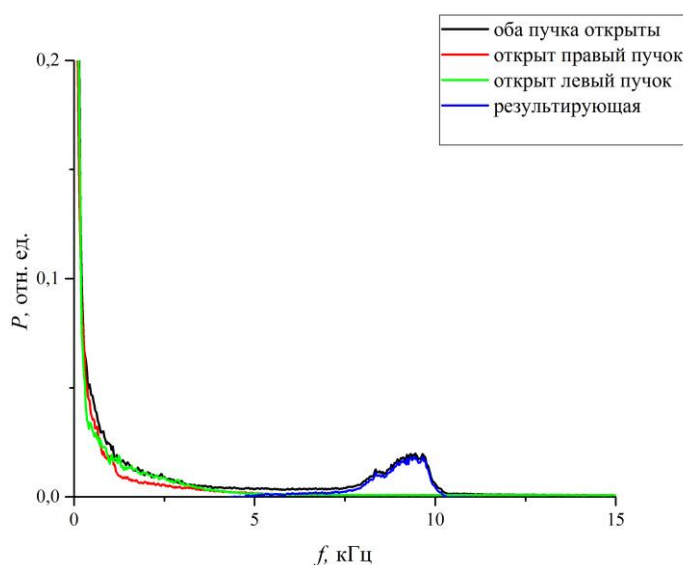


Рисунок - 2. Перекрытие пучков

Изменяя разность давления на концах трубки, установили скорость осевого течения, соответствующую величине доплеровского сдвига частоты около 12 кГц. Перемещая трубку вдоль оптической оси совмещаем зондирующий объем с одной из стенок трубки. При этом пик, соответствующий доплеровскому сдвигу частоты, сместится в область нулевых частот. Перемещаем трубку в противоположном направлении при помощи микрометрического винта на 0,14 мм и измерили значение доплеровского сдвига частоты. Перемещая далее трубку с шагом 0.14 и 0.35 мм, исследовали профиль распределения скоростей в поперечном сечении потока.

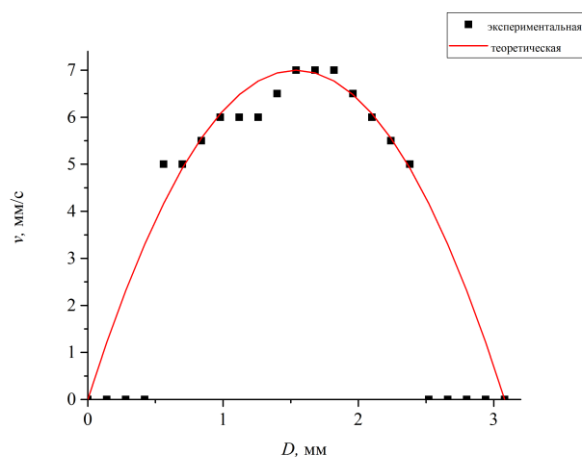


Рисунок – 3. Исследование профиля распределения скоростей в поперечном сечении потока, перемещая трубку с шагом 0.14 мм.

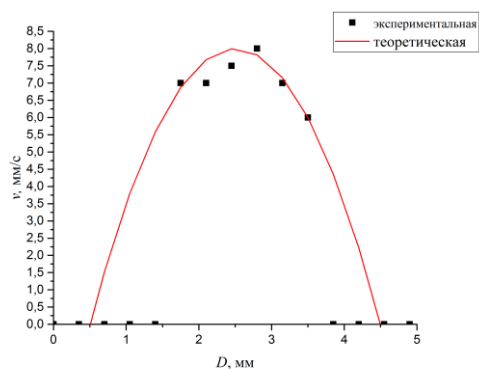


Рисунок - 4. Исследование профиля распределения скоростей в поперечном сечении потока, перемещая трубку с шагом 0.35 мм.

Анализ сигнала ЛДА

В настоящей работе спектральный анализ осуществлялся при помощи программы, разработанной в среде LabVIEW (National Instruments, США). Для построения программой оценки спектра мощности был использован метод усреднения модифицированных периодограмм Уэлша [6].

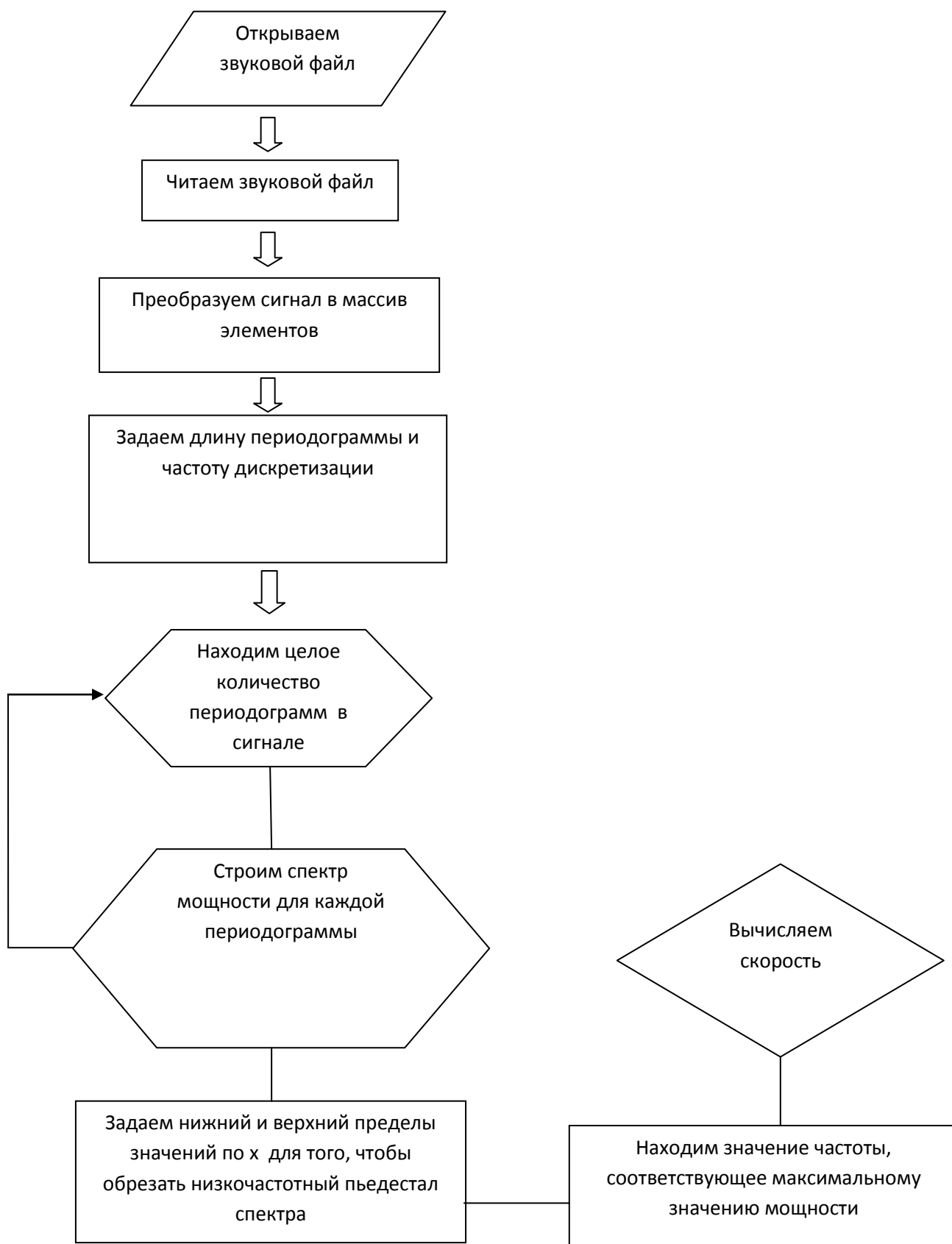


Рисунок – 5. Блок-схема вычисления скорости.

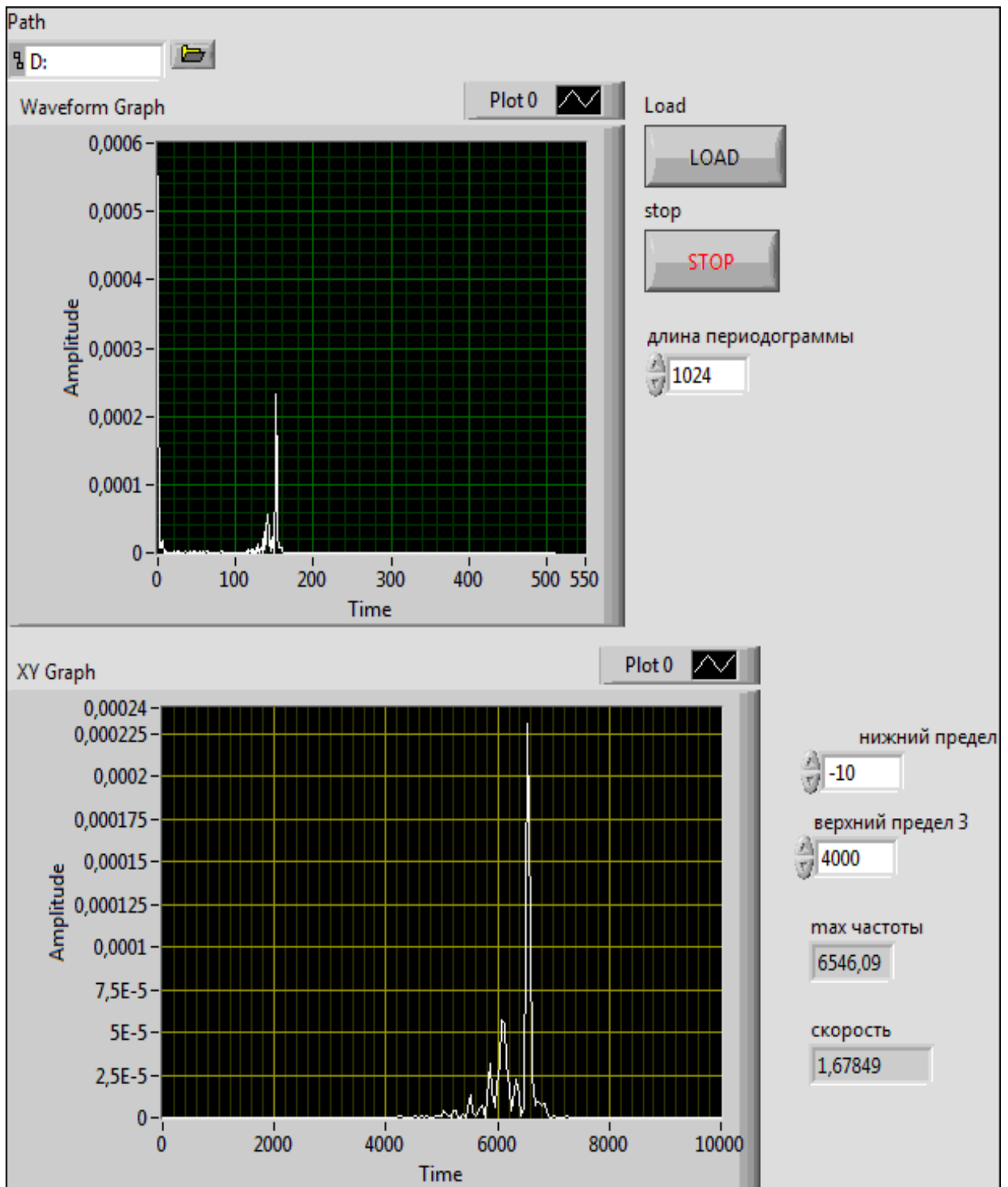


Рисунок – 6. Интерфейс пользователя программы для осуществления спектрального анализа.

В четвертой главе приводятся полученные результаты и их обсуждение. Была измерена скорость потока жидкости (в данной работе это каолиновая суспензия), построен профиль скоростей потока. Проанализировав профиль скоростей потока был сделан вывод, что при ламинарном течении жидкости в цилиндрической трубе скорость течения потока имеет свое максимальное значение в центре трубы, а приближаясь к стенкам трубы, скорость уменьшается. Это обусловлено тем, что коэффициент трения между стенкой трубки и слоями жидкости гораздо больше, чем между слоями потока. Таким образом, при ламинарном течении скорость изменяется с расстоянием от оси трубы по параболическому закону.

Так же была написана программа в среде LabView для осуществления спектрального анализа.

Список используемой литературы

1 Mücke T. et al. Flow analyses of microvascular bifurcation using laser Doppler anemometry //Journal of reconstructive microsurgery. – 2013. – Т. 29. – №. 6. – С. 399-406.

2 Feuerstein D., Takagaki M., Gramer M., Manning A., Endepols H., Vollmar S., Yoshimine T., Strong A.J., Graf R., Backes H.J. //Cerebral Blood Flow Metabolism// - 2014. - Т. 53. - 10.1038.

3 Silvestre J.S., Smadja D.M., Lévy B.I. //Physiol. Rev.// - 2013. -Т. 93 (4). – 1743

4 Fedosov I. V., Tuchin V. V. Bioflow Measuring: Laser Doppler and Speckle Techniques //Handbook of Coherent-Domain Optical Methods: Biomedical Diagnostics, Environmental Monitoring, and Materials Science. – 2013. – С. 487-563.

5 Peter D. Welch//The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra: A Method Based on Time Averaging Over Short, Modified Periodograms //- 1967. - Т15. - №2.

6 Jia Y. et al. Split-spectrum amplitude-decorrelation angiography with optical coherence tomography //Optics express. – 2012. – Т. 20. – №. 4. – С. 4710-4725.