

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Пензенский государственный университет архитектуры и строительства"
Автомобильно-дорожный институт

Кафедра "Организация и безопасность движения"

Утверждаю:

Зав. кафедрой

Ильина И.Е.

(подпись, инициалы, фамилия)

" ____ " ____ 20 ____ г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к выпускной квалификационной работе на тему

Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора
транспорта

(наименование темы)

Автор ВКР Савенков А.В.

(подпись, инициалы, фамилия)

Обозначение ВКР-2069059-23.04.01-151270-17 Группа ТТП-21м

Направление 23.04.01 "Технология транспортных процессов"

Руководитель ВКР _____

(Францев С.М.)

(подпись, дата, инициалы, фамилия)

Консультанты по разделам

Экономический раздел

наименование раздела _____

(подпись, дата, инициалы, фамилия)

Раздел безопасности жизнедеятельности

наименование раздела _____

(подпись, дата, инициалы, фамилия)

Нормоконтроль _____

Пенза 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Пензенский государственный университет архитектуры и строительства"
Автомобильно-дорожный институт

Кафедра "Организация и безопасность движения"

Утверждаю:
Зав. кафедрой

(подпись, инициалы, фамилия)

число

месяц

год

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Студент Савенков Александр Валерьевич

Группа ТТП-21м

Тема Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта

утверждена приказом по Пензенскому ГУАС № 06-09-332 от 01.12.2016 г.
число месяц год

Срок представления ВКР к защите 19.06.2017 г.
число месяц год

I. Исходные данные для ВКР

Нормативная литература. Пассивный акустический детектор транспорта.

II. Содержание пояснительной записки

Введение

Глава 1 Анализ проблемы контроля параметров транспортного потока при помощи детекторов транспорта

Глава 2 Исследование спектральных характеристик транспортного потока

Глава 3 Натурные исследования пассивного акустического детектора транспорта

Заключение

Список литературы

Приложение

III. Перечень графического материала

1. Способы получения данных об интенсивности транспортного потока
2. Сферы применения
3. Результаты патентных исследований пассивных акустических детекторов транспорта
4. Классификация источников шума ДВС
5. Частотные характеристики шума от автомобилей
6. Анализ работоспособности алгоритма построения спектральных характеристик
7. Порядок проведения натурных исследований спектральных характеристик транспортного потока
8. Спектральные характеристики транспортного потока
9. Обоснование научной новизны
10. Исследование с микрофоном типа «бегущая волна»
11. Результаты исследований направленных микрофонов «линейного» типа
12. Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 1
13. Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 2
14. Схема детектора транспорта
15. Исследование спектральных характеристик помехи
16. Предлагаемая схема детектора транспорта
17. Результаты выполнения ВКР
18. Результаты выполнения ВКР

IV. График выполнения ВКР

№п/п	Наименование этапов выполнения ВКР	Срок выполнения этапа
1	Глава 1	5.03.2017
2	Глава 2	5.05.2017
3	Представление законченной ВКР	15.06.2017

Дата выдачи задания 02.11.2016г

Научный руководитель проекта _____ С.М. Францев
подпись, дата, инициалы, фамилия

Консультанты по разделам:

Экономический раздел _____
дата, инициалы, фамилия

Раздел БЖД _____
дата, инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению 02.11.2016 г. _____ А.В. Савенков
подпись, дата инициалы, фамилия

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа на тему: Разработка и исследование пассивного акустического детектора транспорта.

Данная выпускная квалификационная работа содержит 3 главы. Графическая часть состоит из 18 листов формата А3. Пояснительная записка объемом 106 страниц.

Цель выпускной квалификационной работы – анализ известных конструкций детекторов транспорта, разработка и исследование пассивного акустического детектора транспорта для автоматизации определения интенсивности транспортного потока.

Первая глава посвящена анализу проблемы контроля параметров транспортного потока при помощи детекторов транспорта. Рассмотрены виды детекторов транспорта и их классификация по типу чувствительного элемента. Выявлены источники возникновения шума от автомобиля. Проведён анализ направленных микрофонов с целью привлечения в состав детектора транспорта.

Во второй главе проведены исследования возможности применения функции FFT, при выявлении спектральной характеристики шума от транспортного потока. Выявлено что, что спектральная характеристика сигнала совпадает с частотой записанного звука, что позволяет использовать данную функцию при натурных испытаниях транспортного потока.

Результаты исследований позволяют разработать фильтр способствующий снижению погрешности при фиксировании проезда транспортного средства через контролируемое сечение дороги в случаях, когда шум находится в пределах от 1 до 7 kHz.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Зав.каф.	Ильина И.Е.				РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАССИВНОГО АКУСТИЧЕСКОГО ДЕТЕКТОРА ТРАНСПОРТА	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Францев С.М.						4	
Консульт.	Францев С.М.					Пензенский ГУАС каф ОБД грТТП-21м		
Н. Контр.	Ильина И.Е.							
Студент	Савенков А.В.							

В третьей главе проведены исследования возможности контроля акустических характеристик транспортного потока. По результатам исследований выявлена необходимость привлечения в состав детектора микрофона направленного типа. Исследованы и разработаны три типа микрофонов с целью привлечения в состав детектора транспорта.

На основании исследований предложена структурная схема детектора транспорта, включающая в себя фильтр, позволяющий избавиться от сторонних помех.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
Глава 1 АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ПРИ ПОМОЩИ ДЕТЕКТОРОВ ТРАНСПОРТА.....	11
1.1. Назначение детекторов транспорта.....	11
1.2. Классификация и виды детекторов транспорта.....	12
1.3. Анализ известных конструкций акустических детекторов транспорта.....	27
1.4. Требования к детекторам транспорта.....	36
1.5. Виды направленных микрофонов.....	37
1.6. Источники возникновения шума от автомобилей.....	40
1.7. Выводы по главе.....	43
Глава 2 ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА.....	45
2.1. Выбор алгоритма обработки спектральных характеристик.....	45
2.2. Результаты исследования спектральных характеристик.....	49
2.3. Выводы по главе.....	61
Глава 3 НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАССИВНОГО АКУСТИЧЕСКОГО ДЕТЕКТОРА ТРАНСПОРТА.....	62
3.1. Исследования возможности контроля акустических характеристик транспортного потока.....	62
3.2. Направленный микрофон типа «бегущая волна».....	64
3.3. Направленные микрофоны «линейного» типа.....	69
3.4. Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 1.....	72

3.5. Натурные исследования акустических характеристик
транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 2.....75

3.6. Принципиальная и структурная схема пассивного акустического
детектора транспорта.....78

3.7. Выводы по главе.....81

Заключение.....83

Список литературы.....86

Приложение.....90

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ВВЕДЕНИЕ

Бурный процесс автомобилизации с каждым годом охватывает все большее число стран, постоянно увеличивается автомобильный парк, количество вовлекаемых в сферу дорожного движения людей. Рост автомобильного парка и объема перевозок ведет к увеличению интенсивности движения, что в условиях городов с исторически сложившейся застройкой приводит к возникновению транспортной проблемы. Особенно остро она проявляется в узловых пунктах улично-дорожной сети. Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств.

Переменный режим движения, частые остановки и скопления автомобилей на перекрестках являются причинами повышенного загрязнения воздушного бассейна города продуктами неполного сгорания топлива. Городское население постоянно подвержено воздействию транспортного шума и отработавших газов.

Одновременно растет и количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых гибнут и получают ранения миллионы людей во всем мире, повреждаются и выходят из строя дорогостоящая техника и грузы. Свыше 60 % всех ДТП приходится на города и другие населенные пункты. При этом на перекрестках, занимающих незначительную часть территории города, концентрируется более 30 % всех ДТП.

Обеспечение быстрого и безопасного движения в современных городах требует применения комплекса мероприятий архитектурно-планировочного и организационного характера. К числу архитектурно-планировочных мероприятий относятся строительство новых и реконструкция существующих улиц, строительство транспортных пересечений в разных

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

уровнях, пешеходных тоннелей, объездных дорог вокруг городов для отвода транзитных транспортных потоков и т.д.

Организационные мероприятия способствуют упорядочению движения на уже существующей (сложившейся) улично-дорожной сети. К числу таких мероприятий относятся введение одностороннего движения, кругового движения на перекрестках, организация пешеходных переходов и пешеходных зон, автомобильных стоянок, остановок общественного транспорта и др.

В то время как организация мероприятий архитектурно-планировочного характера требует, помимо значительных капиталовложений, довольно большого периода времени, организационные мероприятия способны привести хотя и к временному, но сравнительно быстрому эффекту, в ряде случаев организационные мероприятия выступают роли единственного средства для решения транспортной проблемы.

Речь идет об организации движения в исторически сложившихся кварталах старых городов, которые часто являются памятниками архитектуры и не подлежат реконструкции. Кроме того, развитие улично-дорожной сети нередко связано с ликвидацией зеленых насаждений, что не всегда является целесообразным.

При реализации мероприятий по организации дорожного движения особая роль принадлежит внедрению технических средств: дорожных знаков и дорожной разметки, средств светофорного регулирования, дорожных ограждений и направляющих устройств. При этом светофорное регулирование является одним из основных средств обеспечения безопасности движения на перекрестках. Количество перекрестков, оборудованных светофорами, в крупнейших городах мира с высоким уровнем автомобилизации непрерывно возрастает и достигает в некоторых случаях соотношения: один светофорный объект 1,5-2 тыс. жителей города.

За последние годы в нашей стране и за рубежом интенсивно ведутся работы по созданию сложных автоматизированных систем с применением

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

управляющих ЭВМ, средств автоматики, телемеханики, диспетчерской связи и телевидения для управления движением в масштабах крупного района или целого города. Опыт эксплуатации таких систем убедительно свидетельствует об их эффективности в решении транспортной проблемы.

Современной эффективной системе управления необходима своевременная точная информация о транспортных потоках, получаемая с детекторов транспорта.

Среди множества детекторов транспорта, научный и практический интерес представляют пассивные акустические методы как экономные по производительности и по стоимости компонентной базы при реализации.

Детектор транспорта позволяет уменьшить затраты на процессы получения информации о транспортных потоках при натурных исследованиях интенсивности при реконструкции улично-дорожной сети, т.к. отсутствует камеральная обработка полученных результатов имеющая место при учетчиках.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ПРИ ПОМОЩИ ДЕТЕКТОРОВ ТРАНСПОРТА

1.1. Назначение детекторов транспорта

Детекторы транспорта предназначены для обнаружения транспортных средств и определения параметров транспортных потоков. Эти данные необходимы для реализации алгоритмов гибкого регулирования, расчета или автоматического выбора программы управления дорожным движением [2].

Любой детектор включает в себя чувствительный элемент (ЧЭ), усилитель-преобразователь и выходное устройство (ВУ).

Чувствительный элемент непосредственно воспринимает факт прохождения или присутствия транспортного средства в контролируемой детектором зоне в виде изменения какой-либо физической характеристики и вырабатывает первичный сигнал.

Усилитель-преобразователь усиливает, обрабатывает и преобразовывает первичные сигналы к виду, удобному для регистрации измеряемого параметра транспортного потока. Он может состоять из двух узлов: первичного и вторичного преобразователей. Первичный преобразователь усиливает и преобразует первичный сигнал к виду, удобному для дальнейшей обработки. Вторичный преобразователь обрабатывает сигналы для определения измеряемых параметров потока, представления их в той или иной физической формы. В отдельных детекторах вторичный преобразователь может отсутствовать или совмещаться с первичным в едином функциональном узле.

Выходное устройство предназначено для хранения и передачи по специально выделенным каналам связи в УП или контроллер сформированной детектором транспорта информации.

1.2. Классификация и виды детекторов транспорта

Классификация детекторов транспорта по принципу действия чувствительного элемента.

1. Чувствительные элементы контактного типа.

1.1. Электромеханический ЧЭ.

Состоит из двух стальных полос, герметически завулканизированных резиной. При наезде колес автомобиля на ЧЭ контакты замыкаются и формируется электрический импульс.

1.2. Пневмоэлектрический ЧЭ.

Представляет собой резиновую трубку, заключенную в стальной лоток. При наезде автомобиля на трубку давление воздуха в ней повышается, действуя на мембрану пневмо реле и замыкая его электрические контакты.

1.3. Пьезоэлектрический ЧЭ.

Представляет собой полимерную пленку, обладающую способностью поляризовать на поверхности электрический заряд при механической деформации. Существенный недостаток детекторов контактного типа – низкая износостойкость.

2. Чувствительные элементы излучения.

2.1 Фотоэлектрический ЧЭ.

Включает в себя источник светового луча и приемник с фотоэлементом. При прерывании луча транспортным средством изменяется освещенность фотоэлемента, что вызывает изменение его электрических параметров. Недостатком фотоэлектрических ЧЭ является погрешность измерений, возникающая при многорядном интенсивном движении

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

автомобилей, а так же тот факт, что на их работу оказывают большое влияние пыль, грязь, дождь, снег.

2.2. Радарный ЧЭ.

Представляет собой направленную антенну, устанавливаемую сбоку от проезжей части или над ней. Излучение направляется вдоль дороги и, отражаясь от движущегося автомобиля, принимается антенной. Действие радарного детектора основано на применении эффекта Доплера. Измеряют частоту отраженной волны из контролируемой зоны и сравнивают со строго заданной частотой излученной радаром волны. Чем выше скорость ТС, тем больше разность частот. При приближении ТС к радару отраженная волна будет иметь меньший период, чем излученная. При удалении ТС от радара - наоборот период будет меньше.

2.3. Ультразвуковой ЧЭ.

Представляет собой приёмо излучатель импульсного направленного луча. Он выполнен в виде параболического рефлектора с помещенным внутри пьезоэлектрическим преобразователем, генерирующим ультразвуковые импульсы. Недостатками ультразвуковых ЧЭ являются их чувствительность к акустическим и механическим помехам и необходимость жесткого фиксирования в пространстве для того, чтобы приёмо излучатель противостоял действию ветровой нагрузки.

2.4. Оптический ЧЭ.

Снимает визуальную информацию с потока на цифровую видеокамеру, что позволяет хранить и при необходимости воспроизводить полученную информацию. Однако существенным недостатком данного метода является зависимость этого ЧЭ от погодных условий.

2.5. Поляризационный ЧЭ.

Представляет собой установку СВЧ - излучения, устанавливаемую над проезжей частью. Работа основана на принципе измерения поляризации излучённой волны.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

3. Чувствительные элементы измерения параметров электромагнитных систем.

3.1. Ферромагнитный ЧЭ.

Состоит из катушки с магнитным сердечником. Катушку помещают в трубу для защиты от повреждений и закладывают под дорожное покрытие на глубину 15-30 см. Автомобиль регистрируется благодаря искажению магнитного поля в момент его прохождения над ЧЭ. Недостатками этого детектора являются низкие помехоустойчивость и чувствительность. Если транспортные средства, движутся с малыми скоростями (менее 10 км/ч), он не регистрирует.

3.2. Индуктивный ЧЭ.

Представляет собой рамку, состоящую из одного-двух витков изолированного и защищенного от механических воздействий провода. При прохождении над рамкой автомобиля, обладающего металлической массой, ее индуктивность изменяется и автомобиль регистрируется.

Аналитический обзор существующих детекторов транспорта [22].



Рисунок 1.1 – Пассивный инфракрасный детектор транспорта

В детекторе транспорта IR 254 производства ASIM (рис. 1.1) использована пассивная инфракрасная технология.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Детектор позволяет контролировать одну полосу движения; устанавливается над полосой движения или на боковом столбе. При установке на боковом столбе должен быть направлен навстречу потоку движения. Во избежание ошибок/сбоев в работе детектора предпочтительнее установка над полосой движения.

Преимущество этих детекторов в простоте крепления, надежности, простоте обслуживания.

Недостатки: при плотном потоке погрешность определения скорости движения составляет 10 % от средней скорости в сторону уменьшения.

Считываемая информация: подсчет количества транспортных средств (ТС), оценка средней скорости движения, классификация ТС по длине, обнаружение присутствия ТС. Способность регистрации присутствия ТС в детектируемой зоне позволяет использовать детектор на перекрестках, в плотном потоке ТС и в «пробках».



Рисунок 1.2 – Пассивный и ультразвуковой детектор транспорта

Детектор транспорта DT 272 производства ASIM (рис. 1.2) использует одновременно две технологии – пассивную инфракрасную и ультразвуковую. Детектор устанавливается над полосой движения или на боковом столбе на высоте 6 м и предназначен для наблюдения за потоком транспорта на короткой дистанции (не более 12 метров). Расхождения в показаниях по

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

сравнению с петлевым детектором составляет 8,7 % при инсталляции над полосой движения и 0,8 % при установке на боковом столбе.

Недостатки: нестабильность показаний при установке на столбах сбоку от полосы движения.

Измеряемые параметры: наличие ТС, скорость ТС, классификация ТС.



Рисунок 1.3 - Пассивный инфракрасный, ультразвуковой и радарный детектор транспорта

Детектор транспорта производства ASIM (рис. 1.3) сочетает в себе три технологии: пассивную инфракрасную, ультразвуковую и радарную. Детектор устанавливается только над полосой движения.

Преимущества: простота инсталляции и калибровки, высокая точность.

Расхождение показаний по сравнению с петлевыми детекторами при подсчете количества ТС составляет 2,8 % при установке детектора на высоте 6,5 м и 4,5 % при установке высоте 5м.

Наиболее поздней разработкой детекторов этого типа являются детекторы серии TT290, позволяющие классифицировать до 8 классов ТС, самонастраивающиеся, позволяющие определять ТС, движущиеся в неверном направлении. Погрешность определения скорости составляет не более 3 %.



Рисунок 1.4 – Видеодетектор транспорта

AutoscopeSolo (рис. 1.4) представляет собой видеосистему с камерами, закрепленными над полосой движения или на столбах, сбоку от дороги. Наилучшие результаты достигаются при установке Autoscope над серединой полосы движения на высоте 9м. Расхождение с базовым детектором при определении объема потока составляет менее 5 % для трех полос движения. Точность определения скорости движения по сравнению с петлевыми детекторами в среднем составляет 7 % для первой полосы, 3,1 % для второй полосы и 2,5 % для 3-ей полосы.

Более поздней версией AutoscopeSolo является AutoscopeSoloPro с интегрированными процессором и камерой. Позволяет контролировать 4 полосы движения.

Погрешность подсчета плотности потока составляет 5-10 % при нормальном движении, но ухудшается при сильном падении скорости, особенно в ситуации, когда ТС полностью останавливается, а затем трогается с места. При нормальном потоке имеется тенденция завышению результатов подсчета, а при плотном потоке – к занижению. Во всех случаях погрешность не превышает 10 %.

С точки зрения точности определения скорости и занятости полос движения AutoscopeSoloPro является лидером из всех существующих

детекторов. Погрешность определения этих параметров составляет менее 3 %.

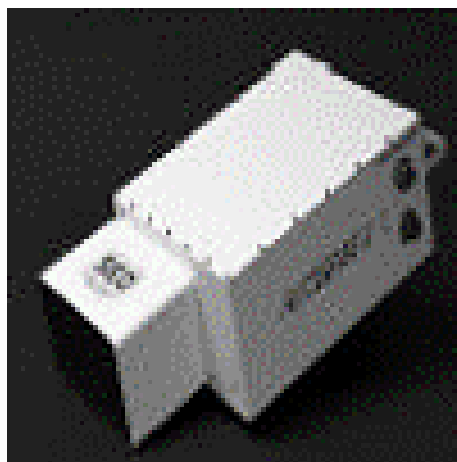


Рисунок 1.5 – Активный инфракрасный детектор транспорта

Детектор транспорта Autosense II (рис. 1.5) является активным инфракрасным детектором. Предназначен для мониторинга одной полосы движения, устанавливается на высоте 6-7 м над полосой движения. Точность при определении объема потока составляет 0,7 %, что находится в пределах погрешности петлевого детектора. Точность измерения скорости потока составляет 5,8 %.

Считываемая информация: наличие ТС, положение в полосе движения, скорость, классификация.

Применяется для мониторинга транспортного потока на скоростных трассах, контроля клиренса на мостах и в тоннелях, на пропускных пунктах платных дорог, а также как высокоточный триггер для видеокамер.



Рисунок 1.6 - Видеосистема IterisVantage

Видеосистема IterisVantage производства IterisInc. (рис. 1.6) позволяет контролировать 3 полосы движения. IterisVantage при испытаниях показал некоторую нестабильность результатов при подсчете ТС. Подобно Autoscope, Iteris занижает результаты при плотном потоке и завышает при нормальном движении. С точки зрения определения скорости потока IterisVantage показал наиболее высокие результаты среди всех испытываемых приборов. Погрешность как при пиковом трафике, так и при нормальном движении находится в пределах 5 %. Измеряемые параметры: количество ТС для каждой полосы движения, скорость ТС в каждой полосе движения, занятость полосы, концентрацию ТС в каждой полосе, классификацию ТС, интервал движения. Детектируются также изменение направления движения и внезапное изменение скорости.



Рисунок 1.7 – Радар - детектор

Детектор транспорта RTMS производства EIS (рис. 1.7) использует радарную технологию. Наибольшая точность в подсчете ТС и определении скорости достигается при определении при установке RTMS над полосой движения.

Однако наиболее популярное применение RTMS – установка поперек полос движения на боковых столбах. При этом обеспечивается достаточная точность определения параметров движения. При установке поперек потока детектор покрывает до 8 полос движения. Установлено, что имеется тенденция к занижению показаний как во время плотного трафика, так и при нормальном движении. Кроме того, на точность подсчета ТС влияет расстояние (удаленность прибора от полосы движения, в которой производится подсчет ТС), а также преграды. Точность определения скорости движения составляет 5-10 миль/час.

Влияние погодных условий и влияние света фар минимизировано.

Считываемая информация: объем потока, занятость полос, скорость, классификация ТС.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20



Рисунок 1.8 – Цифровой радар - детектор

Детектор SmartSensor SS105 производства Wavetronix (рис. 1.8) представляет собой цифровой радар. При установке поперек потока покрывает 8 полос движения. Влияние погодных условий и барьеров незначительно. Измерения объема транспортного потока, занятости полос, скорости транспортных средств и их классификации может производиться одновременно в 8 полосах движения.

Детектор может устанавливаться как над полосой движения, так и на столбе сбоку от полосы движения. Детектор является самонастраиваемым и автоконфигурируемым. Детектор может быть переконфигурирован и откалиброван дистанционно.

Осадки и изменение температурных условий на точность показаний детектора не влияют.

Влияние барьеров или частично загороженных транспортных средств на SmartSensor незначительно.

Считываемая информация: объем потока ТС, средняя скорость движения, занятость полос движения, обнаружение присутствия ТС, классификация ТС.



Рисунок 1.9 - Пассивный акустический детектор

SAS-1 производства SmarTek (рис. 1.9) – пассивный акустический детектор, устанавливаемый на столбах сбоку от дорожного полотна и позволяющий контролировать 5 полос движения. Точная регулировка не требуется, так как сенсор покрывает достаточно широкую область. Рекомендованная высота установки составляет 7,5 – 12 м, а расстояние от полотна дороги – 3-6 м. Дает удовлетворительные результаты при нормальном потоке. При плотном потоке – тенденция к уменьшению показаний.

Отмечается высокая точность определения параметров при нормальном движении и снижение точности показаний при медленно движущемся потоке.

Существенным недостатком детектора является его зависимость от погодных условий. Например, при сильном дожде точность определения скорости движения падает.

Считываемая информация: подсчет ТС, занятость полос движения, скорость ТС.



Рисунок 1.10 – Система видеодетектирования

Система видеодетектирования VIP производства Traficon NV (рис. 1.10), предназначенная для одновременного мониторинга 3-х полос движения. Испытания системы видеодетектирования VIP показали, что абсолютная разница между показаниям петлевого детектора и VIP при определении объема потока при установке системы на высоте 6,5 м составляет менее 5 % для всех 3-х полос движения. Определяет объем потока, скорость, длину затора, альтернативное движение, классификацию ТС, расстояние между ТС, занятость полосы, остановившиеся ТС. Для мониторинга крупных развязок рекомендуются модели VIP3.1 и VIP3.2, работающие с одной камерой и с двумя камерами соответственно. С помощью специального расширительного модуля, имеющего 2 или 4 цифровых входа/выхода количество устанавливаемых камер может быть увеличено. Система Viewcom обеспечивает передачу данных, сигнализацию об инциденте, видеоизображения на удаленный компьютер.

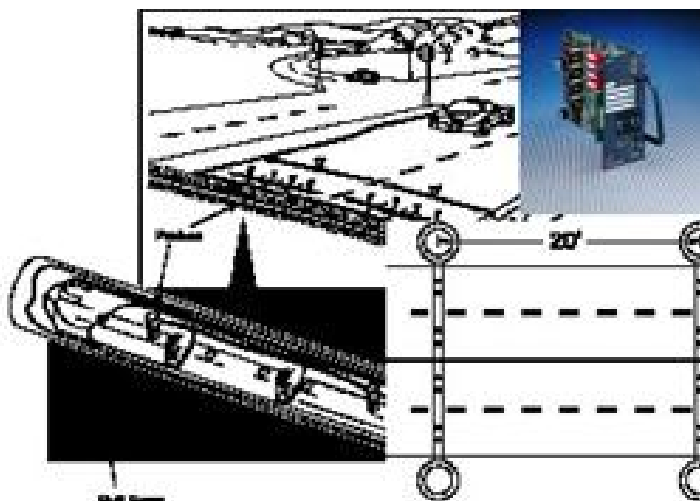


Рисунок 1.11 – Магнитный детектор

Система 3M Microloops производства ITS (рис. 1.11) представляет собой магнитный детектор и состоит из 3-х компонентов: пробника CanogaModel 702, процессор Canoga C800 series и программного обеспечения 3M ITS LinkSuite. Компонентами пробника Model 702 являются магнитный сенсор, трубный контейнер специальной конструкции и проводящие и подсоединительные кабели. Конструкция помещается под дорожным полотном на глубине 0,5-1 м, при этом полного разрытия проезжей части не требуется, т.к. конструкция устанавливается путем «прокалывания» дороги. Основным требованием к установке пробника является его строго вертикальное расположение. При пересечении транспортным средством места установки пробника происходит изменение индуктивности, данные передаются на процессор Canoga C800 и при помощи программного обеспечения, входящего в состав системы, производится накопление и обработка полученных данных. Погрешность определения объема потока, скорости движения составляет менее 2,5 %.

Индуктивный петлевой детектор Peek ADR-6000 производства PeekTrafficInc, показания которого приняты за основу как базовые для сравнения показаний детекторов нестационарных технологий.

Индуктивные петлевые датчики предназначены для сбора следующей информации: обнаружение присутствия ТС, занятости полосы, скорости движения, классификации ТС.

Принципиальная схема индуктивного петлевого детектора (рис. 1.12).

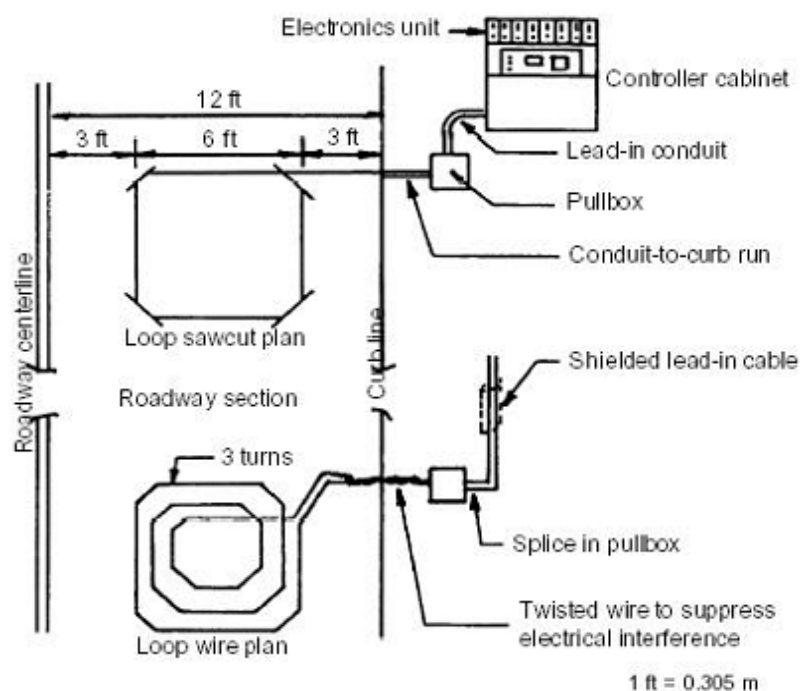


Рисунок 1.12 - Схема индуктивного петлевого детектора



Рисунок 1.13 – Радарный детектор

На Российском рынке представлены радарные детекторы «Спектр1», выпускаемые ЗАО «Ольвия» (рис. 1.13) и обеспечивающие регистрацию ТС

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

и сбор статистической информации о транспортном потоке (интенсивность движения, занятость зоны, среднюю скорость, количество длинномерного транспорта). Детектор устанавливается сбоку от полосы движения на расстоянии 3 м и высоте 5 м. Согласно данным производителя, детекторы обеспечивают регистрацию как движущихся, так и остановившихся ТС. Вероятность регистрации ТС, проходящих через зону контроля составляет 96 %. Границы обзора составляют от 4 до 60 м. Согласно производителю, технические характеристики данных детекторов сходны с техническими параметрами RTMS.



Рисунок 1.14 - Видеосистема Traficam

Интересной разработкой является также видеосистема Traficam, представляющая собой камеру и детектор, интегрированные в одном сенсоре. Traficamsensor (рис. 1.14) позволяет, используя видеоизображение, точно позиционировать детектируемые зоны. Определяет наличие ТС (до 4 полос движения), чувствителен к изменению направления движения. Легко устанавливается, надежно работает при любых погодных условиях, вне зависимости от типа дорожного покрытия. Имеет 4 оптически изолированных цифровых выхода, что позволяет подсоединить каждую

детектируемую зону к отдельному выходу. Рекомендуется для установки на второстепенных перекрестках.

Применение пассивного акустического детектора по сравнению с аналогами имеет ряд преимуществ:

1. По сравнению с индуктивным петлевым детектором:
 - независимость от состояния дорожного полотна, поскольку сенсоры находятся над дорогой;
 - нет необходимости в нарушении целостности дорожного покрытия и приостановления движения по полосе транспортных средств, на которой укладывается детектор.
2. По сравнению с видеодетекторами:
 - гораздо более низкая стоимость, не требует больших вычислительных мощностей.
3. Не требует камеральной обработки полученных результатов.

1.3. Анализ известных конструкций акустических детекторов транспорта

При анализе патентно-технической литературы выявлены следующие конструкции детекторов.

Патент на изобретение РФ № 2509372. МПК G08G 1/01, G08G 1/04.

Устройство обнаружения движущихся наземных транспортных средств по акустическим сигналам относится к области технических средств охраны и может быть использовано для помехоустойчивого обнаружения наземных транспортных средств по их акустическим сигналам при охране территорий и подступов к различным объектам.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

На рис. 1.15 представлена блок-схема предлагаемого устройства для обнаружения движущихся наземных транспортных средств по акустическим сигналам.

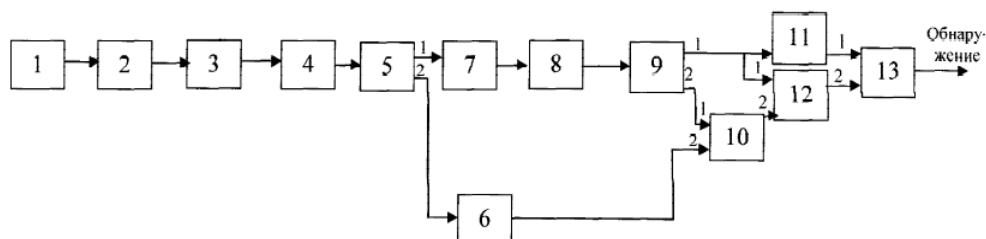


Рисунок 1.15 - Блок-схема устройства для обнаружения движущихся наземных транспортных средств: 1 - микрофон; 2 - предварительный усилитель; 3 - аналого-цифровой преобразователь; 4 - формирователь временного окна; 5 - фильтр верхних частот; 6 - блок оценки изменения уровня сигнала внутри временного окна; 7 - блок спектрального представления сигнала; 8 - блок нахождения максимумов; 9 - блок частотной коррекции; 10 - блок вычисления второго порога; 11 - первое пороговое устройство; 12 - второе пороговое устройство; 13 - схема «И»

При этом микрофон 1 соединен с предварительным усилителем 2, выход которого подключен ко входу аналого-цифрового преобразователя 3, выход которого — к входу формирователя временного окна 4, выход которого соединен с фильтром верхних частот 5, первый выход которого подключен ко входу блока спектрального представления сигнала 7, выход которого соединен со входом блока нахождения максимумов 8, выход которого подключен ко входу блока частотной коррекции 9, первый выход которого подключен ко входу первого порогового устройства 11 и к первому входу второго порогового устройства 12, второй выход блока частотной коррекции 9 соединен с первым входом блока вычисления второго порога 10, второй вход которого соединен с выходом блока оценки изменения уровня сигнала внутри временного окна 6, вход которого соединен со вторым

выходом фильтра верхних частот 5, выход блока вычисления второго порога 10 подключен ко второму входу второго порогового устройства 12, выходы пороговых устройств 11 и 12 подключены ко входам схемы «И» 13.

На рис. 1.16 графически изображена матрица из гармоник спектра с максимальными амплитудами S_f ($F=100$) проезда автомобиля (а) и 3-х сигналов гудка автомобиля (б).

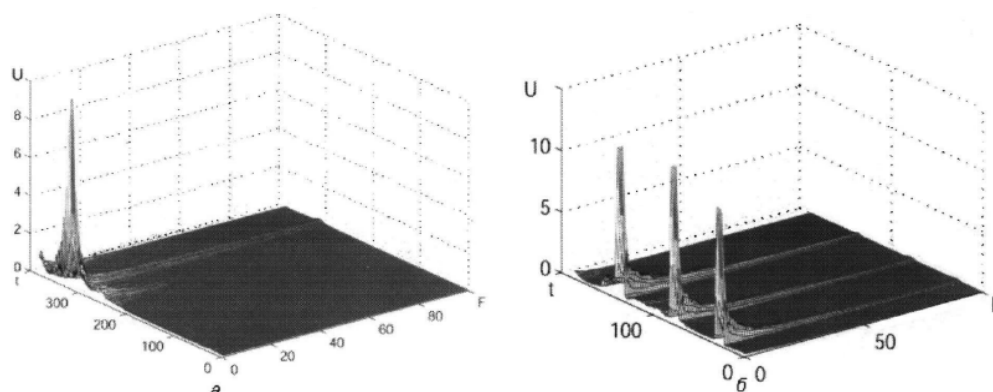


Рисунок 1.16 - Матрица из гармоник спектра с максимальными амплитудами

На рис. 1.17 графически изображены «взвешенные» максимумы спектров S_f ($F=100$) проезда автомобиля (а) и 3-х сигналов гудка автомобиля (б).

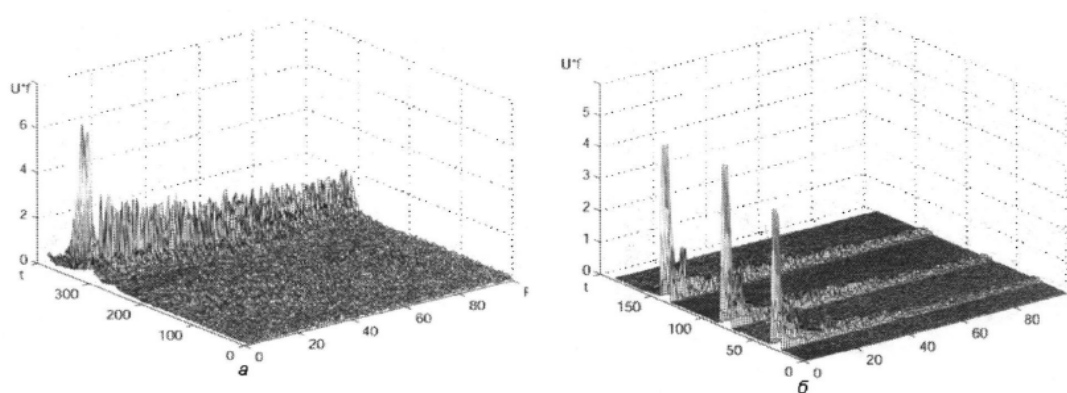


Рисунок 1.17 - Максимумы спектров проезда автомобиля

На рис. 1.18 приведена спектрограмма проезда техники и график изменения признаков и порогов во времени, показывающая пример работы устройства.

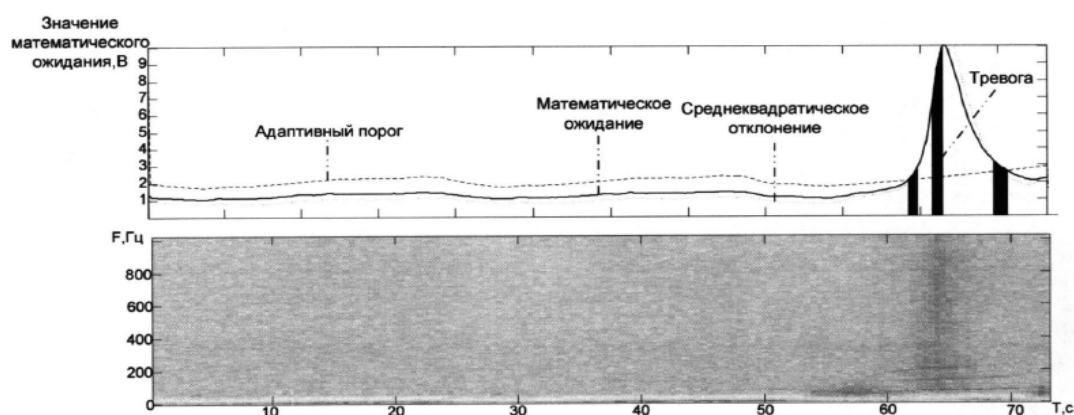


Рисунок 1.18 - Спектрограмма проезда техники и график изменения признаков и порогов во времени

Работает устройство обнаружения движущихся наземных транспортных средств по акустическим сигналам следующим образом.

Сигнал с выхода микрофона 1, поступает на предварительный усилитель 2, а далее - на аналого-цифровой преобразователь 3. В формирователе временного окна 4 выделяются скользящие временные окна длительностью 1 с со сдвигом 125 мс, которые последовательно поступают на фильтр верхних частот 5 с частотой среза 50 Гц.

Для получения частотной информации о сигнале в блоке спектрального представления сигнала 7 используется классическое преобразование Фурье. Наиболее просто на микроконтроллере реализуется быстрое преобразование Фурье (1): где $x = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ - вектор входных отсчетов сигнала, $N=2048$.

Далее в блоках нахождения максимумов 8 и частотной коррекции 9 вычисляются признаки, по которым принимается решение об обнаружении наземной техники.

Спектр звукового сигнала движущейся техники имеет широкополосный характер. В зависимости от многих параметров максимум

его может лежать в различных частотных областях. Выделение информативных признаков из спектра сигнала представляет собой поиск заданного числа (F) максимальных амплитуд в спектре и анализ их частотного размещения. Для этого производятся следующие вычисления.

Находится заданное число ($F=100$) наибольших максимумов в спектре. Для этого вектор M_k сортируется по убыванию амплитуд, и из него выделяются первые F значений гармоник. Формируется вектор S_f , где $f=1, 2, \dots, F$.

На рис. 1.15 приведены визуализации матрицы максимальных амплитуд значений спектра проезда техники и помехи. По вертикальной оси размещены значения амплитуды гармоник в векторе S_f , по оси t отсчеты с периодом сдвига окна анализа (125 мс), по оси f - порядковый номер максимума. Проезд техники можно выделить на рис. 1.16, а приблизительно с 300-го по 390-й временной отсчет.

Из рис. 1.16 видно, что данный признак имеет хороший динамический диапазон и может использоваться в условиях низкого уровня посторонних шумов, однако его помехозащищенность крайне мала. Поэтому необходимо вводить дополнительную информацию о частотах, на которых наблюдаются эти максимумы.

Визуализация матрицы G_f показана на рис. 1.16. Так как амплитуды гармоник с большой частотой умножаются на больший коэффициент k , то спектр выравнивается (рис. 1.16). Таким образом, после частотной коррекции вектор наибольших амплитуд в спектре сигнала G_f выравнивается по сравнению со значениями вектора S_f .

После вычисления вектора признаков определяется его среднее значение (первый признак): и среднеквадратическое отклонение в нем (второй признак).

Полученное среднее значение поступает на вход первого порогового устройства 11 и на первый вход второго порогового устройства 12, а

среднеквадратическое отклонение - на первый вход блока вычисления второго порога 10. В первом пороговом устройстве 11 формируется адаптивный порог. Его значение стремится с заданной скоростью возрастания к среднему значению, умноженному на чувствительность. Значение порога корректируется в каждом временном окне. Если среднее значение будет больше порога, то на вход схемы «И» 13 поступает логическая «1». Значения скорости возрастания порога и чувствительность устанавливаются по экспериментальным данным перед работой устройства.

Во втором пороговом устройстве 12 в качестве порога используется скорректированное среднеквадратическое отклонение. Если среднее значение будет больше порога, то на вход схемы «И» 13 поступает логическая «1». Скорректированное среднеквадратическое отклонение определяется в блоке вычисления второго порога 10 как произведение среднеквадратического отклонения и корректирующего множителя, который находится в блоке оценки изменения уровня сигнала внутри временного окна 6. Для вычисления этого корректирующего множителя временное окно разбивается на 10 интервалов. В каждом вычисляется среднее значение по модулю, по которым далее вычисляется среднеквадратическое отклонение. Далее это значение делится на минимальное среднее значение.

Корректирующий множитель позволяет учитывать особенность сигнала во временной области.

В схеме «И» 13 принимается решение об обнаружении движущейся наземной техники. Если произойдет превышение сразу двух порогов в пороговых устройствах 11 и 12, то устройство примет решение об обнаружении движущейся наземной техники.

На рис. 1.18 изображены графики изменения среднего значения амплитуды спектра, его среднеквадратического отклонения и адаптивного порога при проезде техники на расстоянии 30 м от микрофона. По оси абсцисс представлено время в секундах. С 50-й секунды на спектрограмме

можно наблюдать увеличение мощности сигнала в низкочастотной области. В это время микрофон начинает «слышать» приближение техники. На 65-й секунде техника проезжает траверз. По графику изменения среднего значения видно, что мощность сигнала в этот момент максимальна и значительно превышает адаптивный порог (пунктирная линия). Скорректированное среднеквадратическое отклонение при проезде техники также возрастает (линия из точек). Однако в отдельные моменты времени, когда сигнал близок к стационарному, отклонение меньше, чем среднее значение. Сигнал тревоги на рис. 1.18 показан вертикальными линиями.

Известен детектор, описанный в статье «Методика определения интенсивности транспортного потока по акустическому излучению с использованием аппарата исчисления конечных разностей».

Исследуемая методика является продолжением работы в рамках изучения принципа определения параметров ТП по акустическому излучению с использованием двух акустических приёмников. Проведённые ранее исследования акустических профилей процесса транспортного движения позволило выявить некоторые закономерности.

На рис. 1.19 приведены примеры динамики акустических профилей получаемых сигналов в непрерывном процессе движения транспортного потока с различной интенсивностью.

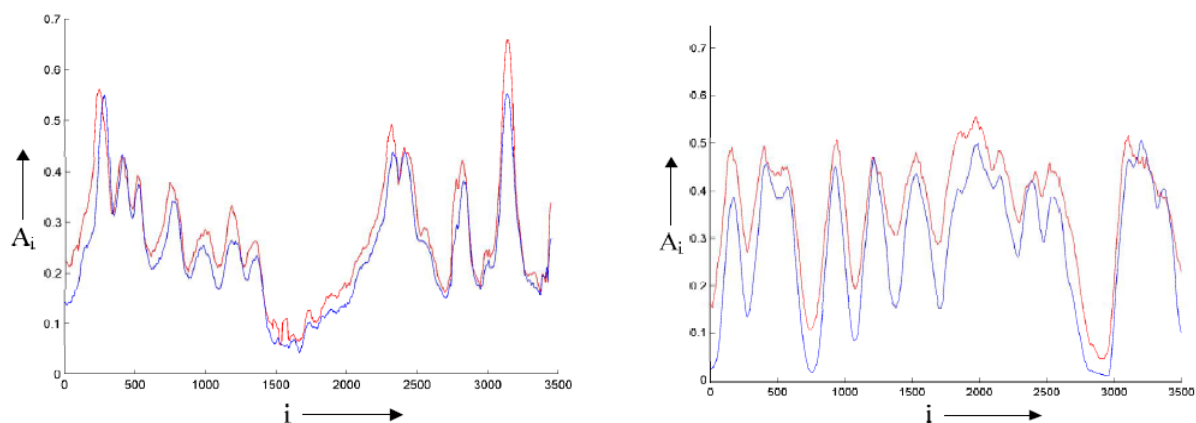


Рисунок 1.19 – Динамика акустического профиля транспортного потока при различной интенсивности

На рисунке 1.19 красной линией указан акустический профиль в первом акустическом приёмнике (вдоль движения транспортных средств), синей линией указан акустический профиль во втором акустическом приёмнике.

По оси ординат отложен приведённый к интервалу $[0,1]$ уровень сигнала акустического профиля. По оси абсцисс отложено дискретное время при частоте дискретизации, равной 100 Гц.

Акустический профиль ТП – кривая, огибающая максимумы гармонического акустического сигнала в процессе пересечения транспортным средством зоны детектирования. Зона детектирования – чувствительная зона измерительного устройства, в которой величина полезного акустического сигнала превышает уровень помех (обычно соотношение не менее 5 дБ).

Момент начала подъёма уровня сигнала возможно определить по смене знака производной второго порядка от уровня сигнала, а также по локальным экстремумам производной первого порядка. Для оценки эффективности исследуемого метода была разработана имитационная модель пассивного акустического детектора транспорта. При этом исходные акустические данные снимались посредством устройства, позволяющего производить

синхронную фиксацию акустического стерео сигнала. Функциональная схема устройства приведена на рисунке 1. 20.

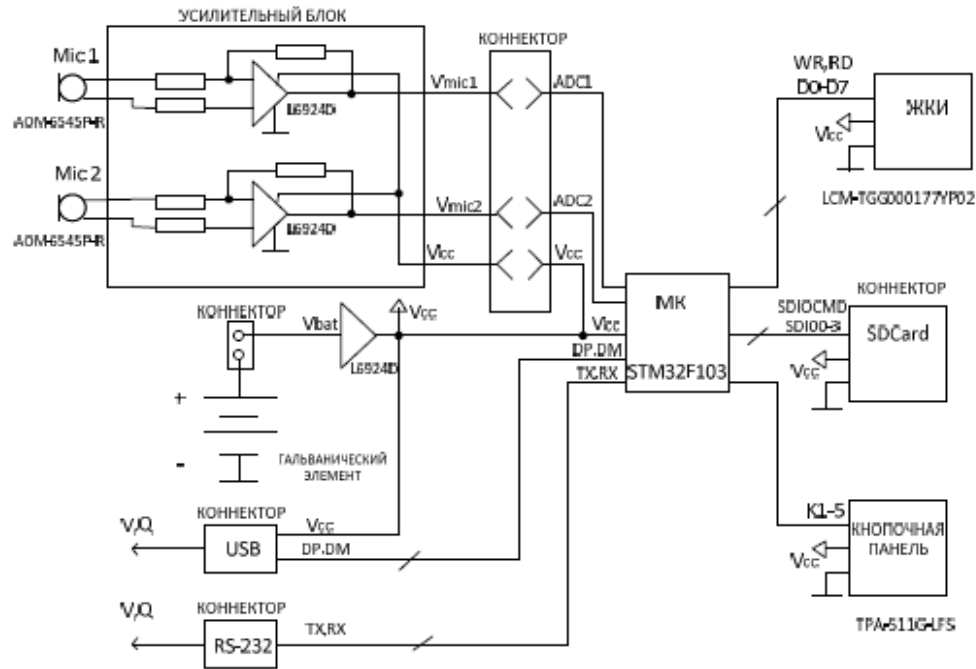


Рисунок 1.20 – Функциональная схема синхронного устройства фиксации стереоакустического сигнала

Для проверки предложенного подхода были проведены эксперименты в реальных условиях при различной интенсивности транспортного потока.

Пример определения транспортных средств по динамике акустического профиля с использованием функции корреляции приведён на рисунке 1.21.

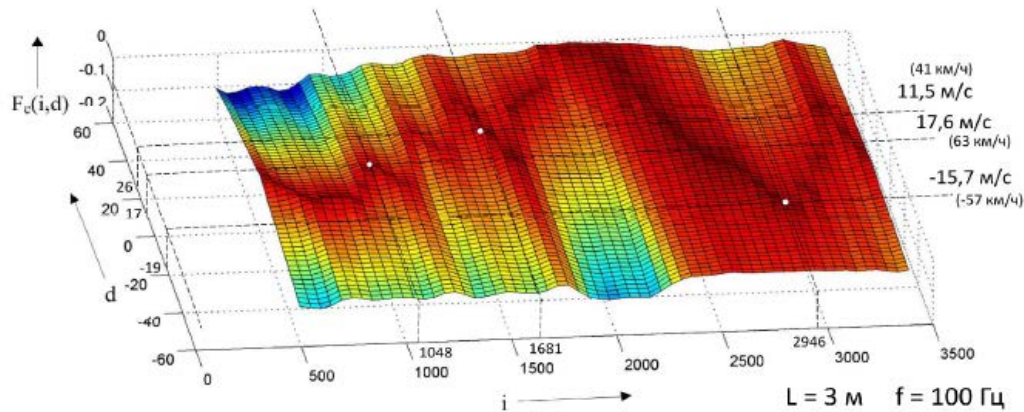


Рисунок 1.21 – Определение наличия транспортных средств (белые точки) по динамике акустического профиля ТП

Определена зависимость δ относительной погрешности измерения от P_N количества полос движения и Q_L интенсивности ТП на одну полосу, представленная на рисунке 1.22.

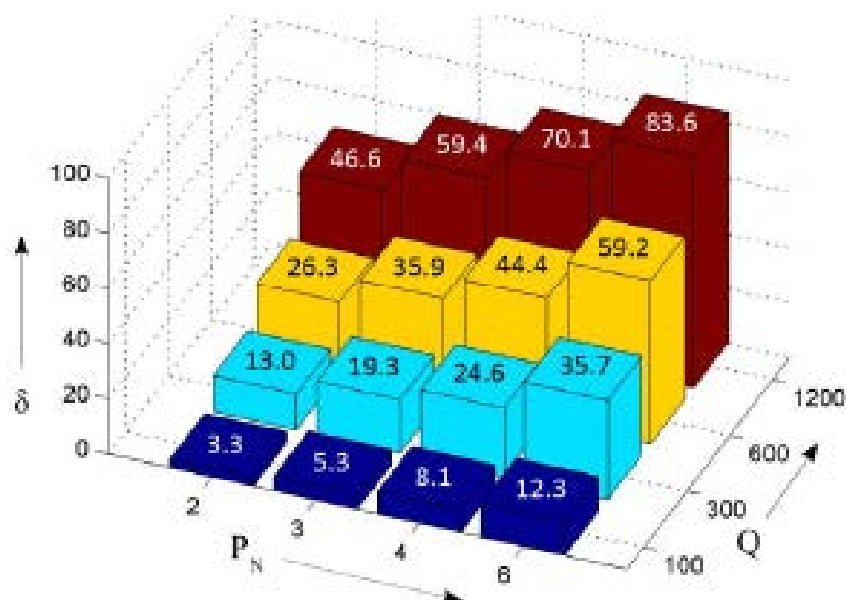


Рисунок 1.22 – Относительная погрешность определения интенсивности ТП от количества полос движения и интенсивности ТП на полосе

1.4. Требования к детекторам транспорта

Требования к детектору описаны в ГОСТ 34.401-90 “Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Средства технические периферийные автоматизированных систем дорожного движения. Типы и технические требования”.

Детекторы транспорта предназначены для обнаружения транспортных средств и определения характеристик их движения в контролируемых зонах дорожной сети.

Детекторы транспорта могут входить в состав дорожных контроллеров типов I - IV или сопрягаться с ними или использоваться самостоятельно.

В зависимости от эксплуатационных характеристик типы детекторов транспорта приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Типы детекторов транспорта

Тип детектора транспорта	Характеристика
I	Обнаружение транспортных средств и выдача в дорожный контроллер или другие устройства сигнала в момент появления транспортного средства в контролируемой зоне
II	Обнаружение транспортных средств, формирование и выдача в дорожный контроллер или в линию связи с верхним уровнем управления информации о динамических параметрах транспортного потока в контролируемой зоне

Основные параметры детекторов транспорта должны соответствовать указанным ниже:

- погрешность обнаружения транспортных средств, движущихся через однополосную контролируемую зону со скоростью от 3 до 120 км/ч, %, не более 4

- разрешающая способность, с, не более 0,5

- длина линии связи с чувствительным элементом (блоком), м
. от 0 до 250

- длина линии связи для сопряжения детектора транспорта с дорожным контроллером, м от 0 до 100

Параметры входных и выходных сигналов детекторов транспорта - по ГОСТ 26.013 и ГОСТ 26.014.

1.5. Виды направленных микрофонов

При создании акустического детектора транспорта, необходимо внедрение в его состав микрофона направленного типа для снижения

влияния ветровых возмущений на точность определения транспортных средств [4].

Известны четыре вида направленных микрофонов.

1. Параболические.

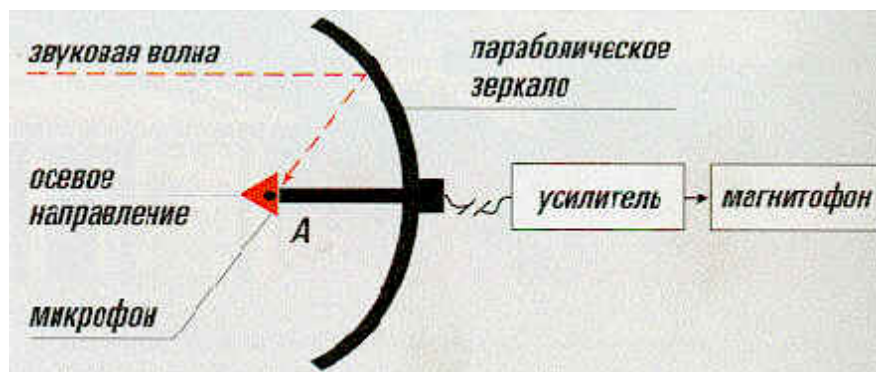


Рисунок 1.23 – Параболический микрофон

Эти устройства суммируют отражённые от внутренней части принимающей тарелки акустические волны. Собранные сигналы попадают на микрофон, далее усиливаются.

2. Плоские акустические фазированные решетки.

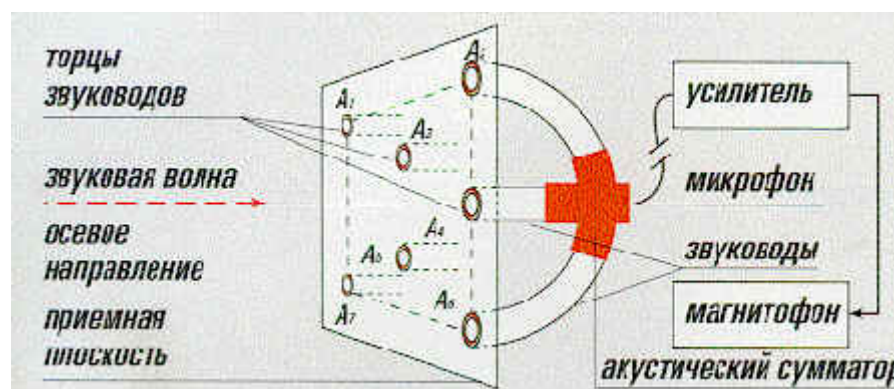


Рисунок 1.24 - Плоская акустическая фазированная решетка

В таких устройствах происходит одновременный приём звукового сигнала в нескольких точках плоскости, которая перпендикулярна к направлению звукового сигнала.

3. Трубчатые, или микрофоны «бегущей» волны.

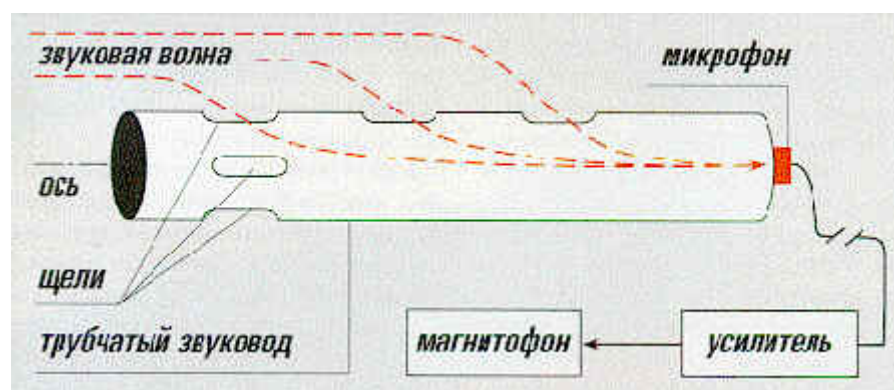


Рисунок 1.25 – Трубчатый микрофон

Принцип работы этих устройств отличен от первых двух. На усиление поступает сигнал, принимаемый вдоль некой линии, а не перпендикулярной плоскостью.

4. Градиентные.

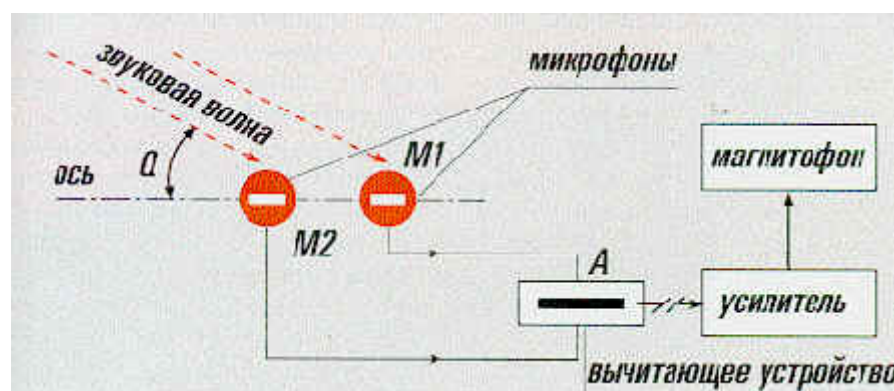


Рисунок 1.26 – Простейший градиентный микрофон

Градиентные основываются на вычитании акустического сигнала с 2-х расположенных на близком расстоянии микрофонов.

Стоит задача выбора наиболее оптимального микрофона с последующим внедрением его в состав детектора, что требует исследований при высокой интенсивности транспортного потока и в зашумлённости от влияния ветра и соседних полос движения.

1.6. Источники возникновения шума от автомобилей

Вибрации и шумы автомобиля классифицируются на три раздела, базируясь на способе их передачи (восприятия) и частотном диапазоне (табл. 1.3). Это разделение может быть отнесено к тому факту, что виброакустическое поведение структуры транспортного средства различно на этих трех частотных диапазонах.

Таблица 1.3

Классификация вибраций и шумов автомобиля

Описание	Способ передачи	Частотный диапазон
Низкочастотные	Производимые структурой (<i>Structure-Born</i>)	0-150 Гц
Среднечастотные	Порождаемые структурой и воздухом (<i>Structure and Air born</i>)	150-1000 Гц
Высокочастотные	Порождаемые воздухом (<i>Air born</i>)	Более 1000 Гц

Рассматриваемая структурная вибрация (Structure-Borne Vibration) производимая компонентами автомобиля подразделяется на следующие диапазоны:

- 1) диапазон частот: до 1000 Гц;
- 2) передается через структурные пути;
- 3) «источник звука» является источником вибраций;
- 4) поверхности излучают звук в салон;
- 5) эффект низкого акустического поведения модальных частот.

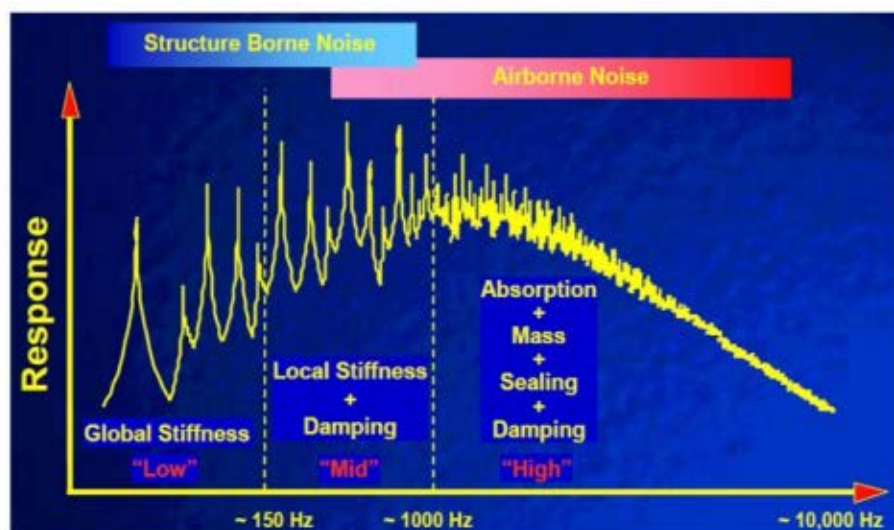


Рисунок 1.27 – Частотный диапазон

Акустический баланс поршневой ДВС является сложным источником шума. Его звуковое поле формируется совокупностью акустического излучения ряда независимых источников. В ДВС по механизму образования различают следующие виды шума (рисунок 1.28).

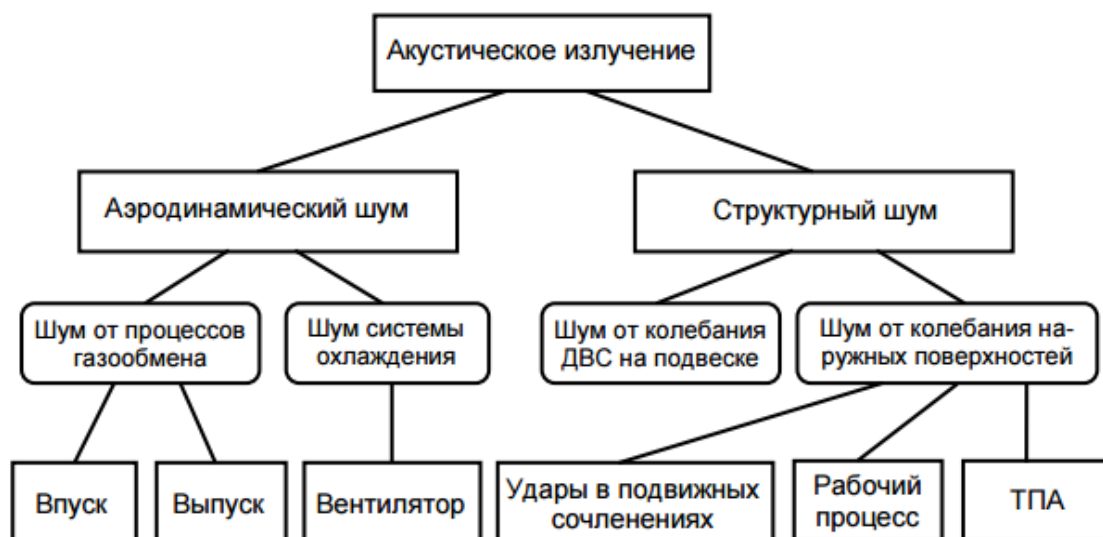


Рисунок 1.28 – Классификация источников шума ДВС

Аэродинамический шум возникает в результате газообмена двигателя с окружающей средой при впуске и выпуске, а также при взаимодействии

лопастей вентилятора с воздухом. Структурный шум излучается наружными поверхностями деталей двигателя при механических колебаниях его структуры. Вклад в звуковое поле автотракторных двигателей и характер шумоизлучения каждого из этих акустических излучений неодинаков. Он определяется техническими и эксплуатационными характеристиками двигателя:

- акустическое излучение;
 - аэродинамический шум;
 - структурный шум;
 - шум системы охлаждения;
 - шум от колебания двс на подвеске;
 - шум от колебания наружных поверхностей;
 - впуск;
 - выпуск;
 - вентилятор;
 - удары в подвижных сочленениях;
 - рабочий процесс тпа;
 - шум от процессов газообмена;
 - назначением (в составе машины или установки, где будет работать двс);
 - типом воспламенения топлива: от сжатия или от искры;
 - способом организации смесеобразования и сгорания;
 - типом системы охлаждения: жидкостной или воздушной;
- мощностными показателями, степенью форсирования;
- особенностями конструкции и технологии изготовления как двигателя в целом, так его отдельных узлов и деталей.

Аэродинамический шум возникает в результате колебания давления и скорости в газовых потоках и объемах. Источниками аэродинамического

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

происхождения являются: входные и выходные отверстия систем впуска и выпуска соответственно; вентилятор системы охлаждения.

Хорошими шумозаглушающими устройствами в системах газообмена являются воздухоочистители и глушители выпуска. Они в автотракторных двигателях наиболее эффективно подавляют средне и высокочастотные (выше 600 Гц) составляющие шума аэродинамического происхождения (рис. 2.4).

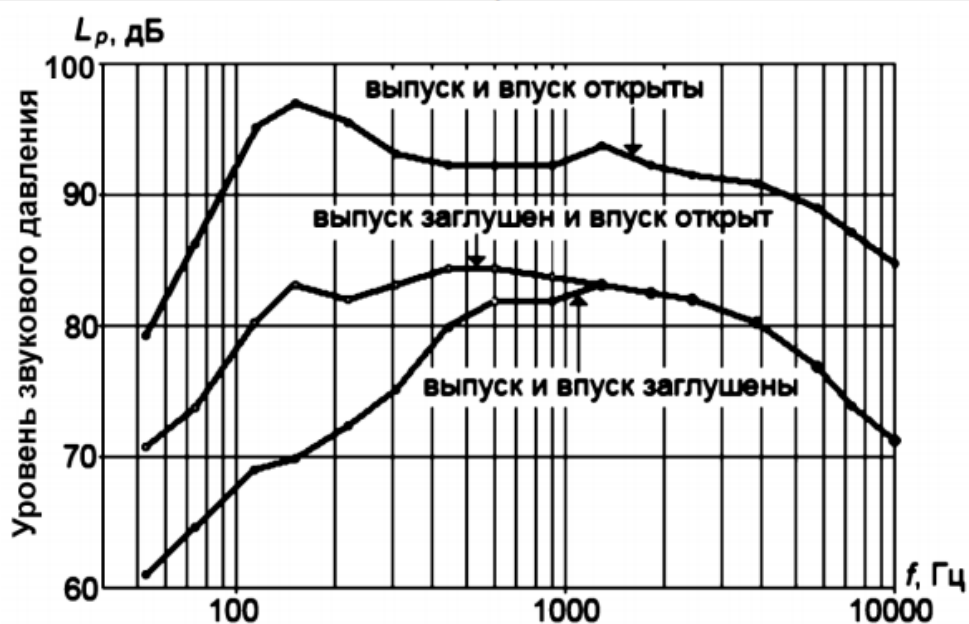


Рисунок 1.29 – Уровни шума впуска и выпуска двигателя

1.7. Выводы по главе

В главе рассмотрены известные конструкции детекторов. Выявлены их преимущества и недостатки.

Среди множества детекторов транспорта, научный и практический интерес представляют пассивные акустические методы как экономные по производительности и по стоимости компонентной базы при реализации.

Так же был проведён анализ патентно-технической литературы по проблеме разработки акустических детекторов транспорта.

Выявлены источники шума от автомобиля и их частотные характеристики.

Предложено внедрение в состав детектора транспорта микрофона направленного типа для снижения влияния ветровых возмущений на точность определения транспортных средств.

Поставлена задача выбора наиболее оптимального микрофона с последующим внедрением его в состав детектора, что требует исследований при высокой интенсивности транспортного потока и в зашумлённости от влияния ветра, посторонних шумов, соседних полос движения.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

2.1. Выбор алгоритма обработки спектральных характеристик

С целью исключения помех, влияющих на работоспособность пассивного акустического детектора транспорта возникает необходимость во введении фильтра в схемотехнику и программное обеспечение детектора.

Для выявления параметров фильтра необходимо построить спектральные характеристики воздушного шума исходящего от автомобиля.

Спектральная характеристика это – вычленение из сигнала частотных составляющих.

Для построения спектральных характеристик используется функция FFT, которая вычисляет для массива данных X дискретное преобразование Фурье, FFT - алгоритм быстрого Фурье-преобразования. Если массив X двумерный, вычисляется дискретное преобразование каждого столбца. Основное назначение преобразования Фурье - выделить частоты регулярных составляющих сигнала. Алгоритм приведен ниже.

```
clearall;  
[S,Fs] = wavread ('Skver.wav');  
T = 1/Fs; % Sampling period  
L = 4194304; % Length of signal  
Y = fft (S);  
P2 = abs (Y/L);  
P1 = P2 (1:L/2+1);  
P1 (2:end-1) = 2*P1(2:end-1);  
f = Fs* (0:(L/2))/L;  
plot (f,P1)
```

Для выявления возможности применения функции FFT, при выявлении спектральной характеристики шума от транспортного потока, были проведены следующие исследования.

На цифровой диктофон была произведена запись аудиофайлов при воспроизведении из динамиков компьютера звуков различной частоты, а именно 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, 5 kHz и смешанный (1, 2, 3, 4, 5 kHz). Затем была произведена визуализация аудиофайла с помощью программного обеспечения Матлаб с использованием функции FFT.

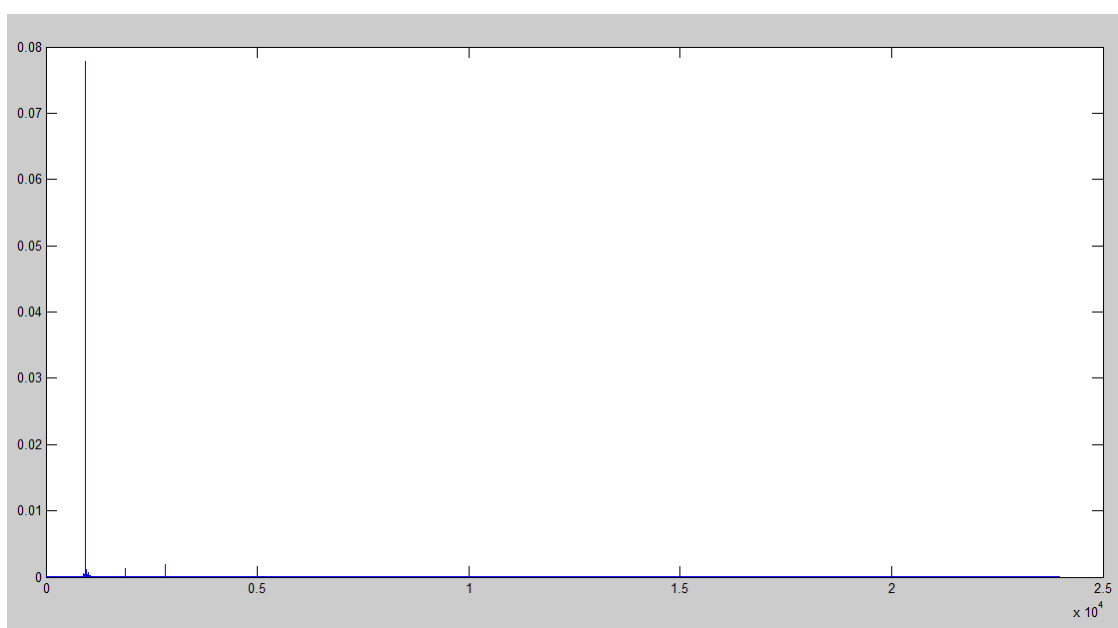


Рисунок 2.1 – Спектральная характеристика сигнала (исследуемый сигнал с частотой 1 kHz)

Из рисунка 2.1 видно, что всплеск приходится на частоту 1 кГц, что соответствует частоте исследованного сигнала.

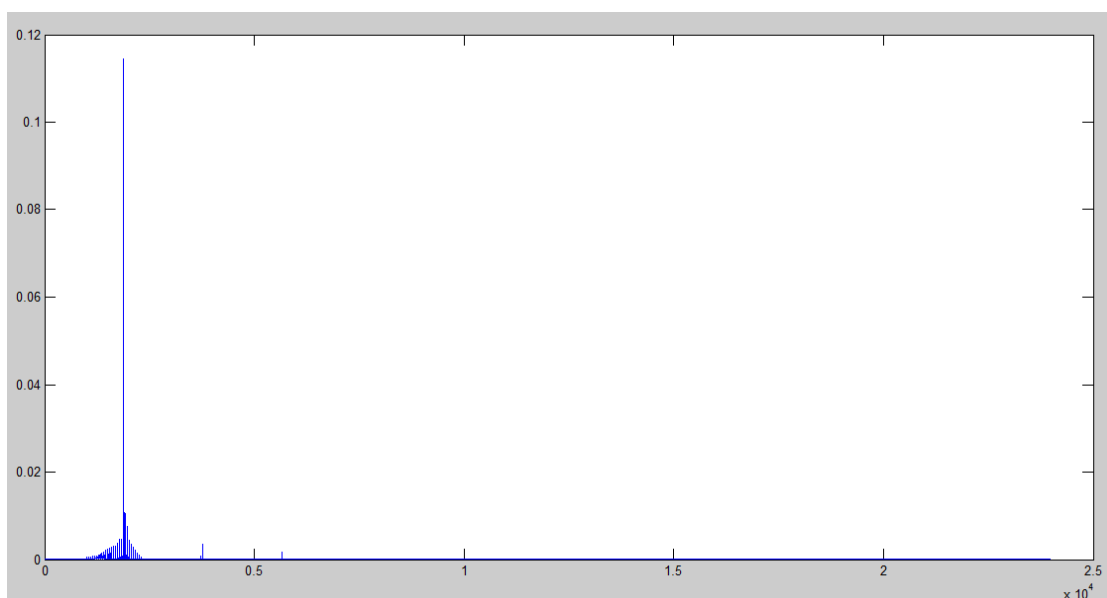


Рисунок 2.2 – Спектральная характеристика сигнала (исследуемый сигнал с частотой 2 kHz)

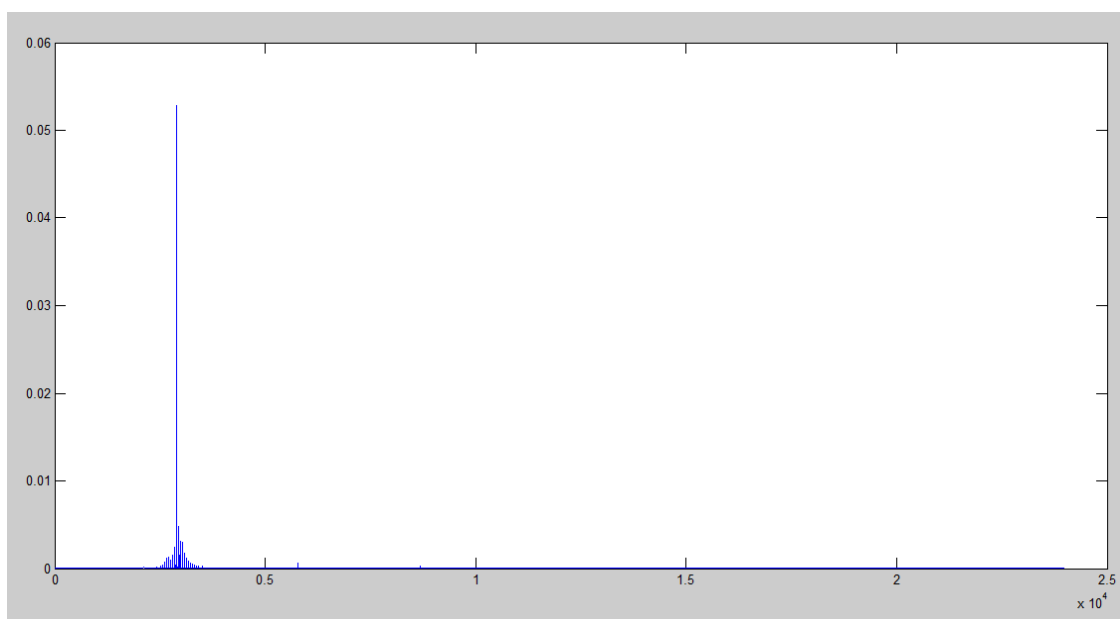


Рисунок 2.3 – Спектральная характеристика сигнала (исследуемый сигнал с частотой 3 kHz)

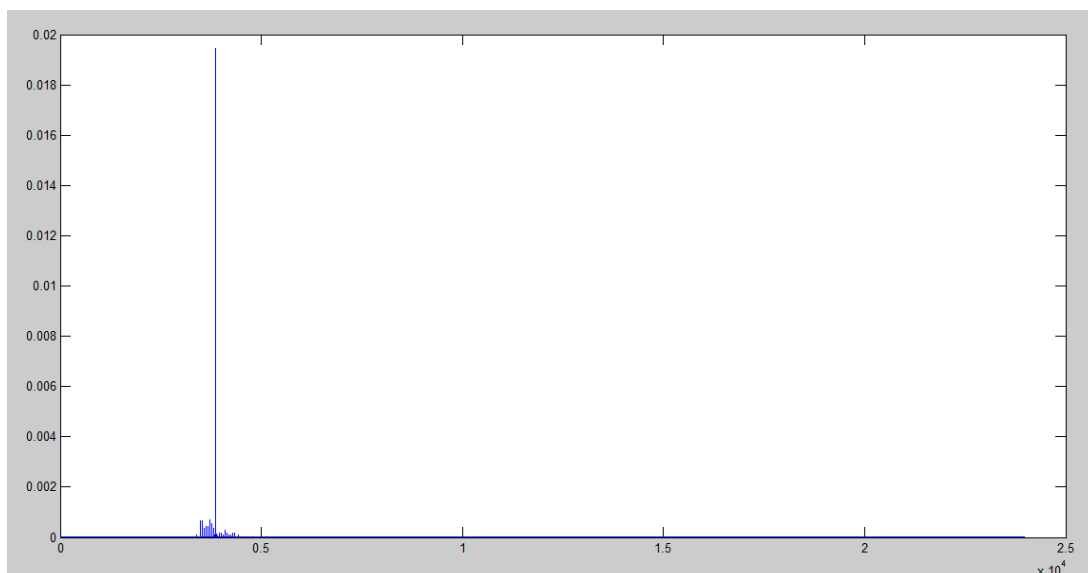


Рисунок 2.4 – Спектральная характеристика сигнала (исследуемый сигнал с частотой 4 kHz)

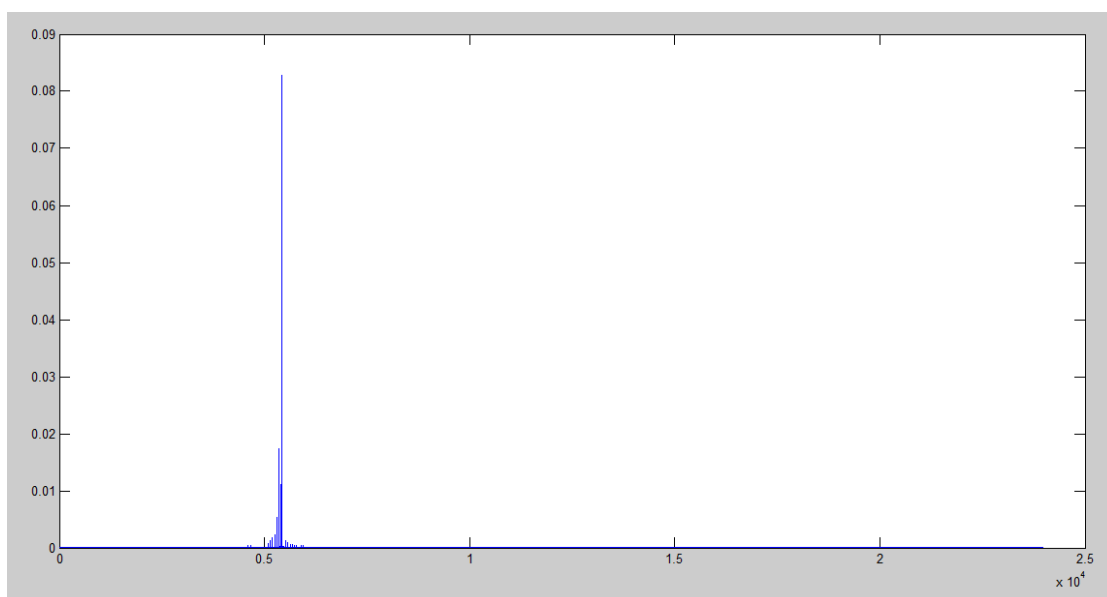


Рисунок 2.5 – Спектральная характеристика сигнала (исследуемый сигнал с частотой 5 kHz)

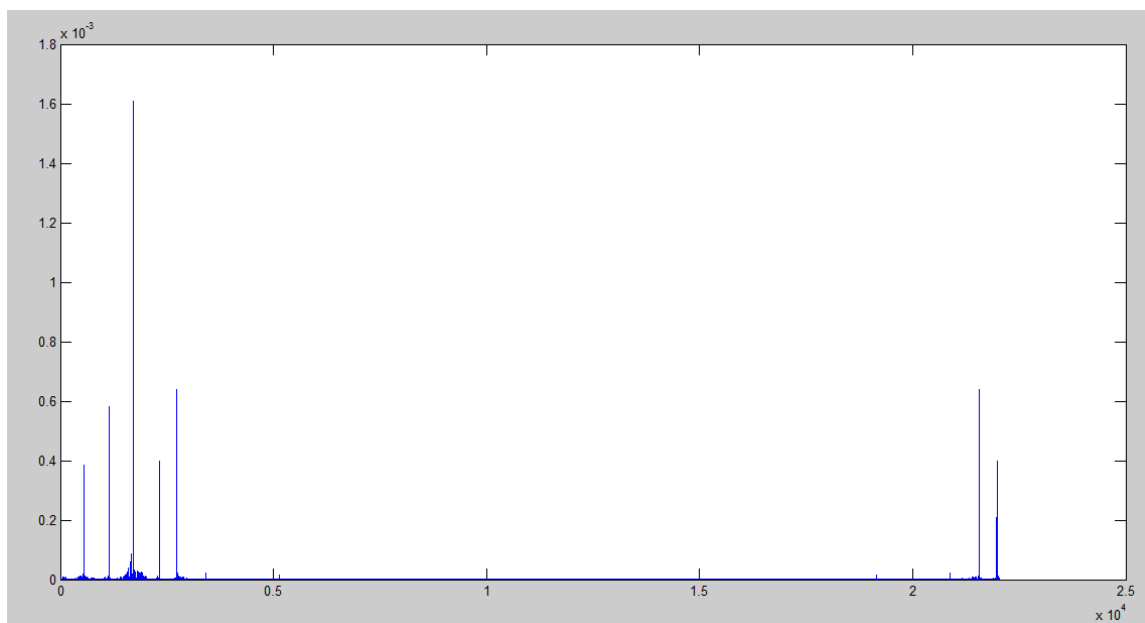


Рисунок 2.6 – Спектральная характеристика сигнала (исследуемый сигнал с частотой 1, 2, 3, 4, 5 kHz)

Значение шкалы x занижено в 2 раза, но полученные результаты соответствуют частоте исследованного сигнала.

Из приведенных рисунков 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 видно, что спектральная характеристика сигнала совпадает с частотой записанного звука, что позволяет использовать данную функцию при натурных испытаниях.

2.2. Результаты исследования спектральных характеристик

На улице Славы города Пенза 14 апреля 2017 года в 13.00 была проведена запись на цифровой диктофон акустических характеристик транспортного потока с дальнейшей визуализацией полученного аудиофайла (рис. 2.7).

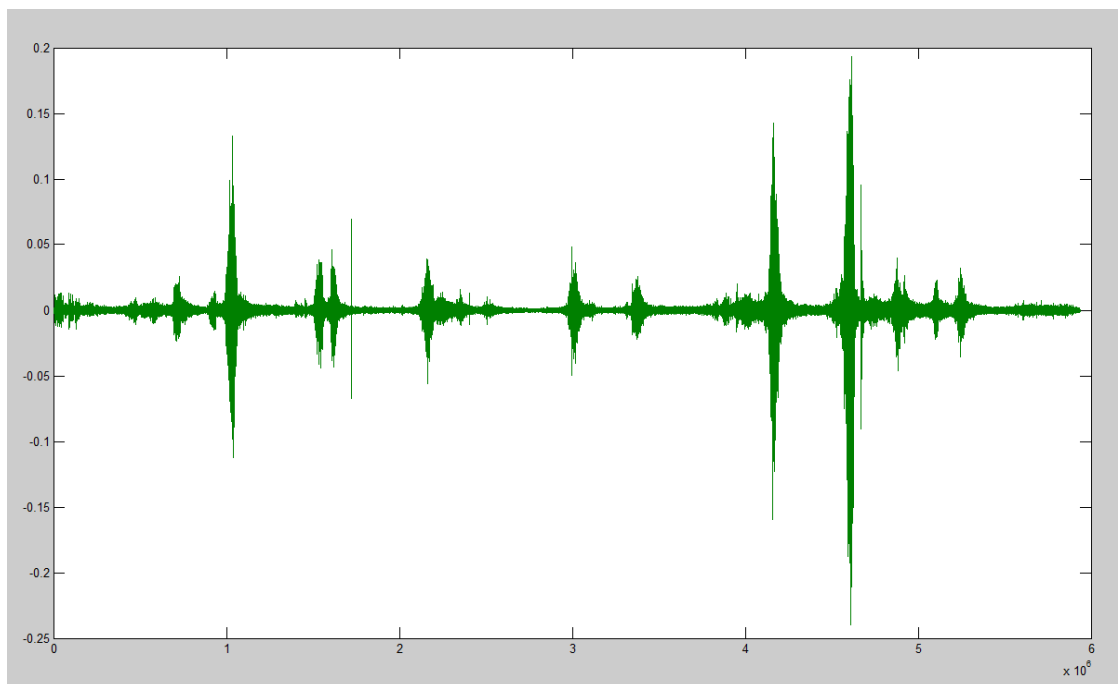


Рисунок 2.7 – Визуализация записанных данных

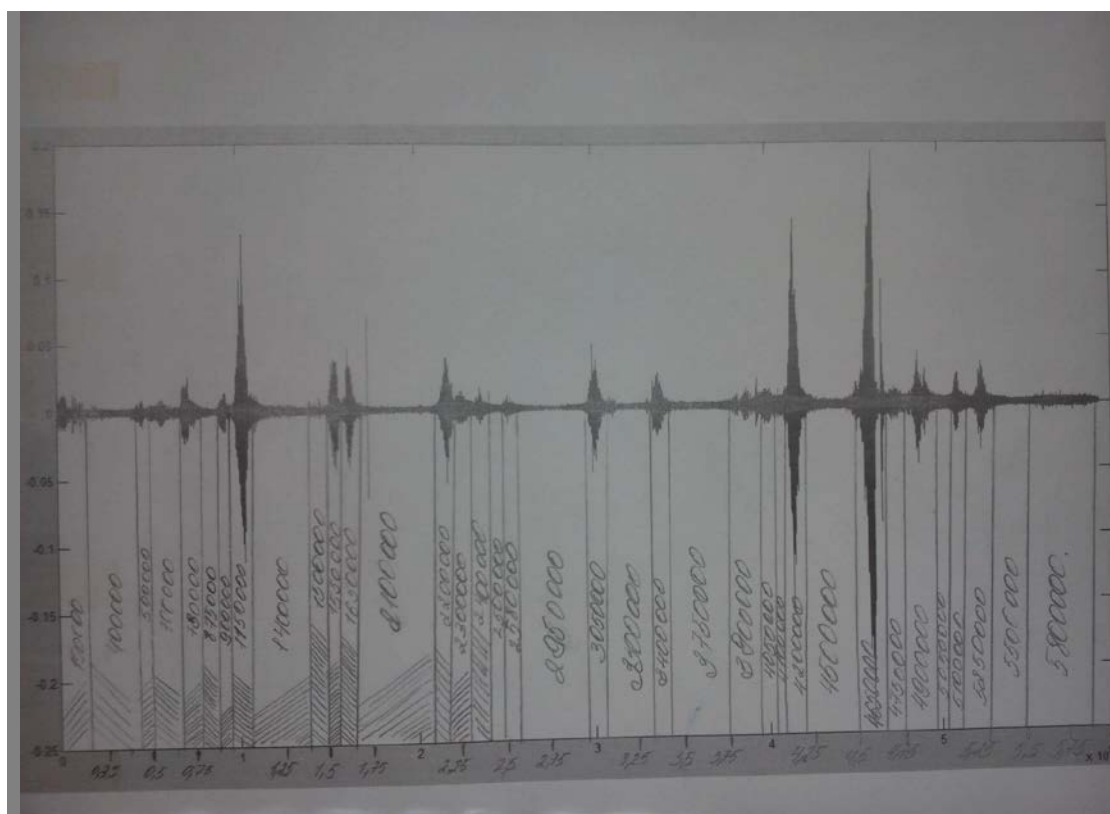


Рисунок 2.8 – Визуализация записанных данных с отметками отсчетов по шкале x

Далее были построены спектральные характеристики для разных диапазонов записанного аудиофайла (результаты приведены в приложении А). Из графика (рис. 2.8) вычленили моменты проезда транспортного средства и паузы между ними.

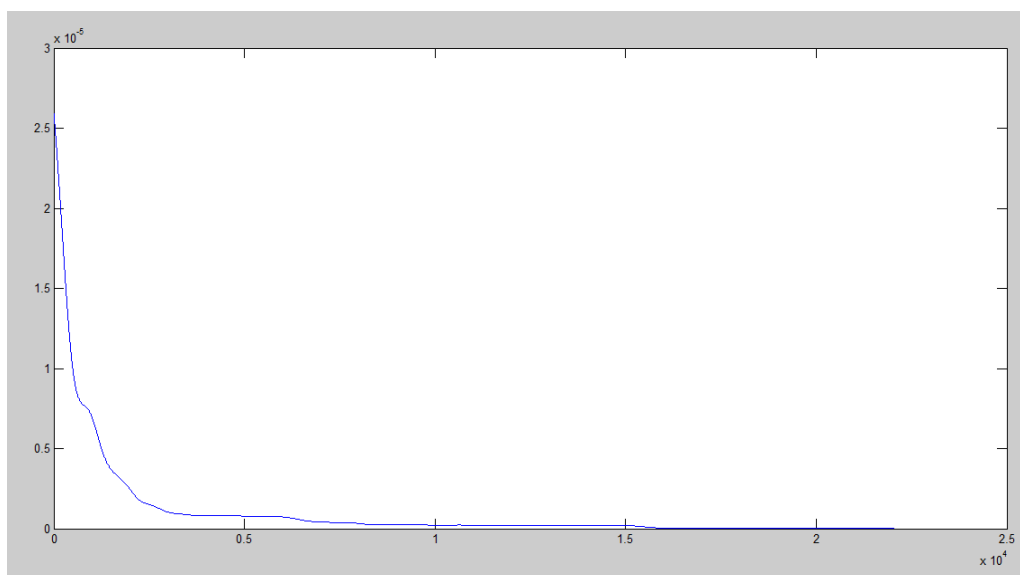


Рисунок 2.9 – Спектральная характеристика (отсчеты от 150000 до 400000) – момент проезда легкового транспортного средства

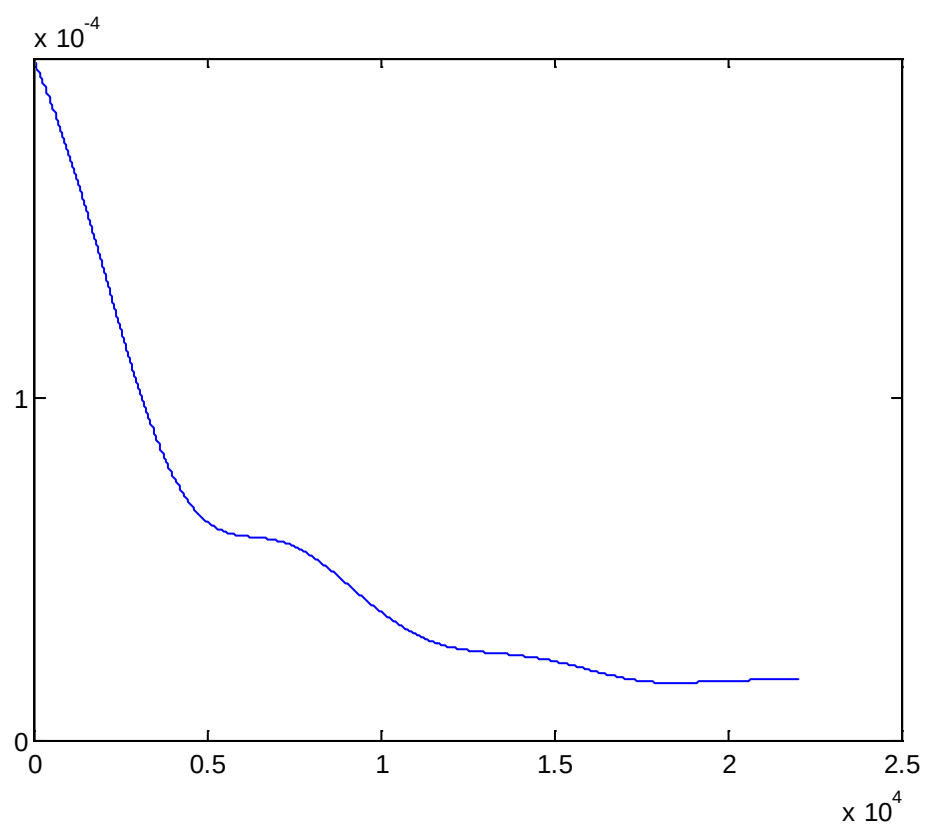


Рисунок 2.10 – Спектральная характеристика (отсчеты от 150000 до 400000) – момент проезда легкового транспортного средства

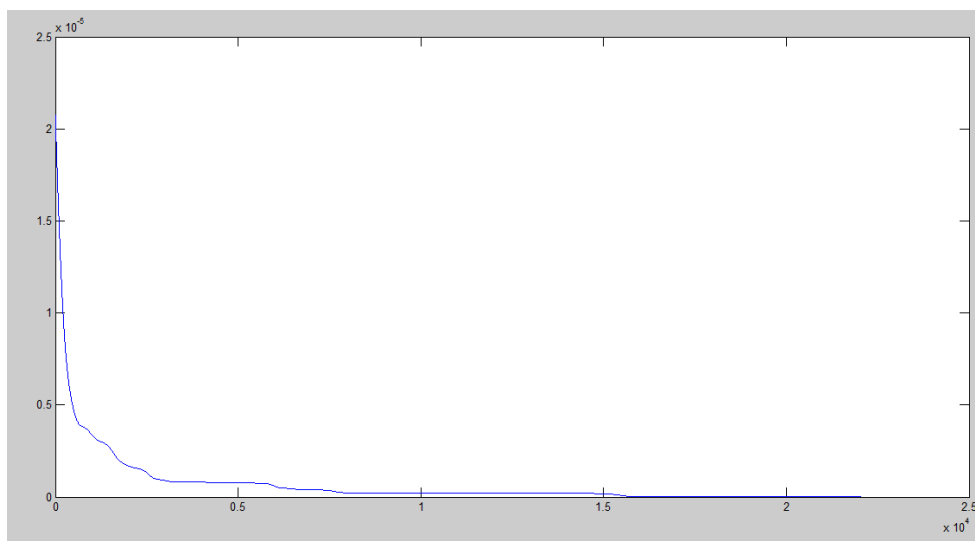


Рисунок 2.11 – Спектральная характеристика (отсчеты от 2580000 до 2950000) – отсутствие в зоне контроля транспортных средств

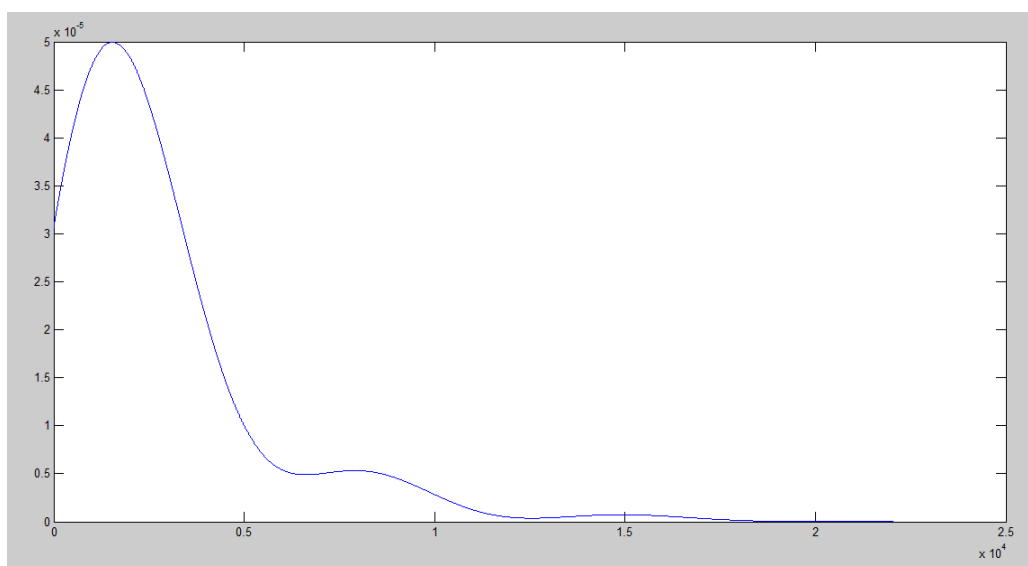


Рисунок 2.12 – Спектральная характеристика (отсчеты от 700000 до 730000) – момент проезда легкового транспортного средства

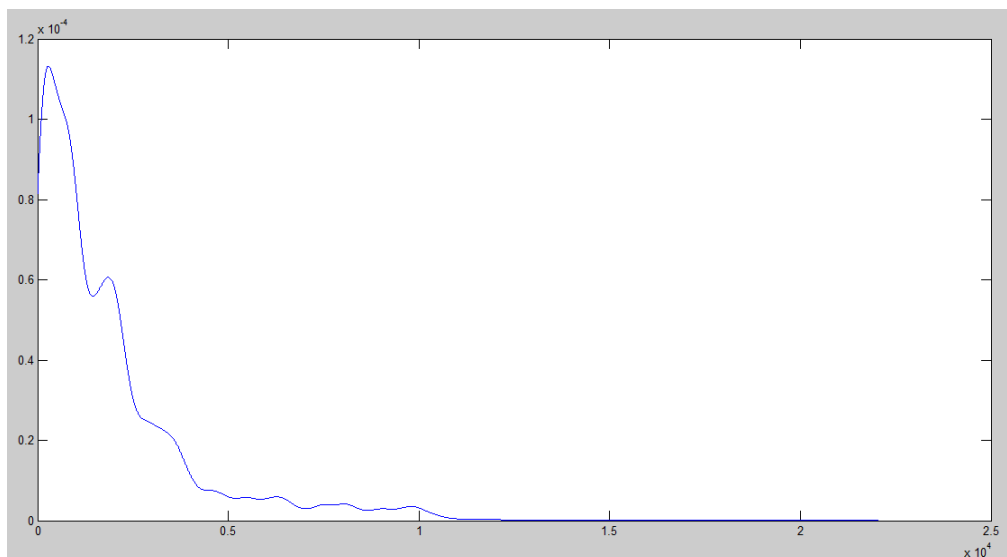


Рисунок 2.13 – Спектральная характеристика (отсчеты от 900000 до 1150000) – момент проезда легкового транспортного средства

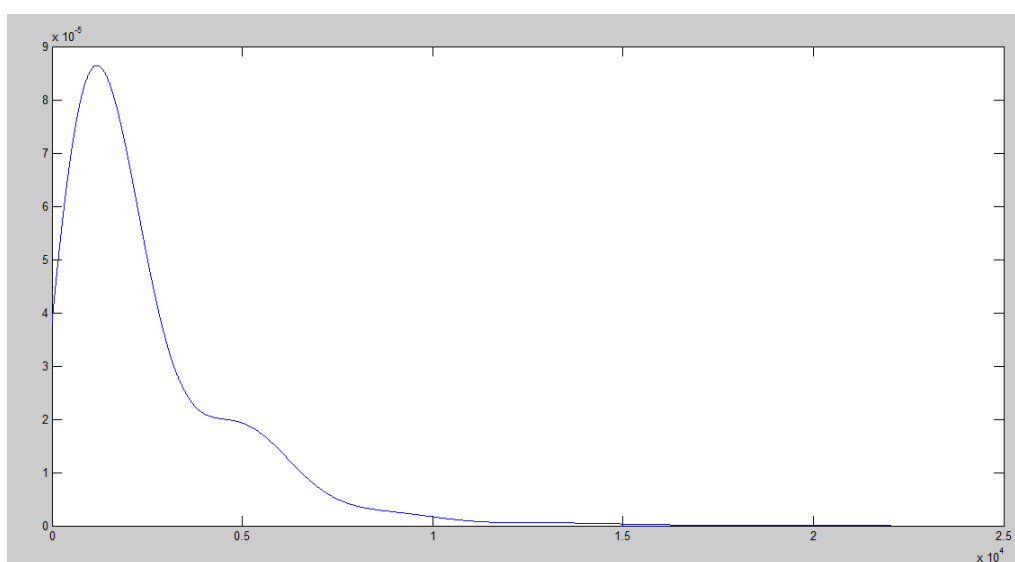


Рисунок 2.14 – Спектральная характеристика (отсчеты от 1500000 до 1550000) – момент проезда легкового транспортного средства

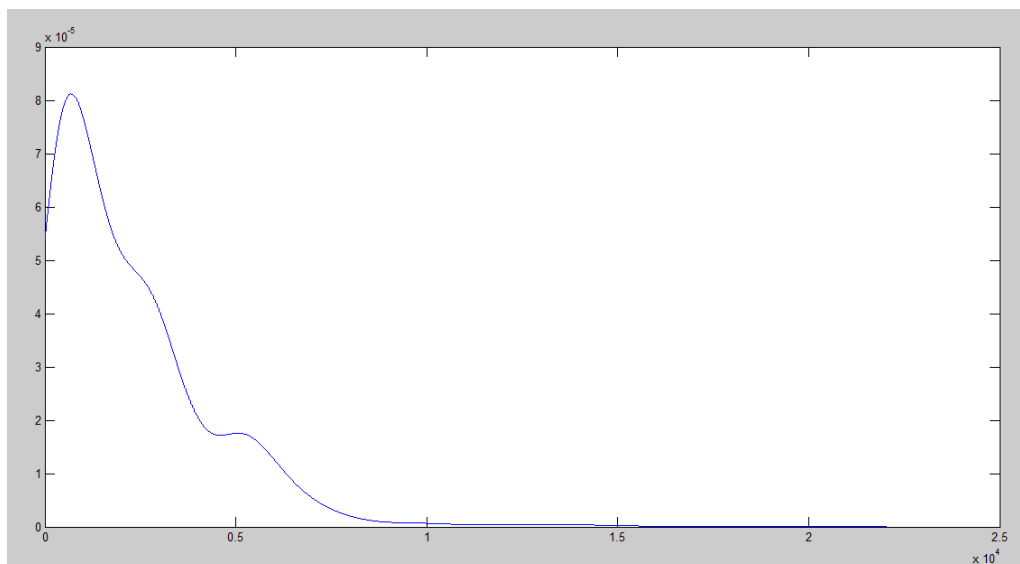


Рисунок 2.15 – Спектральная характеристика (отсчеты от 1550000 до 1650000) – момент проезда легкового транспортного средства

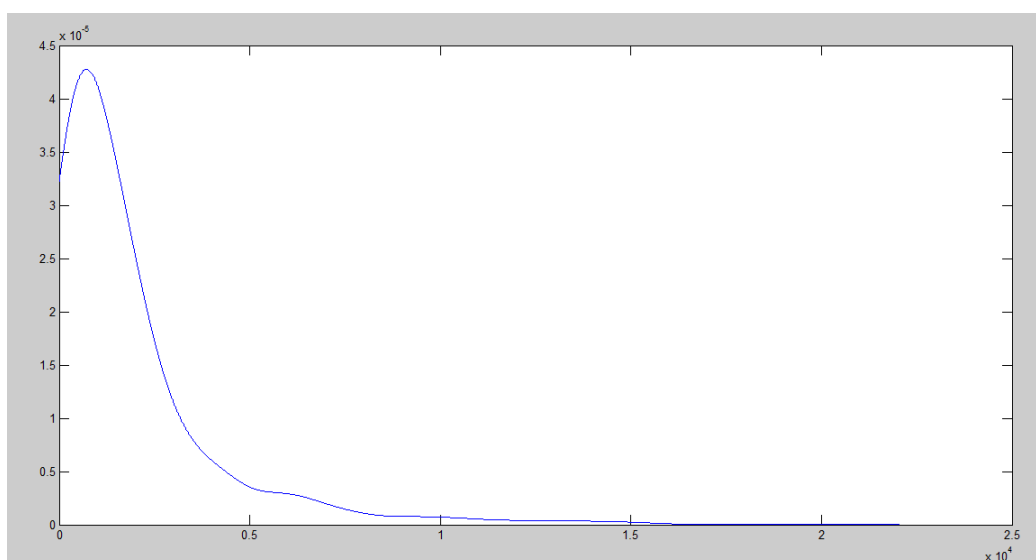


Рисунок 2.16 – Спектральная характеристика (отсчеты от 2200000 до 2300000) – момент проезда легкового транспортного средства

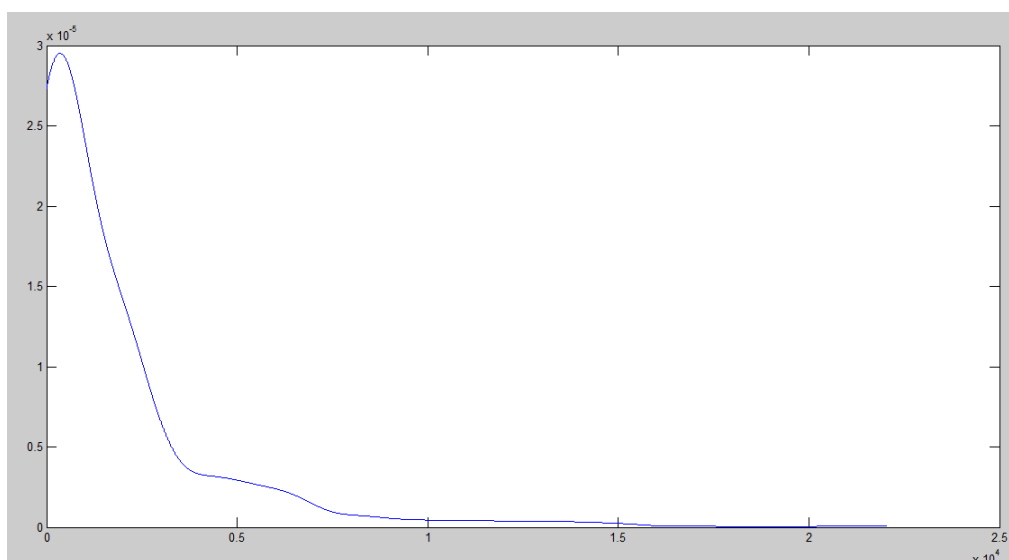


Рисунок 2.17 – Спектральная характеристика (отсчеты от 2300000 до 2400000) – момент проезда легкового транспортного средства

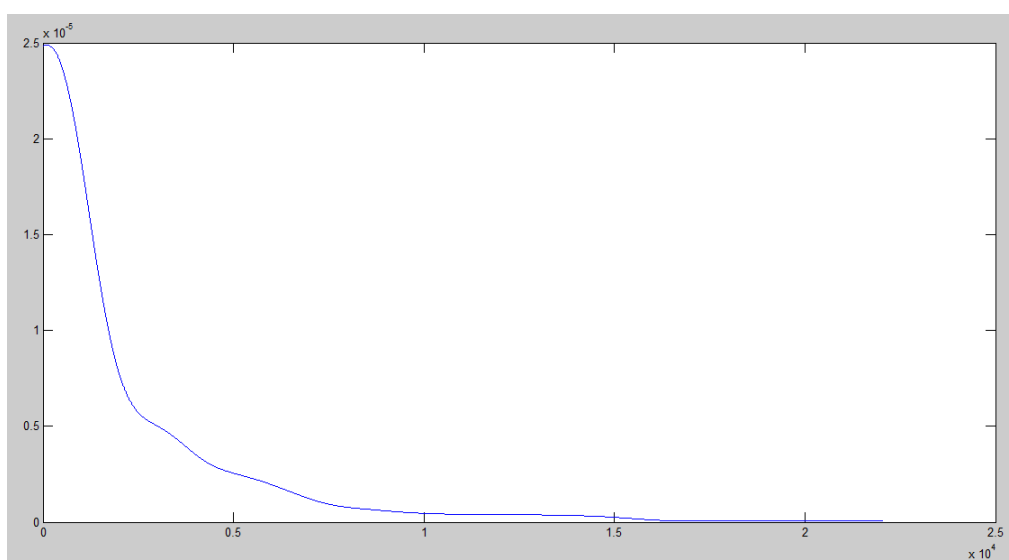


Рисунок 2.18 – Спектральная характеристика (отсчеты от 2500000 до 2580000) – момент проезда легкового транспортного средства

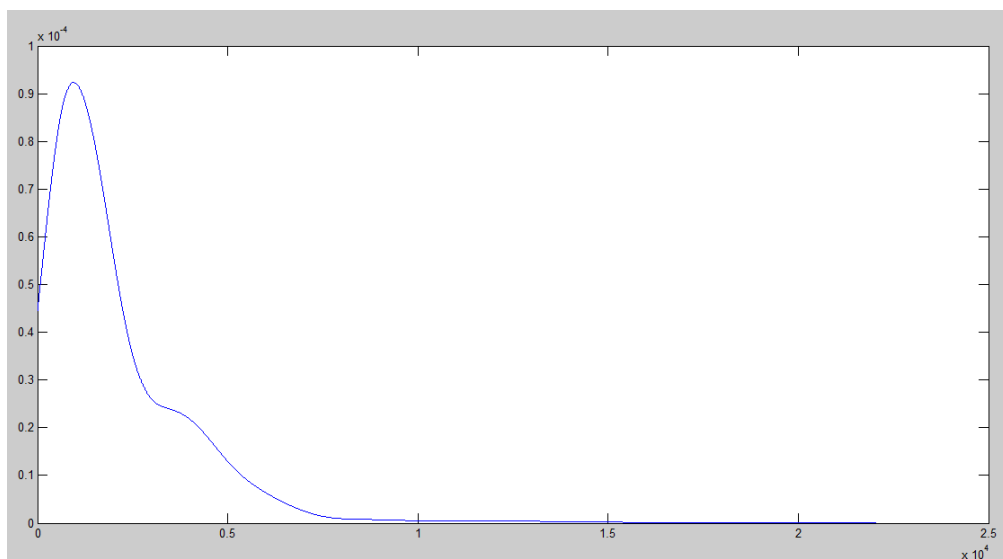


Рисунок 2.19 – Спектральная характеристика (отсчеты от 2950000 до 3050000) – момент проезда легкового транспортного средства

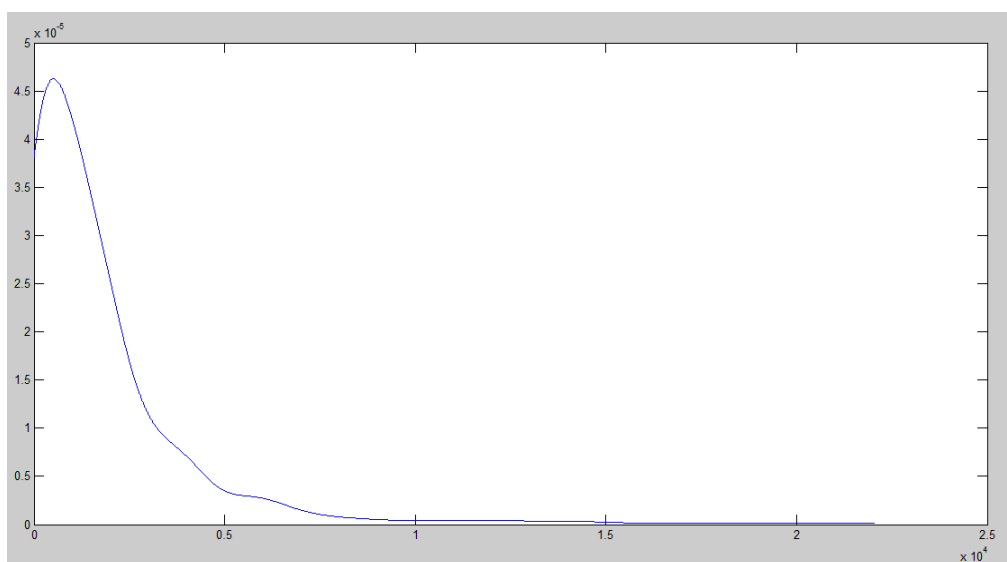


Рисунок 2.20 – Спектральная характеристика (отсчеты от 3300000 до 3400000) – момент проезда легкового транспортного средства

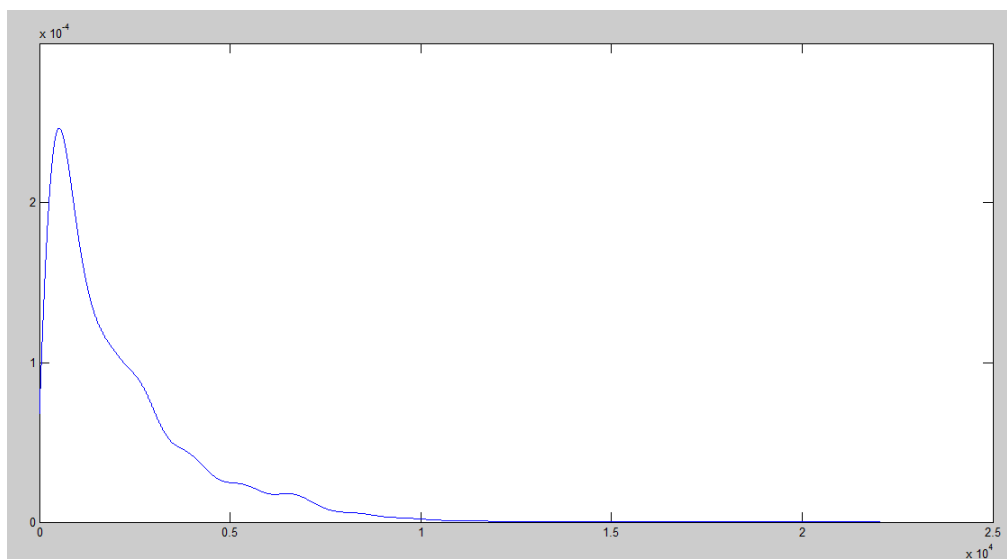


Рисунок 2.21 – Спектральная характеристика (отсчеты от 4500000 до 4650000) – момент проезда автобуса среднего класса

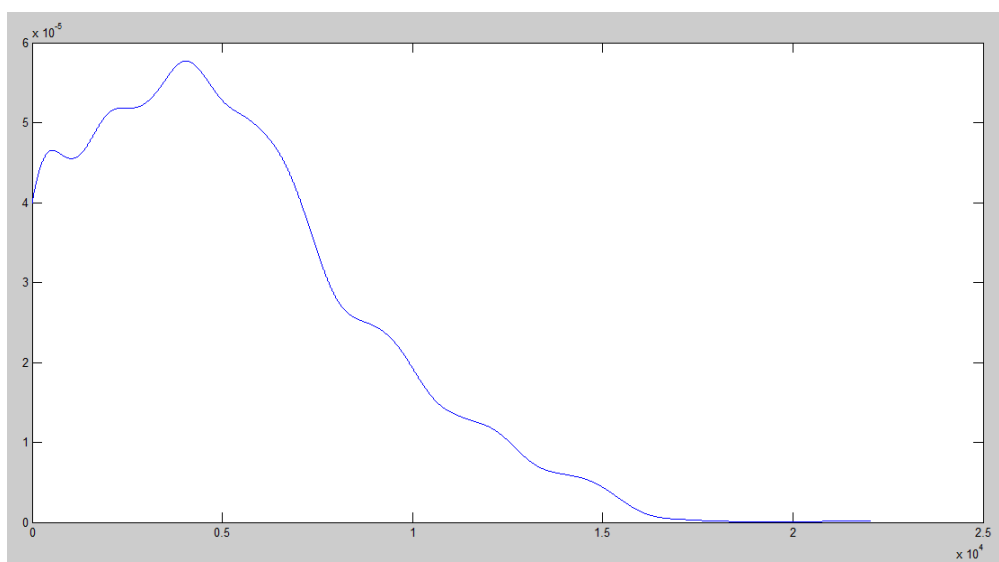


Рисунок 2.22 – Спектральная характеристика (отсчеты от 4650000 до 4750000) – момент проезда легкового транспортного средства

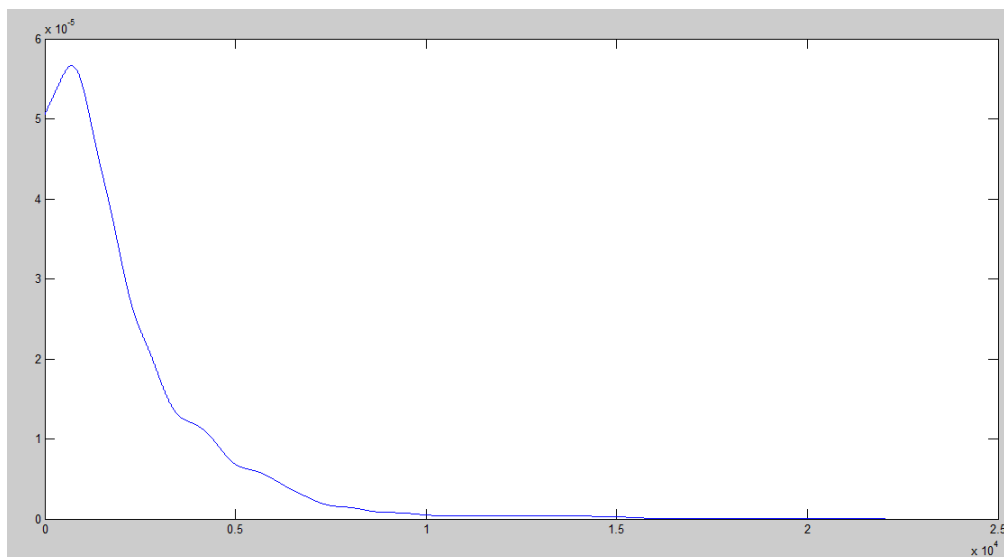


Рисунок 2.23 – Спектральная характеристика (отсчеты от 4750000 до 4900000) – момент проезда легкового транспортного средства

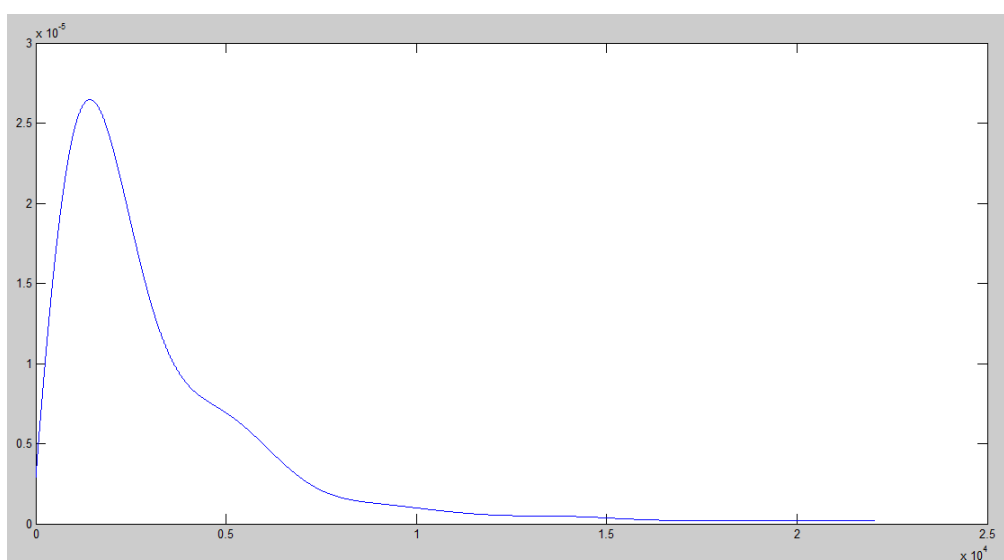


Рисунок 2.24 – Спектральная характеристика (отсчеты от 50500000 до 51000000) – момент проезда легкового транспортного средства

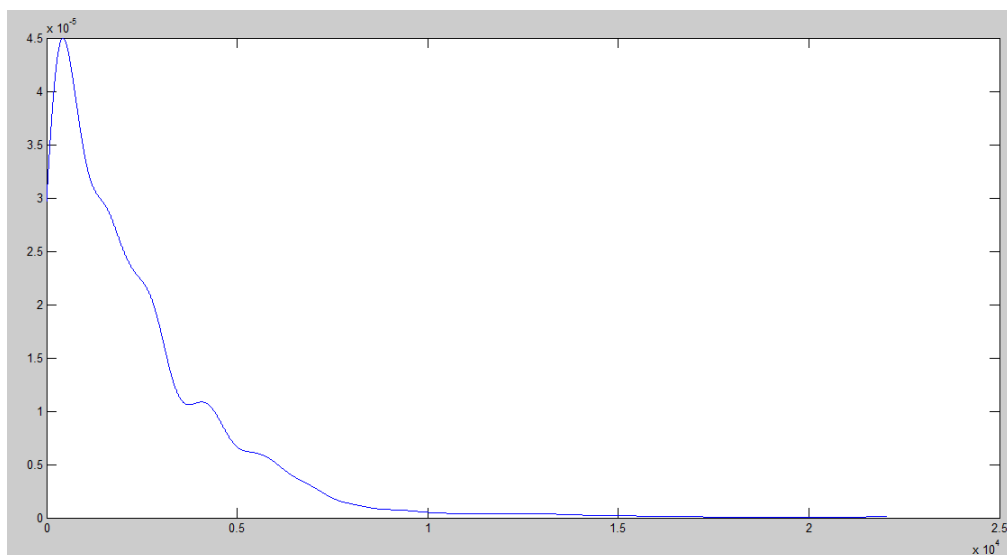


Рисунок 2.25 – Спектральная характеристика (отсчеты от 5100000 до 5250000) – момент проезда легкового транспортного средства

Из рисунка 2.11 видно, что в промежуток времени, приходящийся на момент отсутствия транспортного средства проезжающего через контролируемое сечение дороги, шум характеризуется частотой менее 1 kHz и обусловлено наличием ветровых возмущений.

Из рисунков 2.9, 2.10, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.23, 2.24, 2.25 видно, что в момент прохождения транспортного средства чрез контролируемое сечение дороги, основной шум автомобиля приходится на частоты 1 - 4 kHz (всплеск наблюдается на данных частотах). На частотах от 4 – 7 kHz присутствует второй всплеск, что, вероятно, связано с вкладом в общий шум звука исходящего от автомобиля во время его ускорения от двигателя и выхлопной системы.

2.3. Выводы по главе

Проведены исследования возможности применения функции FFT, при выявлении спектральной характеристики шума от транспортного потока.

Выявлено, что спектральная характеристика сигнала совпадает с частотой записанного звука, что позволяет использовать данную функцию при натурных испытаниях транспортного потока.

С целью исключения помех влияющих на работоспособность пассивного акустического детектора транспорта и выявления параметров необходимого фильтра, построены спектральные характеристики шума исходящего от транспортного средства в момент его движения и в промежуток времени, приходящийся на момент отсутствия транспортного средства проезжающего через контролируемое сечение дороги.

По результатам исследований выявлено существенное отличие частотных характеристик в период отсутствия автомобиля проезжающего через контролируемое сечение дороги и в момент проезда транспортного средства через указанный участок.

Выявлено, что в момент прохождения транспортного средства чрез контролируемое сечение дороги, основной шум автомобиля приходится на частоты от 1 - 4 kHz. На частотах от 4 – 7 kHz присутствует второй всплеск, что вероятно связано с вкладом в общий шум звука исходящего во время ускорения от двигателя и выхлопной системы.

Результаты исследований позволяют использовать фильтр способствующий фиксированию проезда транспортного средства через контролируемое сечение дороги в случаях, когда шум находится в пределах от 1 до 7 kHz.

ГЛАВА 3. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАССИВНОГО АКУСТИЧЕСКОГО ДЕТЕКТОРА ТРАНСПОРТА

3.1. Исследования возможности контроля акустических характеристик транспортного потока

На улице Красная города Пенза была произведена запись акустических характеристик потока на цифровую видеокамеру. Запись с нее преобразована в аудиофайл формата .mp3 и обработана в пакете «MATLAB» [7].

Алгоритм обработки следующий.

Полученный аудиофайл преобразуется при помощи функции [y]=audioread (filename) в массив и строится график (рис. 3.1).

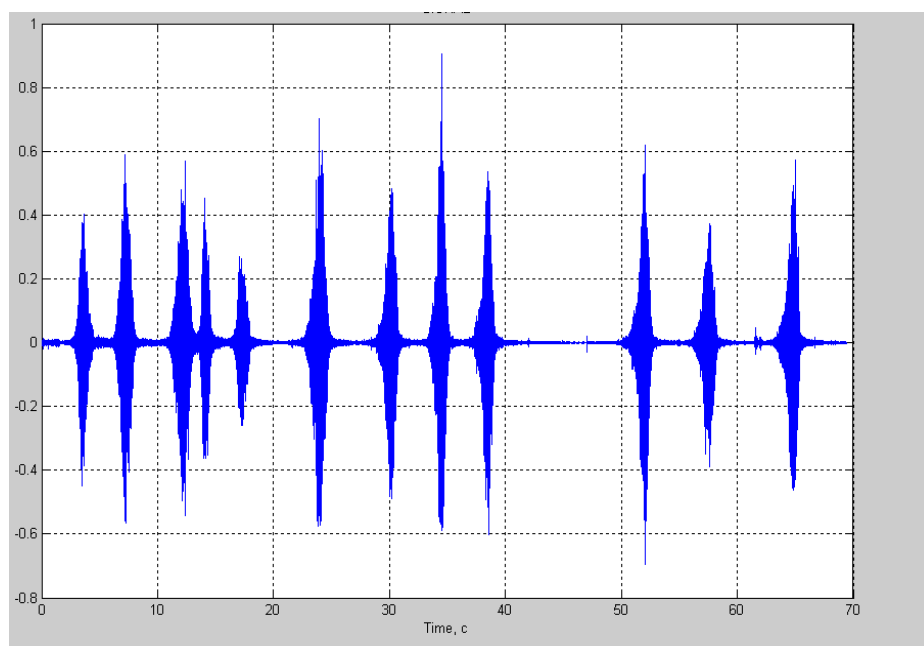


Рисунок 3.1 – График представления аудиофайла после аналого
цифрового преобразования

Затем массив преобразуется по абсолютной величине $y = \text{abs}(y)$ (рис. 3.2).

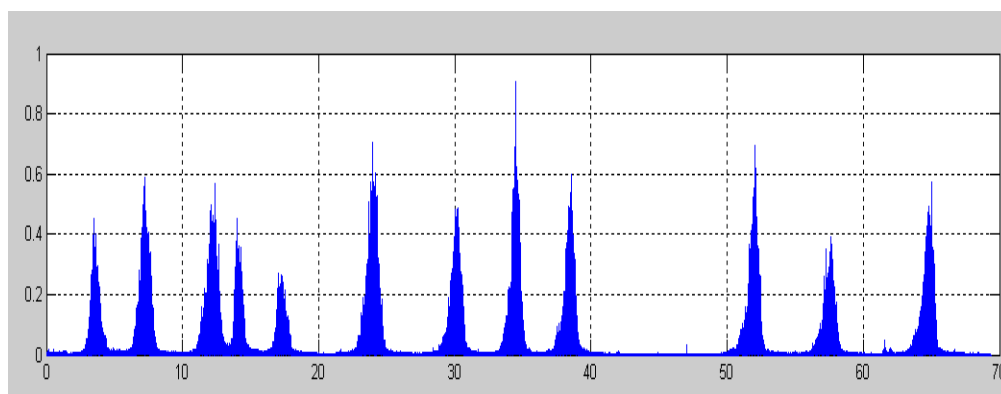


Рисунок 3.2 – График представления аудиофайла по абсолютной величине

По значениям массива с помощью фильтра Баттерворта $[b, a] = \text{butter}(n, Wn)$ построена огибающая сигнала (рис. 3.3).

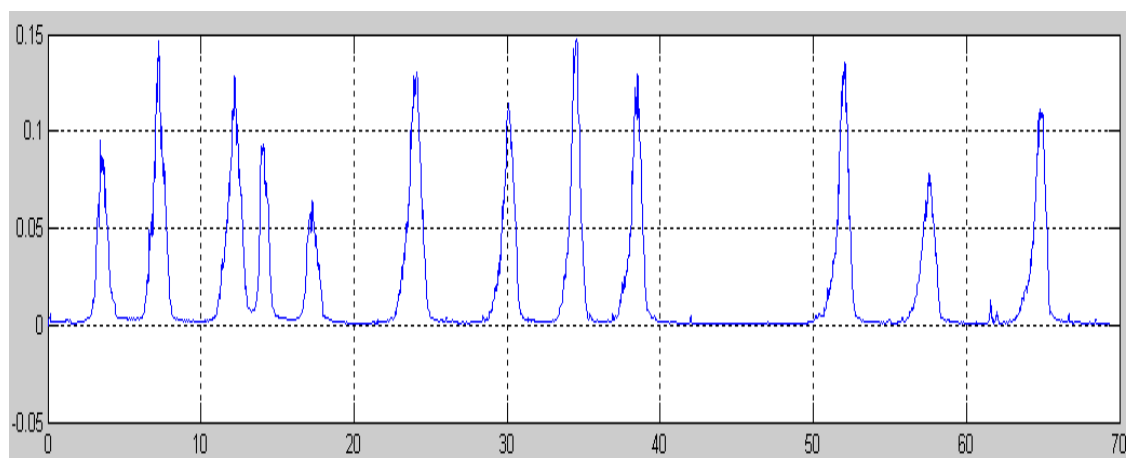


Рисунок 3.3 – Огибающая цифрового сигнала аудиофайла

Сопоставление видеосъёмки с графиком аудио файла показало, что при приближении транспортного средства к микрофону уровень сигнала резко увеличивается, и, следовательно, максимальный уровень сигнала приходится на момент нахождения автомобиля перед микрофоном. Таким образом,

данный способ позволяет осуществлять подсчет интенсивности транспортного потока по амплитудным значениям сигнала.

По приведенной выше методике, исследованы характеристики транспортного потока в условиях ветровых возмущений

По результатам второго этапа исследований выявлена необходимость привлечения в состав детектора микрофона направленного типа с целью снижения влияния ветровых возмущений на точность определения транспортных средств.

3.2. Направленный микрофон типа «бегущая волна»

Микрофон данного вида представляет собой трубку, заглушенную с одной стороны, а с другой закреплен конденсаторный микрофон. По поверхности трубки просверлен ряд детектирующих отверстий. Микрофон работает следующим образом: так как скорость распространения звука внутри и снаружи трубки одна и та же, при падении звука по оси трубки все парциальные волны приходят к мембране одновременно, в фазе.

Поэтому звуковое давление, действующее на мембрану, принципиально такое же, как если бы трубки не было совсем.

При падении звука под углом к оси парциальные волны доходят до мембраны с различной задержкой, определяемой расстоянием от соответствующего отверстия до микрофона. При этом из-за их интерференции на поверхности мембраны происходит частичное или полное гашение, т.е. давление на поверхности мембраны микрофона уменьшается.

Внешний вид реализованного направленного микрофона приведен на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 - Направленный микрофон типа “бегущая волна”

Микрофон располагался на высоте 6 м и расстоянии 10 м от дорожного полотна и направлялся на контролируемую полосу движения. Микрофон подключался через микрофонный разъем к ноутбуку, оснащенного WEB-камерой, с последующей записью звуковых характеристик транспортного потока, преобразованием в аудиофайл формата .mp3 и визуализированием в пакете «MATLAB».

Были проведены исследования при расположении детектирующих отверстий вверх от поверхности дороги, слева (навстречу приближающемуся по контролируемой полосе автомобилю) и справа (вдогонку движущемуся по контролируемой полосе автомобилю).

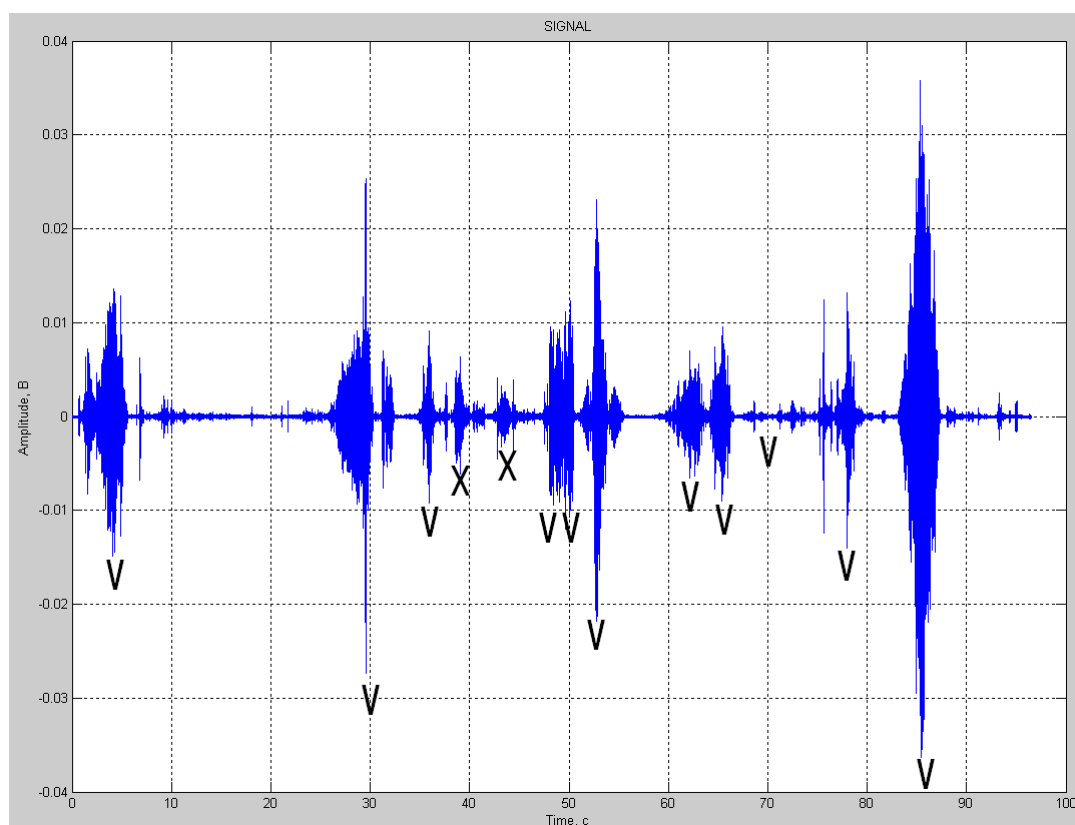


Рисунок 3.5 - Графическое представление звуковых характеристик транспортного потока при расположении детектирующих отверстий детектора вверх: х – встречный автомобиль, движущийся по соседней полосе, v – автомобиль, движущийся по контролируемой детектором полосе

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР-2069059-23.04.01-151270-17

Лист

66

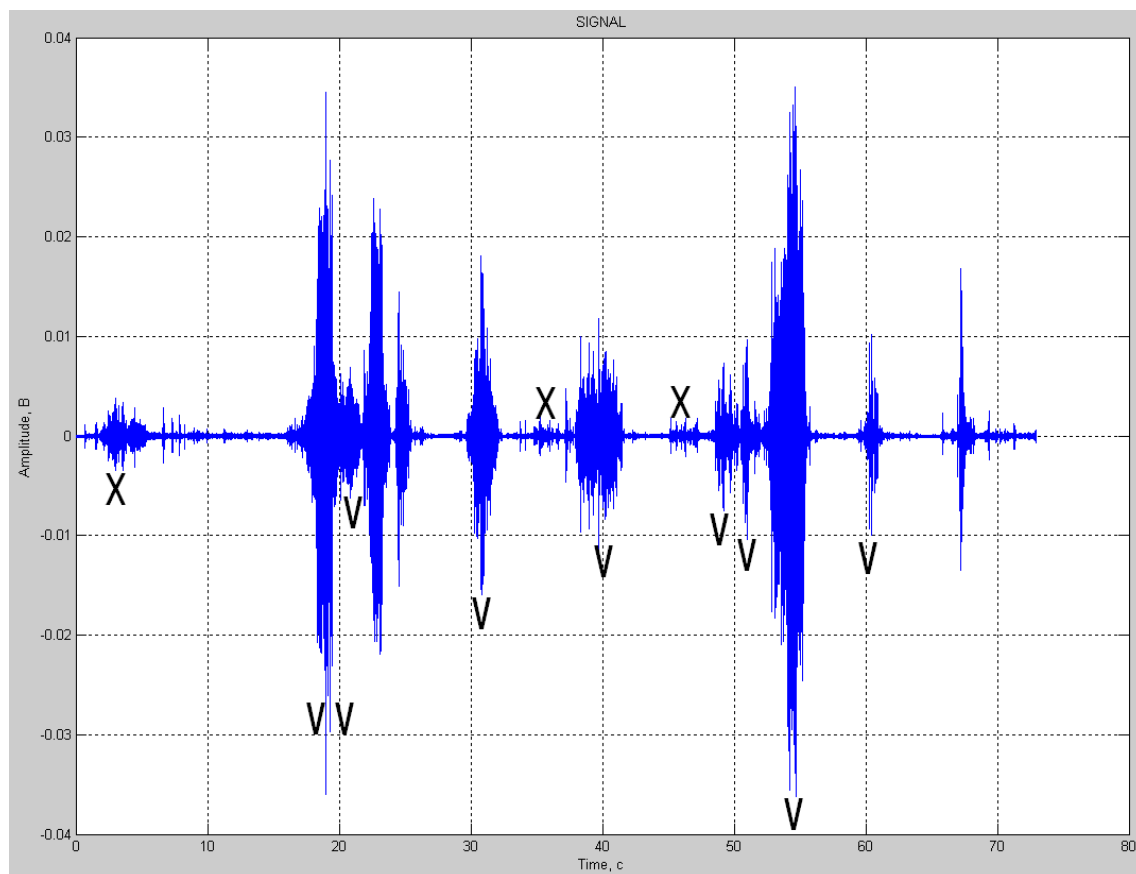


Рисунок 3.6 - Графическое представление звуковых характеристик транспортного потока при расположении детектирующих отверстий детектора навстречу приближающемуся по контролируемой полосе автомобилю: х – встречный автомобиль, движущийся по соседней полосе, v – автомобиль, движущийся по контролируемой детектором полосе

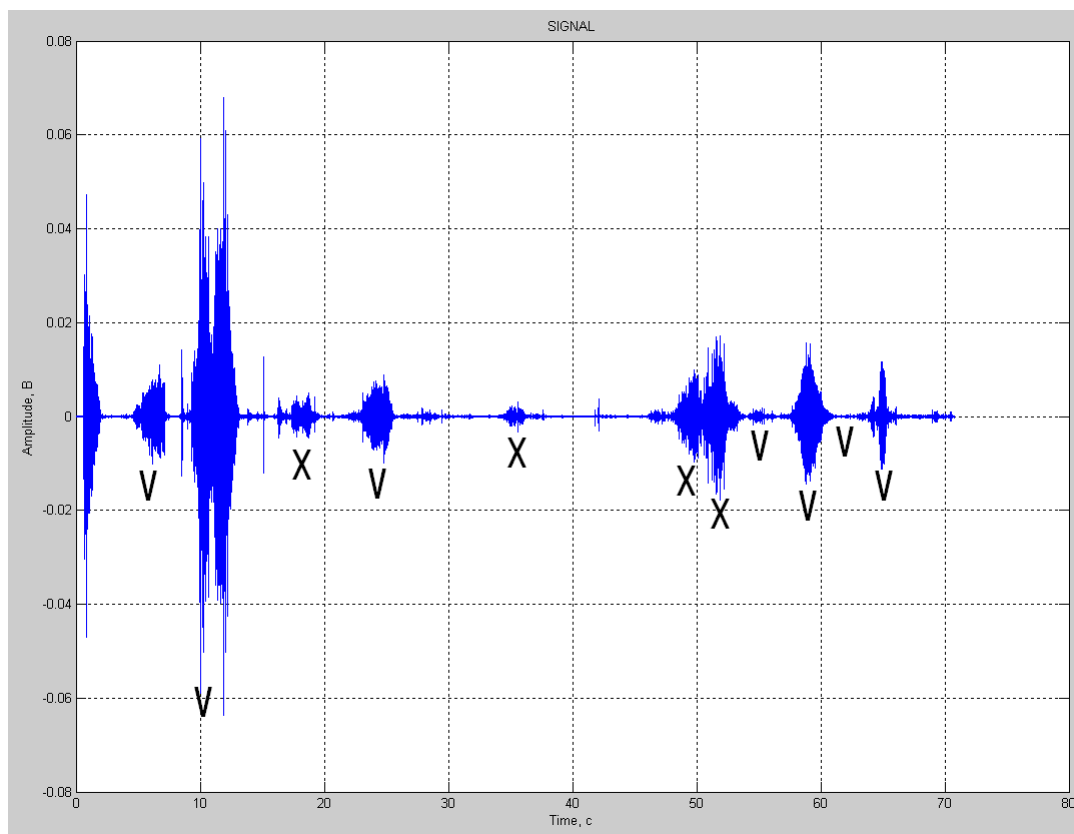


Рисунок 3.7 - Графическое представление звуковых характеристик транспортного потока при расположении детектирующих отверстий детектора вдогонку движущемуся по контролируемой полосе автомобилю: х – встречный автомобиль, движущийся по соседней полосе, v – автомобиль, движущийся по контролируемой детектором полосе

Сопоставление видеосъёмки с графиком аудиофайла показало, что при приближении транспортного средства к микрофону уровень сигнала резко увеличивается, и, следовательно, максимальный уровень сигнала приходится на момент нахождения автомобиля перед микрофоном.

При расположении отверстий справа (см. рис. 3.7) уровень сигнала от автомобиля, движущегося по контролируемой полосе, не отличим от уровня сигнала, фиксируемого при прохождении встречного автомобиля, движущегося по соседней полосе. При этом проезд автомобиля по контролируемой полосе детектируется только в момент, когда он отдаляется

от детектора, а фиксация встречного автомобиля, наоборот, осуществляется при его приближении.

При расположении отверстий слева (см. рис. 3.6) автомобиль по контролируемой полосе приближается к детектору, а встречный, наоборот, отдаляется, что снижает уровень сигнала от встречного автомобиля и увеличивает разность в сигналах.

При расположении отверстий вверх (см. рис. 3.5), по сравнению с расположением отверстий слева (см. рис. 3.6), выявлен гораздо больший уровень сигнала от встречного автомобиля.

Таким образом, по результатам исследований направленного микрофона типа “бегущая волна” можно сделать вывод, что расположение детектирующих отверстий навстречу приближающемуся по контролируемой полосе автомобилю является наиболее оптимальным, так как позволяет обеспечить наименьшее влияние на точность подсчета автомобилей, движущихся по соседней встречной полосе.

3.3. Направленные микрофоны «линейного» типа

Проведено исследование работы микрофонов «линейного» типа (две разных конструкции).

Микрофоны располагались на высоте 6 м от дорожного полотна под углом 45° к нему, и направлялись на контролируемую полосу движения (на вторую полосу четырех полосной дороги). Микрофоны подключались поочередно через микрофонный разъем к ноутбуку, оснащенного WEB-камерой, с последующей записью видео и шума, исходящего от автомобилей.

Линейный микрофон № 1 (рис. 3.8) представляет собой трубку, открытую с одной стороны, а с другой закреплен чувствительный элемент (конденсаторный микрофон).

По поверхности трубки выпилен ряд отверстий с четырех сторон. Микрофон работает следующим образом. Звук поступает по трубке к конденсаторному микрофону, и нежелательные шумы выходят через прорези по бокам с четырех сторон.

Результаты визуализации аудиофайла записанного с помощью «линейного» микрофона № 1 приведены на рис. 3.9.

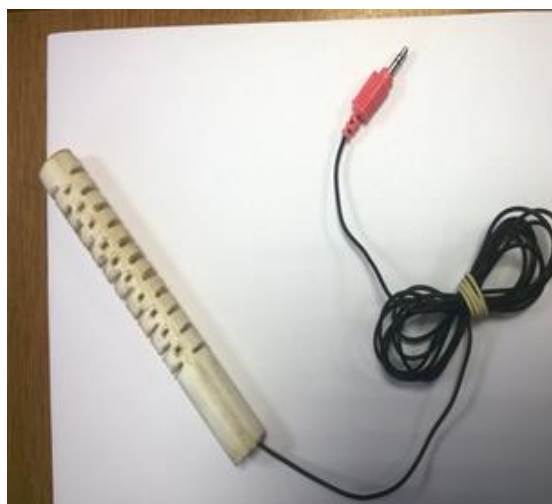


Рисунок 3.8 – «Линейный»
микрофон №1

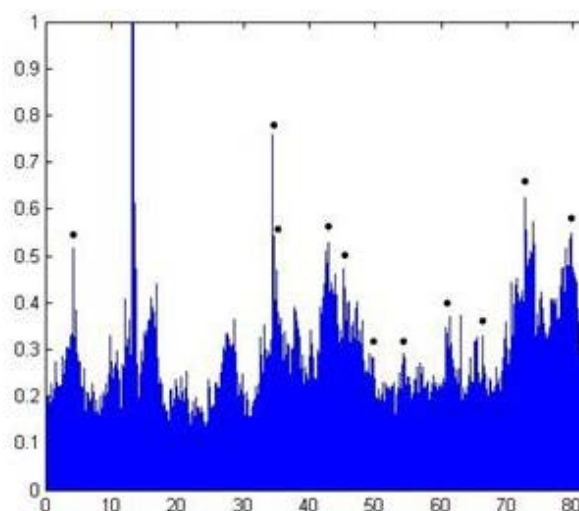


Рисунок 3.9 – Визуализация
аудиофайла записанного с помощью
«линейного» микрофона №1

Линейный микрофон № 2 (рис. 3.10) представляет собой трубку, открытую с одной стороны, а с другой закреплен чувствительный элемент (конденсаторный микрофон). По поверхности трубки выпилен ряд отверстий с двух сторон. Микрофон работает следующим образом. Звук поступает по трубке к конденсаторному микрофону, и нежелательные шумы выходят через прорези по бокам с двух сторон.

Результаты визуализации аудиофайла записанного с помощью «линейного» микрофона № 2 приведены на рис. 3.11.



Рисунок 3.10 – «Линейный»
микрофон № 2

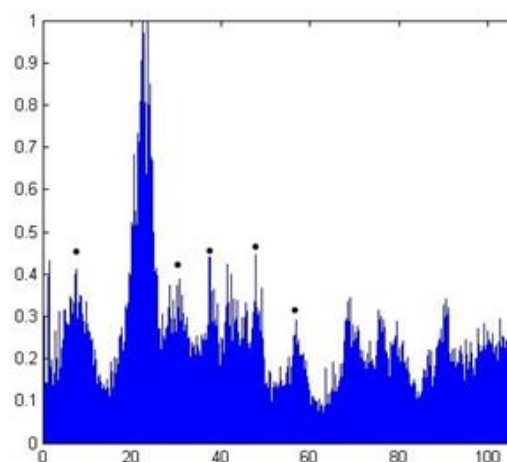


Рисунок 3.11 – Визуализация
аудиофайла записанного с помощью
«линейного» микрофона № 2

По результатам исследований вычислена относительная погрешность, которая показана в таблице № 1.

Таблица 3.1

Результаты натурных исследований разработанных микрофонов

Типы микрофонов	Истинное число автомобилей за время измерения, ед	Измеренное число автомобилей за время измерения, ед	Относительная погрешность, %
Линейный микрофон № 1	13	13	50
Линейный микрофон № 2	6	9	60
«Бегущая волна»	8	15	65

Из таблицы видно, что линейный микрофон № 1 показал погрешность меньше всего, и она составила 50 %. Результаты свидетельствуют о работоспособности данных микрофонов.

Для данных микрофонов требуется проведение натурных испытаний направленных микрофонов «линейного» типа.

3.4. Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 1

На улице Набережная реки Мойки города Пенза 14 июня 2017 года в 15.00 были проведены натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 1.

Микрофон располагался на высоте 5 м, расстоянии 2,5 м от дорожного полотна и направлялся на контролируемую полосу движения (первая полоса движения).

Микрофон подключался через микрофонный разъем к ноутбуку, оснащенного WEB-камерой, с последующей записью звуковых характеристик транспортного потока, преобразованием в аудиофайл формата .mp3 и визуализированием в пакете «MATLAB».

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72



Рисунок 3.12 – Схема установки микрофона «Линейного» типа № 1

Результаты визуализации аудиофайла записанного с помощью «линейного» микрофона № 1 приведены на рис. 3.13, 3.14.

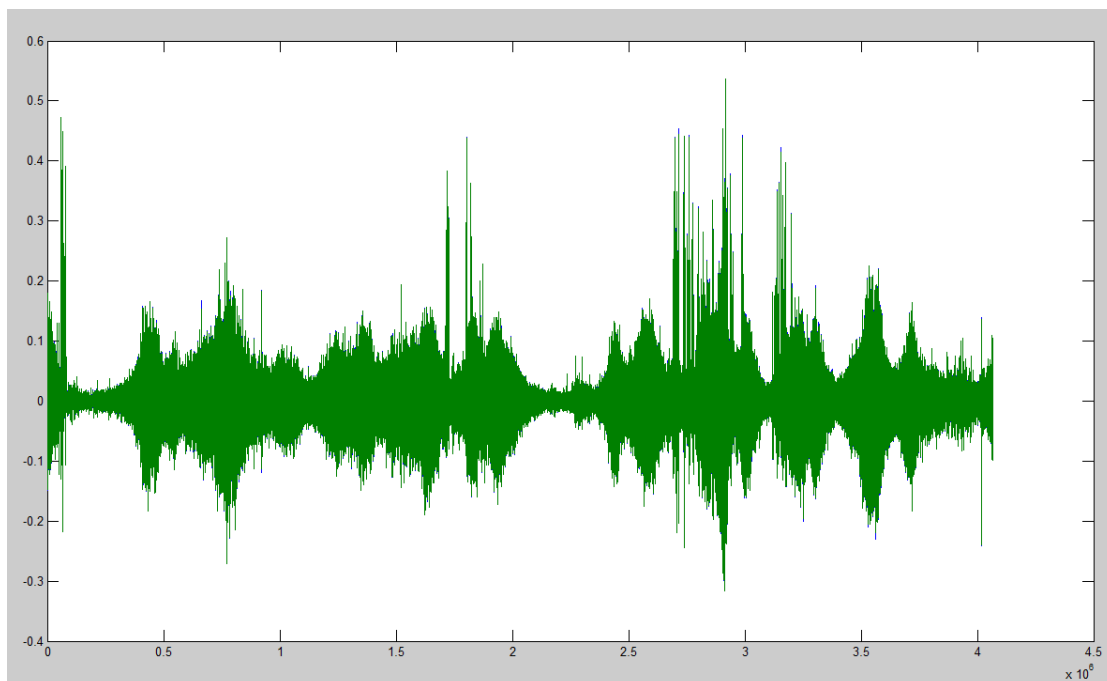


Рисунок 3.13 – Визуализация натурных исследований «линейного» микрофона № 1

Общее количество транспортных средств проехавших через контролируемое сечение дороги в течение 163 сек. составило 36 единиц.

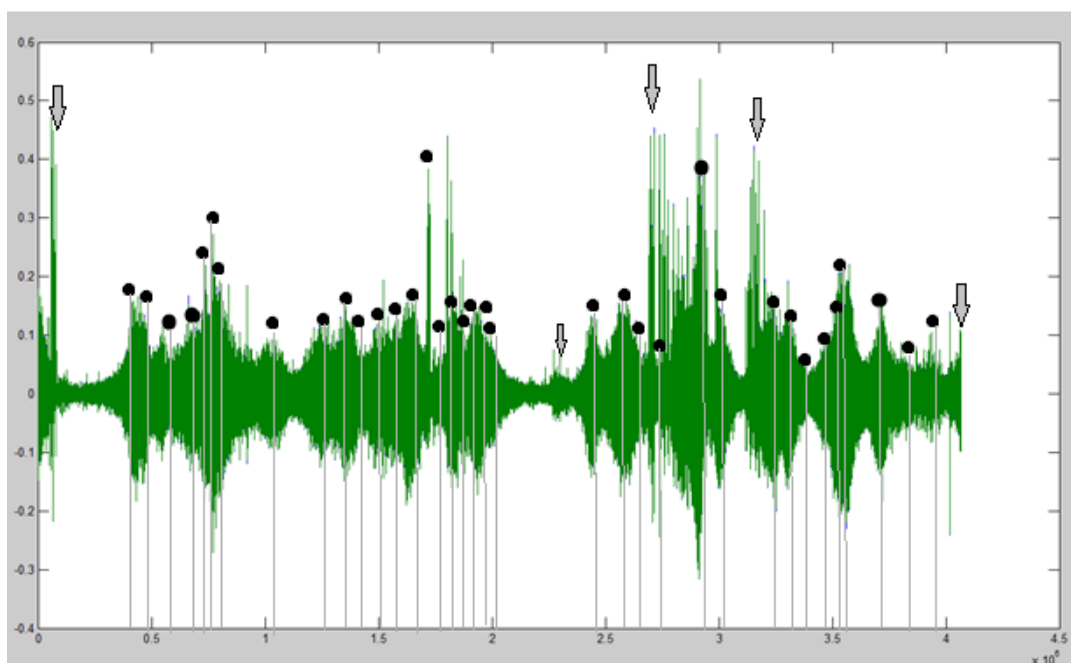


Рисунок 3.14 – Визуализация натурных исследований «линейного» микрофона № 1:

• - момент проезда транспортного средства;

↓ - помеха

Визуализация натурных исследований «линейного» микрофона № 1 (рис. 3.14) показало наличие некоторых помех, влияющих на точность определения транспортных средств вызванное, вероятно, влиянием ветровых возмущений.

3.5. Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 2

На улице города Пенза 14 июня 2017 года в 15.00 были проведены натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 1.

Микрофон располагался на высоте 5 м, расстоянии 2,5 м от дорожного полотна и направлялся на контролируемую полосу движения (первая полоса движения).



Рисунок 3.15 - Схема установки микрофона «Линейного» типа № 2

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75



Рисунок 3.16 - Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 2

Микрофон подключался через микрофонный разъем к ноутбуку, оснащенного WEB-камерой, с последующей записью звуковых характеристик транспортного потока, преобразованием в аудиофайл формата .mp3 и визуализированием в пакете «MATLAB».

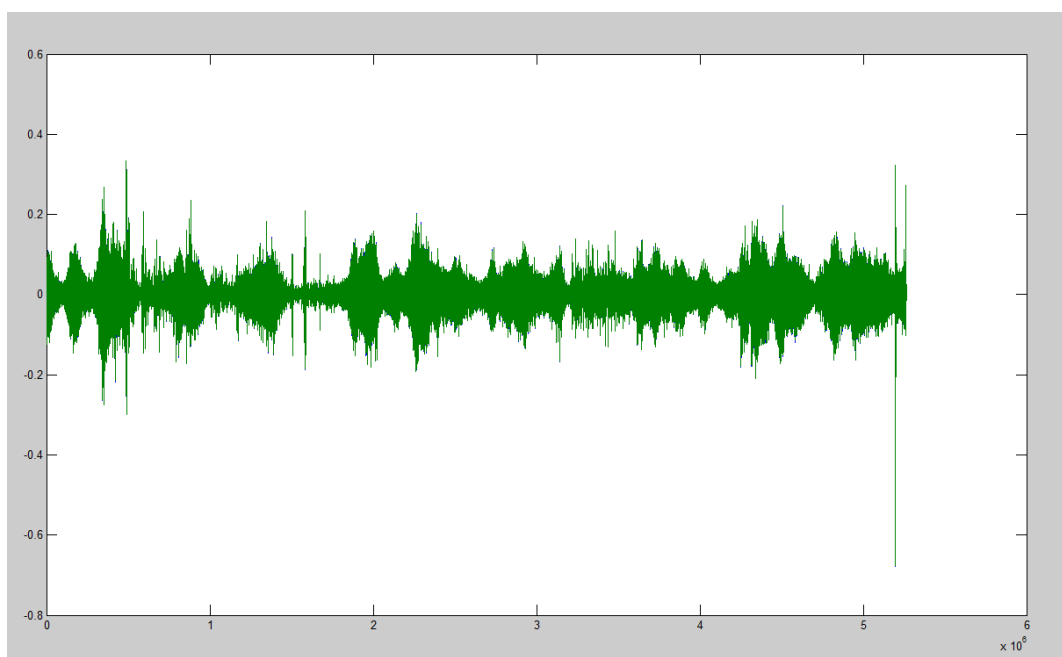


Рисунок 3.17 – Визуализация натурных исследований «линейного» микрофона № 2

Общее количество транспортных средств проехавших через контролируемое сечение дороги в течение 128 сек. составило 40 единиц.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

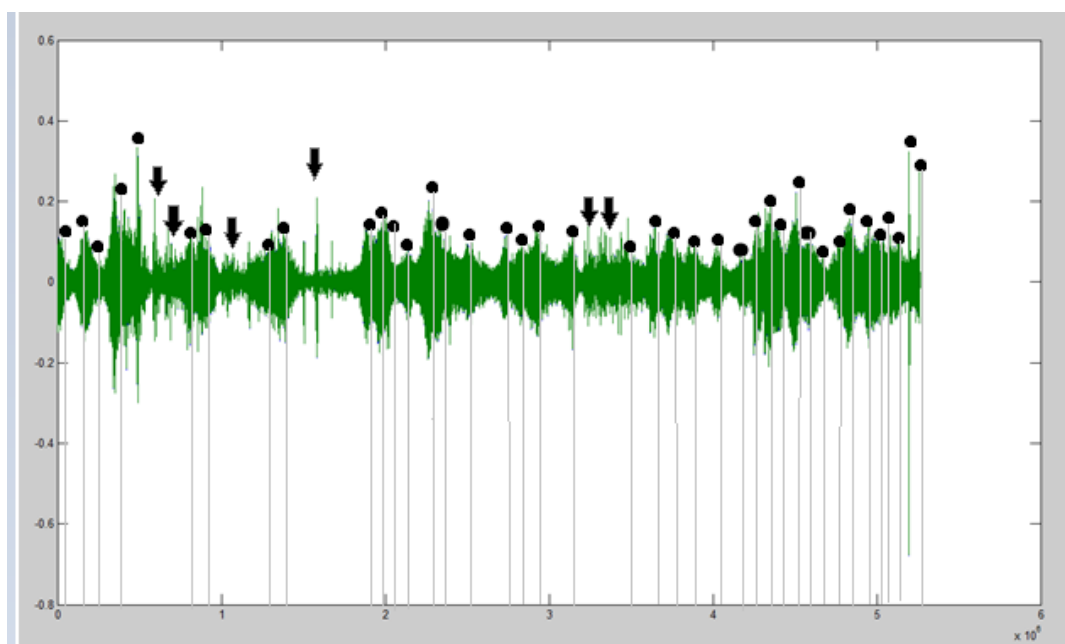


Рисунок 3.18 – Визуализация натурных исследований «линейного» микрофона № 2:

• - момент проезда транспортного средства;

↓ - наличие помех.

Визуализация натурных исследований «линейного» микрофона № 2 (рис. 3.18) показало наличие некоторых помех влияющих на точность определения транспортных средств вызванное, вероятно, влиянием ветровых возмущений.

3.6. Принципиальная и структурная схема пассивного акустического детектора транспорта

В ВКР от 2015 года Савенкова А.В. «Разработка детектора транспорта на основе фиксации интенсивности шума» разработана принципиальная схема пассивного акустического детектора транспорта, разработана программа для микроконтроллера (рис. 3.19).

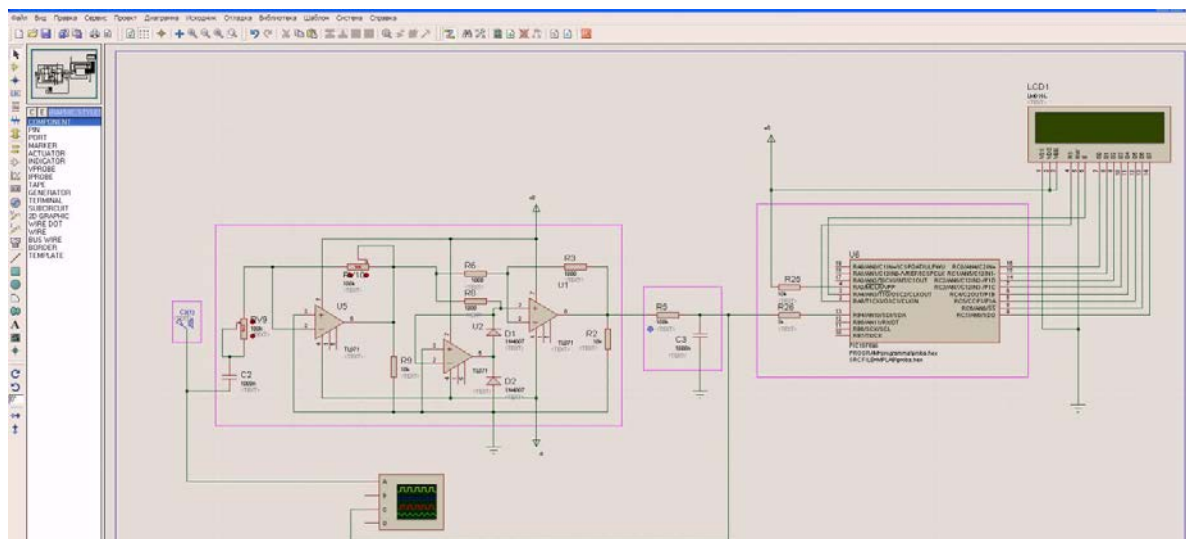


Рисунок 3.19 - Принципиальная схема пассивного акустического детектора транспорта

Сигнал с микрофона поступает на фильтр, который формирует огибающую сигнала, что позволяет учитывать любые изменения шума. Определение факта наличия автомобиля осуществляется за счет вычисления величины приращения функции.

Входным сигналом для модели является записанный на проезжей части аудио файл, на индикаторе в нижней строке выводится суммарное число автомобилей проехавших через контролируемое сечение дороги.

По результатам моделирования установлено, что при использовании микрофона «линейного» типа № 1 истинное число транспортных средств проехавших через контролируемое сечение дороги за исследуемый промежуток времени составляет 36 т/с, по результатам моделирования получено 49 т/с.

По результатам исследований установлено, что при использовании микрофона «линейного» типа № 2 истинное число транспортных средств проехавших через контролируемое сечение дороги за исследуемый промежуток времени составляет 40 т/с, по результатам моделирования получено 28 т/с.

Далее построены спектральные характеристики для отдельного диапазона записанного аудиофайла с использованием микрофона «линейного» типа № 1. Из графика (рис. 3.14) был вычленен промежуток времени с наличием сторонних помех.

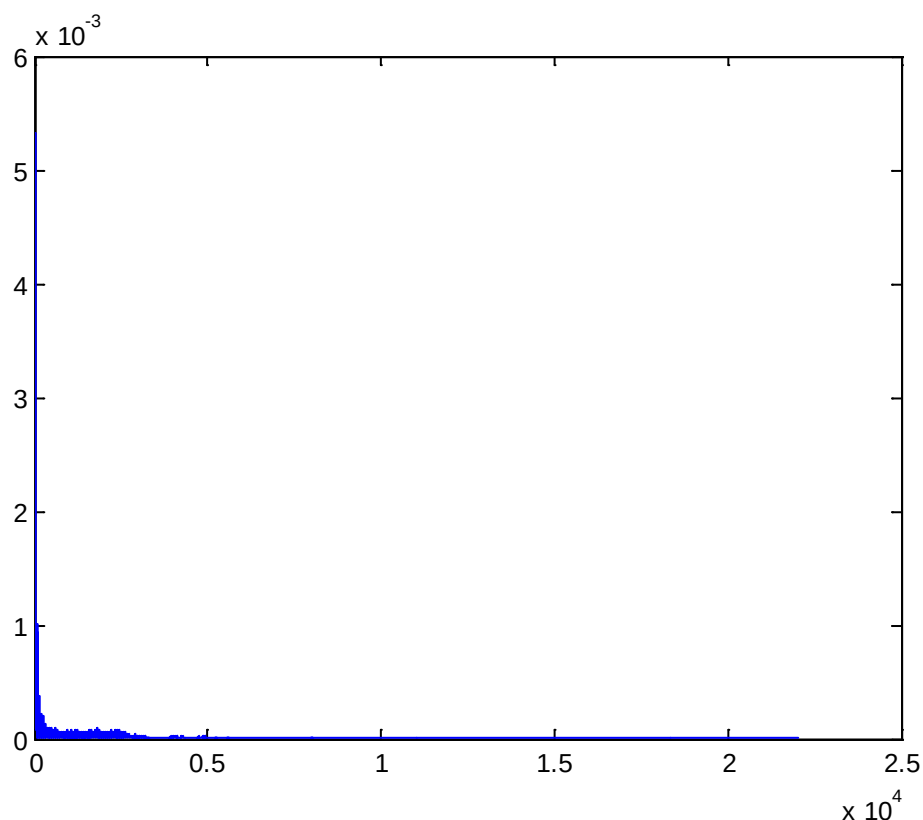


Рисунок 3.20 – Спектральная характеристика (отсчеты от 2150000 до 2350000) – промежуток времени с наличием сторонних помех

По результатам моделирования (рис. 3.20) установлено, что частота шума составляет менее 1 kHz.

Таким образом, установлено, что введение фильтра позволит избавиться от сторонних помех, которые были вызваны наличием звука закрытия двери рядом стоящего автомобиля.

На основании данных исследований предлагается структурная схема детектора транспорта, включающая в себя фильтр, позволяющий избавиться от сторонних помех.

Структурная схема прибора включает в себя: микрофон, усилитель, блок фильтров, микроконтроллер с выводом информации на индикатор или интерфейс ввода вывода (рис. 3.21).

Микрофон преобразует акустическое излучение, исходящее от автомобиля в аналоговый сигнал который усиливается, фильтруется и преобразуется микроконтроллером в цифровой код, с последующим выводом информации по проводному интерфейсу или на радио модем.



Рисунок 3.21 - Структурная схема пассивного акустического детектора контроля параметров транспортного потока

3.7. Выводы по главе

В главе проведены исследования возможности контроля акустических характеристик транспортного потока. По результатам исследований выявлена необходимость привлечения в состав детектора микрофона направленного типа с целью снижения влияния ветровых возмущений на точность определения транспортных средств.

Исследованы и разработаны три типа микрофонов с целью привлечения в состав детектора транспорта. Проведены натурные исследования микрофонов «линейного» типа № 1 и 2.

С целью минимизации погрешности планируется разработка опытного образца микрофона «линейного» типа № 1.

На основании данных исследований предложена структурная схема детектора транспорта, включающая в себя, кроме того, фильтр позволяющий избавиться от сторонних помех.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		82

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы является разработка и исследование пассивного акустического детектора транспорта на основе фиксации интенсивности шума для автоматизации определения интенсивности транспортного потока.

Для достижения поставленной цели в выпускной квалификационной работе поставлены и решены следующие задачи.

Проведение исследований акустических характеристик транспортного потока, исключение помех влияющих на работоспособность пассивного акустического детектора транспорта, разработка схемы пассивного акустического детектора транспорта.

Проведены исследования возможности применения функции FFT, при выявлении спектральной характеристики шума от транспортного потока.

Выявлено что, что спектральная характеристика сигнала совпадает с частотой записанного звука, что позволяет использовать данную функцию при натурных испытаниях транспортного потока.

С целью исключения помех влияющих на работоспособность пассивного акустического детектора транспорта и выявления параметров необходимого фильтра, построены спектральные характеристики воздушного шума исходящего от транспортного средства в момент его движения и в промежуток времени, приходящийся на момент отсутствия транспортного средства проезжающего через контролируемое сечение дороги.

По результатам исследований выявлено осуществленное отличие частотных характеристик в период отсутствия автомобиля проезжающего через контролируемое сечение дороги и в момент проезда транспортного средства через указанный участок.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Выявлено, что в момент прохождения транспортного средства через контролируемое сечение дороги, основной шум автомобиля приходится на частоты от 1 - 4 kHz. На частотах от 4 – 7 kHz присутствует второй всплеск, что вероятно связано с вкладом в общий шум звука исходящего во время ускорения от двигателя и выхлопной системы.

Результаты исследований позволяют разработать фильтр способствующий снижению погрешности при фиксировании проезда транспортного средства через контролируемое сечение дороги в случаях, когда шум находится в пределах от 1 до 7 kHz.

На улицах города Пенза проведён ряд экспериментов с записью акустических характеристик транспортного потока. При обработке полученных данных установлена возможность автоматизированного контроля интенсивности транспортного потока по параметрам его акустического профиля.

На основании исследований предложена структурная схема детектора транспорта, включающая в себя фильтр, позволяющий избавиться от сторонних помех.

По результатам ВКР опубликованы статьи:

1. Францев С.М., Савенков А.В. Определение интенсивности транспортного потока на основе фиксации уровня шума // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/51555> (дата обращения: 08.04.2015).

2. Францев С.М., Савенков А.В. Исследование шумовых характеристик транспортного потока на базе направленного микрофона типа “бегущая волна”. Инженерный вестник Дона, №2,ч.2 (2015). [Электронный ресурс] URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2956 (дата обращения: 08.04.2015). (входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук).

3. Францев С.М., Савенков А.В. Исследование звуковых характеристик транспортного потока в условиях ветровых возмущений. Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения [Текст]: материалы IX междунар. заочн. науч.-техн. конф. 15 апреля 2015 г., Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: эксплуатация и развитие автомобильного транспорта Пенза / [редкол.: Э.Р. Домке (отв. ред.) и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2015. С. 325-328.

4. Натурные исследования интенсивности транспортного потока на базе направленного микрофона типа “бегущая волна” / С. М. Францев, А. В. Савенков (научная статья) Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2016. – № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3813> (дата обращения 27.11.2016). (входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук).

5. Исследования шумовых характеристик транспортного потока на базе различных конструкций направленных микрофонов / С. М. Францев, А. В. Савенков (научная статья) Журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2016. – № 11 (67). URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/11/74283> (дата обращения: 04.12.2016).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учебник для вузов.— 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001 – 247 с.
2. Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.: ил.
3. Лазарев Ю.Ф. Начала программирования в среде MatLAB: Учебное пособие. - К.:НТУУ "КПИ", 2003. - 424 с.
4. Абалмазов, Э.И. Направленные микрофоны: мифы и реальность. URL: <http://vrtp.ru/index.php?act=categories&CODE=article&article=165> (дата обращения: 08.05.2015).
5. Акустика: Учебник для вузов / Ш.Я. Вахитов, Ю.А. Ковалгин, А.А. Фадеев, Ю.П. Щевьев; Под ред. профессора Ю.А. Ковалгина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009 – 660 с.
6. Измерения в промышленности: Справ. издание в 3-х кн. Кн.3. Способы измерения и аппаратура: Пер. с немецкого / Под редакцией Профоса П. - 2-е издание, переработанное и дополненное. - Москва: Металлургия, 1990.
7. Францев С.М., Савенков А.В. Определение интенсивности транспортного потока на основе фиксации уровня шума // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/51555> (дата обращения: 08.04.2015).
8. Францев С.М., Савенков А.В. Исследование шумовых характеристик транспортного потока на базе направленного микрофона типа “бегущая волна”. Инженерный вестник Дона, №2,ч.2 (2015). ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2956 (дата обращения: 08.05.2015).

9. Францев С.М., Савенков А.В. Исследование звуковых характеристик транспортного потока в условиях ветровых возмущений. Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения [Текст]: материалы IX междунар. заочн. науч.-техн. конф. 15 апреля 2015 г., Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: эксплуатация и развитие автомобильного транспорта Пенза / [редкол.: Э.Р. Домке (отв. ред.) и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2015. С. 325-328.

10. Matlab R 2007 с нуля / Brian R. Hunt [и др.]. – М. : Лучшие книги, 2008. – 352 с.

11. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко – СПб.: Питер, 2002. – 608с.

12. Захаров, Е. А. Экологические проблемы автомобильного транспорта: учеб. пособ. / Е. А. Захаров, С. Н. Шумский; ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – 107 с.

13. Тэйлор Р. Шум. – М.: Мир, 1978, 308 с.

14. Traffic Detector Handbook: Third Edition—Volume I, Turner-Fairbank Highway Research Center, 2006, 288 p.

15. Traffic Detector Handbook: Third Edition—Volume II, Turner-Fairbank Highway Research Center, 2006, 394 p.

16. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров./ Сост. Ю.А. Шпак – К.: «МК – Пресс», 2006 – 400 с.

17. MPLAB IDE Интегрированная среда разработки для микроконтроллеров PICmicro компании Microchip Technology Incorporated, М.: ООО Микрочип, 2001.

18. Яловой И. Особенности и рабочая среда HI-Tech PICC, М, 2003.

19. Программирование на Си для PIC. URL: http://labkit.ru/html/C_for_PIC. (дата обращения: 09.07.2014).

20. Моделирование работы микроконтроллеров в Proteus или как зашить ПИК в Протеусе. URL: <http://labkit.ru/html/tutorial?id=383> (дата обращения: 15.11.2013).

21. Германова Т.В., Перцева И.И., Саитова Л.С. ТРАНСПОРТНЫЙ ШУМ В ГОРОДЕ // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 6 . – С. 186-186. URL: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=9999783 (дата обращения: 08.06.2015).

22. Аналитический обзор детекторов транспорта. URL: <http://www.againc.net/ru/education/transport-engineering/10-detectors> (дата обращения: 08.06.2015).

23. <http://blablacode.ru/cifrovaya-obrabotka-signalov/375>.

24. Исследование работы направленных микрофонов типа «бегущая волна» и «линейного» типа / С. М. Францев, М. А. Коробов (научная статья) Журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2017. – № 1 (69). URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/76903> (дата обращения: 10.01.2017).

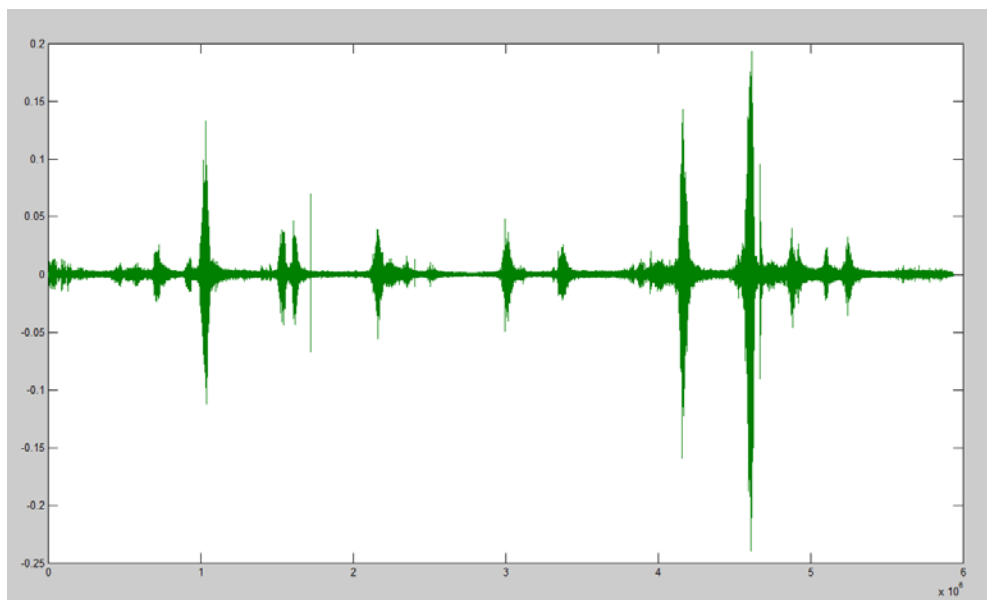
25. Обоснование концепции «источник-путь-получатель» для анализа структурной вибрации автомобиля / Ю.В. Шапкина, У.Ш. Вахидов, В.А. Шапкин.

26. Натурные исследования интенсивности транспортного потока на базе направленного микрофона типа “бегущая волна” / С. М. Францев, А. В. Савенков (научная статья) Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2016. – № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3813> (дата обращения 27.11.2016). (входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук).

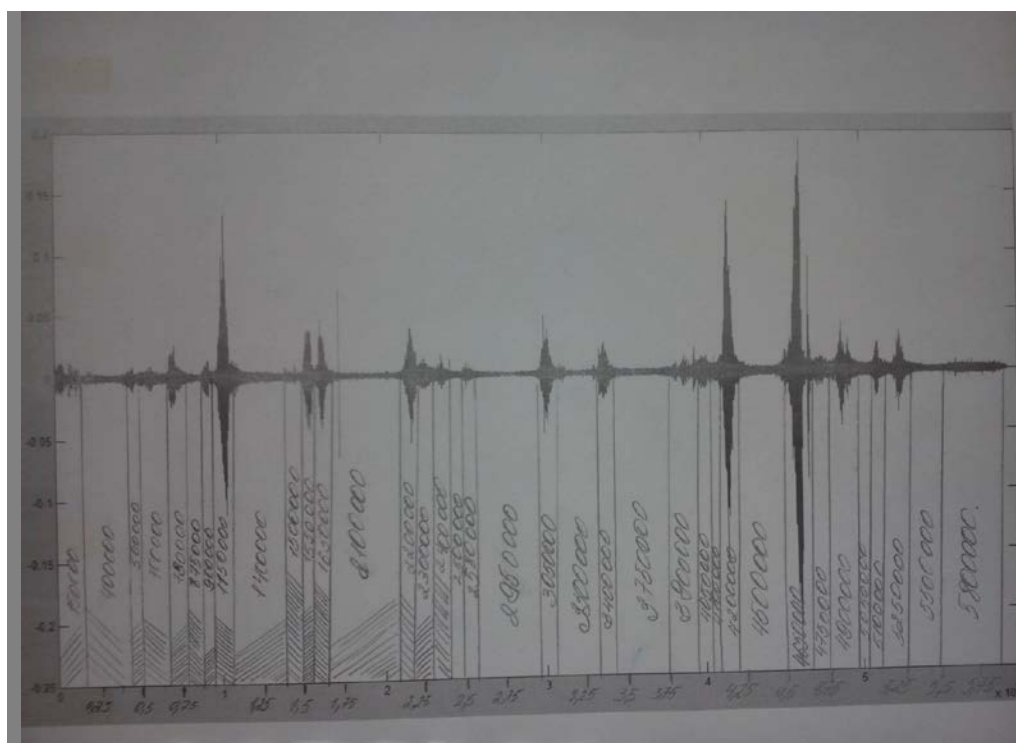
27. Исследования шумовых характеристик транспортного потока на базе различных конструкций направленных микрофонов / С. М. Францев, А. В. Савенков (научная статья) Журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2016. – № 11 (67). URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/11/74283> (дата обращения: 04.12.2016).

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

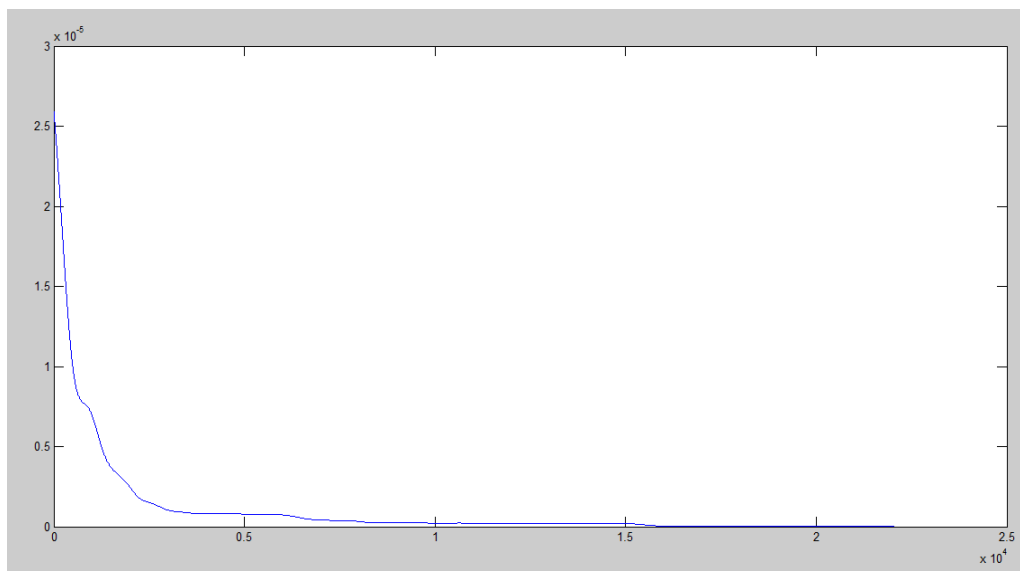
Результаты исследования спектральных характеристик



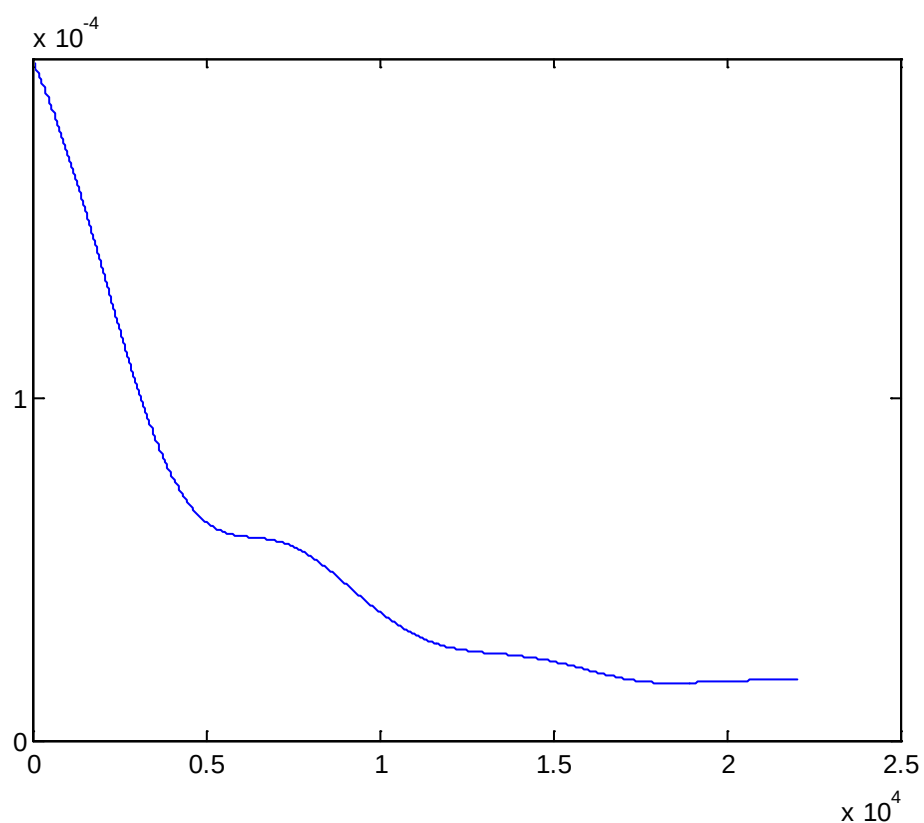
Визуализация записанных данных



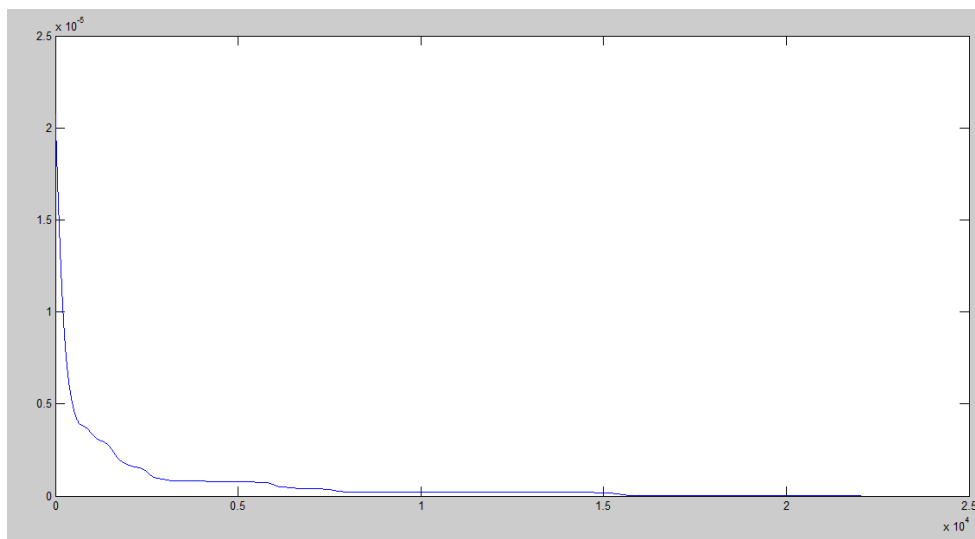
Визуализация записанных данных с отметками отсчетов по шкале x



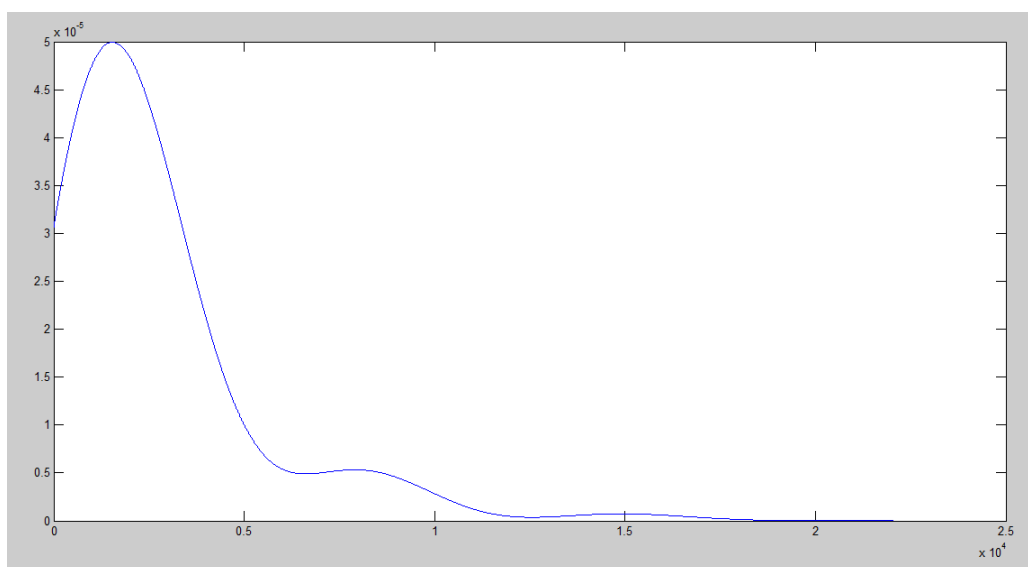
Спектральная характеристика (отсчеты от 150000 до 400000) – момент
 проезда легкового транспортного средства



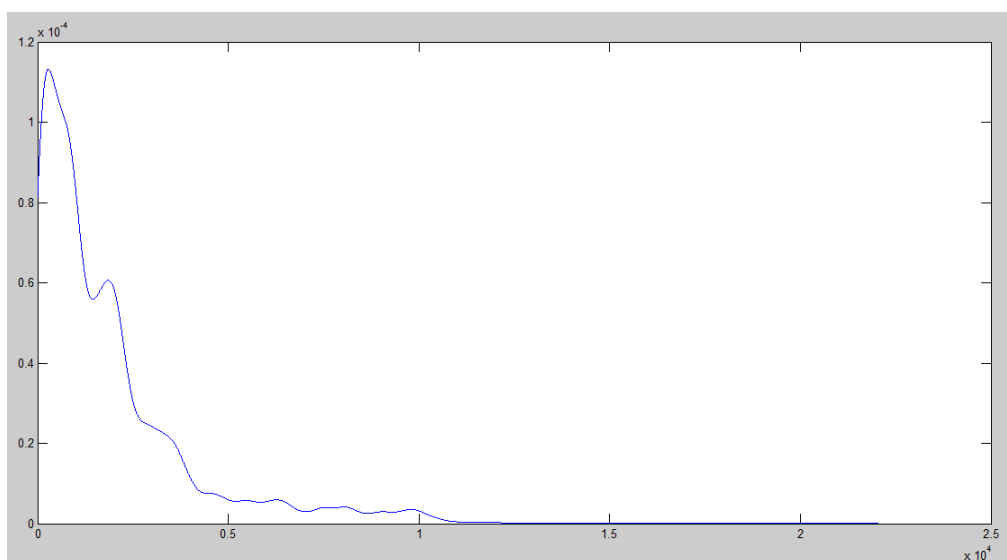
Спектральная характеристика (отсчеты от 150000 до 400000) – момент
 проезда легкового транспортного средств



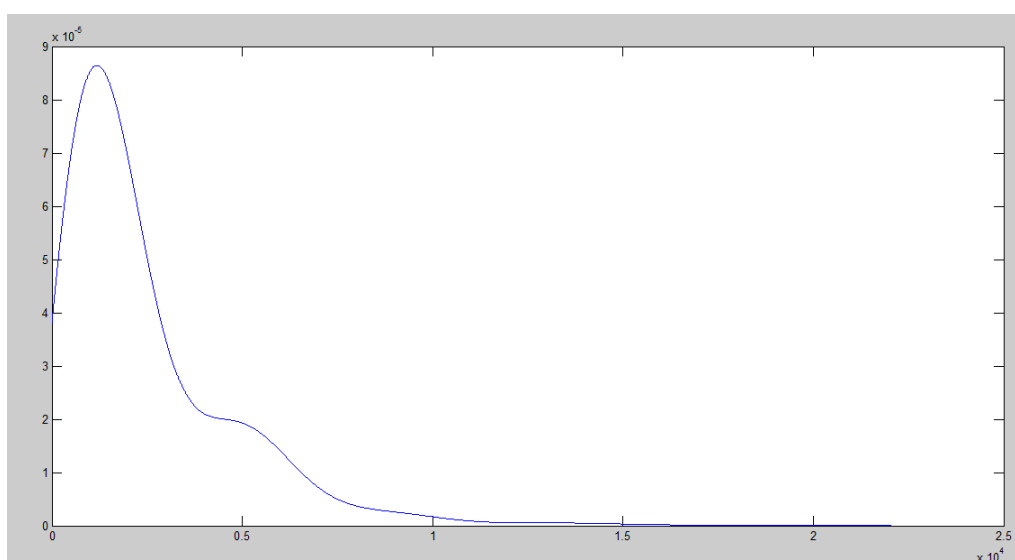
Спектральная характеристика (отсчеты от 2580000 до 2950000) –
отсутствие в зоне контроля транспортных средств



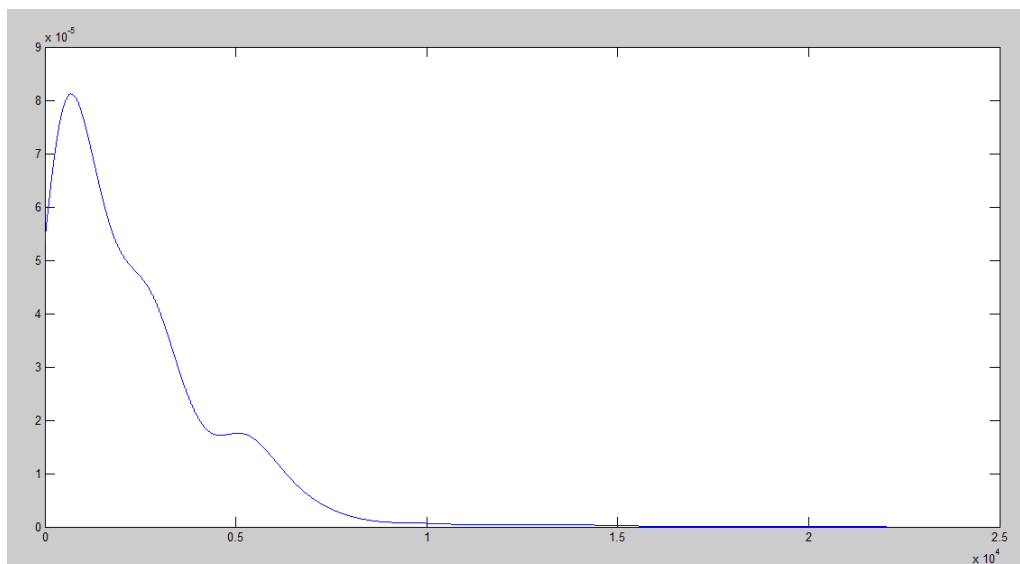
Спектральная характеристика (отсчеты от 700000 до 730000) – момент
проезда легкового транспортного средства



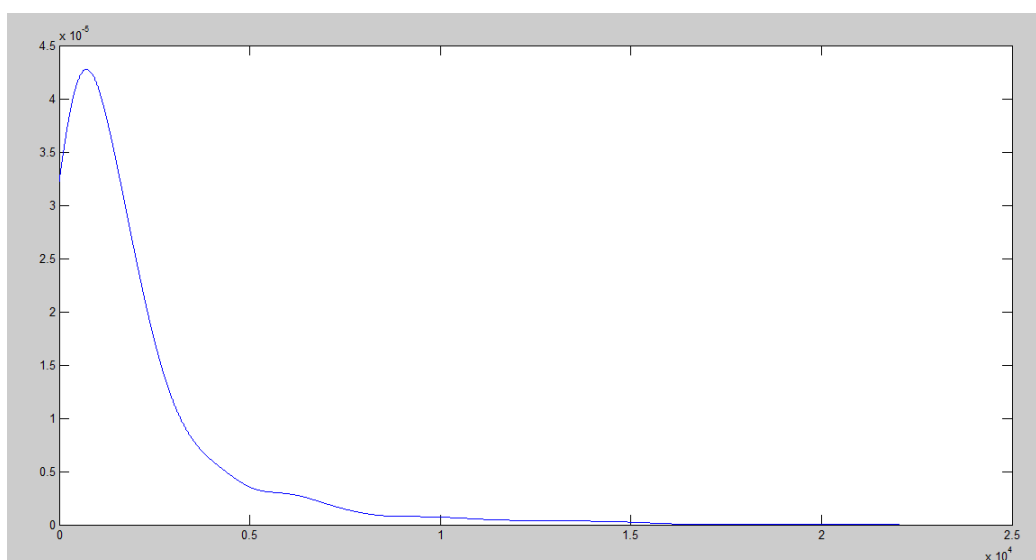
Спектральная характеристика (отсчеты от 900000 до 1150000) – момент
проезда легкового транспортного средства



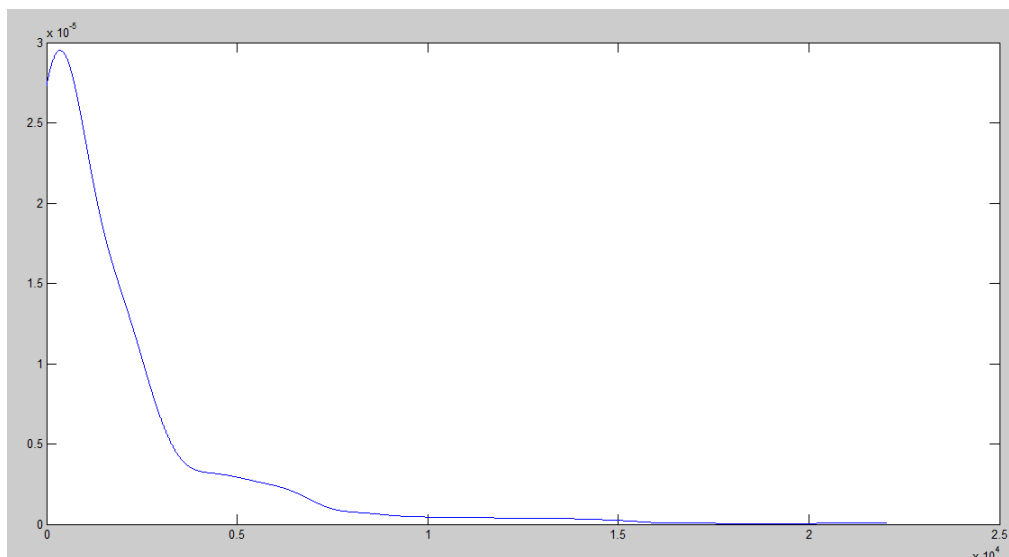
Спектральная характеристика (отсчеты от 1500000 до 1550000) –
момент проезда легкового транспортного средства



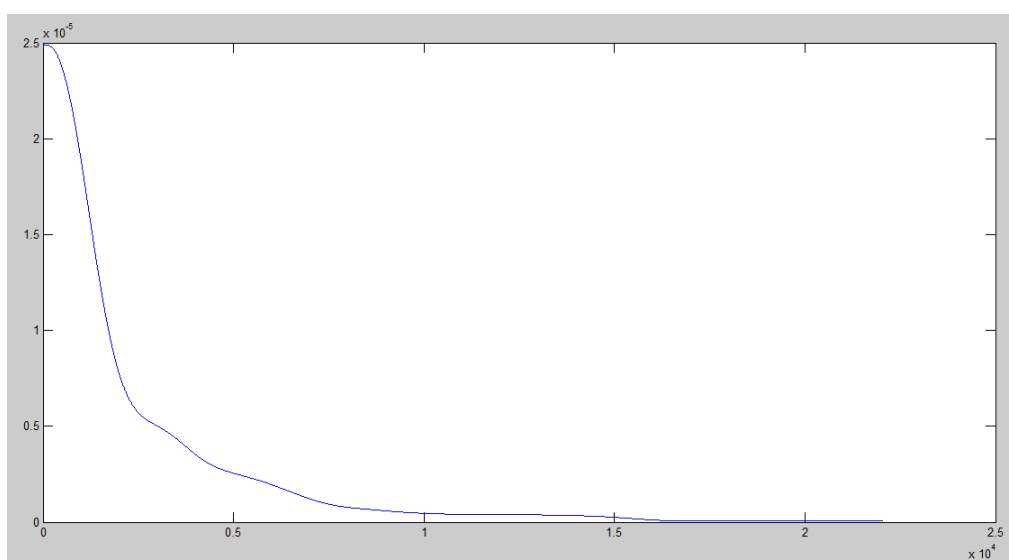
Спектральная характеристика (отсчеты от 1550000 до 1650000) –
момент проезда легкового транспортного средства



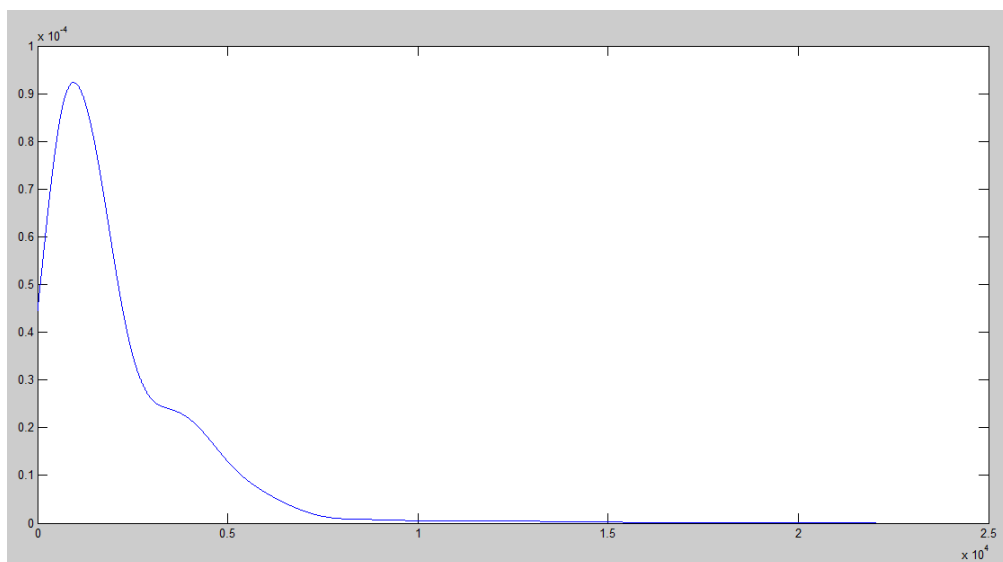
Спектральная характеристика (отсчеты от 2200000 до 2300000) –
момент проезда легкового транспортного средства



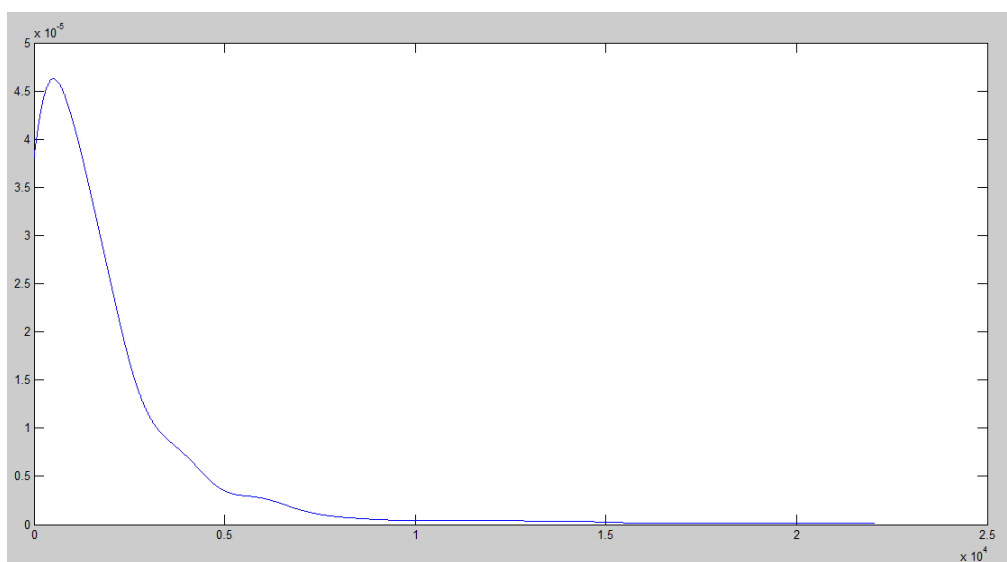
Спектральная характеристика (отсчеты от 2300000 до 2400000) –
момент проезда легкового транспортного средства



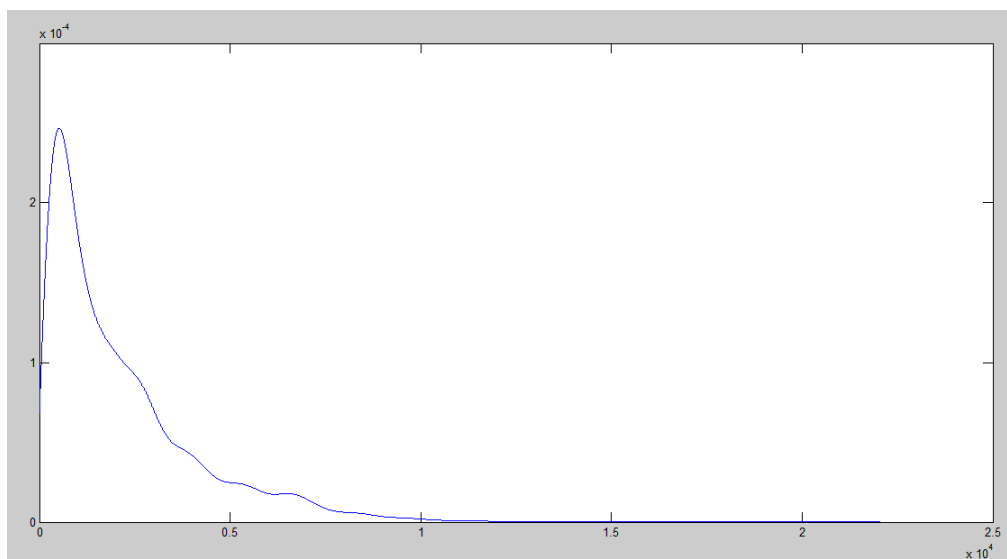
Спектральная характеристика (отсчеты от 2500000 до 2580000) –
момент проезда легкового транспортного средства



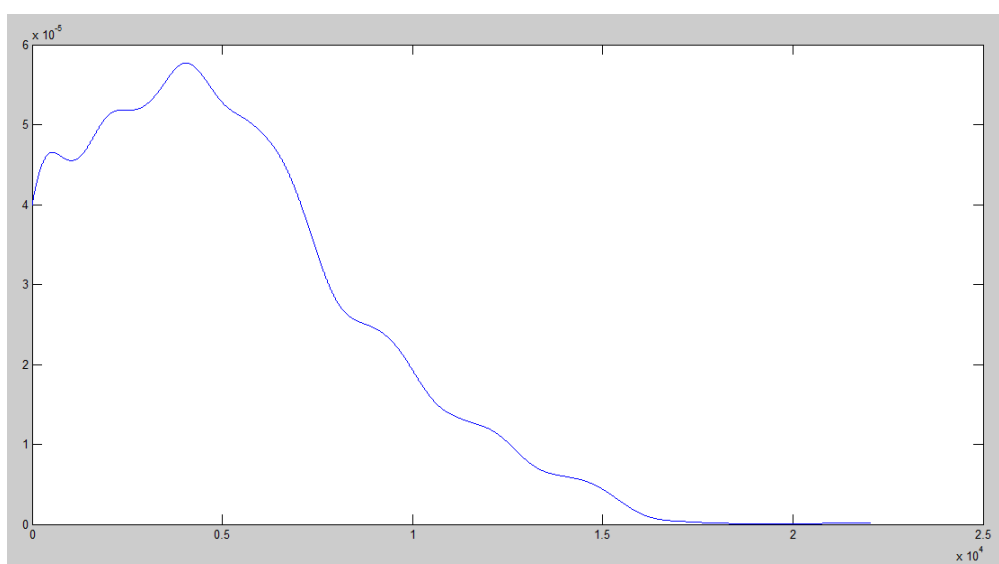
Спектральная характеристика (отсчеты от 2950000 до 3050000) –
момент проезда легкового транспортного средства



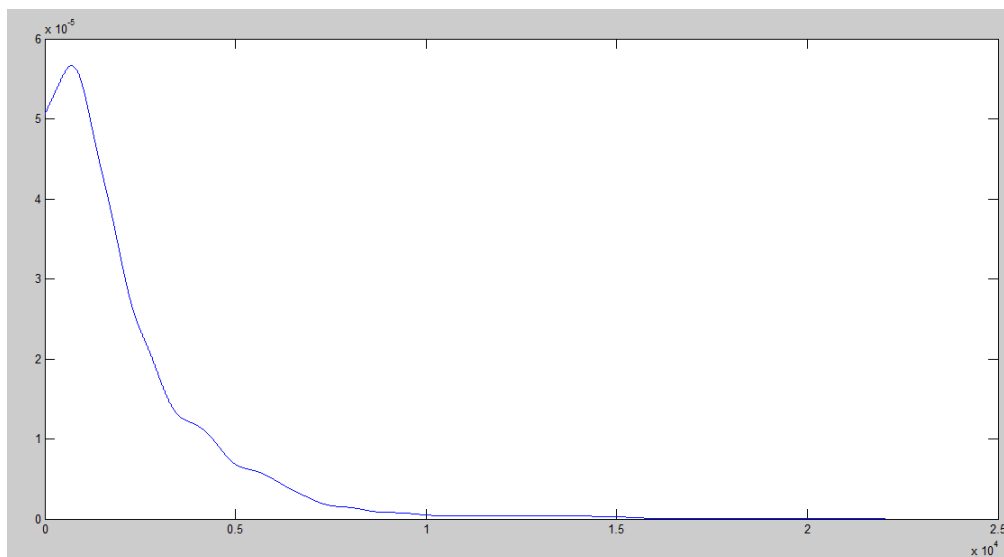
Спектральная характеристика (отсчеты от 3300000 до 3400000) –
момент проезда легкового транспортного средства



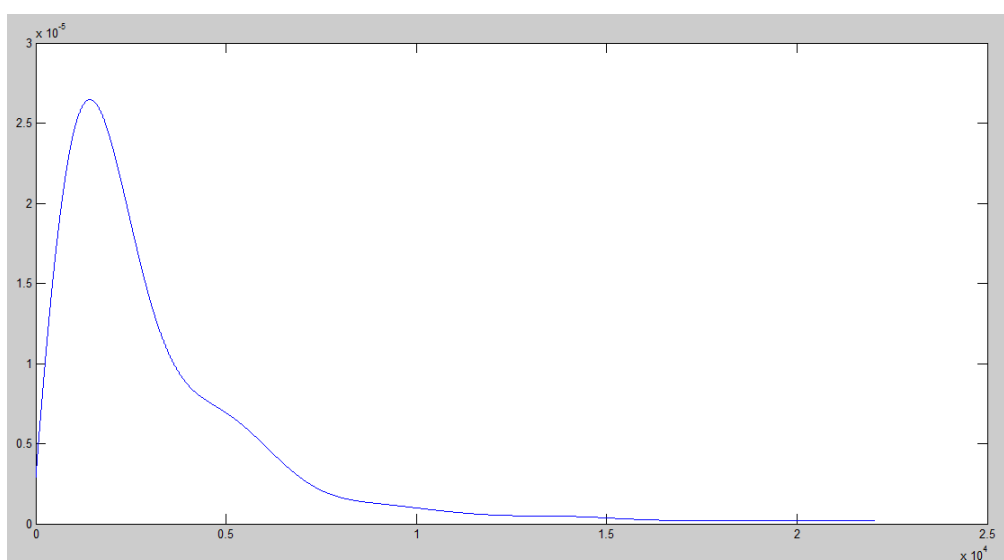
Спектральная характеристика (отсчеты от 4500000 до 4650000) –
момент проезда автобуса среднего класса



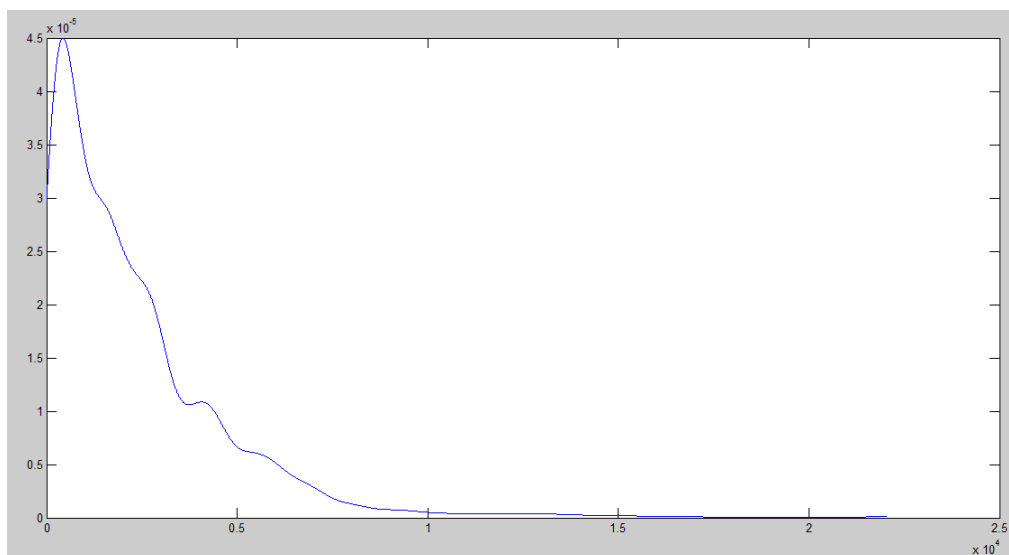
Спектральная характеристика (отсчеты от 4650000 до 4750000) –
момент проезда легкового транспортного средства



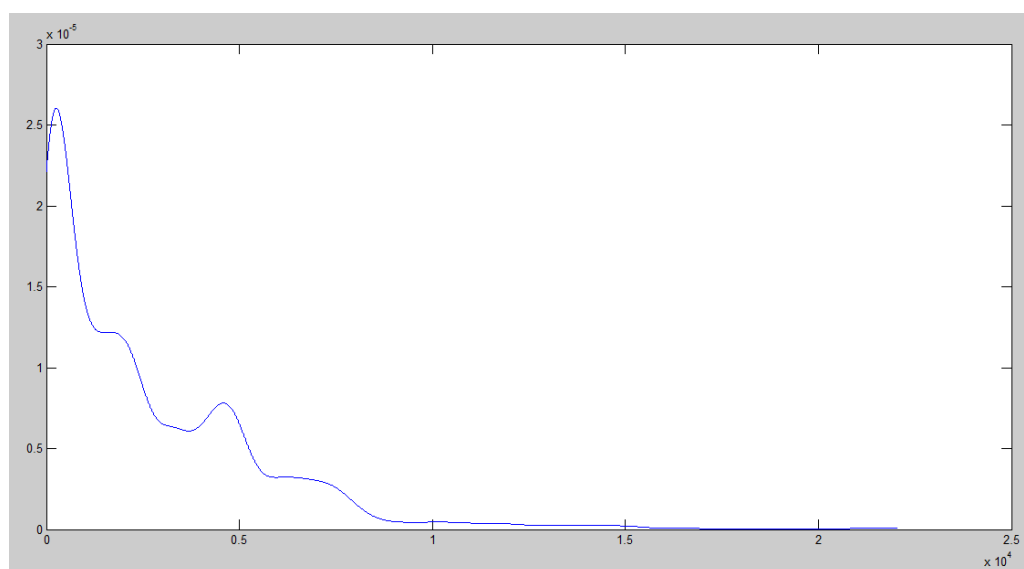
Спектральная характеристика (отсчеты от 4750000 до 4900000) –
момент проезда легкового транспортного средства



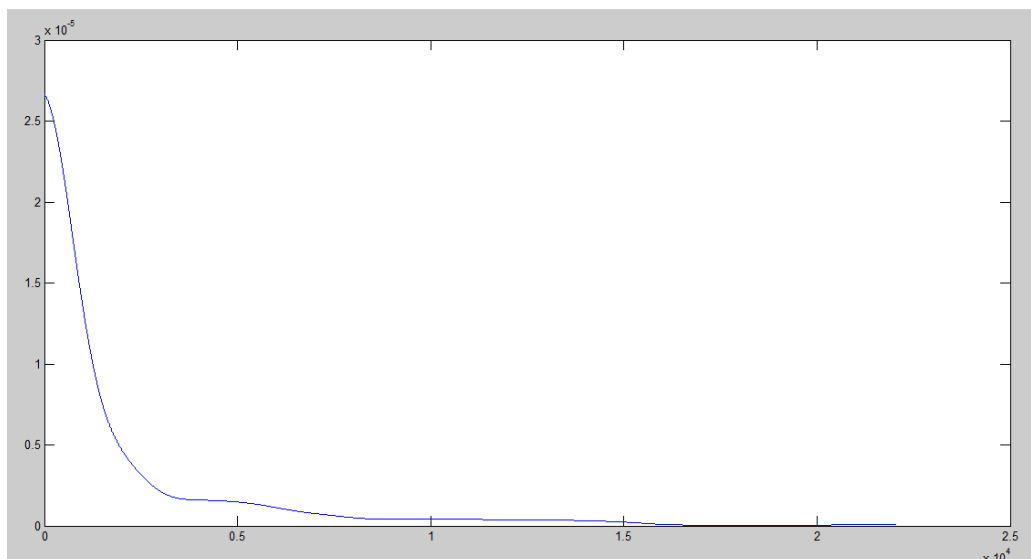
Спектральная характеристика (отсчеты от 50500000 до 5100000) –
момент проезда легкового транспортного средства



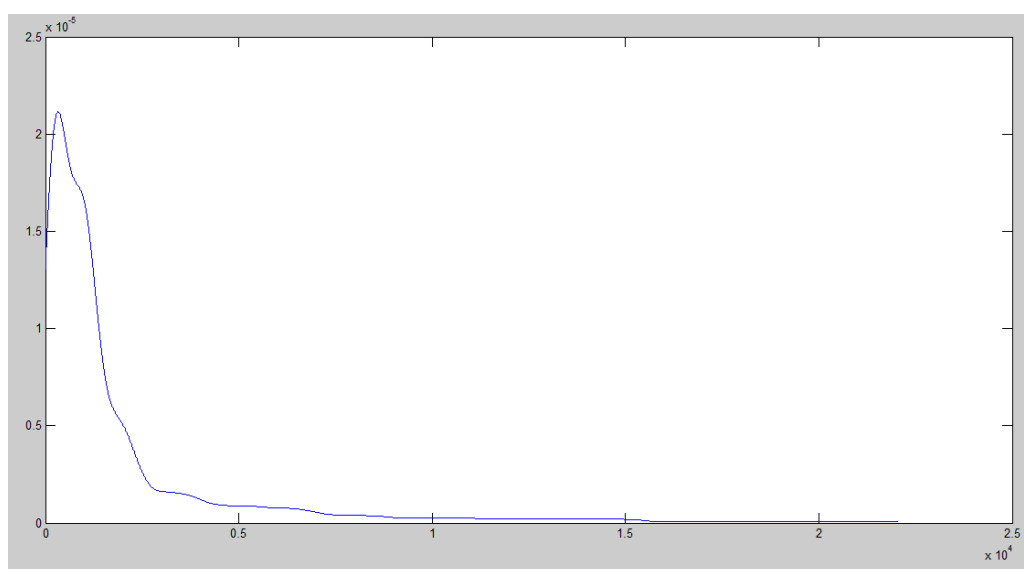
Спектральная характеристика (отсчеты от 5100000 до 5250000) –
момент проезда легкового транспортного средства



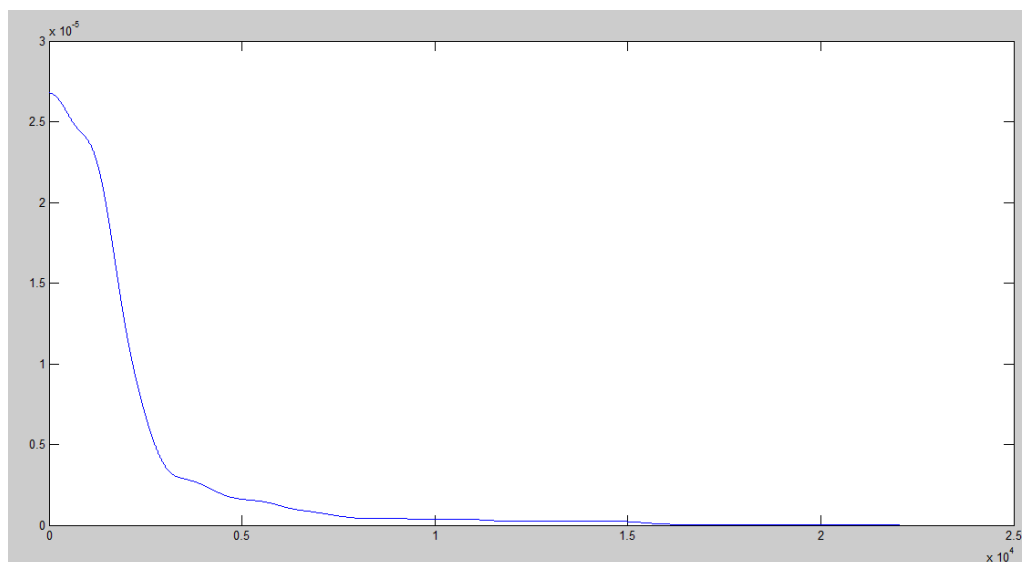
Спектральная характеристика (отсчеты от 1 до 150000) –отсутствие в
зоне контроля транспортных средств



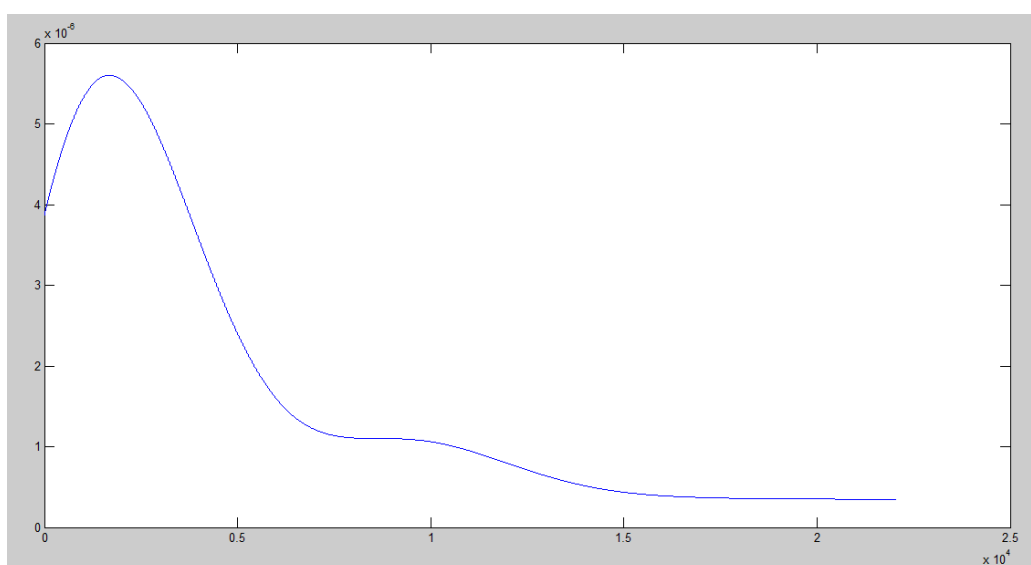
Спектральная характеристика (отсчеты от 400000 до 500000) –
отсутствие в зоне контроля транспортных средств



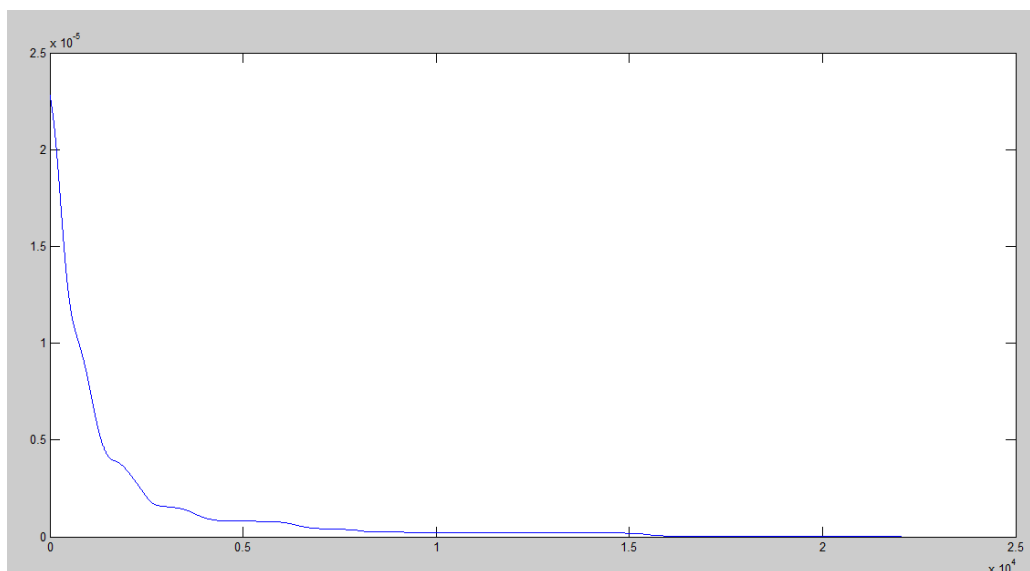
Спектральная характеристика (отсчеты от 500000 до 700000) –
отсутствие в зоне контроля транспортных средств



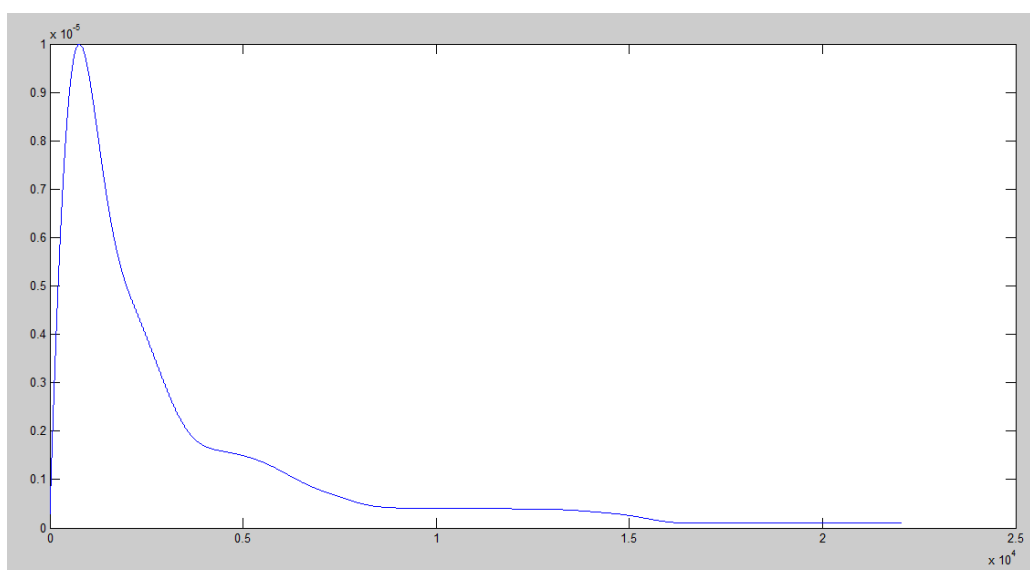
Спектральная характеристика (отсчеты от 730000 до 875000) –
отсутствие в зоне контроля транспортных средств



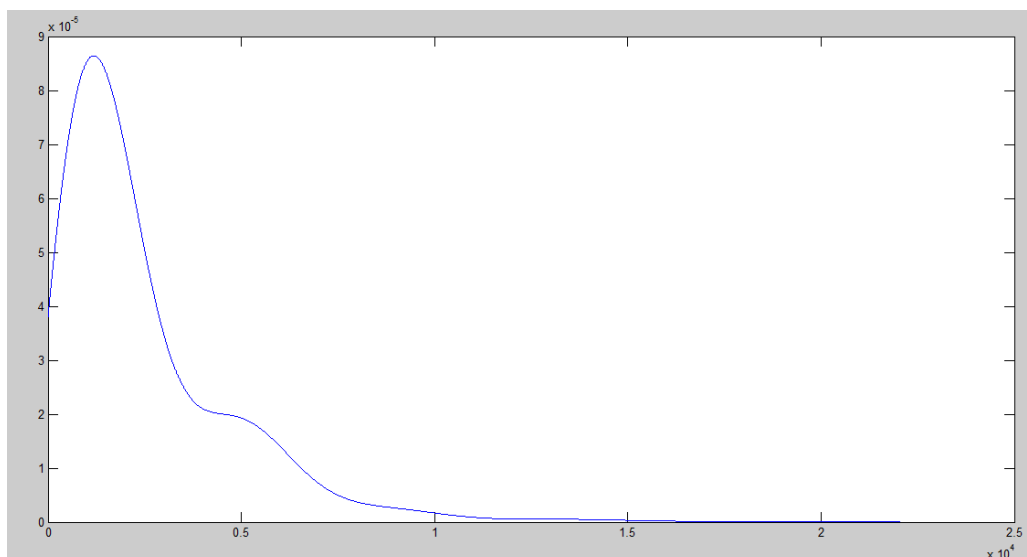
Спектральная характеристика (отсчеты от 875000 до 900000) –
отсутствие в зоне контроля транспортных средств



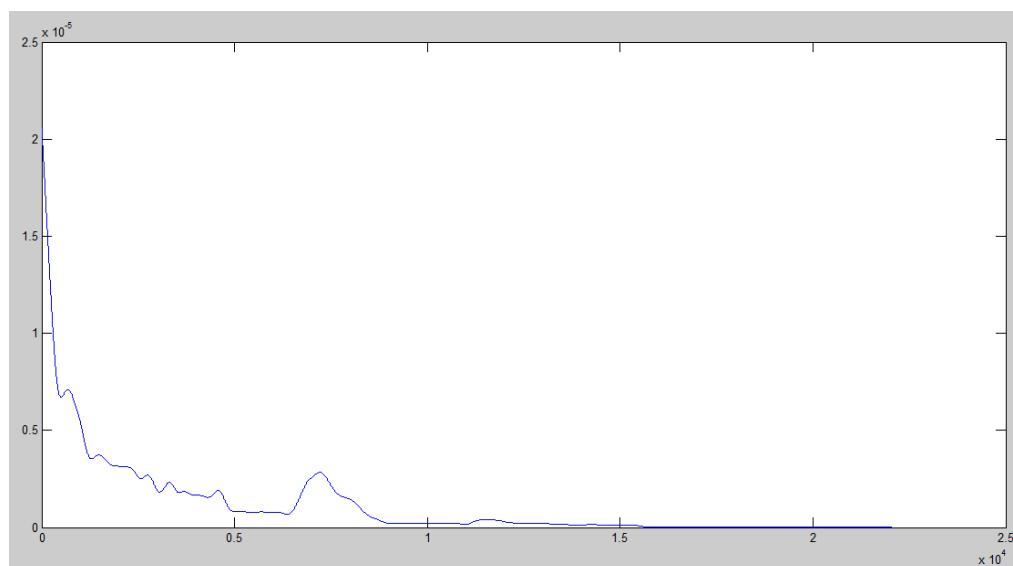
Спектральная характеристика (отсчеты от 1150000 до 1400000) –
отсутствие в зоне контроля транспортных средств



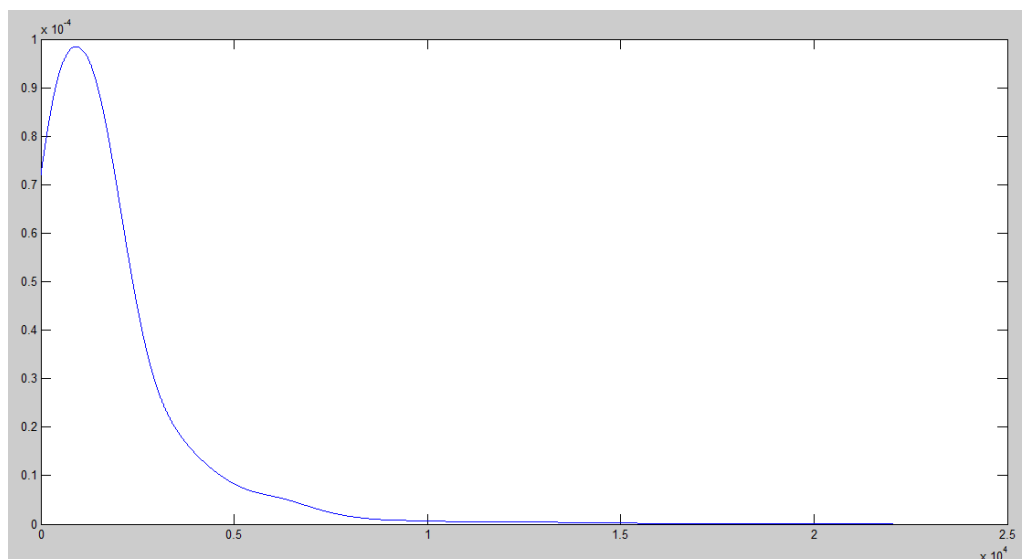
Спектральная характеристика (отсчеты от 1400000 до 1500000) –
отсутствие в зоне контроля транспортных средств



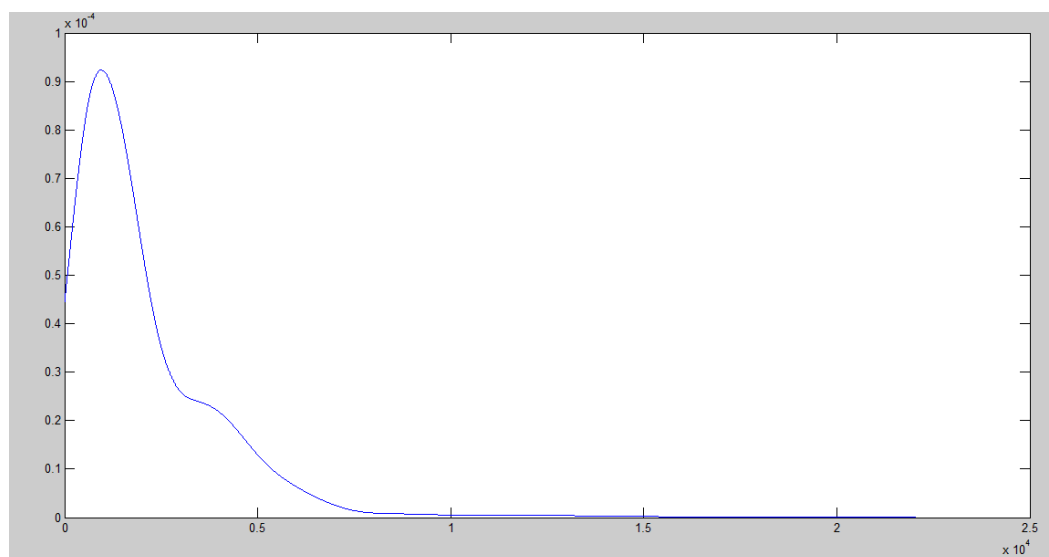
Спектральная характеристика (отсчеты от 1500000 до 1550000) – момент
проезда легкового транспортного средства



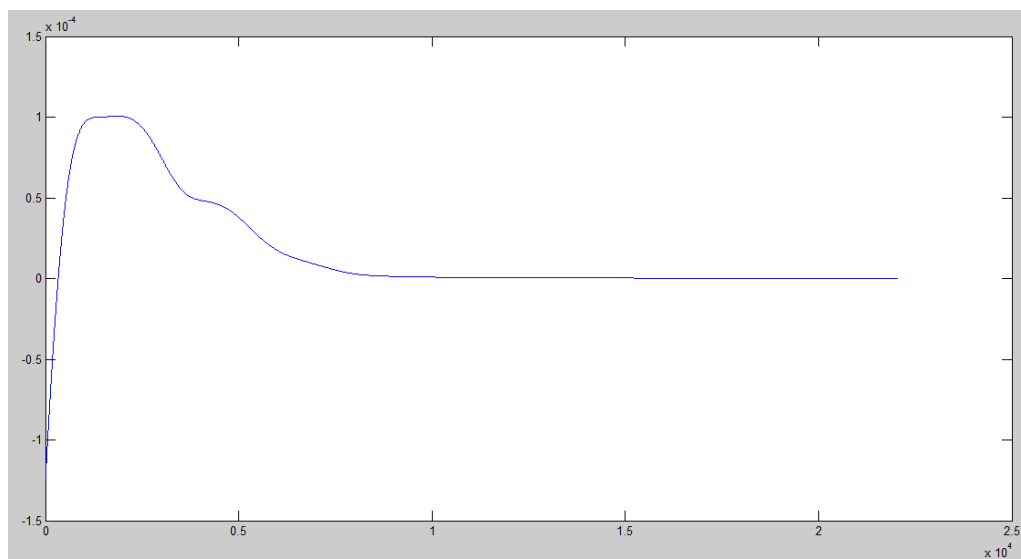
Спектральная характеристика (отсчеты от 1650000 до 2100000) –
отсутствие в зоне контроля транспортных средств



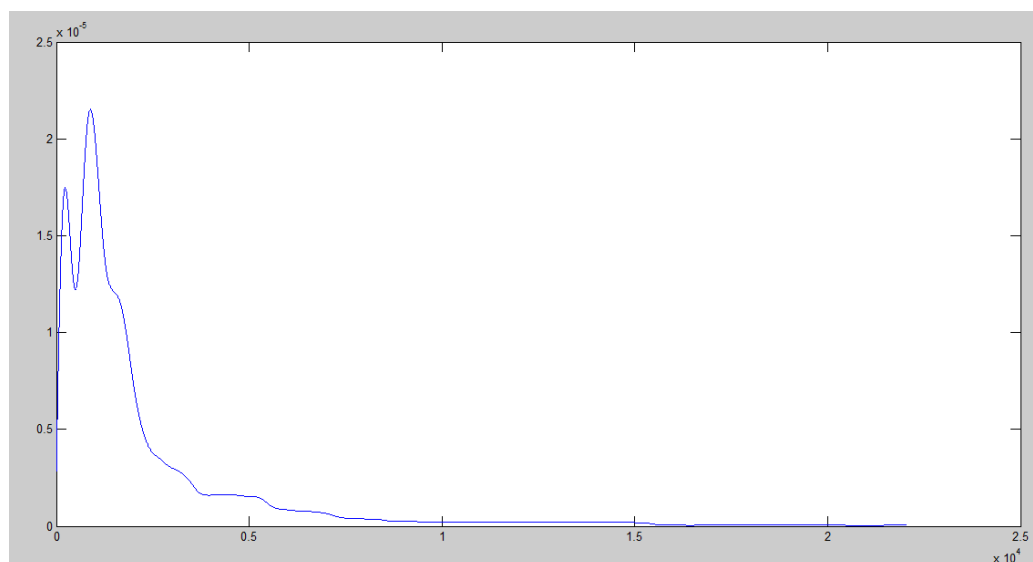
Спектральная характеристика (отсчеты от 2100000 до 2200000) – момент
проезда легкового транспортного средства



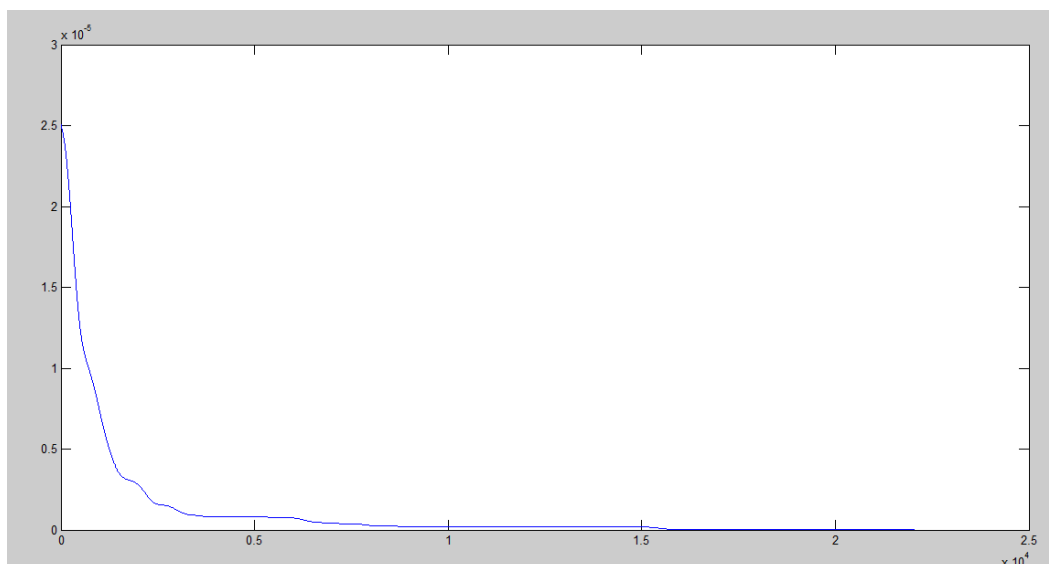
Спектральная характеристика (отсчеты от 2950000 до 3050000) – момент
проезда легкового транспортного средства



Спектральная характеристика (отсчеты от 4100000 до 4200000) – момент проезда грузового транспортного средства



Спектральная характеристика (отсчеты от 4200000 до 4500000) – отсутствие в зоне контроля транспортных средств



Спектральная характеристика (отсчеты от 5500000 до 5800000) –
отсутствие в зоне контроля транспортных средств

Способы получения данных об интенсивности транспортного потока

Технология	Преимущества	Недостатки
Индуктивная петля	Пассивное детектирование Низкая стоимость	Высокая вероятность повреждения. Необходимость перекрытия движения транспорта на время укладки детекторов в дорожное полотно.
Пассивная инфракрасная	Пассивное детектирование	Работа датчиков ухудшается при дожде и снегопаде.
Активная инфракрасная	Устойчивость к воздействию окружающей среды	Активное детектирование Ограничение погодных условий обычно подобно человеческому глазу
Радар	Тяжелые климатические условия не влияют на работу детектора	Активное детектирование Плохо работает на перекрестках при подсчете объема транспортного потока
Ультразвуковая	Одновременно обслуживает несколько полос движения	Активное детектирование Работа ухудшается при сильных колебаниях температуры и турбулентности потока воздуха Классификация базируется на исследовании высоты объекта, а не длины
Видео	Пассивное детектирование Одновременно обслуживает несколько зон и несколько полос движения Простота перенастройки детектируемых зон Возможность сбора больших массивов данных	Высокая стоимость. Воздействие тяжелых климатических условий, тени, обледенение. Большие объекты наблюдения могут загораживать маленькие
Пассивная акустическая	Пассивное детектирование Низкая стоимость	Ухудшается работа в условиях посторонних звуковых помех

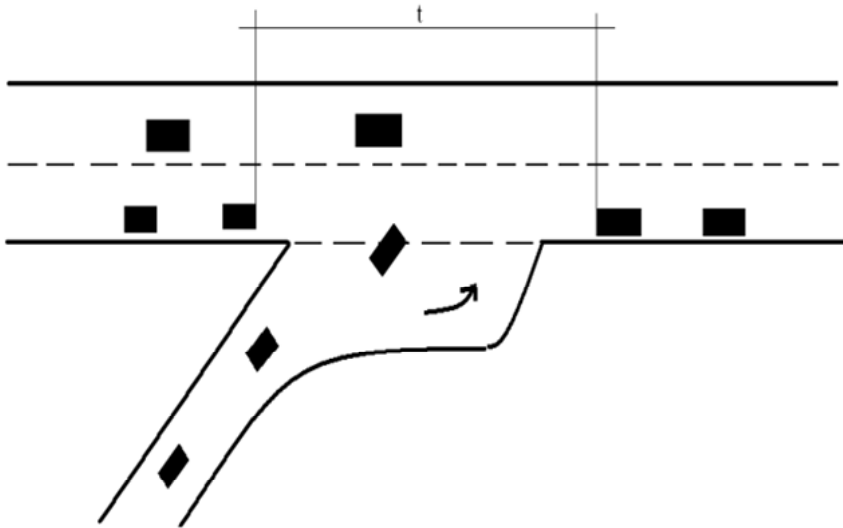
					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17							
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Способы получения данных об интенсивности транспортного потока			Литер		Лист	Листов	
Зав.каф.	Ильина И.Е.							В	К	Р	1	18
Руковод.	Францев С.М.											
Консульт.	Францев С.М.							ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Консульт.												
Н.контр	Ильина И.Е.											
Студент	Савенков А.В.											

Сферы применения

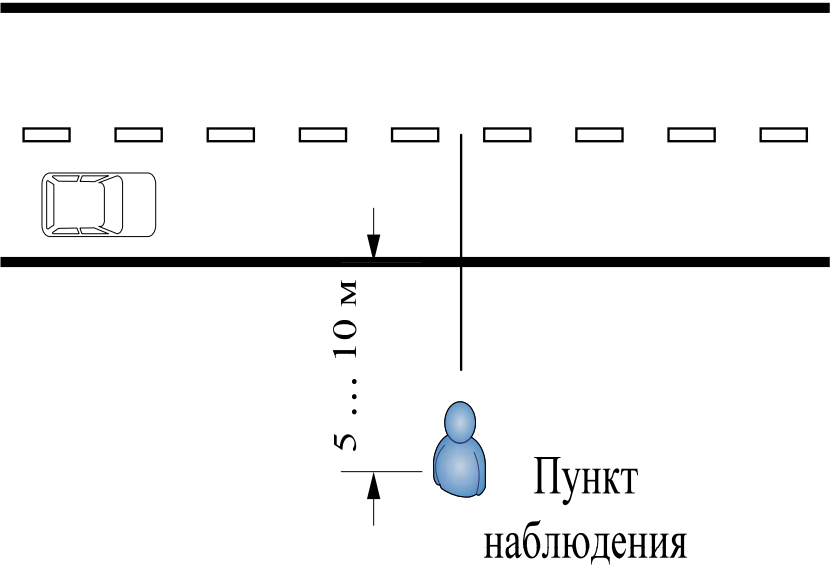


Дорожный контроллер

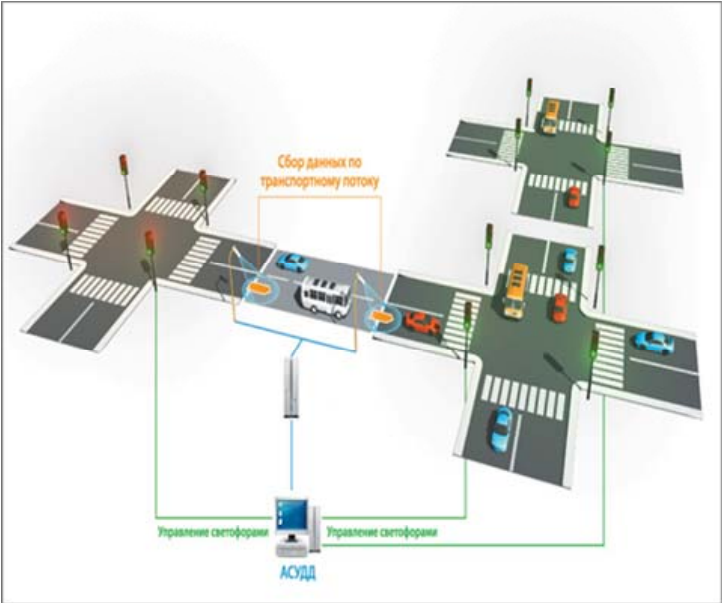
Алгоритм поиска разрыва в потоке



Применение данных об интенсивности транспортного потока



Натурные исследования интенсивности



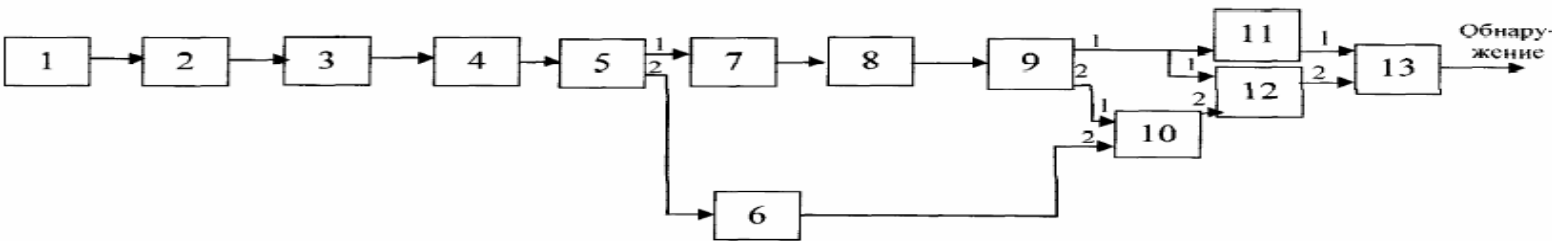
АСУД

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17			
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сферы применения	Литер	Лист	Листов
Зав.каф.	Ильина И.Е.					В	К	Р
Руковод.	Францев С.М.						2	18
Консульт.	Францев С.М.							
Консульт.								
Н.контр	Ильина И.Е.				ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м			
Студент	Савенков А.В.							

Результаты патентных исследований пассивных акустических детекторов транспорта

Патент на изобретение РФ № 2509372.

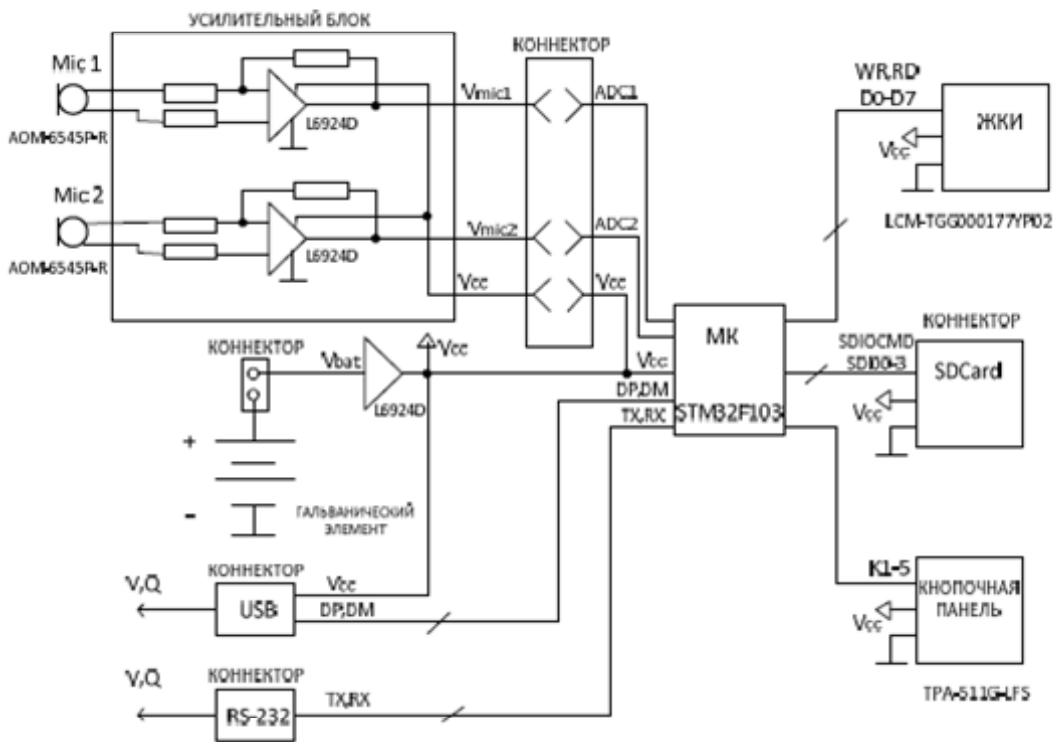
Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия



Блок-схема устройства для обнаружения движущихся наземных транспортных средств: 1 - микрофон; 2 - предварительный усилитель; 3 - аналого-цифровой преобразователь; 4 - формирователь временного окна; 5 - фильтр верхних частот; 6 - блок оценки изменения уровня сигнала внутри временного окна; 7 - блок спектрального представления сигнала; 8 - блок нахождения максимумов; 9 - блок частотной коррекции; 10 - блок вычисления второго порога; 11 - первое пороговое устройство; 12 - второе пороговое устройство; 13 - схема «И»

Недостатки:

- Сложная реализация устройства требующая наличие специализированных микросхем.
- Введение адаптивный порога необходимого для определения интенсивности транспортных средств требует больших вычислительных мощностей.



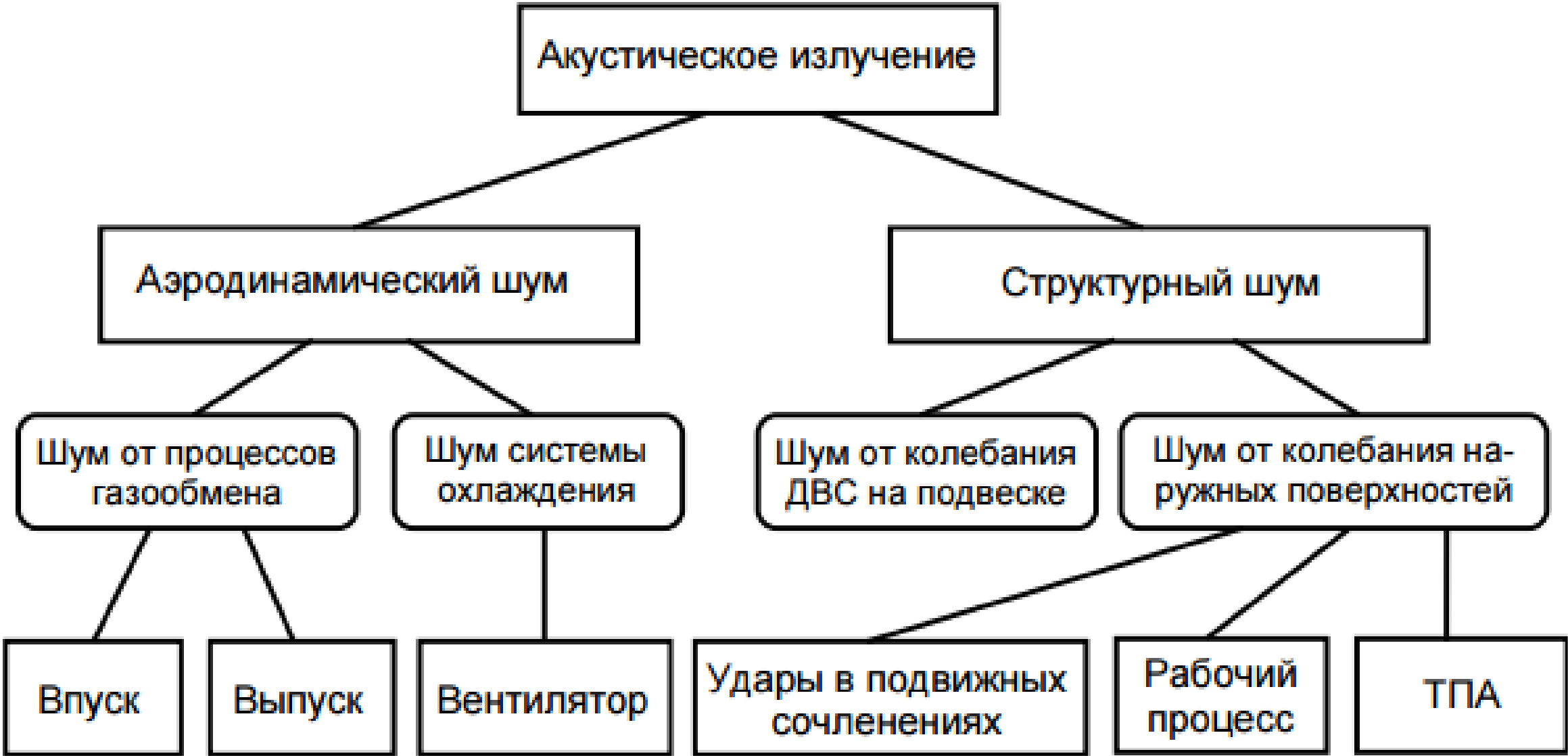
Функциональная схема синхронного устройства фиксации стереоакустического сигнала

Недостатки:

- Определение интенсивности проводится на всех полосах движения, что обуславливает высокую погрешность и зависимость её величины от числа полос и интенсивности движения.

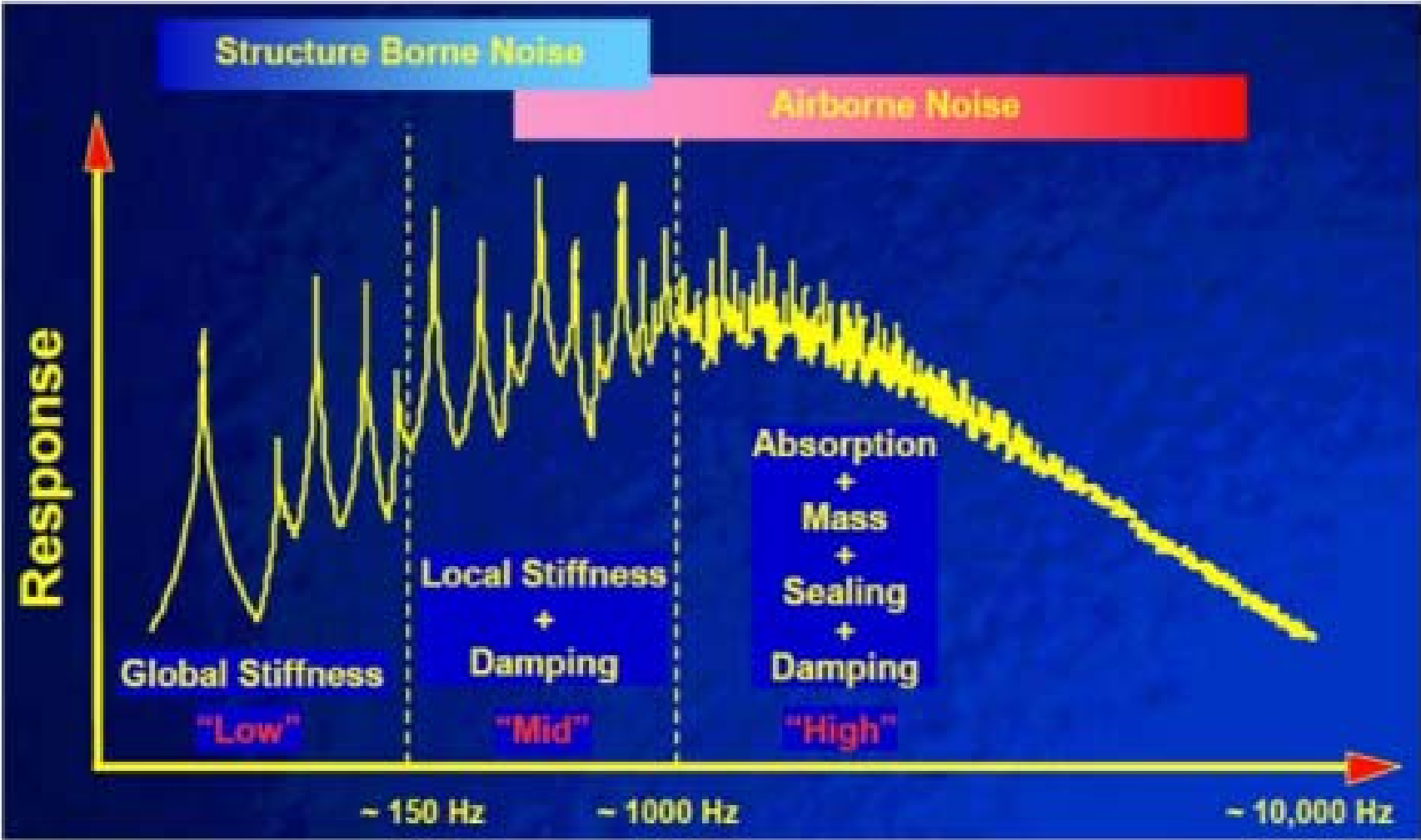
					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17				
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Результаты патентных исследований пассивных акустических детекторов транспорта	Литер	Лист	Листов	
Зав.каф.	Ильина И.Е.					В	К	Р	
Руковод.	Францев С.М.						3	18	
Консульт.	Францев С.М.								
Консульт.									
Н.контр	Ильина И.Е.				ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Студент	Савенков А.В.								

Классификация источников шума ДВС



					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17			
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Классификация источников шума ДВС	Литер	Лист	Листов
Зав.каф.	Ильина И.Е.					В	К	Р
Руковод.	Францев С.М.						4	18
Консульт.	Францев С.М.							
Консульт.								
Н.контр	Ильина И.Е.				ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м			
Студент	Савенков А.В.							

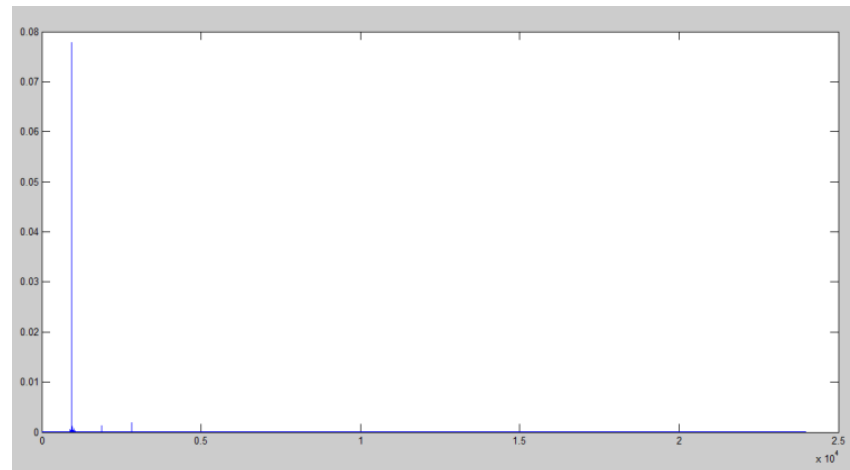
Частотные характеристики шума от автомобилей



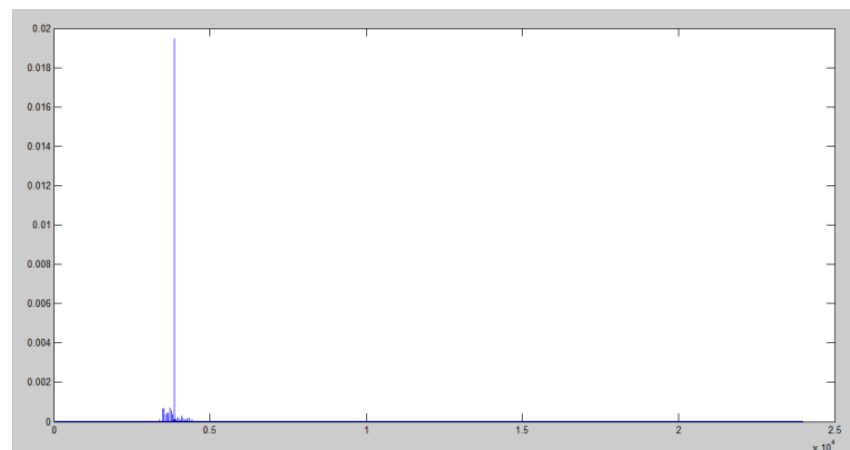
Описание	Способ передачи	Частотный диапазон
Низкочастотные	Производимые структурой (Structure-Born)	0-150 Гц
Среднечастотные	Порождаемые структурой и воздухом (Structure and Air born)	150-1000 Гц
Высокочастотные	Порождаемые воздухом (Air born)	Более 1000 Гц

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17							
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Частотные характеристики шума от автомобилей			Литер		Лист	Листов	
Зав.каф.	Ильина И.Е.							В	К	Р	5	18
Руковод.	Францев С.М.											
Консульт.	Францев С.М.											
Консульт.								ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Н.контр	Ильина И.Е.											
Студент	Савенков А.В.											

Анализ работоспособности алгоритма построения спектральных характеристик



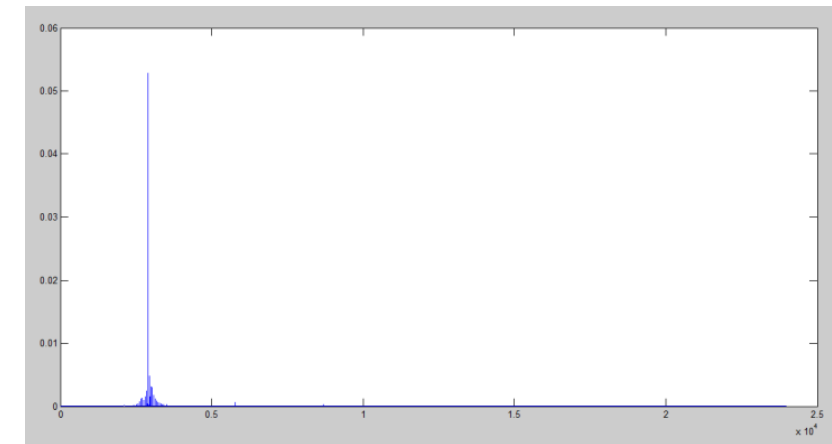
Исследуемый сигнал с частотой 1 кГц



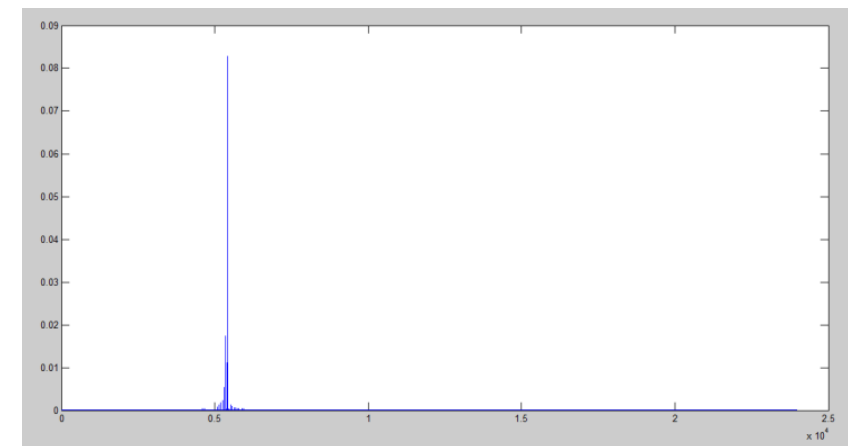
Исследуемый сигнал с частотой 4 кГц

```
clear all;  
[S,Fs]=wavread ();  
T = 1/Fs;  
L = 4194304;  
Y = fft(S);  
P2 = abs(Y/L);  
P1 = P2(1:L/2+1);  
P1(2:end-1)=  
2*P1(2:end-1);  
f= Fs*(0:(L/2))/L;  
plot(f,P1)
```

Алгоритм,
реализованный в
Матлаб



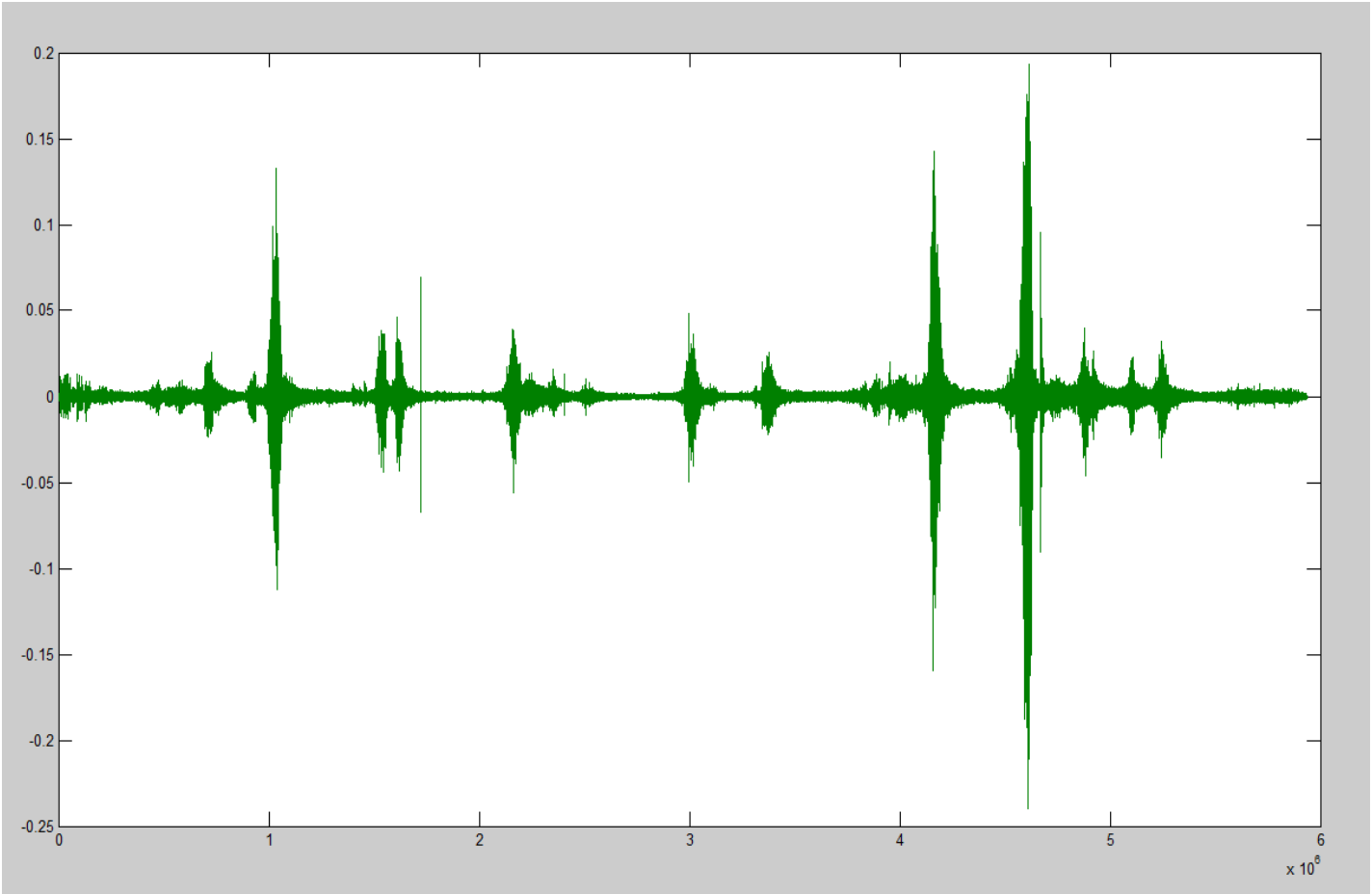
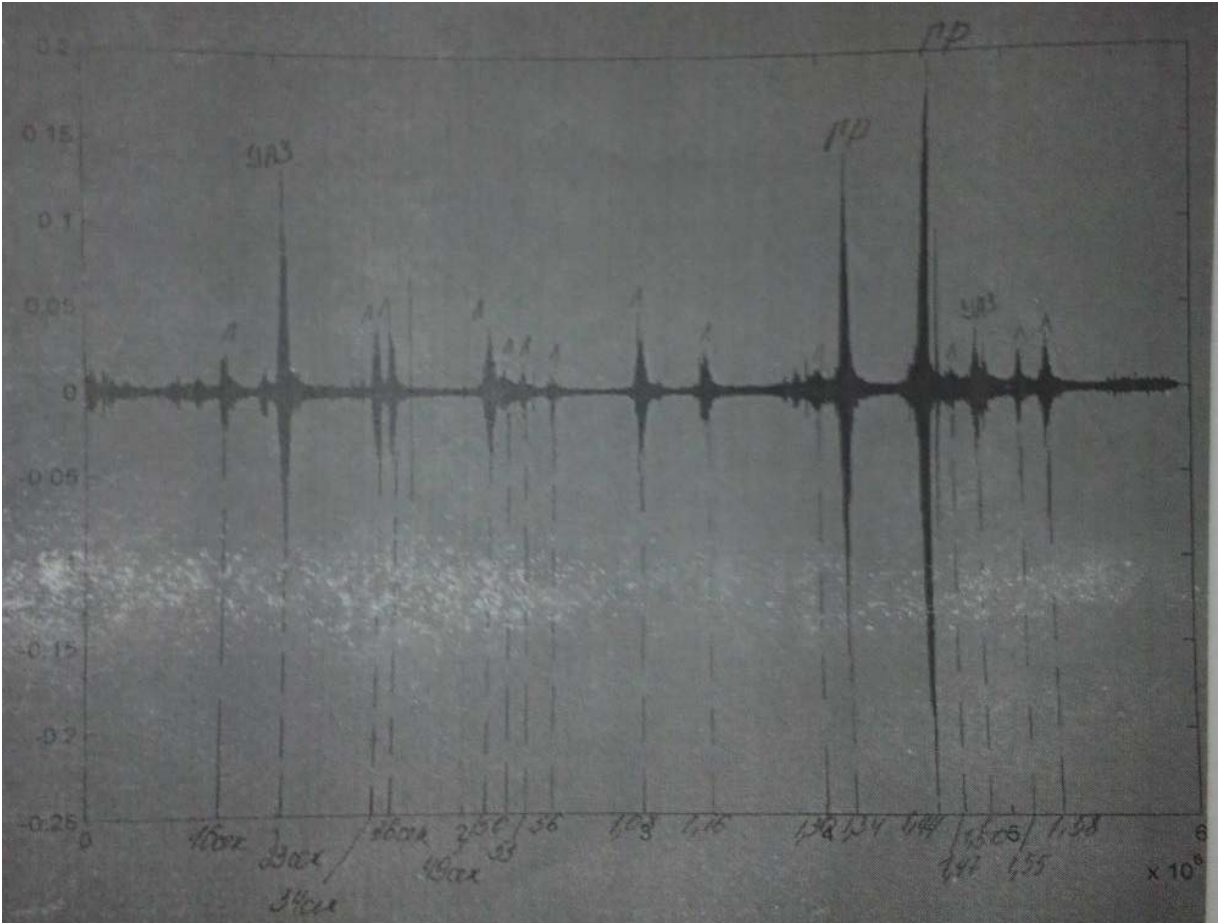
Исследуемый сигнал с частотой 3 кГц



Исследуемый сигнал с частотой 5 кГц

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17								
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Анализ работоспособности алгоритма построения спектральных характеристик				Литер		Лист	Листов	
Зав.каф.	Ильина И.Е.								В	К	Р	6	18
Руковод.	Францев С.М.												
Консульт.	Францев С.М.												
Консульт.													
Н.контр	Ильина И.Е.				ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м								
Студент	Савенков А.В.												

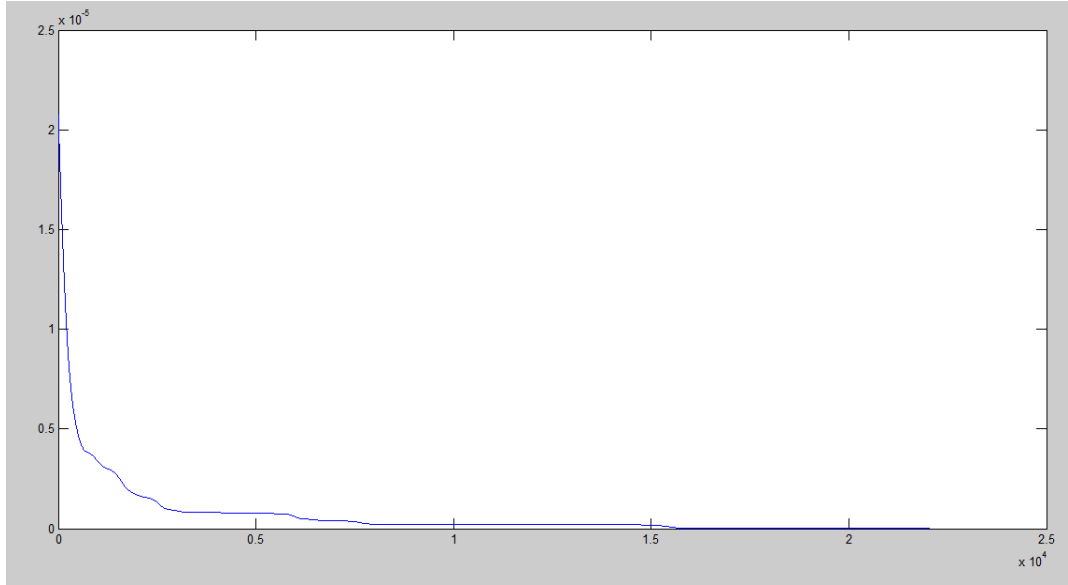
Порядок проведения натурных исследований спектральных характеристик транспортного потока



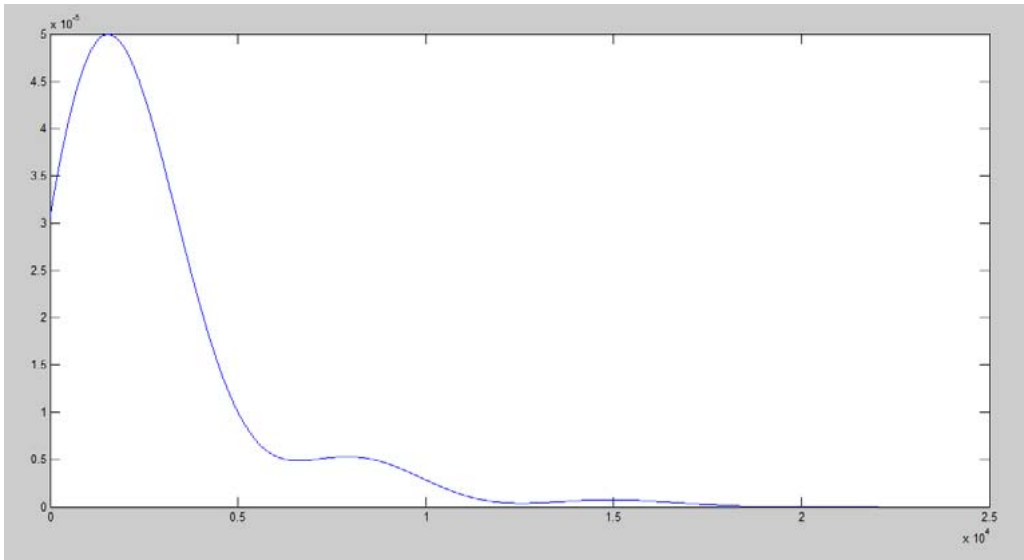
Визуализация данных

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17				
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Порядок проведения натурных исследований спектральных характеристик транспортного потока	Литер			Лист
Зав.каф.	Ильина И.Е.					В	К	Р	7
Руковод.	Францев С.М.								18
Консульт.	Францев С.М.								
Консульт.									
Н.контр	Ильина И.Е.				ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Студент	Савенков А.В.								

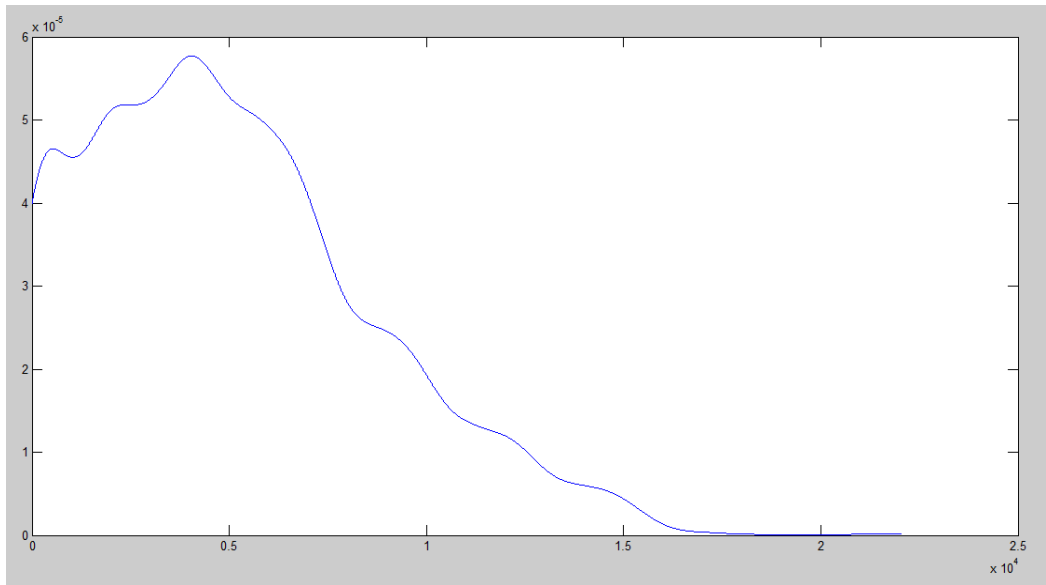
Спектральные характеристики транспортного потока



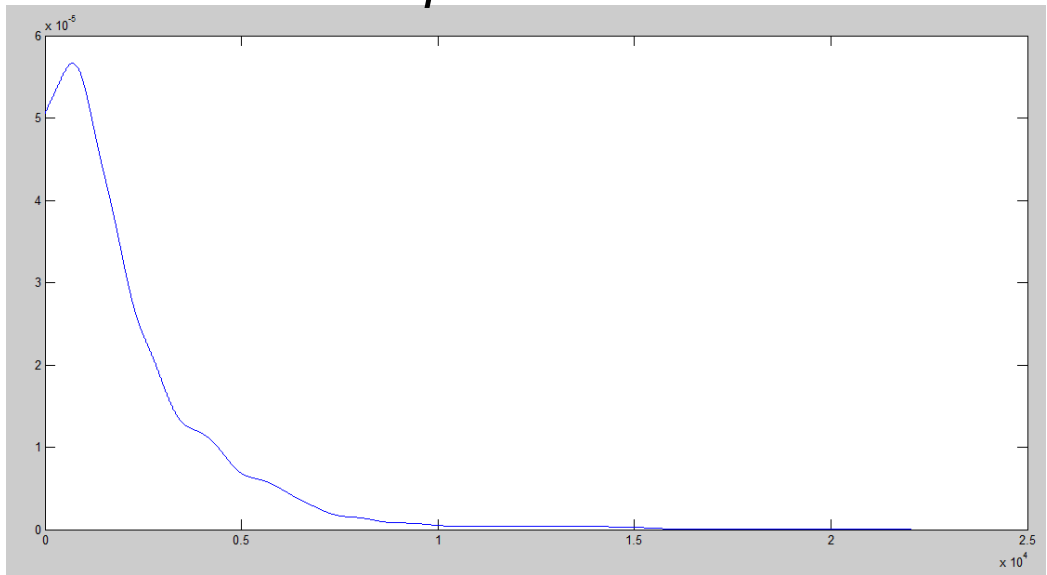
Отсутствие в зоне контроля транспортных средств



Момент проезда легкового транспортного средства



Момент проезда автобуса

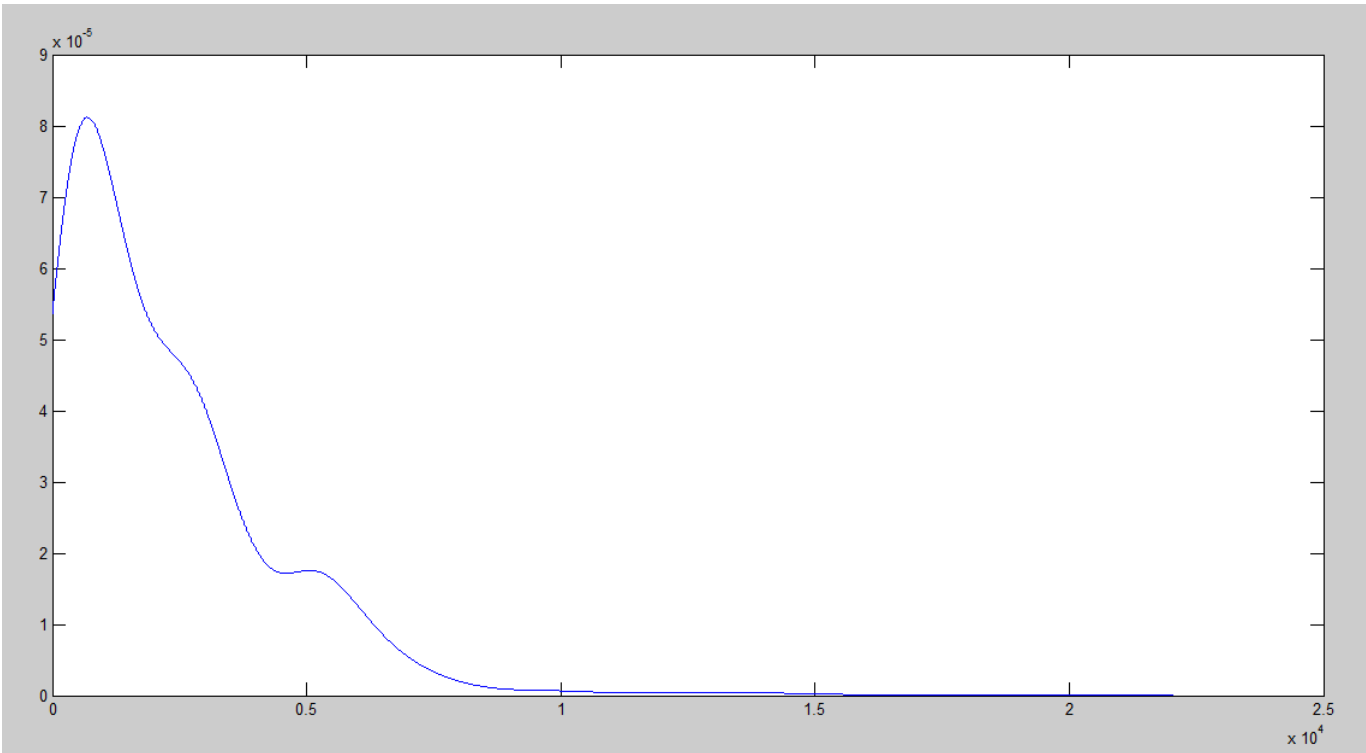


Момент проезда легкового транспортного средства

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17			
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Спектральные характеристики транспортного потока	Литер		
Зав.каф.	Ильина И.Е.					В	К	Р
Руковод.	Францев С.М.					8		
Консульт.	Францев С.М.					18		
Консульт.						ПГУАС		
Н.контр	Ильина И.Е.					каф.ОБД; группа ТТП-21м		
Студент	Савенков А.В.							

Обоснование научной новизны

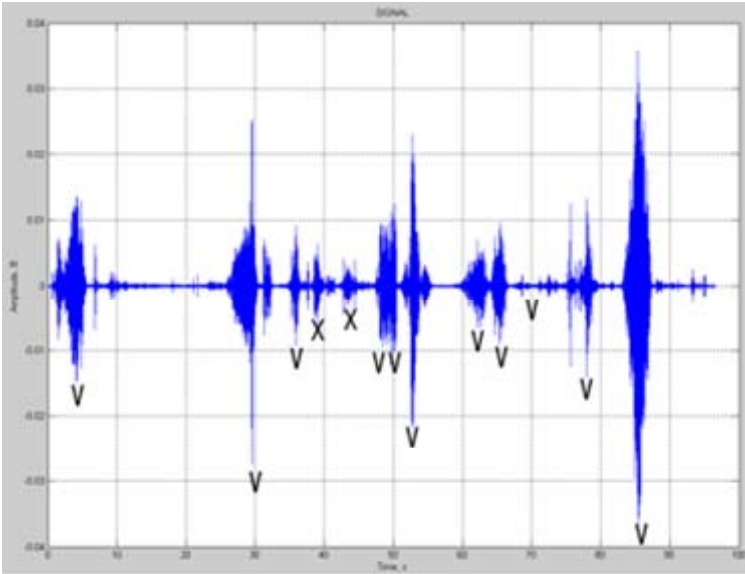
- 1. Определены спектральные характеристики информационного и неинформационного шума исходящего от автомобиля;
- 2. Информационный шум, исходящий от автомобиля находится в диапазоне 2-7 кГц.



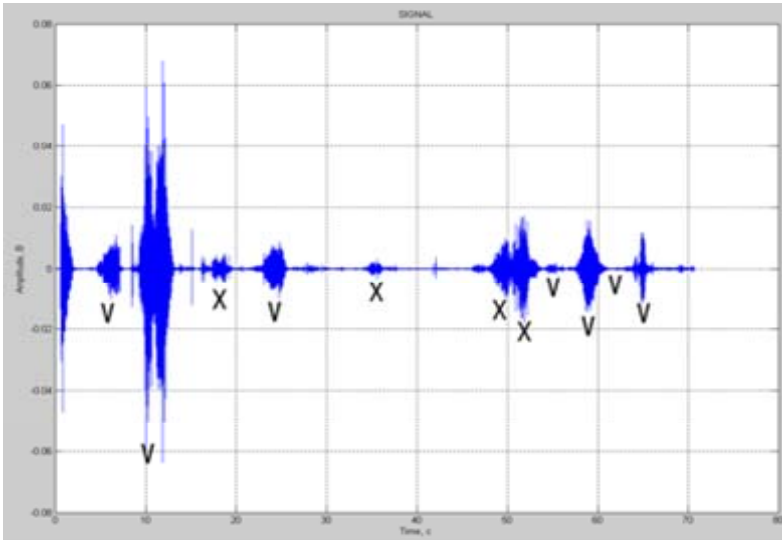
Частотные характеристики
автомобиля

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17							
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата								
Зав.каф.	Ильина И.Е.				Обоснование научной новизны			Литер		Лист	Листов	
Руковод.	Францев С.М.							В	К	Р	9	18
Консульт.	Францев С.М.											
Консульт.								ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Н.контр	Ильина И.Е.											
Студент	Савенков А.В.											

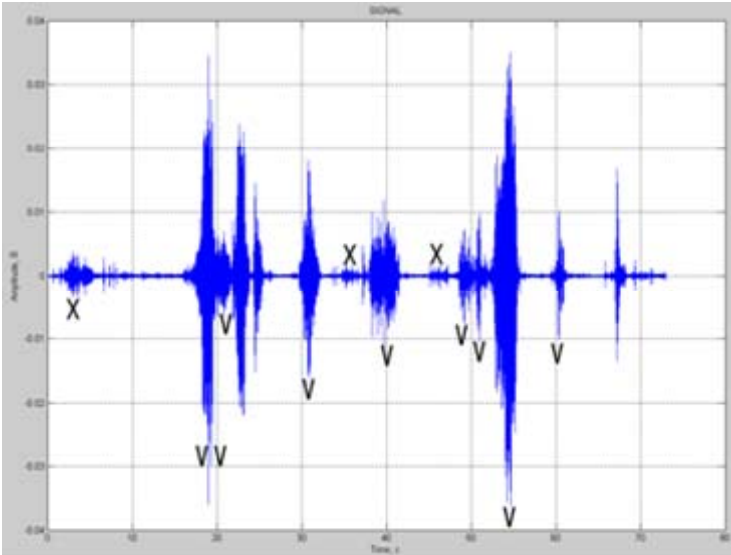
Исследование с микрофоном типа «бегущая волна»



Расположение
детектирующих
отверстий детектора
вдогонку движущемуся
по контролируемой
полосе автомобилю



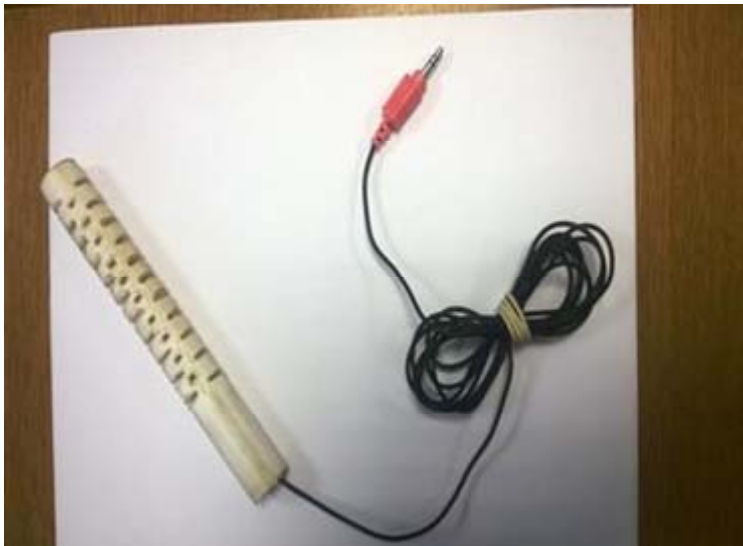
Графическое представление звуковых характеристик транспортного потока при расположении детектирующих отверстий детектора вверх



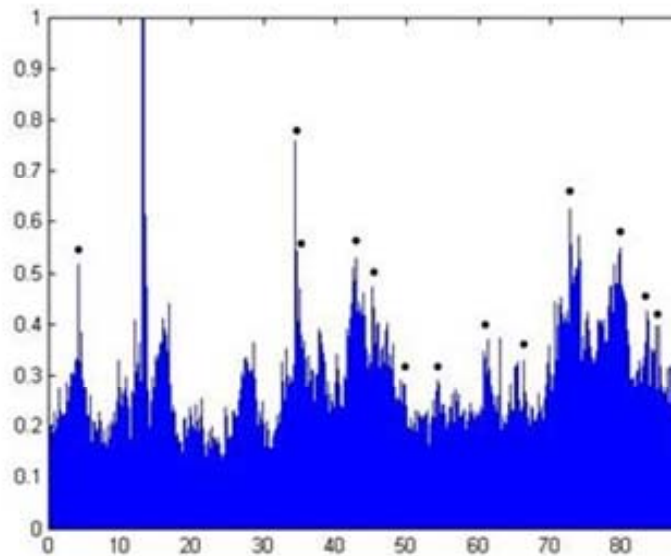
Расположение
детектирующих
отверстий детектора
навстречу
приближающемуся по
контролируемой полосе
автомобилю

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17								
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Зав.каф.	Ильина И.Е.				Исследование с микрофоном типа «бегущая волна»				Литер		Лист	Листов	
Руковод.	Францев С.М.								В	К	Р	10	18
Консульт.	Францев С.М.												
Консульт.									ПГУАС				
Н.контр	Ильина И.Е.								каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Студент	Савенков А.В.												

Результаты исследований направленных микрофонов «линейного» типа



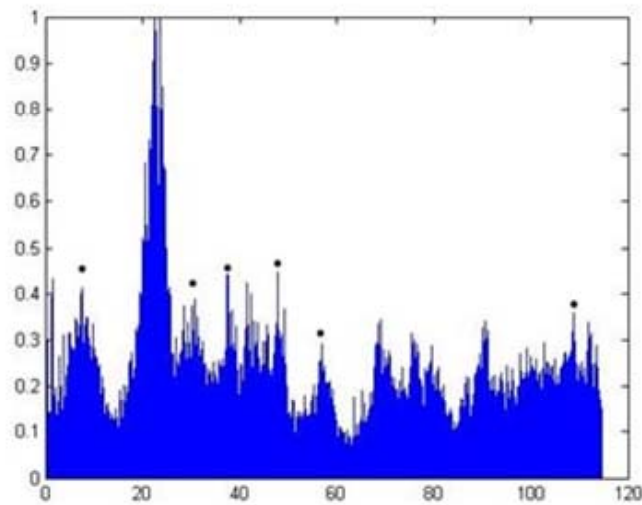
«Линейный» микрофон №1



Визуализация аудиофайла записанного с помощью «линейного» микрофона №1



«Линейный» микрофон № 2

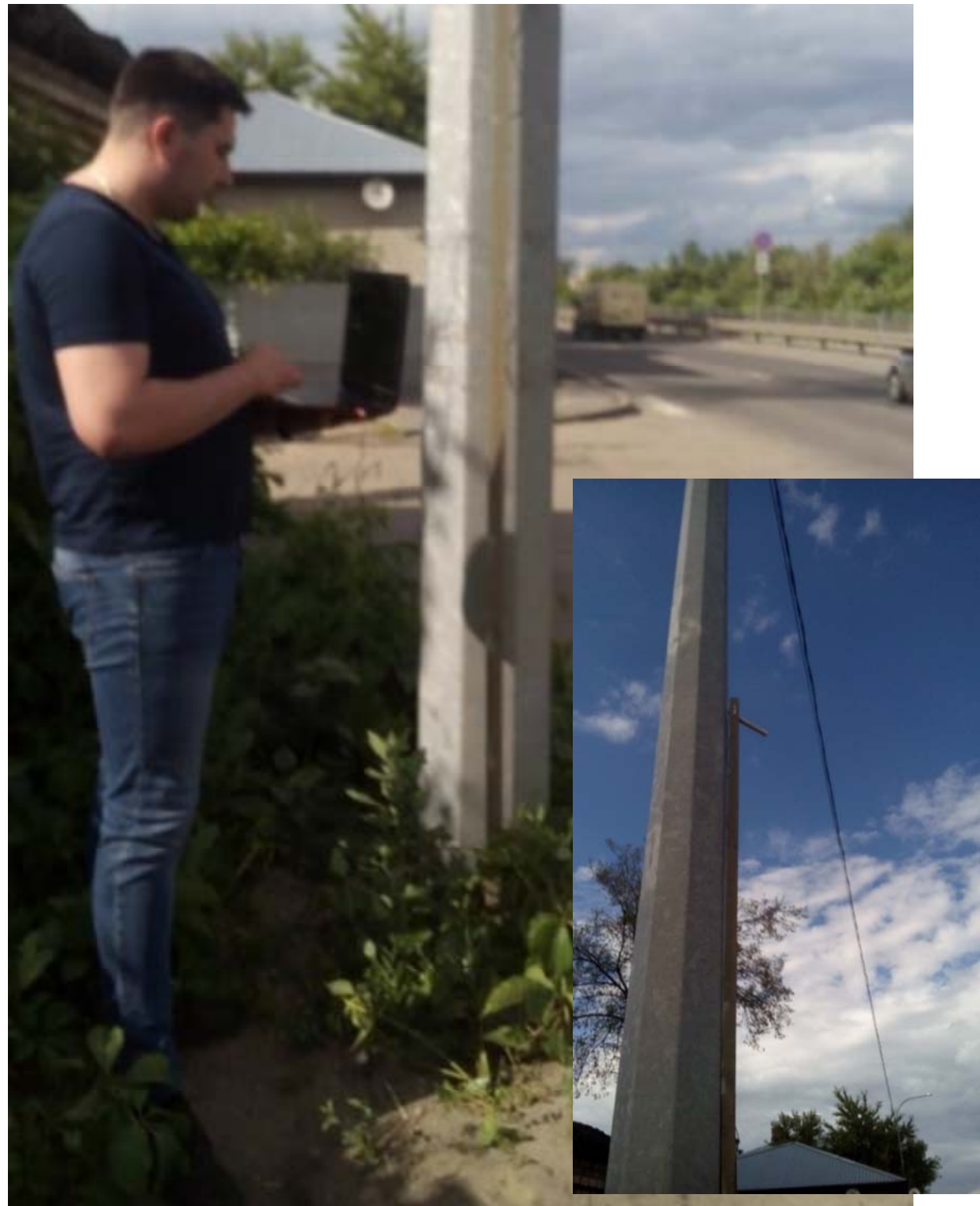


Визуализация аудиофайла записанного с помощью «линейного» микрофона № 2

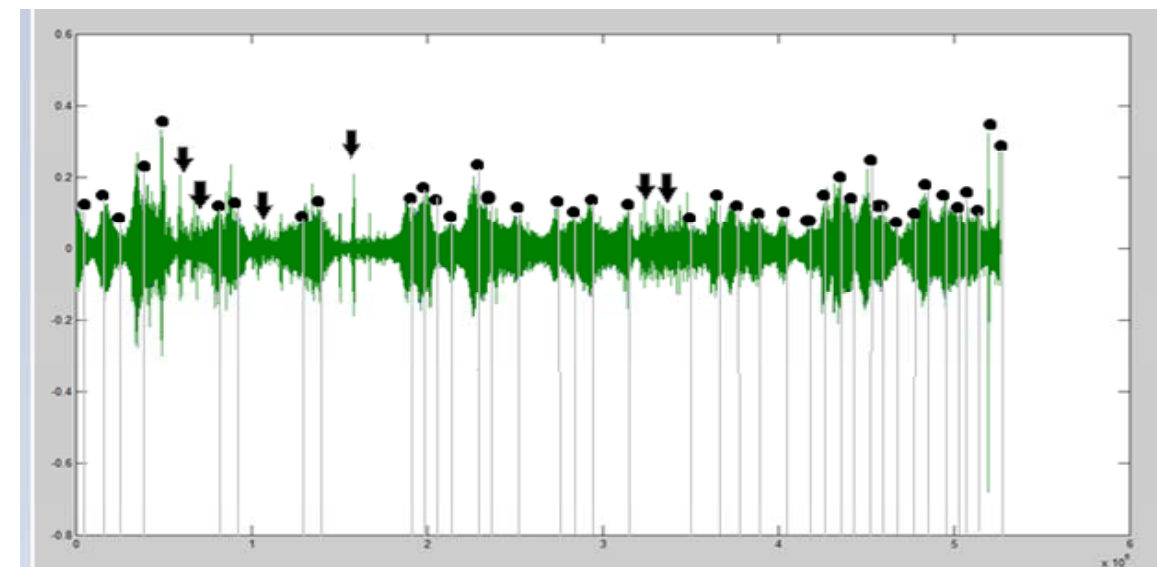
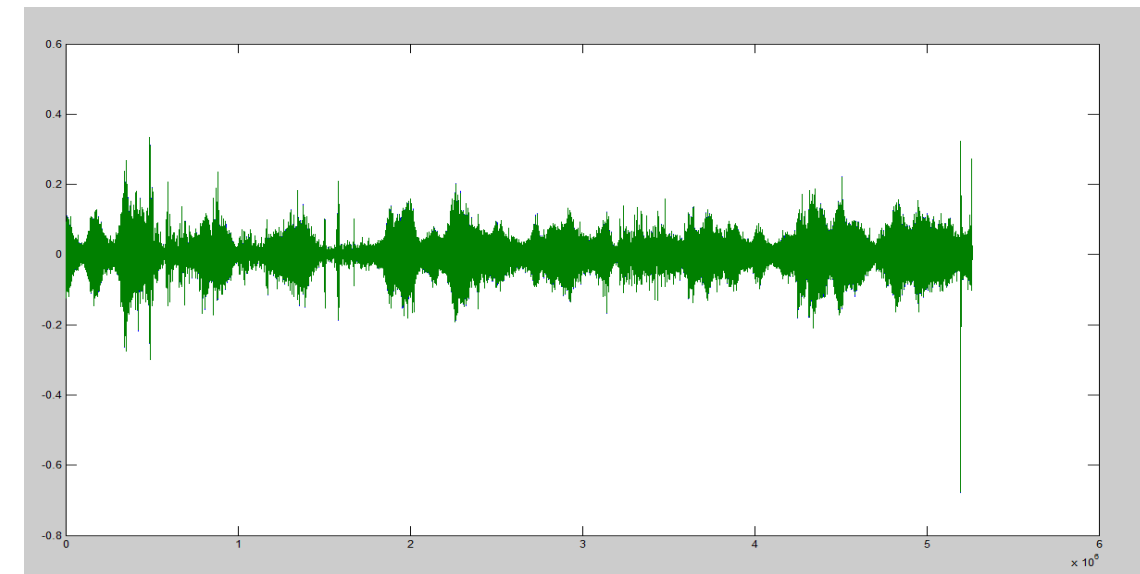
					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17							
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Результаты исследований направленных микрофонов «линейного» типа			Литер		Лист	Листов	
Зав.каф.	Ильина И.Е.							В	К	Р	11	18
Руковод.	Францев С.М.											
Консульт.	Францев С.М.											
Консульт.												
Н.контр	Ильина И.Е.							ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Студент	Савенков А.В.											

Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 1

Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 2



Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 2

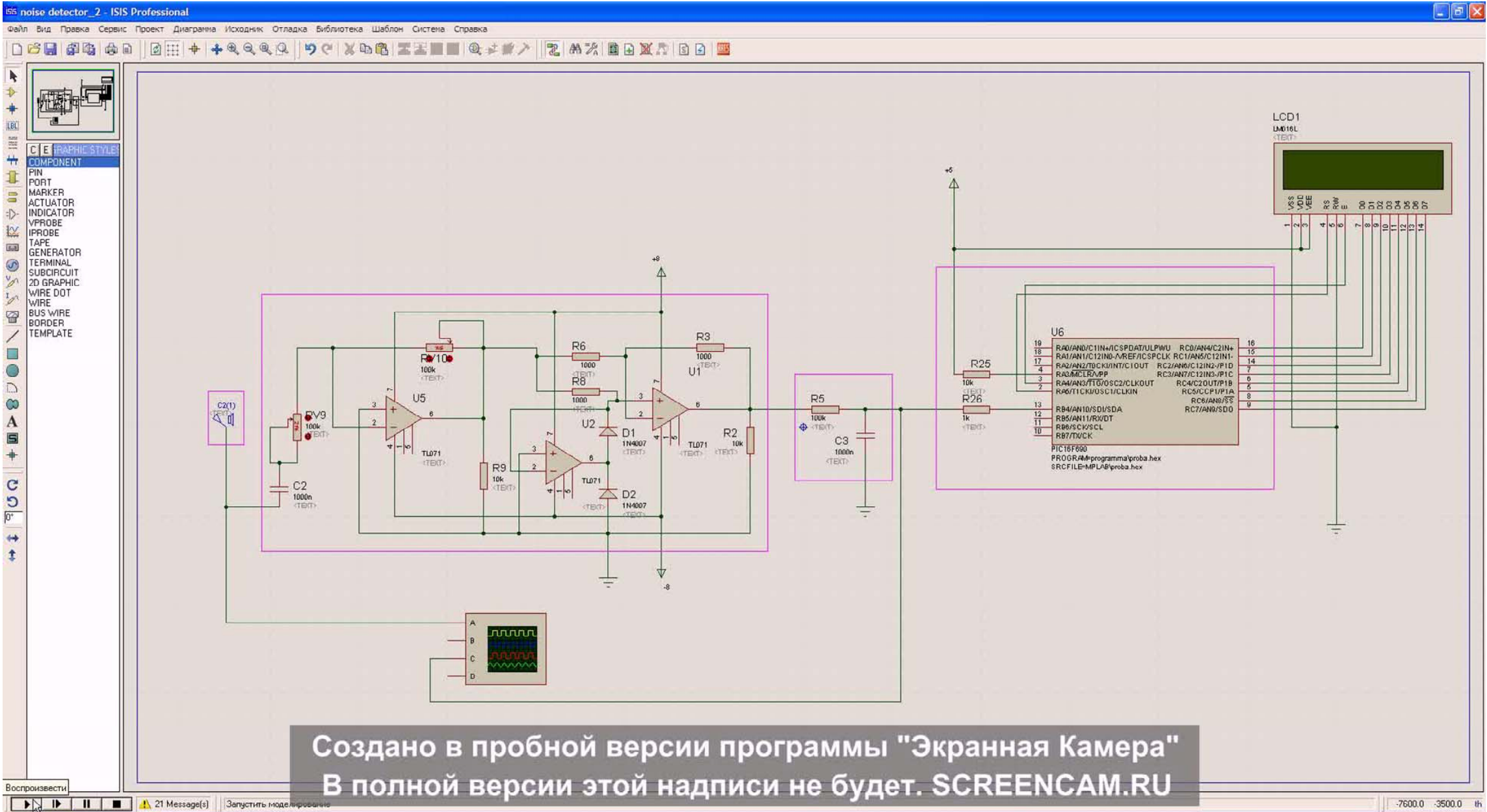


Визуализация натурных исследований «линейного» микрофона № 2

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17					
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Зав.каф.	Ильина И.Е.				Натурные исследования акустических характеристик транспортного потока с микрофоном «Линейного» типа № 2	Литер		Лист	Листов	
Руковод.	Францев С.М.					В	К	Р	13	18
Консульт.	Францев С.М.									
Консульт.					ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м					
Н.контр	Ильина И.Е.									
Студент	Савенков А.В.									

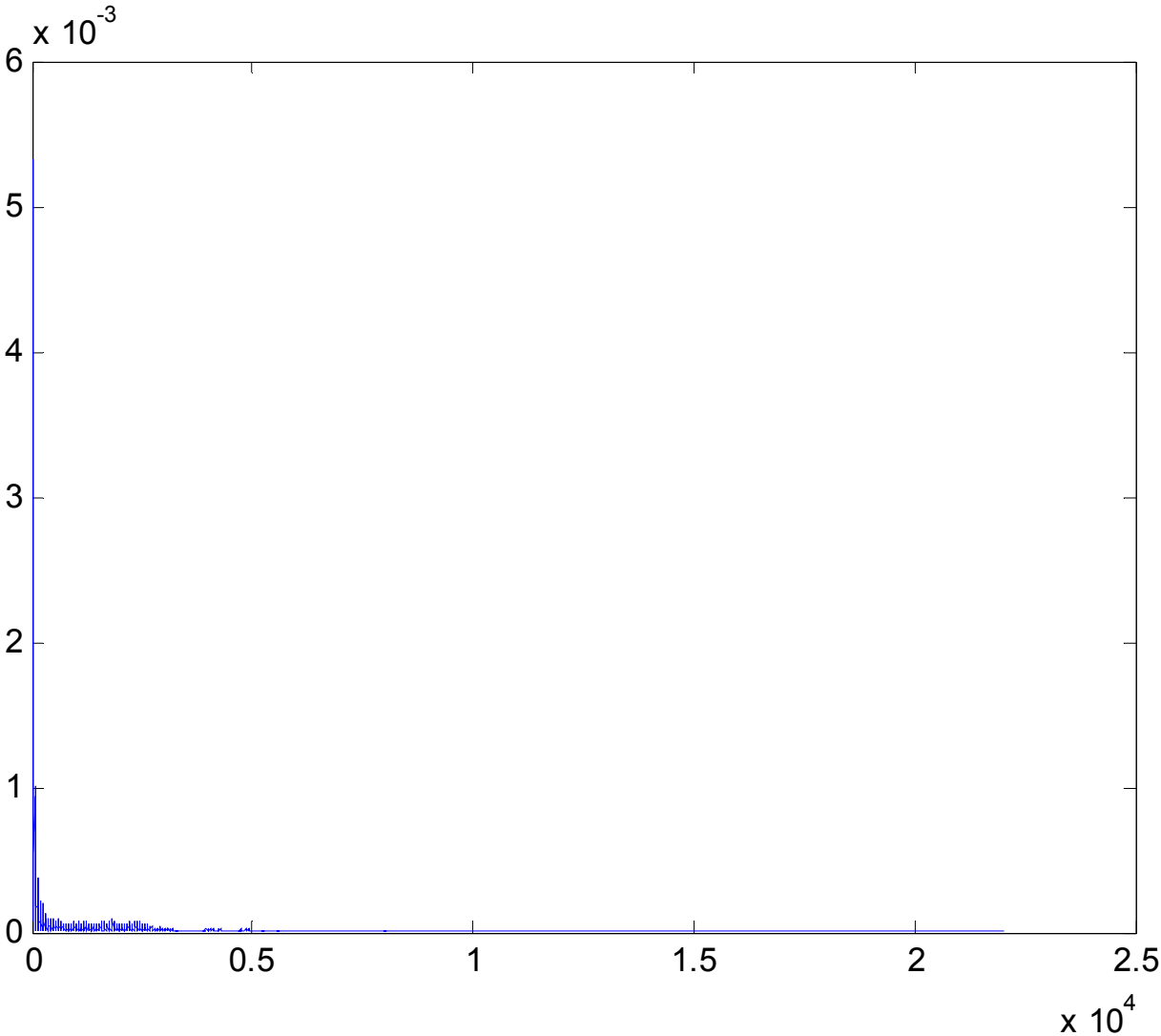
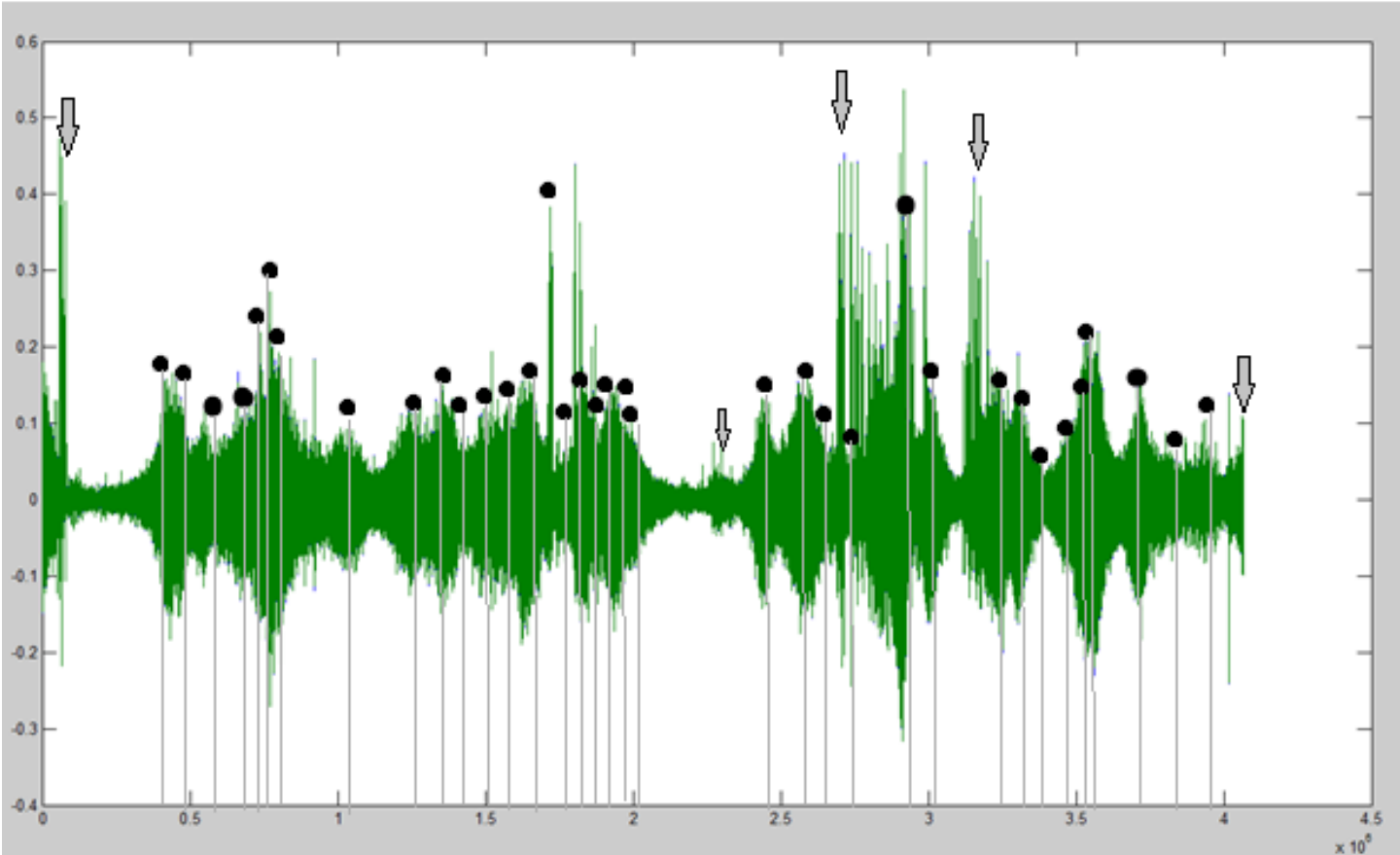
Схема детектора транспорта

Модель детектора транспорта, реализованная в программе PROTEUS



					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17			
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема детектора транспорта	Литер	Лист	Листов
Зав.каф.	Ильина И.Е.					В	К	Р
Руковод.	Францев С.М.						14	18
Консульт.	Францев С.М.							
Консульт.								
Н.контр	Ильина И.Е.					ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м		
Студент	Савенков А.В.							

Исследование спектральных характеристик помехи



Спектральная характеристика помехи

По результатам моделирования установлено, что частота помехи составляет менее 1 kHz.

Таким образом, установлено, что введение фильтра позволит избавиться от помех.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17				
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Исследование спектральных характеристик помехи	Литер			Лист
Зав.каф.	Ильина И.Е.					В	К	Р	
Руковод.	Францев С.М.								15
Консульт.	Францев С.М.								18
Консульт.									
Н.контр	Ильина И.Е.				ПГУАС каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Студент	Савенков А.В.								

Предлагаемая схема детектора транспорта

Результаты выполнения ВКР

По результатам ВКР опубликованы статьи:

1. Францев С.М., Савенков А.В. Определение интенсивности транспортного потока на основе фиксации уровня шума // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 4 URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/51555> (дата обращения: 08.04.2015).
2. Францев С.М., Савенков А.В. Исследование шумовых характеристик транспортного потока на базе направленного микрофона типа “бегущая волна”. Инженерный вестник Дона, №2, ч.2 (2015). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2956 (дата обращения: 08.04.2015). (входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук).
3. Францев С.М., Савенков А.В. Исследование звуковых характеристик транспортного потока в условиях ветровых возмущений. Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения: материалы IX междунар. заочн. науч.-техн. конф. 15 апреля 2015 г., Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: эксплуатация и развитие автомобильного транспорта Пенза / [редкол.: Э.Р. Домке (отв. ред.) и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2015. С. 325-328.
4. Натурные исследования интенсивности транспортного потока на базе направленного микрофона типа “бегущая волна” / С. М. Францев, А. В. Савенков (научная статья) Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2016. – № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3813> (дата обращения 27.11.2016). (входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук).
5. Исследования шумовых характеристик транспортного потока на базе различных конструкций направленных микрофонов / С. М. Францев, А. В. Савенков (научная статья) Журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2016. – № 11 (67). URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/11/74283> (дата обращения: 04.12.2016).

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17								
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Зав.каф.	Ильина И.Е.				Результаты выполнения ВКР				Литер		Лист	Листов	
Руковод.	Францев С.М.								В	К	Р	17	18
Консульт.	Францев С.М.												
Консульт.									ПГУАС				
Н.контр	Ильина И.Е.								каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Студент	Савенков А.В.												

Результаты выполнения ВКР

- Проведён анализ патентно-технической литературы по проблеме разработки акустических детекторов транспорта.
- Проведены исследования возможности применения функции FFT при выявлении спектральной характеристики шума от транспортного потока.
- Проведены исследования акустических характеристик различных транспортных средств.
- Построены спектральные характеристики шума исходящего от транспортного средства в момент его движения и в промежуток времени, приходящийся на момент отсутствия транспортного средства проезжающего через контролируемое сечение дороги.
- Выявлено, что информативный шум исходящий от автомобиля имеет частотный диапазон 1-4 кГц, а неинформативный шум – менее 1 кГц.
- Разработаны и проведены натурные исследования различных типов направленных микрофонов.
- В программе «Proteus» смоделирована принципиальная схема детектора транспорта с аудиофайлом натурных испытаний и определена зависимость относительной погрешности измерения детектора транспорта.
- На основании исследований предложена структурная схема детектора транспорта, включающая в себя фильтр, позволяющий избавиться от сторонних помех.
- Результаты работы могут найти применение при разработке пассивных акустических детекторов транспорта.

					ВКР-2069059-23.04.01-151270-17								
					Разработка и исследование работы пассивного акустического детектора транспорта								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Зав.каф.	Ильина И.Е.				Результаты выполнения ВКР				Литер		Лист	Листов	
Руковод.	Францев С.М.								В	К	Р	18	18
Консульт.	Францев С.М.												
Консульт.									ПГУАС				
Н.контр	Ильина И.Е.								каф.ОБД; группа ТТП-21м				
Студент	Савенков А.В.												