

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
_____ И.Е. Ильина
(подпись, инициалы, фамилия)
" _____ " _____ 2017 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к выпускной квалификационной работе на тему:
**«Исследование характеристик транспортных потоков в условиях
городского движения»**

Автор ВКР _____ А.А. Темников _____
(подпись, инициалы, фамилия)
Обозначение ВКР-2069059-23.04.01-141409-17 Группа ТТП-21м
Направление 23.04.01 "Технология транспортных процессов"

Руководитель ВКР _____ А.А. Власов _____
(подпись, дата, инициалы, фамилия)

Нормоконтроль _____ И.Е. Ильина

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

И.Е. Ильина
(подпись, инициалы, фамилия)

число месяц год

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Студент Темников Артем Андреевич

Группа ТТП-21м

Тема «Исследование характеристик транспортных потоков в условиях городского движения»

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

Срок представления ВКР к защите 20.06. 2016 г.
число месяц год

I. Исходные данные для ВКР

Нормативная и техническая литература по теории транспортных процессов и систем

II. Содержание пояснительной записки

Введение

Глава 1. Характеристики транспортных потоков

Глава 2. Разработка детектора транспорта

Глава 3 Исследование характеристик транспортного потока

Список литературы

III. Перечень графического материала

1. Конструкция ультразвукового детектора транспорта

2. Алгоритм обработки измерений расстояния

3. Работа с детектором транспорта

4. Исследование скоростного режима

5. Исследование интервалов между автомобилями

6. Исследование циклических профилей

IV. График выполнения ВКР

№п/п	Наименование этапов выполнения ВКР	Срок выполнения этапа
1.	Обзор нормативной и технической литературы	03.12.2015 - 1.05.2016
2.	Проведение исследований	01.05.2016 – 10.06.2016
2.	Оформление ВКР	10.06.2016 – 18.06.2016

Дата выдачи задания _____

Научный руководитель проекта _____ А.А. Власов
подпись, дата, инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению _____ 11.01.2017 г.
подпись, дата

А.А. Темников
инициалы, фамилия

Аннотация

Выпускная квалификационная работа выполнена на тему «Исследование характеристик транспортных потоков в условиях городского движения» и состоит из 51 листа пояснительной записки и 6 листов графической части.

В первой главе приведены способы описания транспортных потоков. Проведен анализ переменных состояния, описывающих поведение транспортного потока.

Во второй главе проведена разработка ультразвукового детектора транспорта. Приведены общие сведения о микроконтроллере Arduino и ультразвуковом датчике, схема подключения, алгоритм обработки результатов измерений.

В третьей главе представлены результаты исследований транспортных потоков, включая исследования скоростей движения, интервалов между автомобилями и циклических профилей транспортного потока.

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Зав.каф</i>	<i>Ильина И.Е.</i>				<i>Исследование характеристик транспортных потоков в условиях городского движения</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Власов А.А.</i>							
<i>Реценз.</i>								4
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ильина И.Е.</i>					<i>ПГУАС каф.ОБД гр. ТТП-21м</i>		
<i>Студент.</i>	<i>Темников А.А.</i>							

Оглавление

1	Характеристики транспортных потоков	6
1.1	Макроскопический подход к описанию транспортных потоков	8
1.2	Мезоскопические модели	11
1.3	Микроскопические модели транспортного потока	17
	Выводы по главе 1	23
2	Разработка детектора транспорта	24
2.1	Микроконтроллер Arduino.	24
2.2	Ультразвуковой дальномер HC-SR04	26
2.3	Алгоритмы работы устройства	29
2.4	Конструкция и методика использования ультразвукового детектора... ..	30
3	Исследование характеристик транспортного потока	34
3.1	Исследование скорости движения.....	34
3.2	Исследование интервалов между автомобилями.....	35
3.3	Исследование циклических профилей транспортных потоков.....	38
	Выводы по главе 3.....	43
	Заключение	44
	Литература	45
	Приложения	46
	Приложение А	46
	Приложение Б.....	47
	Приложение В.....	48
	Приложение Г	50
	Приложение Д.....	51

1 Характеристики транспортных потоков

Среди всего разнообразия математических моделей, применяемых для анализа транспортных сетей, можно выделить три основные группы моделей:

- прогнозные модели,
- имитационные модели,
- оптимизационные модели.

Прогнозные модели предназначены для моделирования транспортных потоков в сетях с известной геометрией и характеристиками и при известном размещении потокообразующих объектов города. При помощи этих моделей можно прогнозировать последствия изменений в транспортной сети или в размещении объектов. Модели этого типа применяются для поддержки решений в области планирования развития города, для анализа последствий тех или иных мер по организации движения, выборе альтернативных проектов развития транспортной сети и др.

Какими бы ни были подходы к моделированию транспортных потоков, необходимо учитывать, что они обладают рядом особенностей, усложняющих их формализацию.

Во-первых, это стохастичность транспортных потоков – их характеристики допускают прогноз только с определённой вероятностью. Транспортный поток движется по транспортной сети, которая также обладает определёнными характеристиками, допускающими более или менее строгое описание, и которые являются нестационарными.

Во-вторых, это не стационарность транспортных потоков, причём колебания их характеристик происходят как минимум в трёх циклах: суточном, недельном и сезонном.

В-третьих, это неполная управляемость, суть которой состоит в том, что даже при наличии полной информации о потоках и возможности информирования водителей о необходимых действиях, эти требования носят рекомендательный

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

характер. Решения о выборе маршрута или режима движения производится водителем с присущими только ему субъективными факторами.

В-четвёртых, особенностью дорожного движения как объекта управления является сложность и даже невозможность замера даже основных характеристик, определяющих качество управления. Так, оценка величины интенсивности движения требует либо наличия датчиков транспортных потоков на всех направлениях их движения, либо использования данных аэрофотосъемки, либо проведения трудоёмкого ручного обследования.

В-пятых, принципиальная невозможность проведения масштабных натурных экспериментов в сфере управления дорожным движением. Эта невозможность предопределена, во-первых, необходимостью обеспечения безопасности движения, во-вторых, материальными и трудовыми затратами на проведение эксперимента (изменение разметки и дислокации дорожных знаков) и, в-третьих, тем, что серьёзные изменения в комплексной схеме организации движения затрагивают интересы большого количества людей – участников движения.

Транспортный поток и комплекс условий, в которых он движется, представляет собой типичный пример сложной системы, содержащей большое количество взаимно связанных и взаимодействующих между собой элементов. Движение транспортного потока является результатом непрерывного взаимодействия между отдельными элементами системы «водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда» (ВАДС) как в пространстве, так и во времени. Особенностью этой системы является функционирование в условиях действия большого количества случайных факторов.

Таким образом, трудности формализации процесса движения транспортного потока являются серьезной проблемой обеспечения адекватности моделей транспортного потока.

					<i>ВКР-2069059-23.04.01-141409-17</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1.1 Макроскопический подход к описанию транспортных потоков

Макроскопические модели транспортного потока воспроизводят агрегированные свойства взаимодействий транспортных средств, используя для этого макроскопические переменные:

- средняя скорость $v(x, t)$ м/ч;
- плотность транспортного потока $\rho(x, t)$ авт/км;
- интенсивность движения $q(x, t)$, авт/ч;

где x и t представляют соответственно переменные пространства и времени.

Плотность транспортного потока $\rho(x, t)$ представляет собой число транспортных средств на единицу длины, то есть является показателем наполнения рассматриваемого сечения связи в определенный момент времени. Относительно микроскопических переменных плотность может быть получена с помощью средней дистанции \bar{d} и числа автомобилей N_{veh} как:

$$\rho = \frac{N_{veh}}{L} = \frac{N_{veh}}{\sum_{i=1}^{N_{veh}} d_i} = \frac{1}{\bar{d}}, \quad (1.1)$$

где L – длина рассматриваемого сегмента транспортной сети.

Интенсивность $q(x, t)$ (или объем движения) является числом транспортных средств, проходящих через сечение дороги в единицу времени. Относительно микроскопических переменных интенсивность транспортного потока может быть определена как обратная величина среднего времени проезда \bar{h} . Рассматривая период времени Δt , интенсивность движения может быть выражена как:

$$q = \frac{N_{veh}}{\Delta t} = \frac{N_{veh}}{\sum_{i=1}^{N_{veh}} h_i} = \frac{1}{\bar{h}}. \quad (1.2)$$

Средняя скорость $v(x, t)$ может быть определена как средняя временная и пространственная скорость:

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-2069059-23.04.01-141409-17				

– средняя временная скорость это среднее арифметическое скоростей транспортных средств, которые проходят сечение во время определенного периода.

– пространственная средняя скорость это среднее арифметическое скоростей транспортных средств, которые присутствуют в сегменте дороги в определенное время.

Модели данного типа были разработаны для математической интерпретации зависимости между скоростью, плотностью и интенсивностью транспортного потока:

$$q(x,t) = v(x,t) \cdot \rho(x,t); \quad (1.3)$$

$$v(x,t) = f(q(x,t), \rho(x,t)), \quad (1.4)$$

где $f(\cdot)$ – некоторая функция.

Зависимость интенсивности движения q от плотности транспортного потока ρ принято называть фундаментальной (или основной) диаграммой транспортного потока (рисунок 1.1) [3]. Левая часть кривой (показана сплошной линией) отражает устойчивое состояние потока, при котором по мере увеличения плотности транспортный поток проходит фазы свободного, затем частично связанного и наконец связанного движения, достигая точки максимально возможной интенсивности, т. е. пропускной способности (точка $q_{max} = P_a$).

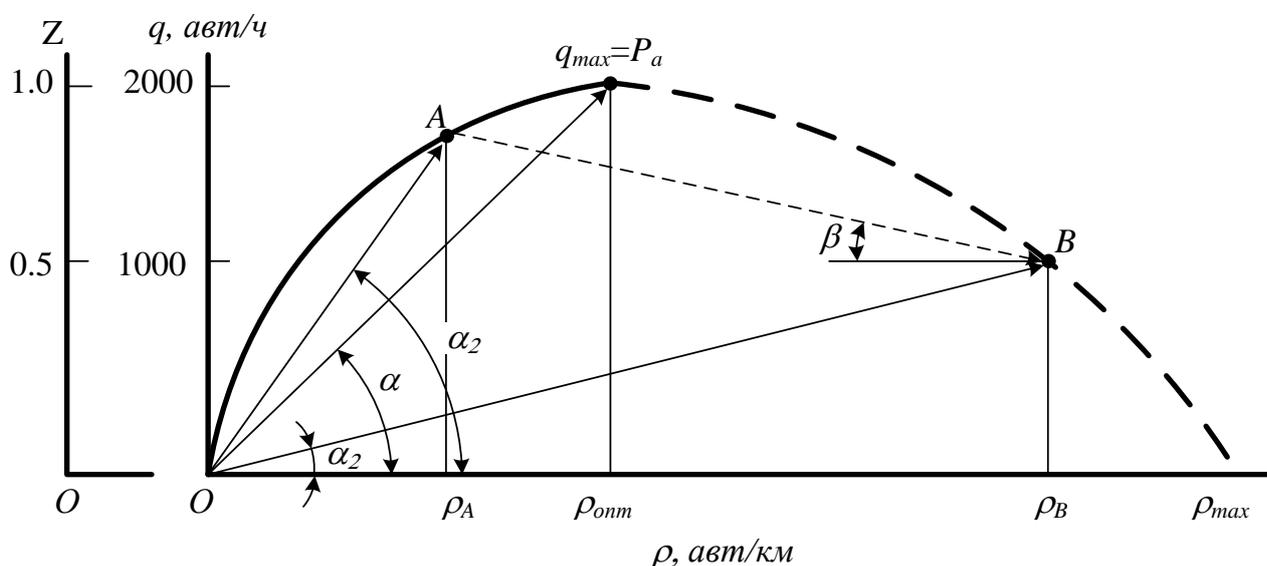


Рисунок 1.1 Основная диаграмма транспортного потока в координатах $q - \rho$

В процессе этих изменений скорость потока падает – она характеризуется тангенсом угла наклона α радиус-вектора, проведенного от точки O к любой точке кривой, характеризующей изменение q . Соответствующие точке $q_{max} = P_a$ значения плотности и скорости потока считаются оптимальными по пропускной способности (ρ_{opt} и v_{opt}). При дальнейшем росте плотности (за точкой P_a перегиба кривой) поток становится неустойчивым (эта ветвь кривой показана прерывистой линией). Переход потока в неустойчивое состояние происходит вследствие несинхронности действий водителей для поддержания дистанции безопасности (действия «торможение–разгон») на любом участке пути и особенно проявляется при неблагоприятных погодных условиях. Все это создает «пульсирующий» (неустойчивый) поток.

В точках O и ρ_{max} интенсивность движения $q = 0$, т. е. соответственно на дороге нет транспортных средств или поток находится в состоянии затора (неподвижности).

При изменении состояния покрытия, условий видимости для водителей, состава потока, вертикального и горизонтального профилей дороги изменяется характер диаграммы.

Основная диаграмма транспортного потока может быть построена и в других координатах, например $v - \rho$ и $q - v$ (рисунок 1.2 – 1.3).

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

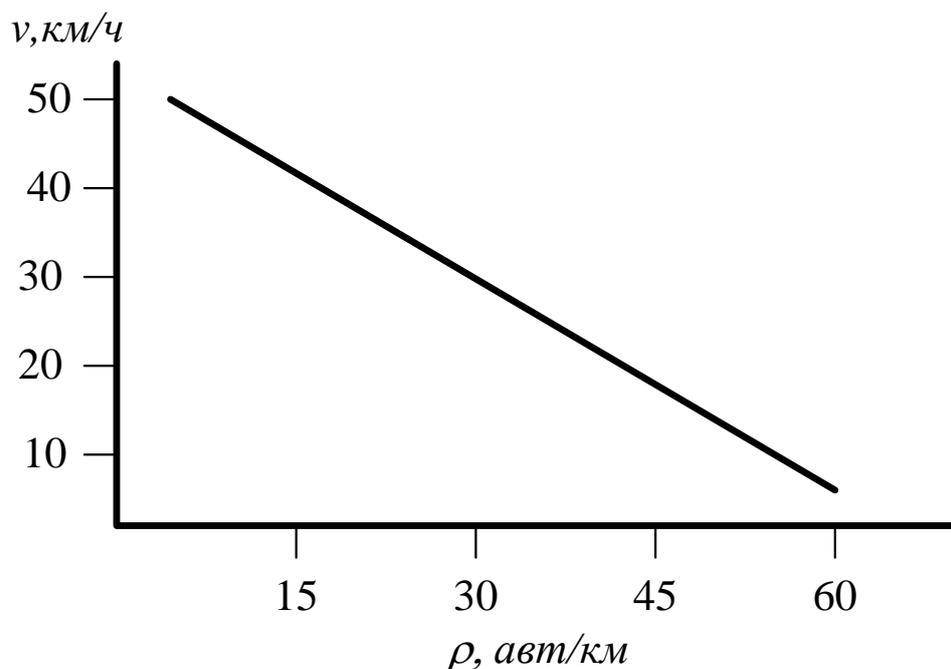


Рисунок 1.2 Основная диаграмма транспортного потока в координатах $v - \rho$

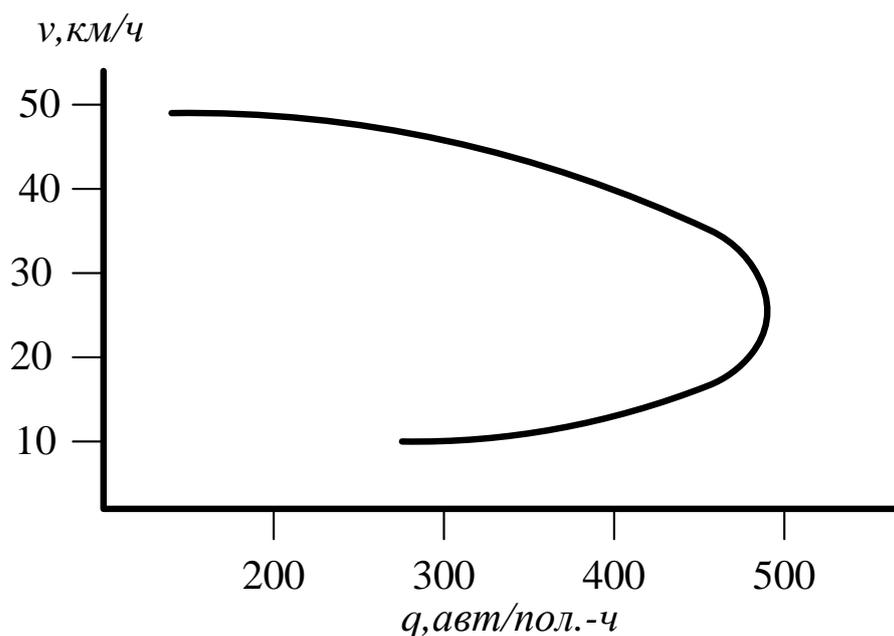


Рисунок 1.3 Основная диаграмма транспортного потока в координатах $v - q$

1.2 Мезоскопические модели

Продолжительность задержки транспортных средств получила широкое применение в качестве критерия оптимизации управления, как на отдельном пересечении, так и сети. Существует два основных подхода к определению задержки транспортных средств. Первый подход основан на мезоскопической

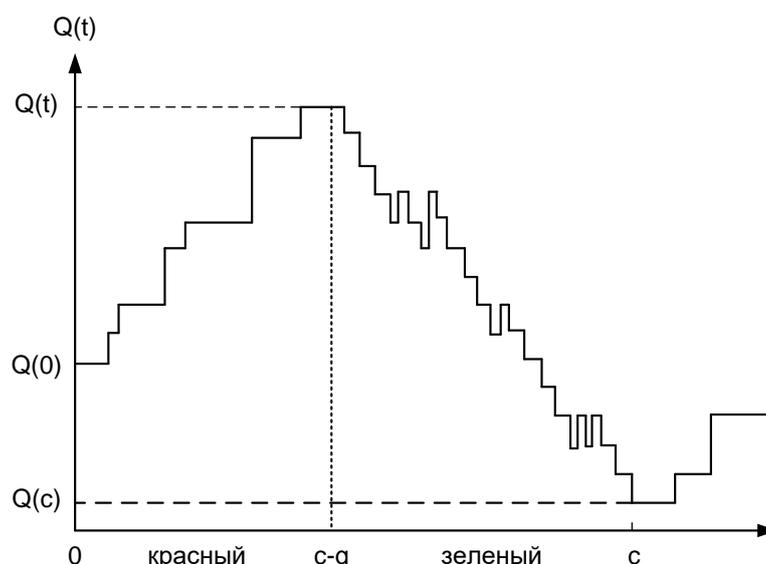


Рисунок. 1.5. Процесс образования очереди в течение одного цикла (по исследованиям D.McNeil)

Впервые модель оценки задержки при жестком светофорном регулировании была предложена Веckmann М. с допущением о биномиальном процессе прибытия транспортных средств и детерминированном характере процесса обслуживания:

$$d = \frac{c - g}{c \cdot (1 - q/S)} \cdot \left(\frac{Q_0}{q} + \frac{c - g + 1}{2} \right), \quad (1.6)$$

где c – длительность цикла; g – эффективная длительность зеленого сигнала; q – интенсивность прибытия транспортных средств; S – интенсивность разъезда очереди; Q_0 – величина остаточной очереди.

Периодичность работы светофорного объекта формирует на выходе группы автомобилей, движущиеся по исходящим транспортным связям. Было замечено, что вследствие дисперсии скоростей транспортных средств, происходит изменение параметров группы вплоть до ее полного распада. Это явление получило название распада или дисперсии группы. Расеу, G. M. получил распределение времени прохождения автомобилей $f(\cdot)$ по транспортной связи, исходя из нормального распределения скоростей и неограниченной возможности обгона:

$$f(\tau) = \frac{D}{\tau^2 \sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\left(\frac{D}{\tau} - \frac{D}{\bar{\tau}} \right)^2}{2\sigma^2} \right], \quad (1.7)$$

где D – расстояние от стоп-линии до точки наблюдения; τ – индивидуальное время прохождения автомобилем расстояния D ; $\bar{\tau}$ – среднее время прохождения расстояния D ; σ – дисперсия скорости.

Распределение времени прохождения используется для преобразования профиля транспортного потока при движении по транспортной связи на дистанцию D :

$$q_2(t_2) dt_2 = \int_{t_1} q_1(t_1) f(t_2 - t_1) dt_1 dt_2 \quad (1.8)$$

где $q_2(t_2) dt_2$ – общее количество автомобилей, проходящих через некоторую точку, расположенную на некотором расстоянии от стоп-линии в интервале $(t, t+dt)$; $d_1(t_1) dt_1$ – общее количество автомобилей, проходящих через стоп-линию; $f(t_2 - t_1)$ – плотность вероятности времени движения $(t_2 - t_1)$

Дискретный вариант формулы (1.8):

$$q_2(j) = \sum_i q_1(i) g(j-i), \quad (1.9)$$

где i и j – дискретные интервалы гистограммы прибытия.

Несколько иной подход видим в модели, использованной при разработке программы TRANSYT. Моделирование движения производится на основе преобразования профилей транспортных потоков при их движении по транспортным связям и через перекрестки. Различают три типа профилей – IN-профиль, GO-профиль и OUT-профиль.

GO-профиль (профиль потока насыщения) – это норма потока, который проезжал бы через стоп-линию при насыщенном разрешающем сигнале. Фактически GO-профиль представляет собой профиль потока насыщения на регулируемом пересечении. Для конфликтующих потоков GO-профиль определяется согласно соответствующим моделям просачивания.

умолчанию 0.35, которое также основано на эмпирических исследованиях, выполненных Transport and Road Research Laboratory.

В основе популярности TRANSYT лежит возможность калибровки *PDF*, что обеспечивает высокую реалистичность результатов. В идеале *PDF* должен быть откалиброван таким образом, чтобы профили потока модели как можно ближе соответствовали наблюдаемым профилям потока.

1.3 Микроскопические модели транспортного потока

Поведение водителей и характер ускорения в режиме следования за лидером широко изучалось с 1950-х. Данные модели оперируют такими микроскопическими данными, как скорость ведомого автомобиля и его лидера, дистанция между ними, ускорение ведомого автомобиля. Однако в те годы оценка параметров модели не получила должного внимания, в большинстве случаев использовался метод простого корреляционного анализа.

Исследователи начали обращать внимание на поведение водителей при ускорении в режиме свободного потока в начале 1980-ых. В это время появляется такой важный инструмент в изучении транспортных потоков, поведения водителей, разработке и оценке различных стратегий управления и менеджмента в дорожном движении, как микроскопическое моделирование.

Для различных сценариев движения микроскопические модели определяют поведение транспортного потока, описывая на основе взаимодействия между отдельными транспортными средствами. При этом принято для описания пространства состояния модели использовать следующие переменные:

- n – номер транспортного средства;
- x_n, v_n, a_n, L_n – продольная позиция, скорость, ускорение, и длина транспортного средства i ;
- δ_n – расстояние между транспортным средством n и $n + 1$ (в группе),
- h_n – время движения для транспортного средства n ;
- s_n – положение транспортного средства n ;
- τ_n – время реакции водителя транспортного средства n .

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Взаимосвязь этих переменных проиллюстрированы, на примере движения двух транспортных средства n и $n+1$, движущиеся по одной полосе движения в системе координат время-пространство (рисунок 1.6).

Предполагается, что длина транспортного средства L_n является расстоянием от заднего до переднего бампера автомобиля. Расстояние между передним бампером ведущего автомобиля и задним бампером ведущего расстоянием называют дистанцией следования δ_n .

Время движения h_n транспортного средства определено как разница во времени между прохождением задних бамперов обоих транспортных средств в определенном положении. Предположим, что скорости автомобилей являются постоянной величиной, тогда время движения – количество времени, необходимое для транспортного средства n , чтобы достигнуть текущей позиции транспортного средства $n+1$. Дистанция автомобиля определяется как расстояние между задним бампером автомобиля – лидера и передним бампером ведомого автомобиля во время t . Положение s_n равно сумме L_n длины автомобиля и дистанции следования δ_n .

выполнены для достижения пункта назначения. Вообще, задачу вождения можно разделить на следующие подзадачи:

- навигацию (стратегический уровень)
- вождение (тактический уровень)
- управление (эксплуатационный уровень).

Стратегический навигационный уровень включает задачи, такие как планирование маршрута и движение по маршруту. Водители выбирают цель поездки, направление движения и дороги в зависимости от состояний потока и специфических целей.

На уровне вождения задачи водителя главным образом содержат действия, которые помогают в поддержании безопасной скорости и надлежащей траектории относительно дороги. На данном уровне принимаются все решения, связанные с вождением автомобиля в соответствии с текущим состоянием транспортного потока. Водитель выполняет действия связанные с движением, как в продольном направлении, так и в поперечном (смена полос движения).

Уровень управления включает задачи водителя, которые контролируют позицию автомобиля в продольном и боковом направлении относительно препятствий.

Модели стимулирующих реакций основаны на гипотезе, что каждый ведомый автомобиль ускоряется или замедляется пропорционально относительной скорости и расстоянию до его непосредственного ведущего автомобиля. В реальном транспортном потоке водитель обычно тратит некоторое время, чтобы среагировать на внезапное ускорение или замедление ведущего автомобиля. Когда имеются любые возмущения, вызванные лидером, у водителя ведомого автомобиля должно быть время для реагирования плавного движения. Следовательно, для любой модели поведения водителя важно описать и включить это время взаимодействия. Общий вид моделей следования за лидером, разработанных в конце 1950-ых, имел следующий вид:

$$response_n(t) = sensitivity_n(t - \tau_n) \cdot stimulus_n(t - \tau_n), \quad (1.15)$$

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

где $response_n(t)$ – примененное ускорение во время t ; $sensitivity_n(t - \tau_n)$ – коэффициент пропорциональности; $stimulus_n(t - \tau_n)$ – возмущение; t – время наблюдения; τ_n – время реакции водителя n ;

Время реакции τ_n , включает время восприятия (время от представления стимула, до тех пор, пока нога не начинает перемещаться), и время движения ноги водителя.

В общем случае относительную скорость, рассматривают как стимул (или возмущение – stimulus), а чувствительность (sensitivity) – как коэффициент пропорциональности, который может быть функцией таких факторов как скорость ведомого автомобиля, дистанции и т.д.

Нешелл Г. предложил модель, в которой постулируется, что для каждого водителя существует «безопасная или оптимальная скорость» движения, зависящая от дистанции до лидера:

$$v_n(t + \tau) = V \left(\frac{1}{\delta_n(t)} \right). \quad (1.16)$$

Данная скорость также называется оптимальной скоростью. В этих моделях вместо адаптации скорости ведомого автомобиля к скорости лидера предполагается адаптация к оптимальной скорости. Влияние лидера косвенно выражено через зависимость оптимальной скорости от дистанции до лидера.

При этом предполагается, что водитель ведомого автомобиля будет сохранять максимально возможную скорость до тех пор, пока будет оставаться резерв расстояния до лидера, и водитель будет выбирать оптимальную скорость в зависимости от расстояния до лидера, когда дистанция станет меньше этого резерва.

Модели предотвращения столкновений или модели безопасной дистанции - другой подход к моделям следования за лидером. Первая модель безопасной дистанции была предложена Е. Кометани и Т. Сасаки. Модель описывает безопасную дистанцию следования между автомобилями, при которой можно было бы избежать столкновения:

$$\Delta x_i(t + \tau) = \alpha \dot{x}_{i+1}^2(t + \tau) + \beta_1 \dot{x}_i^2(t + \tau) + \beta_1 \dot{x}_i^2(t + \tau) + b_0. \quad (1.17)$$

Л. Пипес предложил, что «хорошее правило для поддержания безопасного расстояния для ведомого автомобиля состоит в том, чтобы включить расстояние до лидера».

В конце 1970-ых П. Гипс предложил модель следования за лидером, получившую достаточно широкую известность (в том числе используется в программе микроскопического моделирования Aimsun). Она базируется на оценке поведения водителя и ожидаемом поведении автомобилей в транспортном потоке. На поведение водителя и параметры автомобиля накладываются ограничения, обеспечивающие воспроизведение особенностей следования за ведущим автомобилем в транспортном потоке с учетом обеспечения безопасности.

Модель состоит из двух компонентов – ускорения и замедления. Первый компонент представляет собой намерение автомобиля достигнуть определенной желательной скорости, в то время как второй – воспроизводит ограничения, накладываемые лидирующим автомобилем, не позволяя водителю достигнуть желаемой скорости.

Модель определяет максимальную скорость автомобиля (n), который может ускориться в периода времени ($t, t + \tau$) следующим образом:

$$v_a(n, t + \tau) = v(n, t) + 2.5 \cdot a(n) \cdot \tau \cdot \left(1 - \frac{v(n, t)}{V^*(n)} \right) \sqrt{0.025 + \frac{v(n, t)}{V^*(n)}} \quad (1.18)$$

где $v(n, t)$ – скорость автомобиля n во время t ; $V^*(n)$ – желательная скорость автомобиля n ; $a(n)$ – максимальное ускорение автомобиля; τ – время реакции водителя.

С другой стороны, максимальная скорость, которую тот же самый автомобиль (n) может достичь согласно его индивидуальным особенностям и ограничениям, наложенным присутствием лидирующего автомобиля ($n+1$):

$$v_b(n, t + \tau) = d(n) \cdot \tau + \sqrt{d(n)^2 \cdot \tau^2 - d(n) \left[2 \cdot \delta(n, n+1) - v(n, t) \cdot \tau - \frac{v(n+1, t)^2}{d'(n+1)} \right]} \quad (1.19)$$

где $d(n) < 0$ – максимальное замедление автомобиля n ;
 $\delta(n, n+1) = x(n+1, t) - s(n+1) - x(n, t)$ – дистанция между автомобилями; $x(n+1, t)$ – положение автомобиля – лидера; $s(n+1)$ – эффективная длина автомобиля $n+1$;
 $d'(n+1)$ – вычисленное желательное замедление лидера.

Скорость автомобиля n во временном интервале $(t, t+\tau)$ является минимумом выражений (1.18) и (1.19):

$$v(n, t + \tau) = \min\{v_a(n, t + \tau), v_a(n, t + \tau)\} \quad (1.20)$$

Положение автомобиля n в текущий момент будет определяться по формуле:

$$x(n, t + \tau) = x(n, t) + v(n, t + \tau) \cdot \tau \quad (1.21)$$

Модель следования такова, что лидирующий автомобиль, то есть автомобиль, движущийся свободно без влияния лидера на его поведение, стремится двигаться с максимальной желаемой скоростью. Для вычисления максимальной желательной скорости автомобиля используется три параметра:

1. максимальная желательная скорость автомобиля $v_{max}(n)$;
2. принятие скорости автомобилем $\theta(n)$;
3. ограничение скорости на транспортной связи i или повороте $S_{limit}(i)$

Ограничение скорости автомобиля n на транспортной связи i вычисляется по формуле:

$$s(n, i) = S_{limit}(i) \cdot \theta(n). \quad (1.22)$$

Максимальная желательная скорость автомобиля n на связи i определяется как:

$$V^*(n, i) = \min[s(n, i), v_{max}(n)]. \quad (1.23)$$

Выводы по главе 1

Основными характеристиками транспортного потока в условиях движения в городах, подлежащими исследованию, следует признать желаемую скорость транспортного потока, интервалы следования между автомобилями и циклический профиль транспортного потока.

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

2 Разработка детектора транспорта

Появление первых микроконтроллеров ознаменовало начало новой эры в развитии микропроцессорной техники. Наличие в одном корпусе большинства системных устройств сделало микроконтроллер подобным обычному компьютеру. В отечественной литературе они даже назывались однокристальными микроЭВМ. Соответственно и желание использовать микроконтроллеры как обычные компьютеры появилось практически с их появлением. Но желание это сдерживалось многими факторами. Например, чтобы собрать устройство на микроконтроллере, необходимо знать основы схемотехники, устройство и работу конкретного процессора, уметь программировать на ассемблере и изготавливать электронную технику. Потребуется также программаторы, отладчики и другие вспомогательные устройства. В итоге без огромного объема знаний и дорогостоящего оборудования не обойтись.

Такая ситуация долго не позволяла многим любителям использовать микроконтроллеры в своих проектах. Сейчас, с появлением устройств, дающих возможность работать с микроконтроллерами без наличия серьезной материальной базы и знания многих предметов, все изменилось. Примером такого устройства может служить проект Arduino итальянских разработчиков.

2.1 Микроконтроллер Arduino.

Arduino и его клоны представляют собой наборы, состоящие из готового электронного блока и программного обеспечения. Электронный блок здесь — это печатная плата с установленным микроконтроллером и минимумом элементов, необходимых для его работы. Фактически электронный блок Arduino является аналогом материнской платы современного компьютера. На нем имеются разъемы для подключения внешних устройств, а также разъем для связи с компьютером, по которому и осуществляется программирование микроконтроллера. Особенности используемых микроконтроллеров ATmega фирмы Atmel позволяют производить программирование без применения

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР-2069059-23.04.01-141409-17					

специальных программаторов. Все, что нужно для создания нового электронного устройства, — это плата Arduino, кабель связи и компьютер. Второй частью проекта Arduino является программное обеспечение для создания управляющих программ. Оно объединило в себе простейшую среду разработки и язык программирования, представляющий собой вариант языка C/C++ для микроконтроллеров.

В 2002 году программист Массимо Банци (Massimo Banzi) был принят на работу в должности доцента в Институт проектирования взаимодействий города Ивреа (Interaction Design Institute Ivrea, IDII) для продвижения новых способов разработки интерактивных проектов. Однако крошечный бюджет и ограниченное время доступа к лабораторной базе сводили его усилия практически на нет. В проектах Банци использовал устройство BASIC Stamp, разработанное калифорнийской компанией Parallax. Stamp представлял собой небольшую печатную плату с размещенными на ней источником питания, микроконтроллером, памятью и портами ввода/вывода для соединения с различной аппаратурой.

Программирование микроконтроллера осуществлялось на языке BASIC. BASIC Stamp имел две проблемы:

- недостаток вычислительной мощности и
- достаточно высокую цену, плата с основными компонентами стоила около 100 долларов.

Команда Банци решила самостоятельно создать плату, которая удовлетворяла бы всем их потребностям. Банци и его сотрудники поставили себе целью создать устройство, представляющее собой простую, открытую и легкодоступную платформу для разработки, с ценой — не более 30 долларов — приемлемой для студенческого кармана. Хотели они и выделить чем-то свое устройство на фоне прочих. Поэтому в противовес другим производителям, экономящим на количестве выводов печатной платы, они решили добавить их как можно больше, а также сделали свою плату синей, в отличие от обычных зеленых плат. [2]

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Ультразвуковой дальномер HC-SR04

Принцип работы ультразвукового дальномера основан на испускании ультразвука и его отражения от впереди находящихся предметов. Исходя из времени возвращения звука, по простой формуле, можно рассчитать расстояние до объекта. Дальномер HC-SR04 является самым дешевым дальномером для использования.

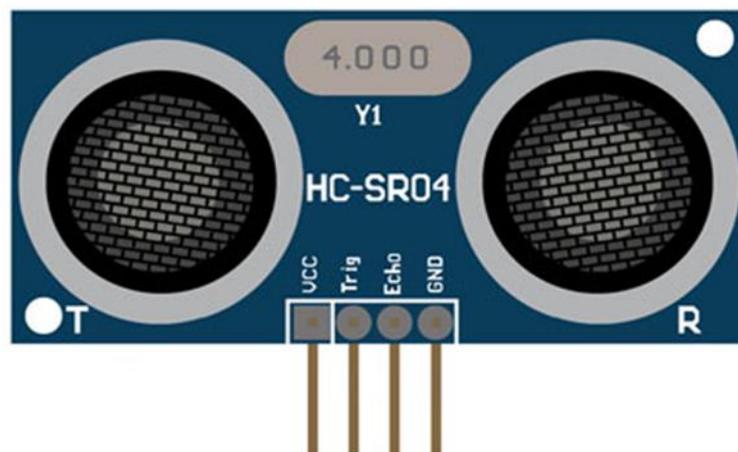


Рисунок 2.1- Ультразвуковой дальномер HC-SR04

Характеристики:

- напряжение питания 5 В;
- потребление в режиме тишины 2 мА;
- потребление при работе 15 мА;
- диапазон измеряемых расстояний 2–400 см
- эффективный угол наблюдения 15°;
- рабочий угол наблюдения 30°.

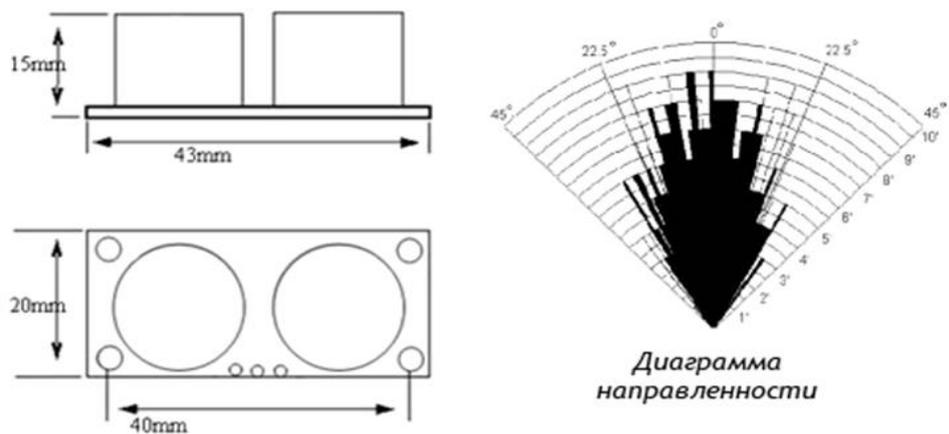


Рисунок 2.2 - Диаграмма направленности ультразвуковой дальномер HC-SR04

Принцип работы датчика можно условно разделить на 4 этапа:

1. Подаем импульс продолжительностью 10 мкс, на вывод Trig.
2. Внутри дальномера входной импульс преобразуется в 8 импульсов частотой 40 КГц и посылаются вперед через "Т глазик"
3. Дойдя до препятствия, посланные импульсы отражаются и принимаются . Получаем выходной сигнал на выводе Echo.
4. Непосредственно на стороне контроллера переводим полученный сигнал в расстояние по формуле:

$$\text{ширина импульса(мкс)} / 58 = \text{дистанция (см)}$$



Рисунок 2.3 - Диаграмма работы ультразвукового дальномера HC-SR04

Модуль оборудован четырех-пиновым разъемом стандарта 2.54мм

VCC: "+" питания

TRIG (T): Вывод входного сигнала

ECHO (R): Вывод выходного сигнала (продолжительность сигнала зависит от расстояния объекта до датчика)

GND: "-" питания

Таблица 2.1

Коммутация дальномера HC-SR04 и микроконтроллера Arduino

Дальномер HC-SR04	Arduino
VCC	+5V
TRIG	D9
ECHO	D8
GND	GND

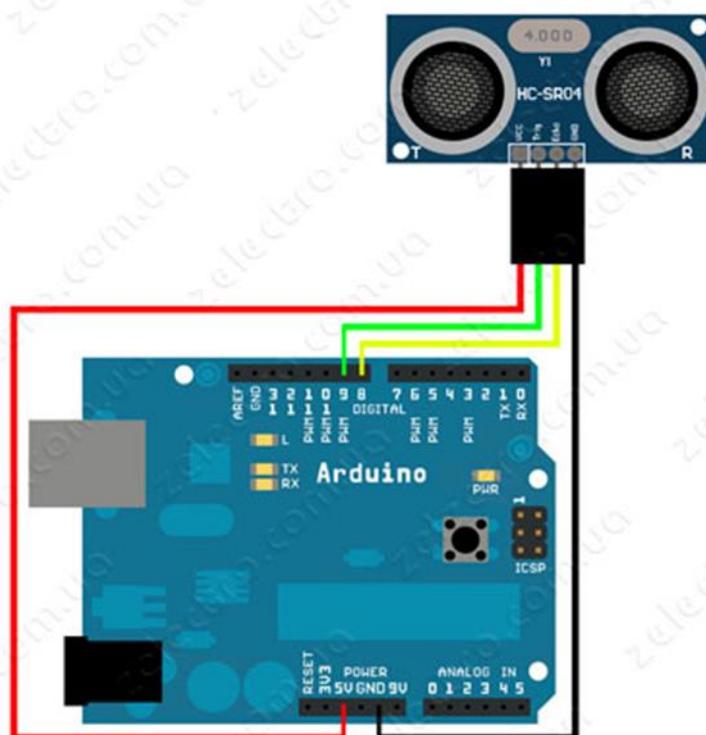


Рисунок 2.4 - Схема подключения ультразвукового дальномера HC-SR04 к плате Arduino

– если дистанция больше 10см, но меньше 350см, то «1» – факт проезда автомобиля. Текст программы (скетча) приведен в приложении Б. Результаты измерения приведены на рисунке 2.6.

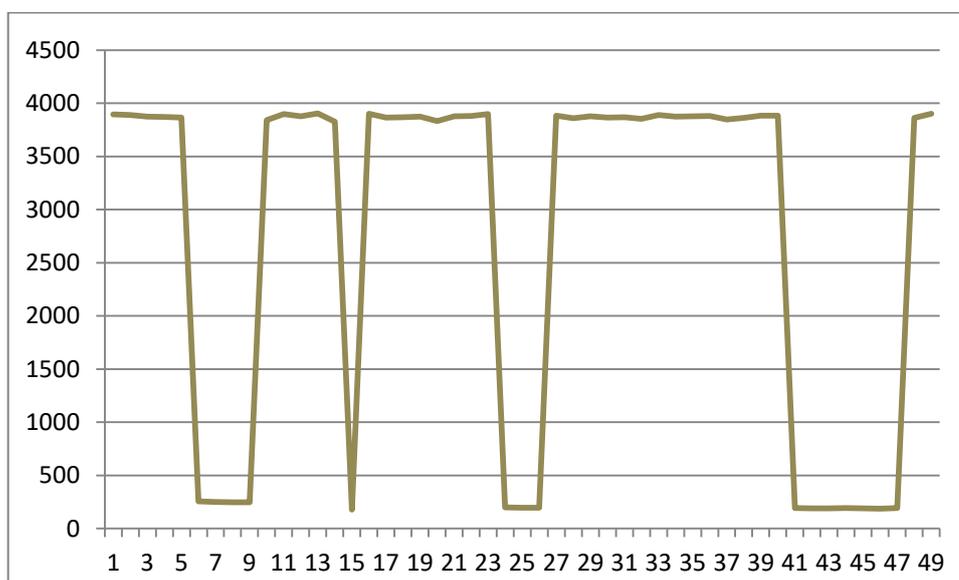


Рисунок 2.6 - Результаты преобразования измеренной дистанции в факт проезда автомобиля

2.4 Конструкция и методика использования ультразвукового детектора

Традиционной схемой установки детектора транспорта является его размещение над проезжей частью. Однако при проведении обследований подобная схема размещения сопряжена с необходимостью проведения монтажных работ. Для проведения обследований принято решение использование варианта с размещением детектора сбоку от проезжей части.

Конструктивно устройство состоит из направляющей, выполненной из профильной трубы, элементов крепления датчиков HC-SR04 и корпуса для размещения платы Arduino Uno (рисунок 2.7).

Для изменения положения датчиков по высоте направляющая крепится на штативе для видео и фото техники.

3 Исследование характеристик транспортного потока

3.1 Исследование скорости движения

Целью проведения исследования скорости движения являлось получение данных полевых наблюдений о желаемой скорости движения. Важным условием являлось наличие свободных условий движения, при которых автомобили участников движения оказывали бы минимальное воздействие друг на друга. В связи с указанным требованием исследование проводилось в выходной день в период с 21 до 22 часов на дороге-дублере ул. Окружной.

Скорость движения автомобилей определялась по времени τ проезда базового расстояния L_b между двумя датчиками HC-SR04. Скорость автомобиля V вычислялась следующим образом:

$$V = \frac{L_b}{\tau}.$$

Программа работы микроконтроллера приведена в приложении В.

Перед проведением измерений проводился калибровочный проезд автомобиля со скоростью 60 км/ч. Для надежной фиксации результатов датчики устройства были разнесены на расстояние 2,5 м.

Полученные результаты обрабатывались в программе Statistica. Выполнен подбор закона распределения скоростей транспортных средств. Наилучшим образом данным наблюдения соответствует логнормальный закон распределения (уровень значимости 0,97). Параметры закона распределения приведены на рисунке 3.1, гистограмма частот – на рисунке 3.2.

Результаты исследований показали, что при микроскопическом моделировании движения транспортных средств необходимо устанавливать желаемую скорость движения автомобилей по логнормальному закону, при этом среднее значение скорости составляет 60 км/ч с вариацией значений 105,38.

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

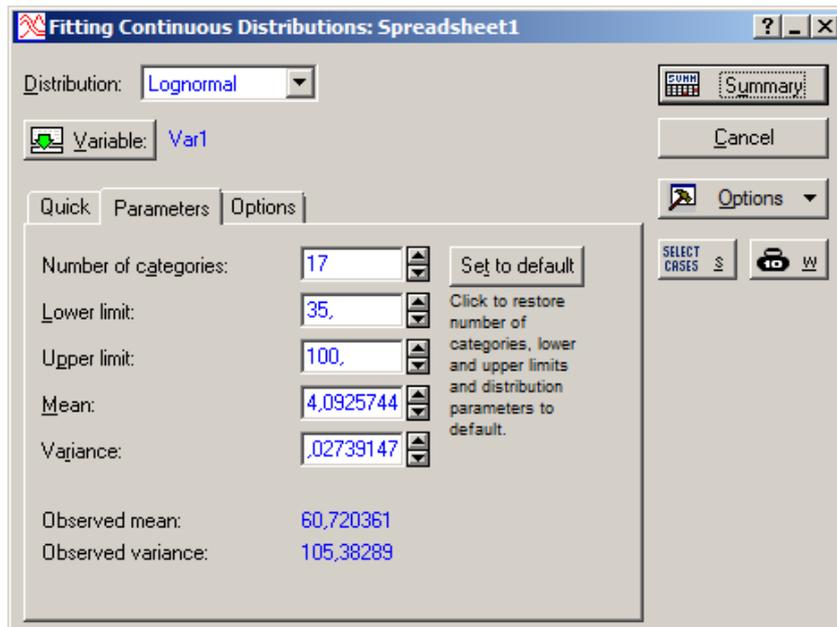


Рисунок 3.1 – Параметры закона распределения желаемых скоростей движения автомобилей в городских условиях движения.

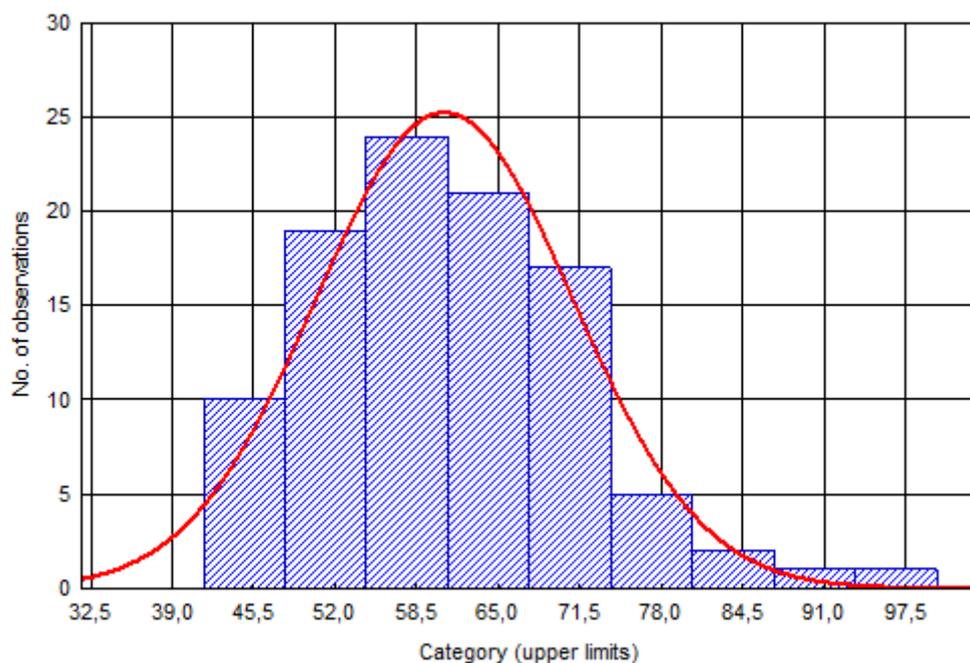


Рисунок 3.2 – Распределение частот скоростей автомобилей при движении в условиях города

3.2 Исследование интервалов между автомобилями

Исследование интервалов движения проводилось для различной интенсивности движения и на разном расстоянии от светофорного объекта.

Территориально исследования проведены на двух участках – по ул. Байдукова и ул. Рахманинова. На указанных участках имеется светофорное регулирование.

Текст программы управления микроконтроллером, выполняющий измерение интервалов между автомобилями приведен в приложении Г. особенностью работы программного обеспечения являлось фиксация интервала движения по первому сигналу о появлении автомобиля в сечении (по передним бамперам).

Результаты измерений в виде диаграмм частности приведены на рисунках 3.4 – 3.5.

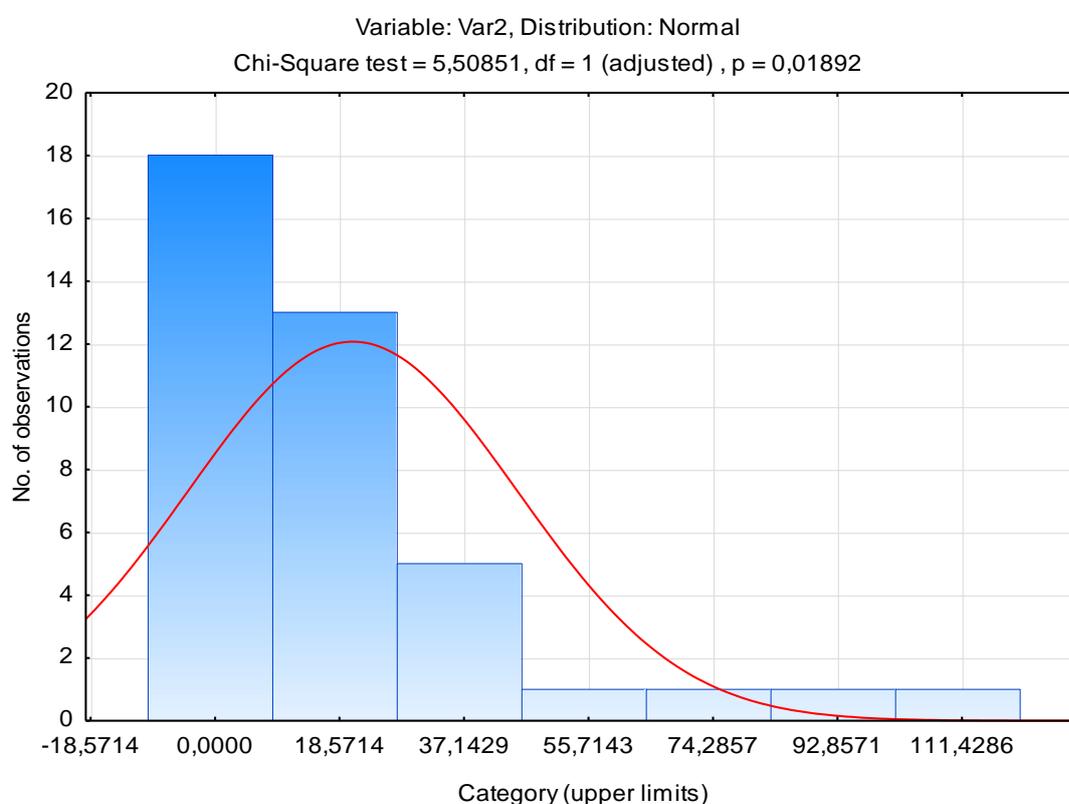


Рисунок 3.3 – Частностью интервалов движения автомобилей на участке измерений по ул. Рахманинова

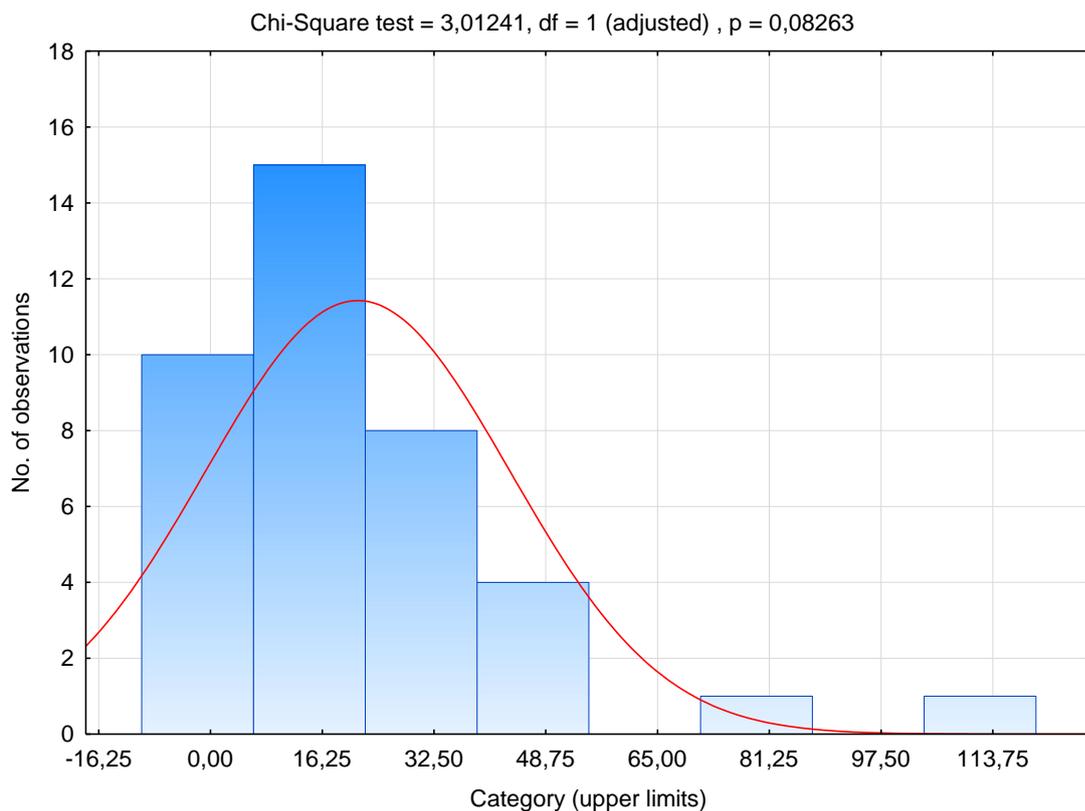


Рисунок 3.4 – Частностью интервалов движения автомобилей на участке измерений по ул. Байдукова со стороны ул. Литвинова

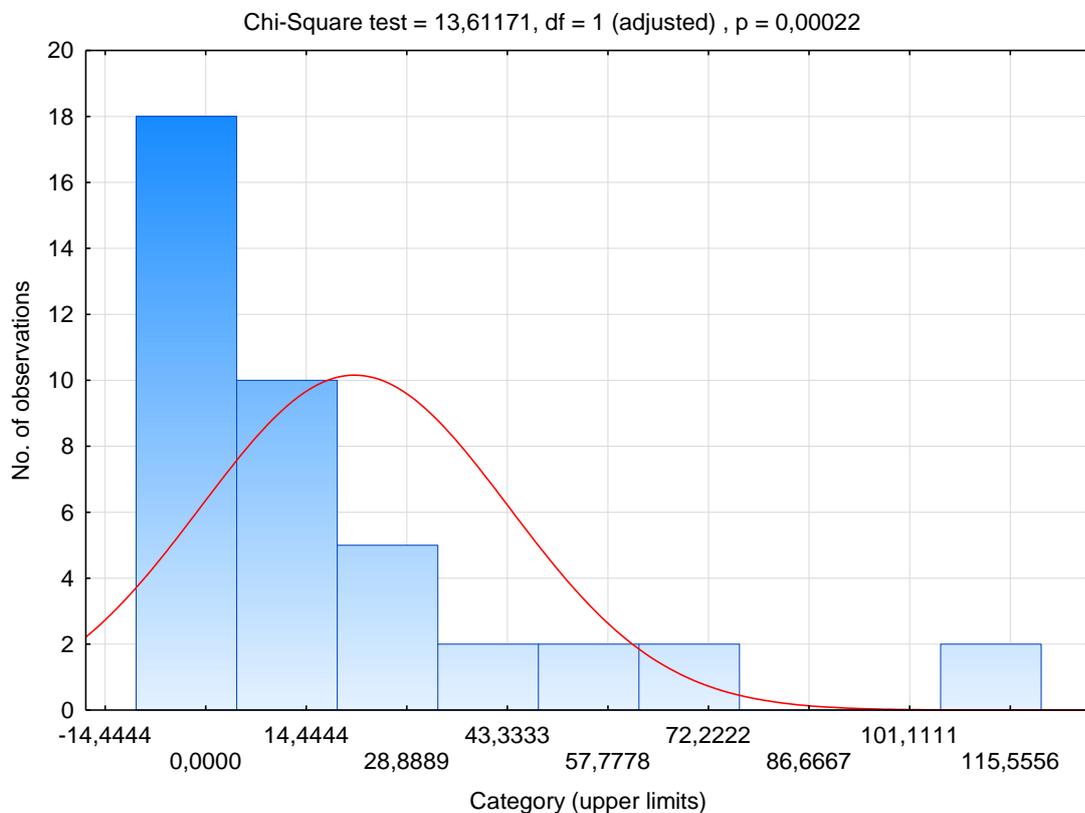


Рисунок 3.5 – Частностью интервалов движения автомобилей на участке измерений по ул. Байдукова со стороны ул. Гагарина

Как видим, распределение интервалов имеет схожий вид с характерным эксцессом в области малых интервалов движения. Данный эффект объясняется наличием светофорных объектов, формирующих группы автомобилей.

3.3 Исследование циклических профилей транспортных потоков

Для выявления возможностей использования координированного управления и вычисления его параметров важной характеристикой является циклический профиль потока – представление транспортного потока в виде временного ряда с малым периодом агрегации (от 1 до 6 с.).

Текст программы микроконтроллера, выполняющей измерения циклического профиля, приведен в приложении Д, а результаты исследований – на рисунках 3.6 – 3.7.

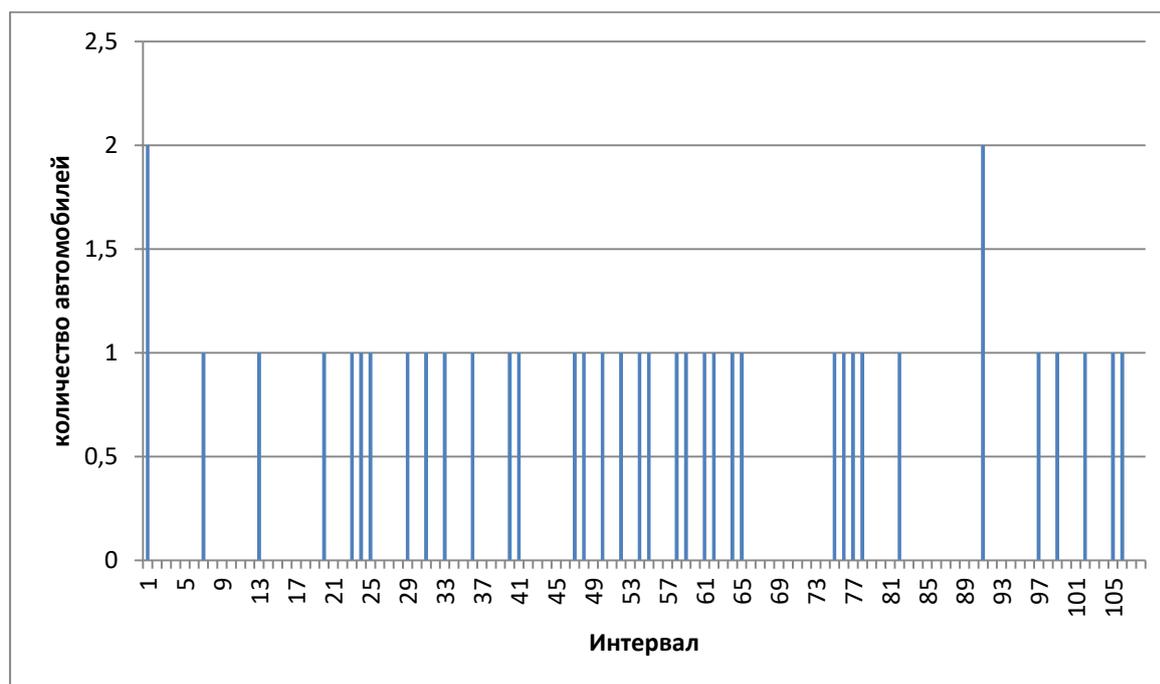


Рисунок 3.6 – Циклический профиль по ул. Рахманинова

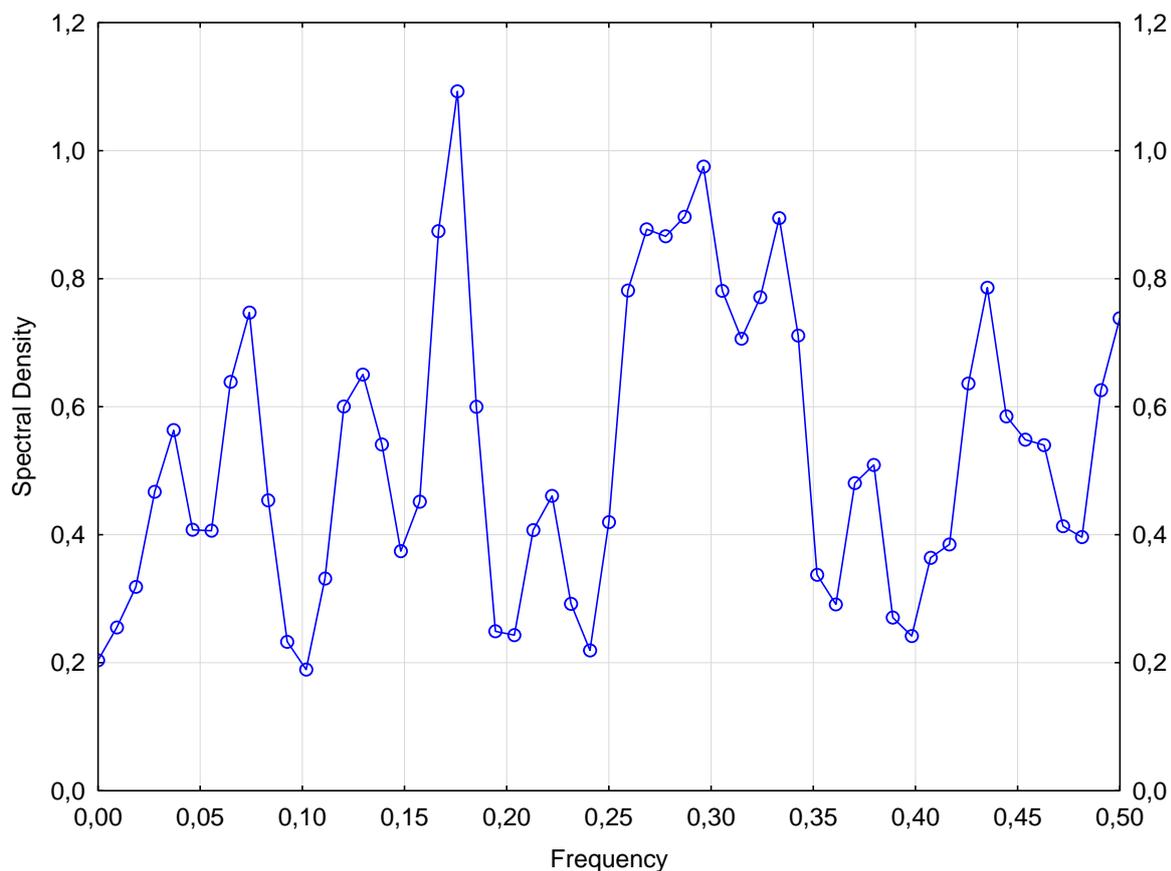


Рисунок 3.7 – Спектральная плотность циклического профиля по ул. Рахманинова

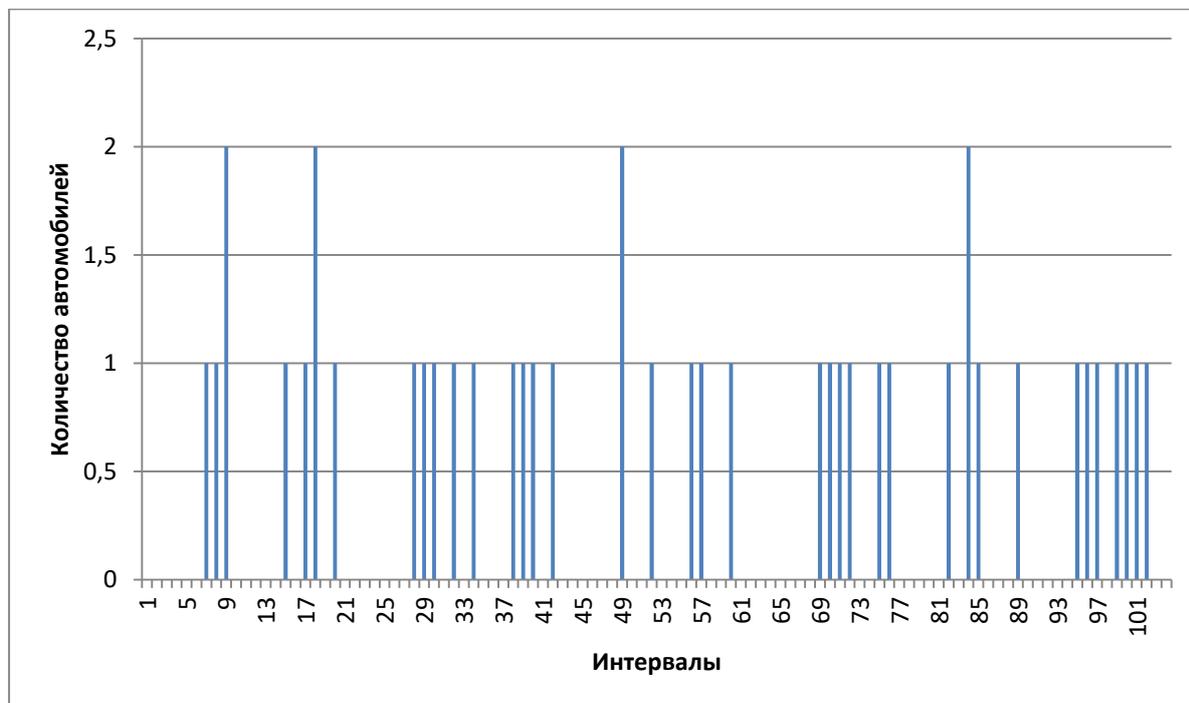


Рисунок 3.8 – Циклический профиль по ул. Байдукова со стороны ул. Гагарина

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ВКР-2069059-23.04.01-141409-17

Лист

39

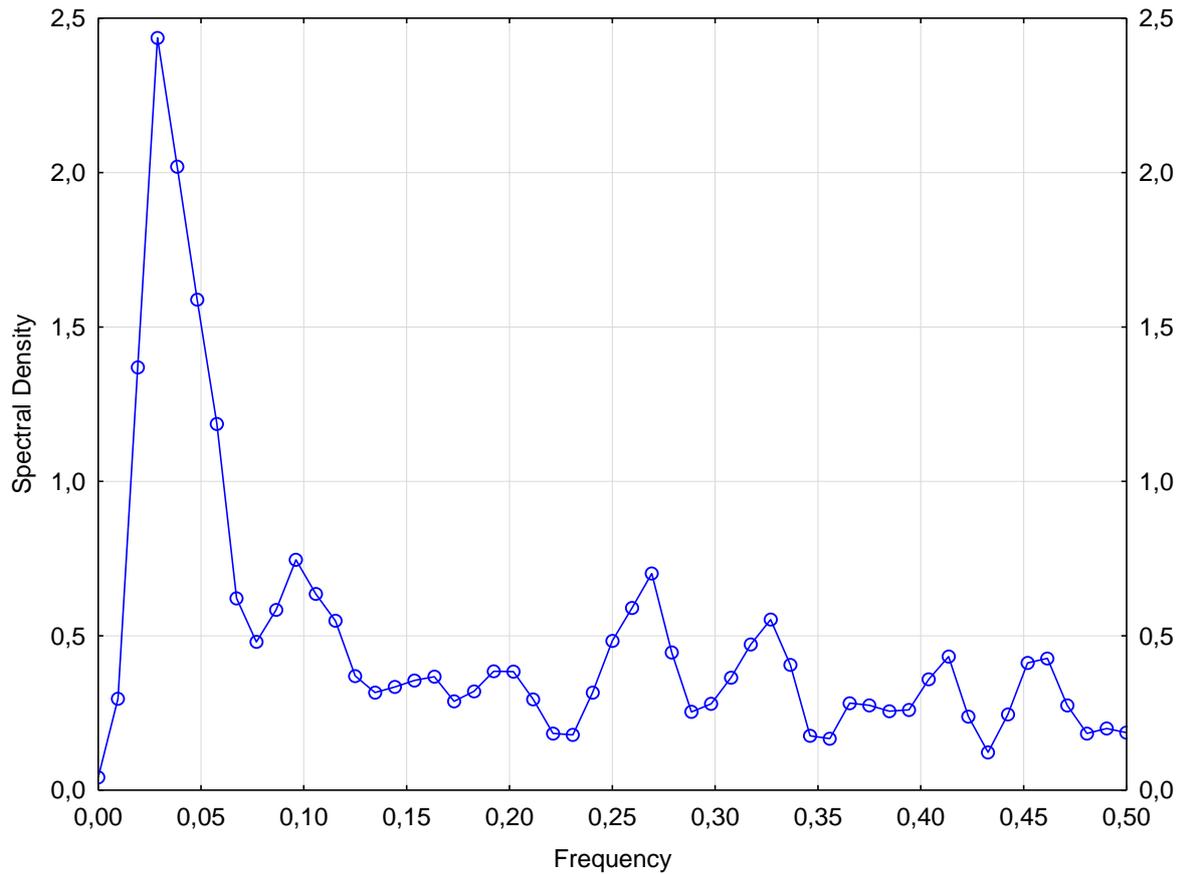


Рисунок 3.7 – Спектральная плотность циклического профиля по ул. Байдукова со стороны ул. Гагарина

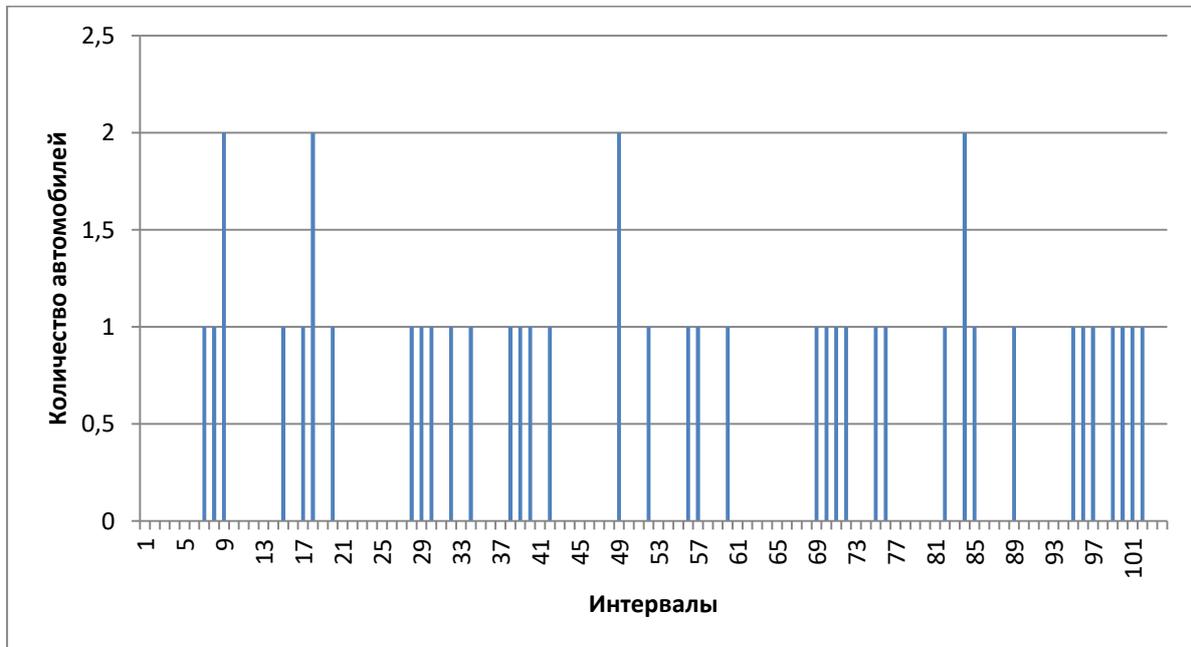


Рисунок 3.10 – Циклический профиль по ул. Байдукова со стороны ул. Литвинова

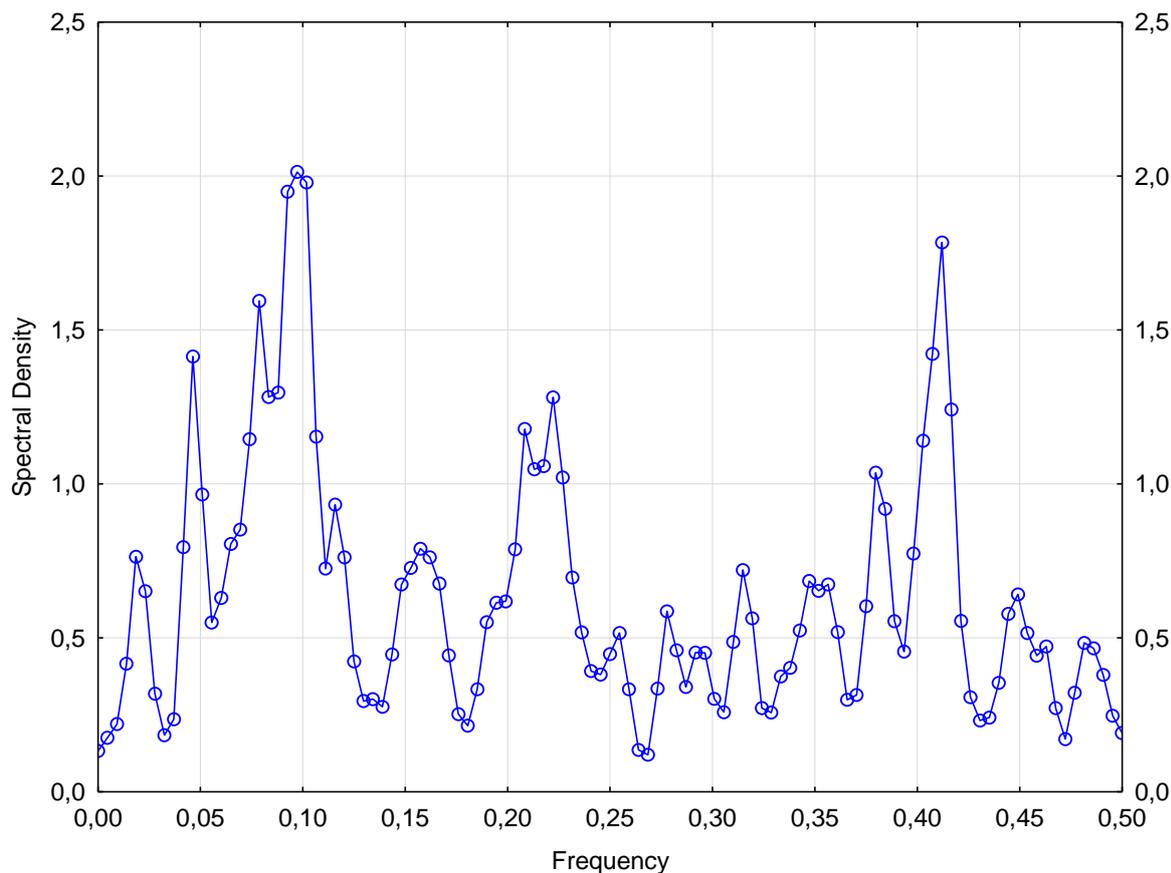


Рисунок 3.7 – Спектральная плотность циклического профиля по ул. Байдукова со стороны ул. Литвинова

Циклический профиль представляет собой классический пример временного ряда – упорядоченного по времени последовательности значений некоторой произвольной переменной величины. Каждое отдельное значение данной переменной называется отсчётом временного ряда. Тем самым, временной ряд существенным образом отличается от простой выборки данных.

Для анализа характера временных рядов используется совокупность математико-статистических методов анализа, предназначенных для выявления структуры временных рядов и для их прогноза. Сюда относятся, в частности, методы регрессионного анализа. Выявление структуры временного ряда необходимо для того, чтобы построить математическую модель того явления, которое является источником анализируемого временного ряда. Прогноз будущих значений временного ряда используется для эффективного принятия решений.

Методы анализа временных рядов.

1. Спектральный анализ. Позволяет находить периодические составляющие временного ряда.

2. Корреляционный анализ. Позволяет находить существенные периодические зависимости и соответствующие им задержки (лаги) как внутри одного ряда (автокорреляция), так и между несколькими рядами. (кросскорреляция)

3. Сезонная модель Бокса-Дженкинса. Применяется когда временной ряд содержит явно выраженный линейный тренд и сезонные составляющие. Позволяет предсказывать будущие значения ряда. Модель была предложена в связи с анализом авиаперевозок.

4. Прогноз экспоненциально взвешенным скользящим средним. Простейшая модель прогнозирования временного ряда. Применима во многих случаях. В том числе, охватывает модель ценообразования на основе случайных блужданий.

Цель спектрального анализа - разложить ряд на функции синусов и косинусов различных частот, для определения тех, появление которых особенно существенно и значимо. Один из возможных способов сделать это - решить задачу линейной множественной регрессии, где зависимая переменная - наблюдаемый временной ряд, а независимые переменные или регрессоры: функции синусов всех возможных (дискретных) частот.

Таким образом, спектральный анализ позволяет выявить периодические закономерности, в нашем случае – устойчивых групп автомобилей.

Для проведения анализа использовался инструмент «Time series» программы Statistica. Результаты анализа свидетельствуют о следующем:

1. По ул. Рахманинова и ул. Байдукова со стороны ул. Литвинова в циклическом профиле распределение частот равномерное, что свидетельствует о случайном характере появления транспортных средств;

2. В циклическом профиле транспортного потока, движущегося по ул. ул. Байдукова со стороны ул. Гагарина распределение частот не равномерное, с

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

выраженным максимумом, что свидетельствует о наличии устойчивых групп автомобилей.

Выводы по главе 3

Поведенное исследование показало возможность использования разработанного ультразвукового детектора транспорта для исследования характеристик транспортных потоков.

Исследование скорости движения автомобилей показало, что желаемая скорость в условиях населенных пунктов составляет 60 км/ч с вариацией значений 105,38.

Распределение интервалов движения автомобилей имеет схожий вид с характерным эксцессом в области малых интервалов движения. Данный эффект объясняется наличием светофорных объектов.

Представление транспортного потока в виде циклического профиля – по всей видимости, наиболее информативный способ представления транспортного потока. Использование методов спектрального анализа позволяет выявить периодические закономерности, в нашем случае – наличие устойчивых групп автомобилей.

Отсутствие группового характера движения транспортных средств по ул. Рахманинова и ул. Байдукова со стороны ул. Литвинова, несмотря на наличие светофорных объектов, по всей видимости, объясняется совокупностью избыточности длительности светофорного цикла. В потоке несмотря на наличие групп, существенно влияние стохастических факторов.

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Заключение

Проведенный анализ существующих теоретических моделей транспортного потока показал, что его основными характеристиками в условиях движения в городах, подлежащими исследованию, следует признать желаемую скорость транспортного потока, интервалы следования между автомобилями и циклический профиль транспортного потока.

Для проведения исследований был разработан ультразвуковой детектор транспорта на основе микроконтроллера Arduino и ультразвукового датчика HC-SR04. Устройство позволяет определять все выше указанные характеристики транспортных потоков.

Исследование скорости движения автомобилей показало, что желаемая скорость в условиях населенных пунктов составляет 60 км/ч с вариацией значений 105,38.

Распределение интервалов движения автомобилей в различных условиях городского движения имеет характерный эксцесс в области малых интервалов движения, по всей видимости связанный с наличием светофорных объектов.

Представление транспортного потока в виде циклического профиля является наиболее информативный способ представления транспортного потока. Использование методов спектрального анализа позволяет выявить периодические закономерности, в нашем случае – наличие устойчивых групп автомобилей.

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Литература

1. Власов А. А. Теория транспортных потоков/ А. А. Власов: монография. – Пенза: Изд-во ПГУАС, 2014. – 121 с.
2. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие [Текст]/ Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А., Холодов Я.А., Шамрай Н.Б; Приложения: Бланк М.Л., Гасникова Е.В., Замятин А.А., Малышев В.А., Колесников А.В., Райгородский А.М; Под ред. А.В. Гасникова – М.: МФТИ, 2010. — 360 с
3. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей [Текст]/ Швецов В.И., Алиев А.С. – М.: Едиториал УРСС, 2003. - 64 с. ISBN 5-354-00385-7
4. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса [Текст] / Семёнов, В. В. // препринт № 34 Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, 2004.
5. Моделирование дорожного движения : учебное пособие [Электронный ресурс]: для студентов специальности 190702 «Организация и безопасность движения» очной формы обучения / А. В. Косолапов – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ, 2012.
6. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.
7. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
8. A model for the structure of lane changing decisions / P. A. Gipps // Transportation Research Part B. 20(5). 1986. pp. 107–120
9. Brian W.Evans Arduino Programming Notebook.– 2007 - 40с.
10. Traffic dynamics; studies in car following./ Chandler, R., R. Herman, and E. Montroll // Operations Research №6. 1958. pp. 165-168.

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Приложения

Приложение А

```
#include "Ultrasonic.h"

// sensor connected to:
// Trig - 8, Echo - 9
Ultrasonic ultrasonic(8, 9);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);           // start the serial port
}

void loop()
{
  int out
  float dist_cm = ultrasonic.Ranging(CM); // get distance
  if (dist_cm > 50)
  {
    out=0
  }
  else if (dist_cm>300)
  {
    out=0
  }
  else
  {
    out=1.0
  }

  Serial.println(out);         // print the distance

  delay(100);                 // arbitrary wait time.
}
```

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ВКР-2069059-23.04.01-141409-17

```

#include "Ultrasonic.h"
// sensor connected to:
// Trig - 8, Echo - 9
int avTime=10;
int out=0;
int outOld;
int diff;
int myArray[10];
Ultrasonic ultrasonic(8, 9);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);           // start the serial port
}
void loop()
{
  int a;
  for(int j=0; j<avTime;j++)
  {
    a=0;
    for(int i=0; i<10;i++)
    {
      outOld=out;
      float dist_cm = ultrasonic.Ranging(CM);    // get distance
      if (dist_cm<10.0 || dist_cm>350)
      {
        out=0;
      }
      else
      {
        out=1;
      }
      diff=out-outOld;
      if (diff==1)
      {
        a++;
      }
      delay(100);
    }
    myArray[j]=a;
  }
  //Serial.print(dist_cm);
  //Serial.print(" cm ");
  // Serial.println(out);
  //Serial.print(" diff= ");           // print the distance
  for(int n=0; n<avTime;n++)
  {
    Serial.print(myArray[n]);
    Serial.print(' ');
  }
  Serial.print('\n');
}

```

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

```

const int trig1Pin = 12;
const int echo1Pin = 11;

const int trig2Pin = 10;
const int echo2Pin = 9;

const long sensorDist = 0.25;

void setup() {
  pinMode(trig1Pin, OUTPUT); // триггер - выходной пин
  pinMode(echo1Pin, INPUT); // эхо - входной

  pinMode(trig2Pin, OUTPUT); // триггер - выходной пин
  pinMode(echo2Pin, INPUT); // эхо - входной

  Serial.begin(9600); // инициализация послед. порта
}

void loop() {
  // Инициализация переменных состояния
  int sensorState1 = 0;
  int sensorState2 = 0;
  int timeStep = 0;
  float speedVech=0;

  long distance1 = getDistance1(); // получаем дистанцию с датчика №1
  delay(50);
  long distance2 = getDistance2(); // получаем дистанцию с датчика №2
  delay(50);
  if (distance1<300 && sensorState1==0)
  {
    timeStep=1;
    sensorState1=1;
  }
  else {timeStep = timeStep + 1;}

  if (distance2<300 && sensorState2==0)
  {
    speedVech= sensorDist / (timeStep*50/1000);
    sensorState2=1;
    // Вывод в последовательный порт информацию
    Serial.println(speedVech);
    Serial.print(" ");
  }
  else if (distance2<2.5 && sensorState2==1)
  {
    sensorState2=1;
  }
  else {sensorState2=0;}
}

```

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

```

// Определение дистанции до объекта в см
long getDistance1() {
  long distacne_cm = getEchoTiming1() * 1.7 * 0.01;
  return distacne_cm;
}

// Определение дистанции до объекта в см
long getDistance2() {
  long distacne_cm = getEchoTiming2() * 1.7 * 0.01;
  return distacne_cm;
}

// Определение времени задержки
long getEchoTiming1() {
  digitalWrite(trig1Pin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trig1Pin, HIGH); // генерируем импульс запуска
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig1Pin, LOW);
  // определение на пине echoPin длительности уровня HIGH, мксек:
  long duration = pulseIn(echo1Pin, HIGH);
  return duration;
}

// Определение времени задержки
long getEchoTiming2() {
  digitalWrite(trig2Pin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trig2Pin, HIGH); // генерируем импульс запуска
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig2Pin, LOW);
  // определение на пине echoPin длительности уровня HIGH, мксек:
  long duration = pulseIn(echo2Pin, HIGH);
  return duration;
}

```



```

const int trig1Pin = 12;
const int echo1Pin = 11;
int sensorState = 0;

void setup() {
  pinMode(trig1Pin, OUTPUT); // триггер - выходной пин
  pinMode(echo1Pin, INPUT); // эхо - входной
  Serial.begin(9600); // инициализация послед. порта
}

void loop() {
  // Инициализация переменных состояния
  int vechScore = 0;

  for (int i=0; i<15; i++)
  {
    long distance = getDistance1(); // получаем дистанцию с датчика
    delay(88);
    if (distance<50){distance=400;}
    if (distance<300 && sensorState==0)
    {
      vechScore = vechScore + 1;
      sensorState=1;
    }
    else if (distance<300 && sensorState==1)
    {sensorState=1;}
    else {sensorState=0;}
  }
  Serial.println(vechScore);
  //Serial.print(" ");
}

// Определение дистанции до объекта в см
long getDistance1() {
  long distacne_cm = getEchoTiming1() * 1.7 * 0.01;
  return distacne_cm;
}

// Определение времени задержки
long getEchoTiming1() {
  digitalWrite(trig1Pin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trig1Pin, HIGH); // генерируем импульс запуска
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig1Pin, LOW);
  // определение на пине echoPin длительности уровня HIGH, мксек:
  long duration = pulseIn(echo1Pin, HIGH);
  return duration;
}

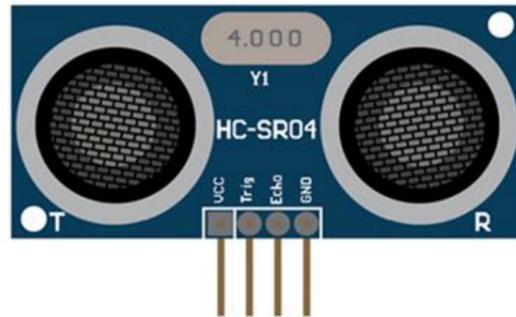
```

					ВКР-2069059-23.04.01-141409-17	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

КОНСТРУКЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕТЕКТОРА ТРАНСПОРТА

Коммутация датчика HC-SR04 и микроконтроллера Arduino

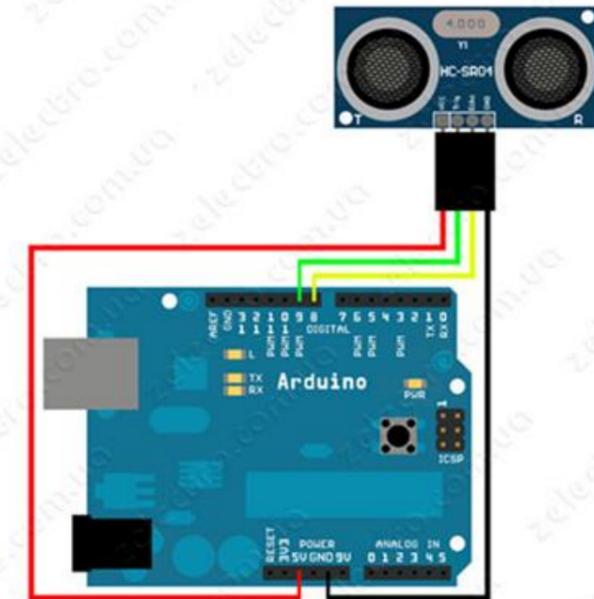
Ультразвуковой датчик HC-SR04



Характеристики:

- напряжение питания 5 В;
- потребление в режиме тишины 2 мА;
- потребление при работе 15 мА;
- диапазон измеряемых расстояний 2–400 см
- эффективный угол наблюдения 15°;
- рабочий угол наблюдения 30°.

Диаграмма работы ультразвукового датчика HC-SR04



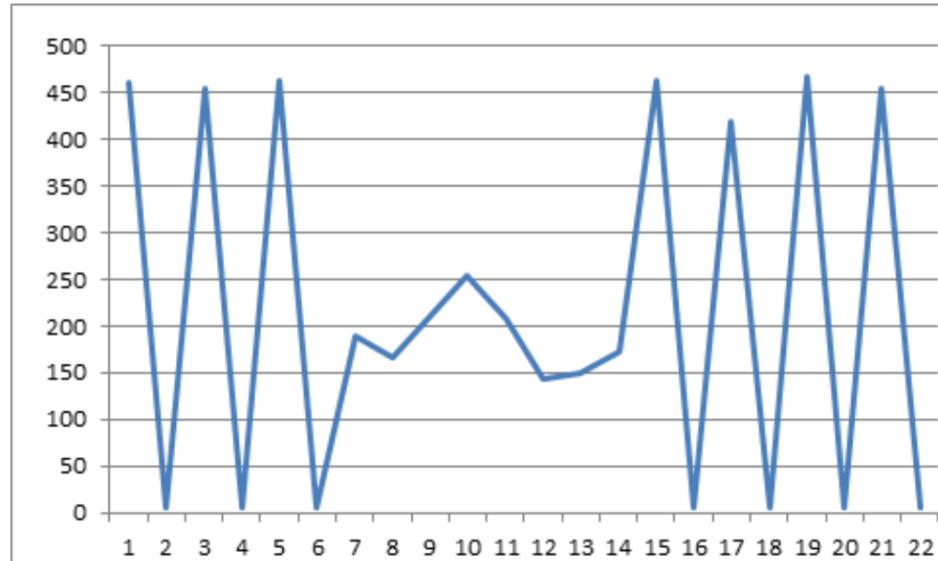
Датчик HC-SR04	Arduino
VCC	+5V
TRIG	D9
ECHO	D8
GND	GND

					ВКР-2069059-23.04.01-151274-17				
					Исследование характеристик транспортных потоков в условиях городского движения				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Конструкция ультразвукового детектора транспорта	Литер	Лист	Листов	
Зав.Каф.	Ильина И.Е.					В	К	Р	1
Руковод.	Власов А.А.							ПГУАС Каф.ОБД группа ТТТ-21м	
Н.контр.	Ильина И.Е.								
Студент	Темников А.А.								

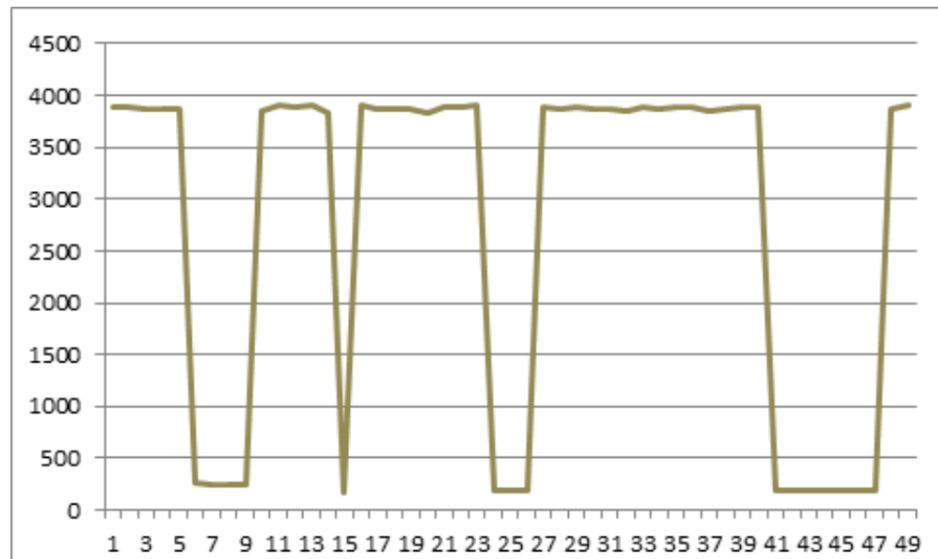
АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ РАССТОЯНИЯ

Скетч управления микроконтроллером

Результаты измерения расстояния до объекта при установке датчика сбоку от проезжей части



Результаты преобразования измеренной дистанции в факт проезда автомобиля



```
#include "Ultrasonic.h"
// sensor connected to:
// Trig - 8, Echo - 9
Ultrasonic ultrasonic(8, 9);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);           // start the serial port
}

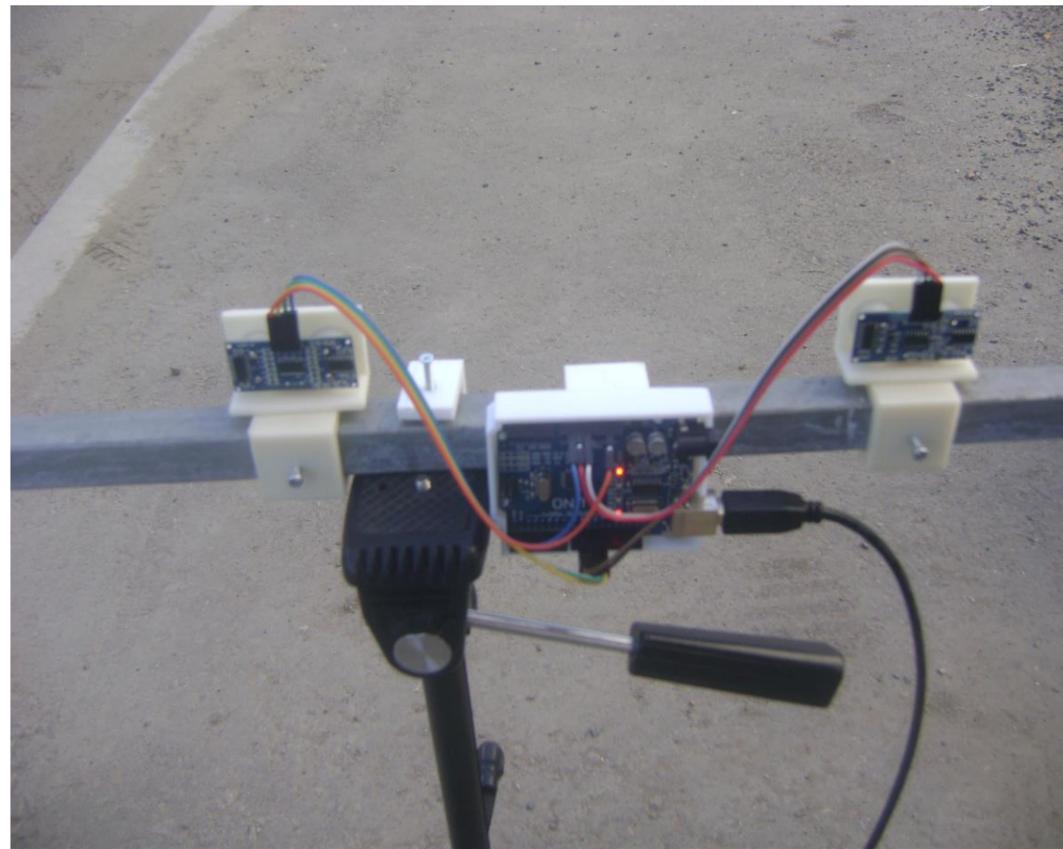
void loop()
{
  int out;
  float dist_cm = ultrasonic.Ranging(CM); // get distance
  if (dist_cm > 50)
  {
    out=0;
  }
  else if (dist_cm>300)
  {
    out=0;
  }
  else
  {
    out=1.0;
  }

  Serial.println(out);           // print the distance
  delay(100);                   // arbitrary wait time.
}
```

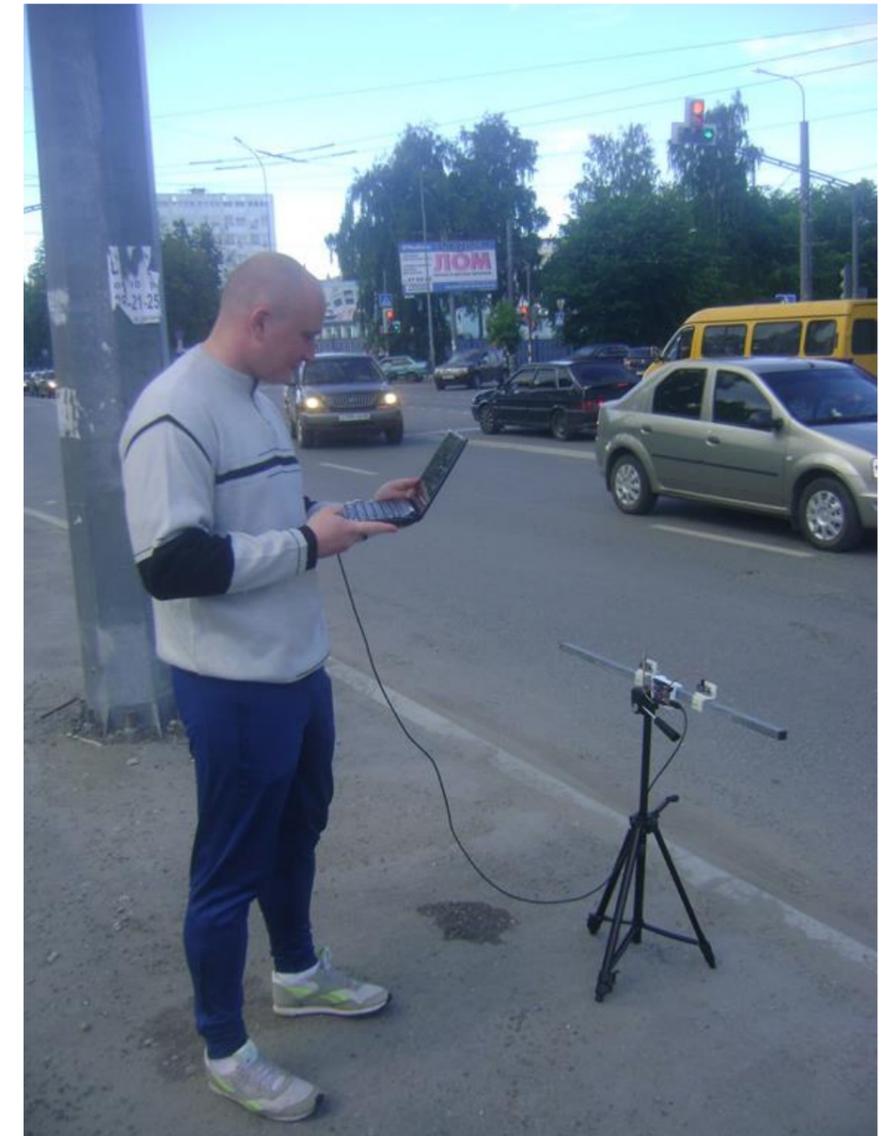
					ВКР-2069059-23.04.01-151274-17					
					<i>Исследование характеристик транспортных потоков в условиях городского движения</i>					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Алгоритм обработки измерений расстояния			Литер	Лист	Листов
Зав.Каф.	Ильина И.Е.							В	К	Р
Руковод.	Власов А.А.									
Н.контр.	Ильина И.Е.							ПГУАС Каф.ОБД группа ТТП-21м		
Студент	Темников А.А.									

РАБОТА С ДЕТЕКТОРОМ ТРАНСПОРТА

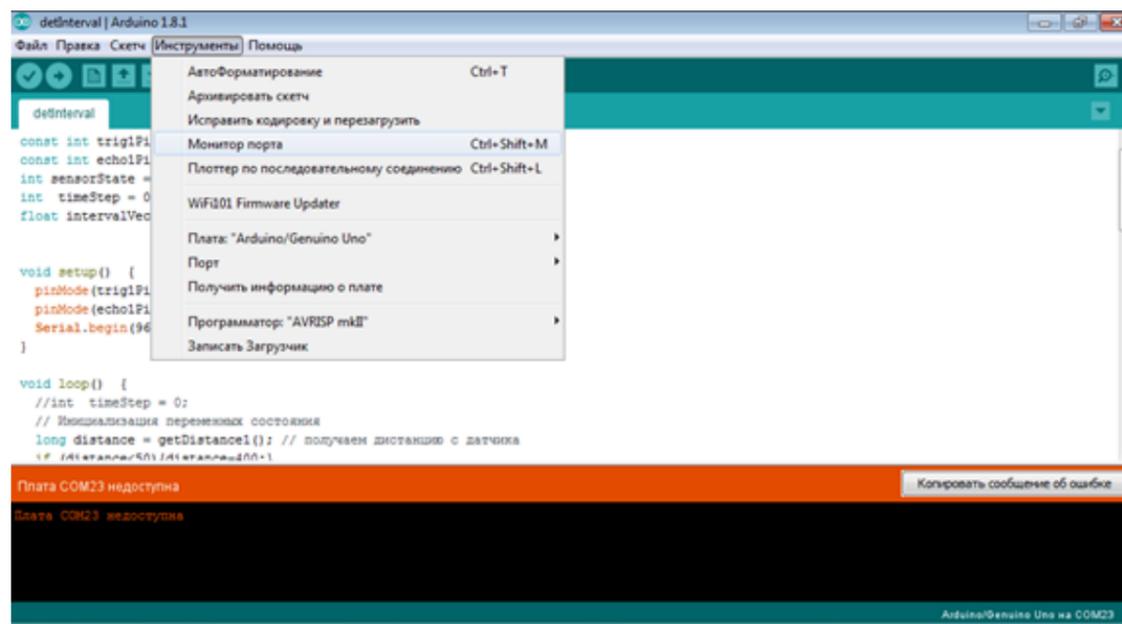
Конструкция ультразвукового детектора



Комплекс для проведения исследований характеристик транспортных потоков

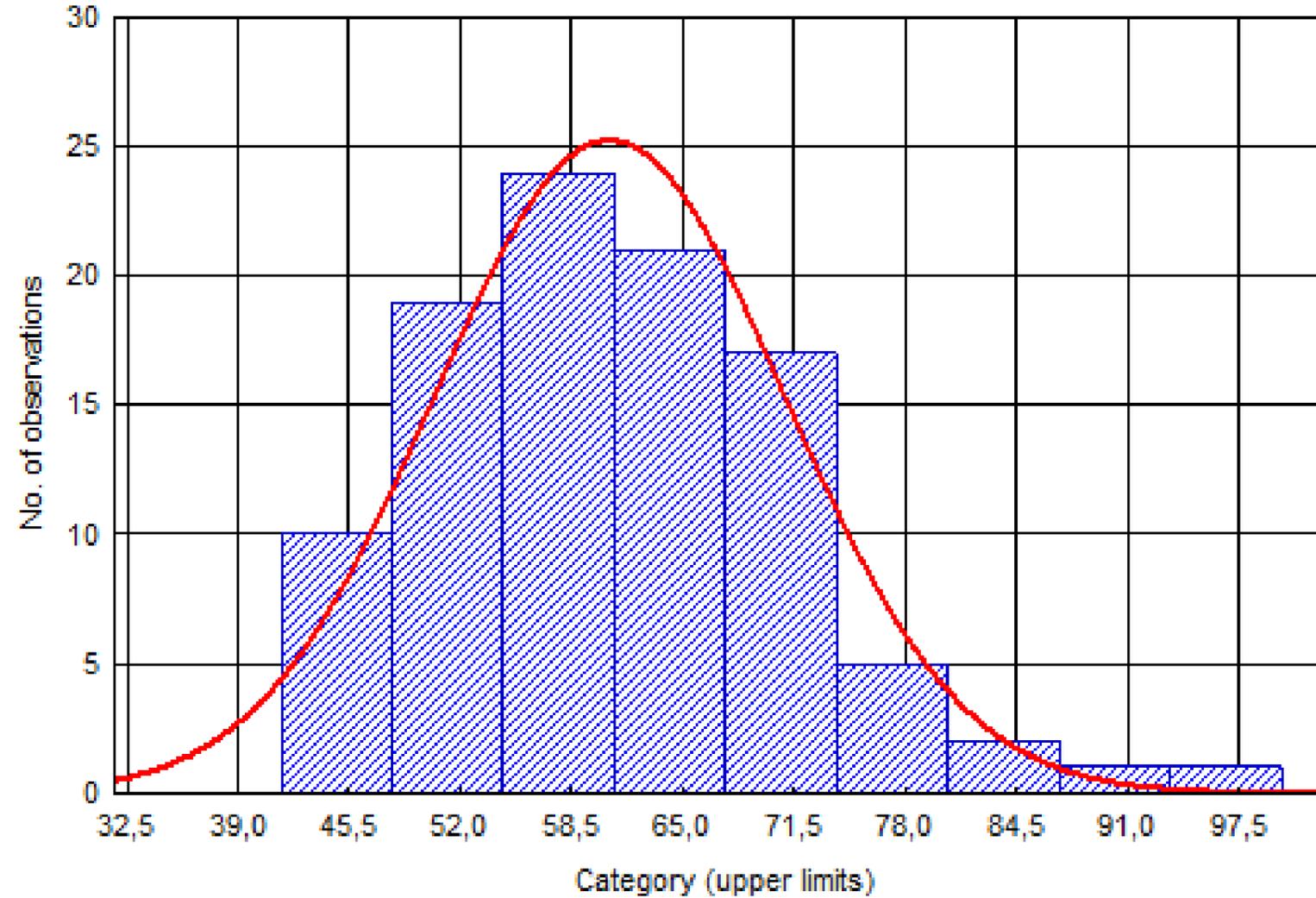


Включение инструмента «Монитор последовательного порта» среды разработки Arduino



					ВКР-2069059-23.04.01-151274-17					
					<i>Исследование характеристик транспортных потоков в условиях городского движения</i>					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>Работа с детектором транспорта</i>			Литер	Лист	Листов
Зав.Каф.	Ильина И.Е.							В	К	Р
Руковод.	Власов А.А.									
Н.контр.	Ильина И.Е.							ПГУАС Каф.ОБД группа ТТТ-21м		
Студент	Темников А.А.									

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА



Fitting Continuous Distributions: Spreadsheet1

Distribution: **Lognormal**

Variable: **Var1**

Quick Parameters Options

Number of categories: **17**

Lower limit: **35**

Upper limit: **100**

Mean: **4,0925744**

Variance: **,02739147**

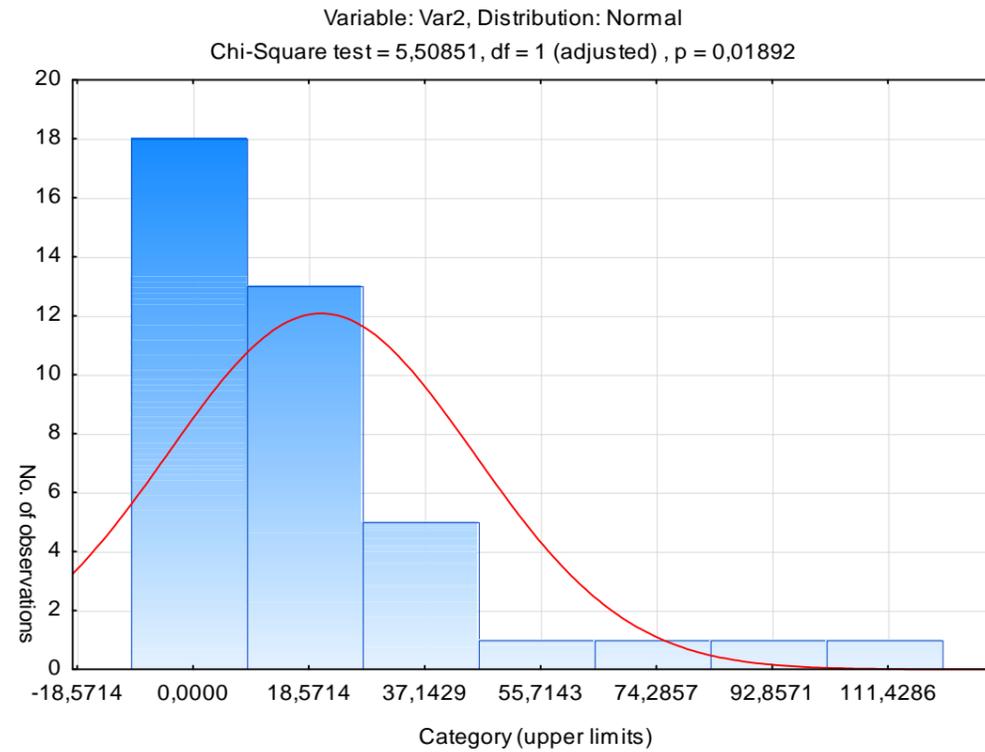
Observed mean: **60,720361**

Observed variance: **105,38289**

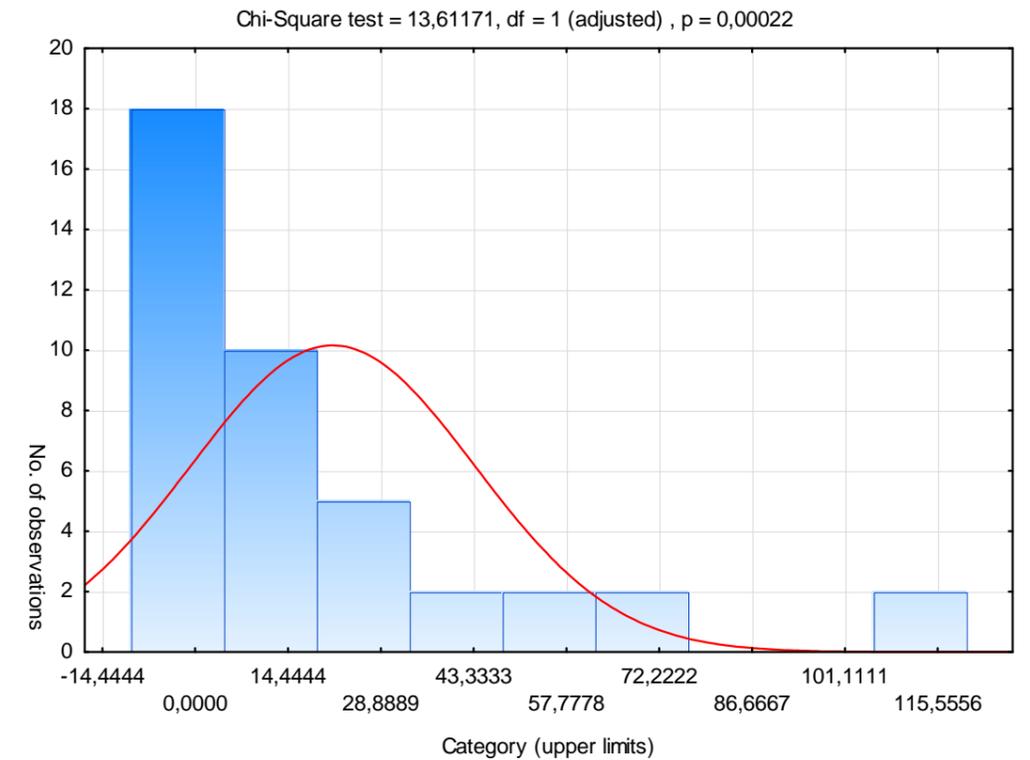
					ВКР-2069059-23.04.01-151274-17					
					<i>Исследование характеристик транспортных потоков в условиях городского движения</i>					
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Исследование скоростного режима</i>			<i>Литер</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Зав.Каф.</i>	<i>Ильина И.Е.</i>							В	К	Р
<i>Руковод.</i>	<i>Власов А.А.</i>									
<i>Н.контр.</i>	<i>Ильина И.Е.</i>				ПГУАС Каф.ОБД группа ТТП-21м					
<i>Студент</i>	<i>Темников А.А.</i>									

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРВАЛОВ МЕЖДУ АВТОМОБИЛЯМИ

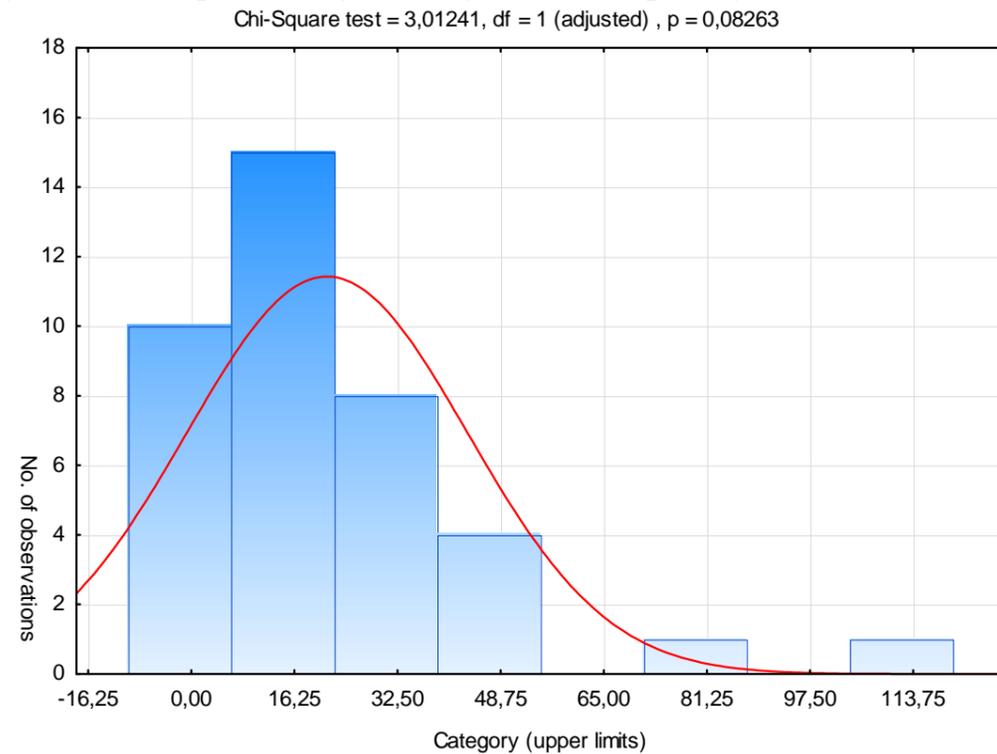
Частностью интервалов движения автомобилей на участке измерений по ул. Рахманинова



Частностью интервалов движения автомобилей на участке измерений по ул. Байдукова со стороны ул. Гагарина



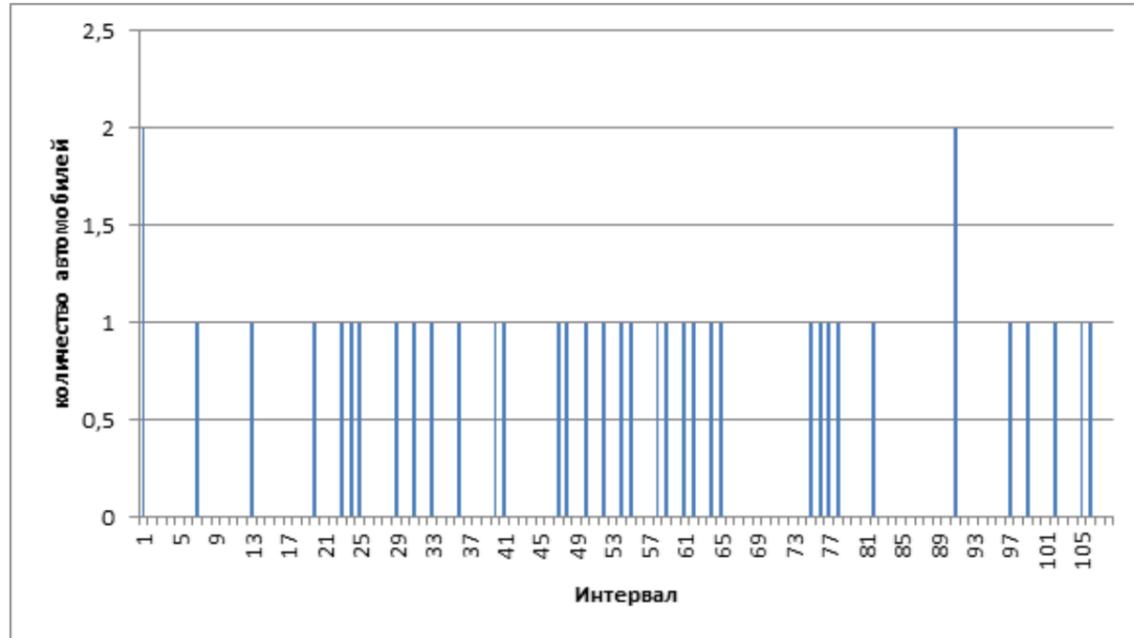
Частностью интервалов движения автомобилей на участке измерений по ул. Байдукова со стороны ул. Литвинова



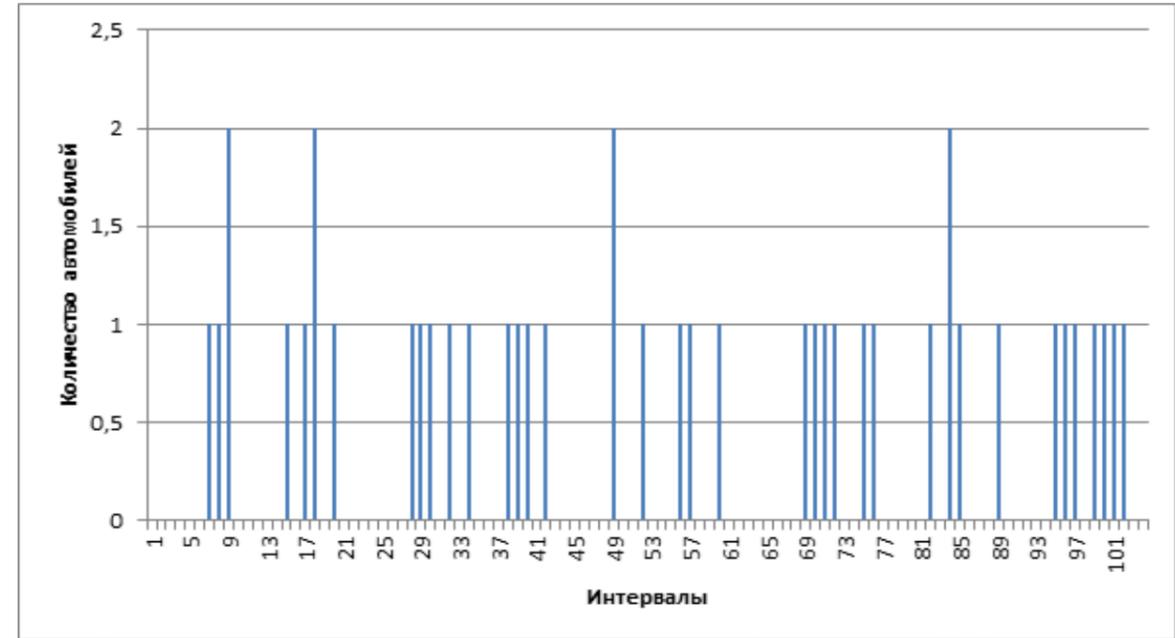
					ВКР-2069059-23.04.01-151274-17					
					<i>Исследование характеристик транспортных потоков в условиях городского движения</i>					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>Исследование интервалов между автомобилями</i>			Литер	Лист	Листов
Зав.Каф.	Ильина И.Е.							В	К	Р
Руковод.	Власов А.А.									
Н.контр.	Ильина И.Е.							ПГУАС Каф.ОБД группа ТТП-21м		
Студент	Темников А.А.									

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

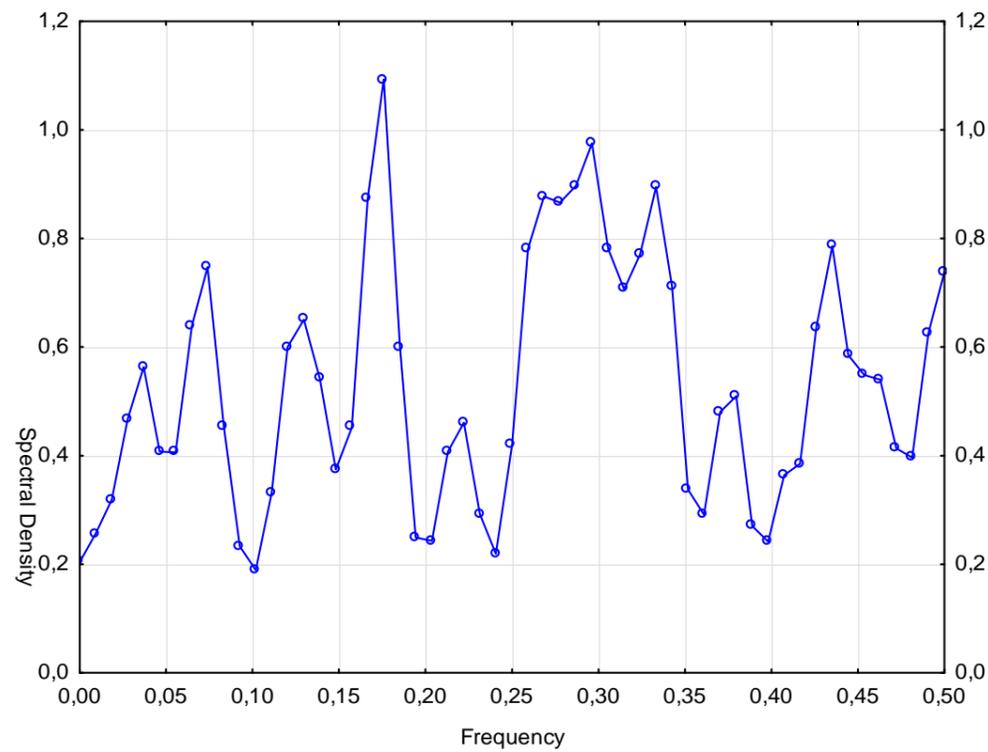
Циклический профиль по ул. Рахманинова



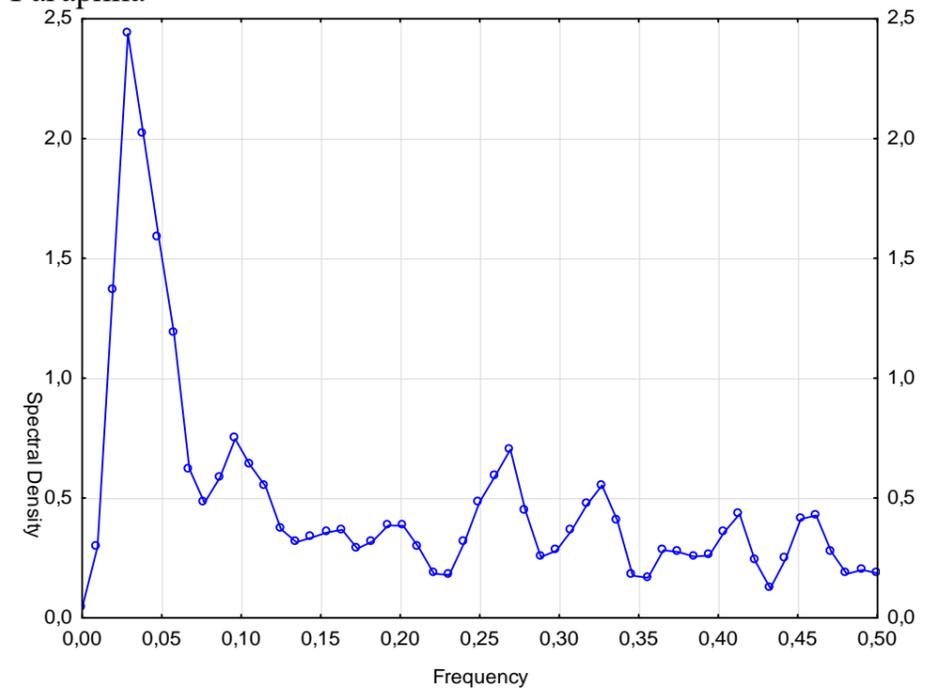
Циклический профиль по ул. Байдукова со стороны ул. Гагарина



Спектральная плотность циклического профиля по ул. Рахманинова



Спектральная плотность циклического профиля по ул. Байдукова со стороны ул. Гагарина



					ВКР-2069059-23.04.01-151274-17					
					<i>Исследование характеристик транспортных потоков в условиях городского движения</i>					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>Исследование циклических профилей</i>			Литер	Лист	Листов
Зав.Каф.	Ильина И.Е.							В	К	Р
Руковод.	Власов А.А.									
Н.контр.	Ильина И.Е.							ПГУАС Каф.ОБД группа ТТП-21м		
Студент	Темников А.А.									