

ВВЕДЕНИЕ

—Тема исследования «Разработка устройства предотвращения попутных столкновений автомобилей на основе динамической визуализации дистанции безопасности». Каждые сутки на улицах городов и дорогах совершается более 430 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых погибают и получают травмы различной тяжести около 600 человек. Только за последние пять лет произошло около 1 млн ДТП. В них погибли 145 тыс. и получили ранения 900 тыс. человек. В 2014 году произошло свыше 208 тыс. дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли 34,5 тыс. человек.

Всего за последние 10 лет в результате дорожно-транспортных происшествий погибли 312,5 тыс. человек, из которых более четверти – люди наиболее активного трудоспособного возраста (26 – 40 лет). Данные указывают на критическую ситуацию с уровнем ДТП и смертностью на дорогах России. Как было заявлено на совместной пресс-конференции Всемирного Банка и Всемирной организации здравоохранения: «В России ситуация, к сожалению, хуже, чем в среднем в мире. По количеству ДТП на 10 тысяч автомобилей Россия занимает первое место». Причем по уровню автомобилизации, согласно рейтингу проведенному в прошлом году статистической службой ООН, Россия находится на 53 месте.

Четвертую часть всех ДТП составляют столкновения транспортных средств, из которых около 35 % приходится на попутные столкновения. Несмотря на то, что попутные столкновения занимают не первое место по числу погибших и раненых, в общем этот вид не уступает по тяжести другим видам столкновений. Из-за большого количества данный вид

столкновений стоит на первом месте по материальному ущербу. Одной из основных причин такой ситуации является нарушение дистанции безопасности.

«Разработка устройства предотвращения попутных столкновений автомобилей на основе динамической визуализации дистанции безопасности» является особенно актуальной, так как на сегодняшний день данные указывают на критическую ситуацию с уровнем ДТП и смертностью на дорогах России.

Цель исследования: Повышение безопасности дорожного движения на режимах попутного следования автомобилей на основе создания метода динамической визуализации дистанции безопасности

Объект исследования: процесс формирования дистанции безопасности автомобилей при их попутном следовании

Предмет исследования: закономерности процесса формирования и динамической визуализации дистанции безопасности автомобилей при торможении лидера на режимах попутного следования.

Задачи исследования.

1. Разработать математическую модель вычисления дистанции безопасности с учетом конкретной ситуации перед торможением автомобиля.

2. Разработать математическую модель влияния места установки устройства на автомобиль на эффективность и безопасность индицирования дистанции безопасности

3. Разработать общий алгоритм работы контроллера устройства.

4. Разработать блок-схему устройства динамической визуализации дистанции безопасности макетный образец устройства.

Гипотеза исследования. Основная гипотеза исследования заключается в предположении о том, что в основу алгоритма создаваемого устройства может быть положена основная идея математической модели умного водителя.

5. Провести эксперименты по испытанию макетного образца устройства.

6. Провести анализ результатов испытаний и по его результату откорректировать технические решения устройства.

Данные указывают на критическую ситуацию с уровнем ДТП и смертностью на дорогах России. Как было заявлено на совместной пресс-конференции Всемирного Банка и Всемирной организации здравоохранения: «В России ситуация, к сожалению, хуже, чем в среднем в мире. По количеству ДТП на 10 тысяч автомобилей Россия занимает первое место». Причем по уровню автомобилизации, согласно рейтингу проведенному в прошлом году статистической службой ООН, Россия находится на 53 месте. Четвертую часть всех ДТП составляют столкновения транспортных средств, из которых около 35 % приходится на попутные столкновения. Несмотря на то, что попутные столкновения занимают не первое место по числу погибших и раненых, в общем этот вид не уступает по тяжести другим видам столкновений. Из-за большого количества данный вид столкновений стоит на первом месте по материальному ущербу. Основная причина этих столкновений - не соблюдение дистанции безопасности, особенно водителями автотранспортных средств не имеющих современных

систем предотвращения столкновений. Таких автомобилей на дорогах нашей страны большинство.

Предполагается в результате выполнения работы получить следующие новые научные результаты:

- математическая модель, отличающаяся возможностью учета скорости автомобиля перед торможением, что позволит более точно и достоверно вычислять требуемую для конкретных условий дистанцию безопасности.

- математическая модель, отличающаяся возможностью учесть при индицировании дистанции безопасности, места установки (по высоте и ширине транспортного средства), что позволит получить рекомендации по установке устройства на конкретную модель автомобиля.

Научная новизна:

- математическая модель, отличающаяся возможностью учета скорости автомобиля перед торможением, что позволит более точно и достоверно вычислять требуемую для конкретных условий дистанцию безопасности.

- математическая модель, отличающаяся возможностью учесть при индицировании дистанции безопасности, места установки (по высоте и ширине транспортного средства), что позволит получить рекомендации по установке устройства на конкретную модель автомобиля.

- алгоритм работы контроллера устройства, отличающийся возможностью реализации синтезированной математической модели, позволяющий разработать блок- схему устройства.

- оригинальное программное обеспечение исследования, отличающееся возможностью моделирования по разработанным

математическим моделям, что позволит выбрать оптимальный вариант реализации устройства.

Практическая ценность исследования определяется тем, что:

Результаты работы могут быть использованы предприятиями, организациями и автосервисными центрами, занимающимися разработкой и выпуском автомобильных электронных компонентов, устанавливаемых на автомобили в эксплуатации. (Различные тюнинг-центры, интернет-магазины, магазины автотоваров, и др.)

Апробация результатов работы. Результаты работы обсуждены и одобрены на ежегодной студенческой научно-практической конференции проходившей 28.03.2018 г. в Курганском Государственном Университете, а также на этапах конкурса молодежных инновационных проектов программы Умник 2018 Фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере проходившей 12 декабря 2018 года в направлении “Новые приборы и интеллектуальные производственные технологии”, где при подведении итогов данный проект занял первое место.

Публикации. Результаты работы опубликованы в online-версии журнала “Современные проблемы науки и образования – 2019.-№6. (приложение “Технические науки”. С.7

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, 3 глав, списка использованных источников из ... наименований. Работа изложена на 49 страницах основного текста, содержит 3 таблицы, 13 рисунков, Приложений.

1. Аналитический обзор состояния вопроса

1.1 Анализ аварийности на дорогах Российской Федерации

Каждые сутки на улицах городов и дорогах совершается более 430 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых погибают и получают травмы различной тяжести около 600 человек. Только за последние пять лет произошло около 1 млн ДТП. В них погибли 145 тыс. и получили ранения 900 тыс. человек. В 2014 году произошло свыше 208 тыс. дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли 34,5 тыс. человек.

Всего за последние 10 лет в результате дорожно-транспортных происшествий погибли 312,5 тыс. человек, из которых более четверти – люди наиболее активного трудоспособного возраста (26 – 40 лет).

Таким образом существует актуальная проблема повышения безопасности дорожного движения на режимах попутного следования автомобилей

Исследованиями в области создания бортовых систем безопасности автомобилей способных предотвращать попутные столкновения занимались и занимаются практически все известные зарубежные автомобильные фирмы. В нашей стране и в странах СНГ наиболее известны разработки в этом направлении ученых МАДИ (школа профессора А. А. Юрчевского), МАМИ, МВТУ им. Баумана (профессор Г. О. Котиев), Белорусского национального технического

университета (В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич), Харьковского АДУ и других.

Анализ возможностей существующих систем в плане предотвращения попутных столкновений показывает, что они защищают в основном переднюю часть и частично борта автомобиля. Задняя же часть активно защищена только в случае, если сзади идущий автомобиль имеет активную систему предотвращения столкновений.

Для защиты автомобиля от заднего столкновения с автомобилем, не оборудованным современными системами предотвращения попутных столкновений, в нашей стране ведутся довольно интенсивные исследования в направлении повышения информативности задних световых сигналов, особенно сигналов торможения. Наиболее простой способ повышения информативности задних световых сигналов – это установка дополнительных сигналов торможения.

1.2 Понятие дистанции безопасности

Дистанцию между автомобилями нужно выбирать в зависимости от скорости движения и тормозных качеств автомобиля. При этом учитывают, что впереди идущий автомобиль остановится не сразу, а на протяжении остановочного пути. Если выдерживать полную дистанцию безопасности, включая путь, пройденный за время реакции водителя, и тормозной путь, то автомобили растянутся на большое расстояние и пропускная способность улицы намного уменьшится. В загородных условиях дистанция должна быть больше, так как внимание водителя ослаблено и скорость движения выше.

Время реакции водителя в зависимости от его опыта и личных качеств составляет от 0,3 до 1,0 сек. Чем больше это время, тем больший отрезок пути автомобиль проходит без торможения. Время срабатывания гидравлического привода составляет около 0,03 сек., а время срабатывания пневматического привода - 0,2-0,3сек. За время реакции водителя и срабатывания тормозного привода автомобиль успевает пройти значительный путь. Длина пути, включающего в себя, кроме собственно тормозного пути, также путь, проходимый за время, реакции шофера и срабатывания тормозного привода, называется дистанцией безопасности.

При движении автомобилей между ними должно быть определенное расстояние, называемое дистанцией безопасности, обеспечивающее своевременную остановку в случае внезапного торможения и остановки переднего автомобиля. При этом водитель должен учитывать особенности впереди идущего транспортного средства, видимость, техническое состояние своего автомобиля, скорость движения, состояние проезжей части. Для ориентировки минимальная дистанция в метрах между движущимися с одинаковой скоростью транспортными средствами должна быть численно равна половине величины скорости движения.

СКОЛЬКО МЕТРОВ ТРЕБУЕТСЯ АВТОМОБИЛЮ ДЛЯ ОСТАНОВКИ

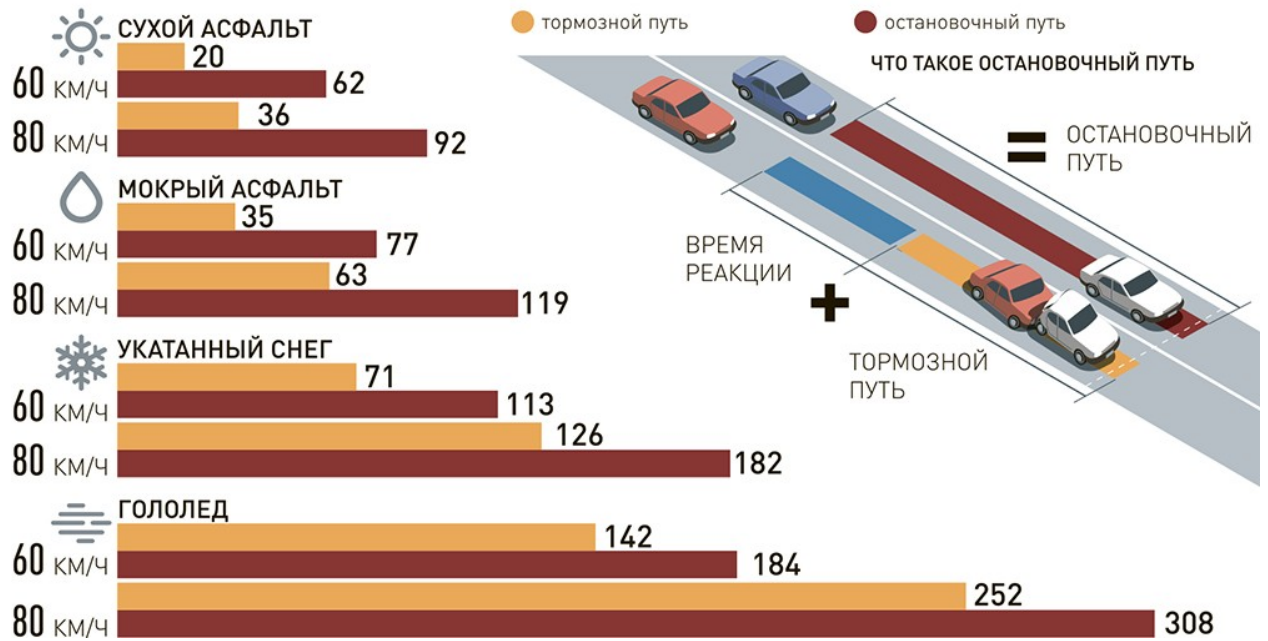


Рисунок 1.1- Средние значения тормозного пути на определенных скоростях

Как можно увидеть на рисунке 1.1 тормозной путь на прямую зависит от скорости автомобиля и от реакции водителя перед торможением. Ведь чем больше скорость движения, тем быстрее водитель должен среагировать, приняв решение нажать педаль тормоза. Но на большой скорости пока за считанные доли секунды водитель примет решение о торможении и нажмет на педаль тормоза, то проедет за это время определенное расстояние, что в конечном итоге и отразится на итоговом значении тормозного пути.

Также необходимо знать, что на мокрой или обледенелой дороге тормозной путь увеличивается. Дело в том, что на скользкой поверхности сцепление автомобиля с дорогой снижается, что и приводит в случае торможения к увеличению тормозного пути.

Например, в гололед тормозной путь любого автомобиля может увеличиться в десятки раз.

1.3 Анализ существующих методов и средств индицирования дистанции безопасности

Автомобильная светотехника - комплекс световой техники, использующийся для сигнализации и освещения. Автомобильное освещение монтируется в передней, в задней, а также в боковых частях транспортного средства в виде фар или фонарей. Установка может быть как выступающим элементом кузова автомобиля, так и спрятана заподлицо.

Слово «фонарь» применимо к задним противотуманным, но также используется в разговорной речи и по отношению к остальным световым приборам (пример: задние фонари).

Основными назначениями автомобильного освещения заключается:

1. Обеспечение освещения дорожного покрытия и пространства впереди после наступления темноты;

2. Обозначение транспортного средства, его габаритов и направления движения для других участников дорожного движения, как в темное, так и в светлое время суток;

3. Предупреждение других участников дорожного движения о намерении водителя изменить скорость или направление движения.

В основе автомобильного освещения лежит цветовая мнемоника, обозначающая красный цвет как опасность, жёлтый цвет - предупреждение, а белый цвет - нейтральность.

Задние габаритные огни используются для обозначения транспортного средства в темное время суток и в условиях недостаточной видимости. В условиях тумана и плохой видимости используются совместно с задними противотуманными фонарями. Цвет задних габаритных огней красный. На автомобилях используется пара расположенных по обе стороны на одной линии. При этом нормируются углы обзора излучаемого света и стороны.

Для высоких транспортных средств, например, автобусов, обязательно наличие габаритных огней вверху как можно ближе к краям.

Стоп-сигнал обязательно красного цвета включается при нажатии водителем на педаль тормоза. Мощность излучения стоп - сигнала выше, чем у габаритных огней. Необходима установка двух стоп - сигналов по обе стороны автомобиля.

Центральный стоп - сигнал обеспечивает однозначность нажатия на педаль тормоза в странах, где красный цвет имеют также сигналы поворота, и дает избыточность на случай, если какой - либо стоп - сигнал выйдет из строя, а также остается, виден при небольшой дистанции между автомобилями, например в пробке. Дополнительный стоп - сигнал при нажатии на тормоз горит непрерывно, а при экстренном торможении может мигать.

Конструктивно на легковых автомобилях центральный стоп сигнал может быть установлен под задним стеклом вверху, на крышке багажника или в задний спойлер.

Обязательно наличие хотя бы одного заднего противотуманного фонаря красного цвета. Если фонарь один, то он устанавливается ближе к стороне водителя относительно продольной оси автомобиля, сторона водителя выбирается от страны, где зарегистрирован данный автомобиль. В случае двух фонарей их установка должна быть на одной линии симметрично. Сторонники одного заднего противотуманного фонаря объясняют свой выбор во избежание путаницы фонаря и стоп - сигнала.

Сторонники пары фонарей отмечают, что по правилам задние фонари должны быть отнесены минимум на 10 см от стоп - сигналов, что исключает путаницу. Также пара противотуманных фонарей несёт информацию о дистанции до движущегося автомобиля.

Интенсивность излучаемого света должна быть выше света габаритных огней, при этом угол рассеяния тоже увеличивается. На многих современных автомобилях доступно независимое включение передних и задних противотуманных фонарей. В отличие от передних противотуманных фар наличие задних противотуманных фонарей отдельно или в блок-фонаре обязательно.

1.4 Анализ математических моделей, определяющих дистанцию безопасности

Возможность предотвращения ДТП чаще всего связана с интенсивным торможением, поэтому необходимо, чтобы тормозные свойства автомобиля обеспечивали его эффективное замедление в любых дорожных ситуациях.

Для выполнения этого условия сила, развиваемая тормозным механизмом, не должна превышать силы сцепления с дорогой, зависящей от весовой нагрузки на колесо и состояния дорожного покрытия. Иначе колесо заблокируется (перестанет вращаться) и начнет скользить, что может привести (особенно при блокировке нескольких колес) к заносу автомобиля и значительному увеличению тормозного пути. Чтобы предотвратить блокировку, силы, развиваемые тормозными механизмами, должны быть пропорциональны весовой нагрузке на колесо. Реализуется это с помощью применения на передней оси более эффективных дисковых тормозов, а на задней - барабанных, причем с ограничителем тормозных сил.

На современных автомобилях используется антиблокировочная система тормозов (АБС), корректирующая силу торможения каждого колеса и предотвращающая их скольжение.

Зимой и летом состояние дорожного покрытия разное, поэтому для наилучшей реализации тормозных свойств необходимо применять шины, соответствующие сезону.

Максимальное установившееся замедление наступает при достижении максимально возможной продольной реакции R_x , т.е. при полном использовании сцепных качеств колеса с дорогой. При замедлении, меньшем по значению, чем максимально установившееся, продольная реакция R_x не достигает своего максимального значения, т.е. при торможении не происходит полного использования сцепных качеств колеса и дороги. Это происходит при служебном торможении, когда используется часть сцепных качеств. Иначе говоря, коэффициент сцепления можно рассматривать как переменную величину, меняющуюся от нуля до максимального значения, соответствующего экстремальному торможению. И замедление при торможении также может изменяться от нуля до максимально возможного по условиям сцепления.

Расчёт замедления автомобиля производится по формуле:

$$J = \frac{\varphi \cdot g}{K_3}, \quad (1.1)$$

где J - замедление автомобиля, м/с²;

j - коэффициент сцепления шин с дорогой;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

K_3 - коэффициент эффективности торможения, он учитывает степень использования теоретически возможной эффективности тормозной системы автомобиля, $K_3 = 1,3$

Сухой асфальт $j = 0,7$ Мокрый асфальт $j = 0,4$

При $j = 0,6$ для щебеночного сухого покрытия:

$$J = (0,6 \cdot 9,8) / 1,3 = 4,5 \text{ м/с}^2.$$

При $j = 0,5$ для щебеночного мокрого покрытия:

$$J = (0,5 \cdot 9,8) / 1,3 = 3,8 \text{ м/с}^2.$$

Расчёт остановочного пути автомобиля при разных скоростях его движения

Остановочный путь автомобиля рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ост}} = V \cdot (t_p + t_{\text{пр}} + 0,5 \cdot t_n) + \frac{K_3 \cdot V^2}{2 \cdot J}, \quad (1.2)$$

где V - скорость движения автомобиля, м/с;

t_p - время реакции водителя, $t_p = 0,8$ с;

$t_{\text{пр}}$ - время срабатывания тормозного привода, для автомобиля с пневматическим приводом $t_{\text{пр}} = 0,4$ с;

t_n - время нарастания замедления, с;

J - замедление автомобиля, м/с².

При $V = 2,3$ м/с для щебеночного сухого покрытия:

$$S_{\text{ост}} = 2,8 \cdot (0,8 + 0,4 + 0,5 \cdot 0,8) + 1,3 \cdot 2,8^2 / 2 \cdot 4,5 = 5,6 \text{ м}$$

Аналогично проводим расчёт для значений $V = 5,6; 8,3; 11,1; 13,9; 16,6; 19,4; 22,2$ м/с для мокрого щебеночного покрытия и результаты расчётов сводим в таблицу 1.

Таблица 1 - Остановочный путь автомобиля

Скорость движения автомобиля, м/с	Остановочный путь $S_{\text{ост}}$, м при J	
	щеб. дорога сухое 4,5	щеб. дорога мокрое 3,8
0	0	0

2,8	5,6	5,6
5,6	13,3	13,8
8,3	23,4	24,6
11,1	35,6	38,1
13,8	50,1	54,2
16,6	66,8	72,9
19,4	85,7	94,3
22,2	106,9	118,4

На основании таблицы 1 строится график зависимости остановочного пути автомобиля от скорости движения $S_{\text{ост}} = f(V)$ для грунтового покрытия рисунок 1.2.

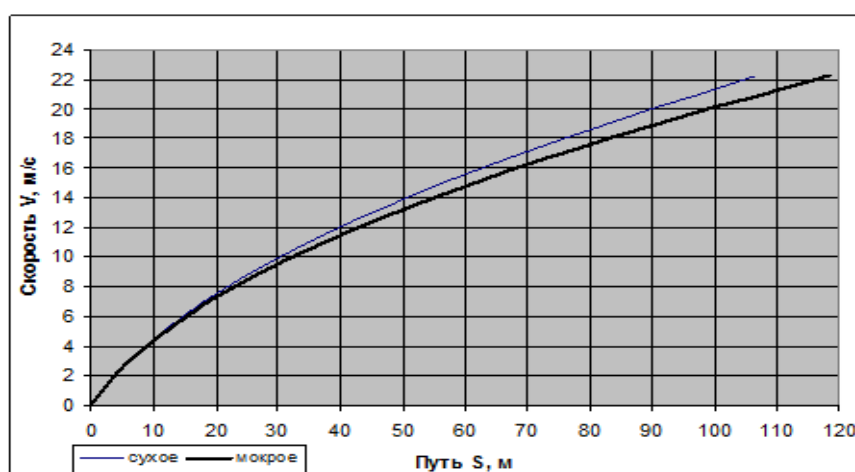


Рисунок 1.2 - График остановочного пути

При увеличении скорости движения автомобиля увеличивается и остановочный путь. Тип покрытия также влияет на длину остановочного пути: на асфальтобетонном сухом покрытии остановочный путь менее 100 метров, а при гололеде при скорости движения 100 км/ч достигает 500

Расчёт тормозного пути автомобиля при разных скоростях его движения

Тормозной путь автомобиля определяется по формуле:

$$S_T = V \cdot (t_{np} + 0,5 \cdot t_n) + \frac{K_s \cdot V^2}{2 \cdot J}, \quad (3)$$

При $V = 2,8$ м/с для щебеночного сухого покрытия:

$$S_T = 2,8 \cdot (0,4 + 0,5 \cdot 0,8) + 1,3 \cdot 2,8^2 / 2 \cdot 4,5 = 3 \text{ м.}$$

Аналогично проводим расчёт для значений $V = 5,6; 8,3; 11,1; 13,9; 16,6; 19,4; 22,2$ м/с для мокрого покрытия, и результаты расчётов сводим в таблицу 2.

Таблица 2 -Тормозной путь автомобиля

Скорость движения автомобиля, м/с	Тормозной путь S_T , м при J	
	щеб. дорога сухое 4,5	щеб. дорога мокрое 3,8
0	0	0
2,8	3	3
5,6	9	9
8,3	17	18
11,1	27	29
13,8	39	43
16,6	53	60
19,4	70	79
22,2	89	101

На основании таблицы 2 строится график зависимости тормозного пути автомобиля от скорости движения $S_T = f(V)$ рисунок 1.3.

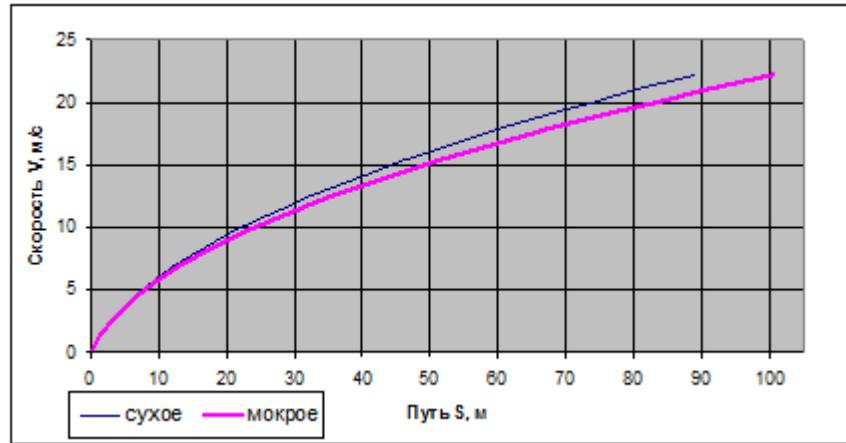


Рисунок 1.3 - График тормозного пути

Вывод по главе 1

Четвертую часть всех ДТП составляют столкновения транспортных средств, из которых около 35 % приходится на попутные столкновения. Несмотря на то, что попутные столкновения занимают не первое место по числу погибших и раненых, в общем, этот вид не уступает по тяжести другим видам столкновений. Из - за большого количества данный вид столкновений стоит на первом месте по материальному ущербу. Основная причина этих столкновений - не соблюдение дистанции безопасности, особенно водителями автотранспортных средств, не имеющих современных систем предотвращения столкновений. Таких автомобилей на дорогах нашей страны большинство.

Таким образом, разработка устройства для визуализации дистанции безопасности актуально, необходимо и своевременно.

2. Теоретические исследования

2.1 Основная гипотеза исследования

Основная гипотеза исследования заключается в предположении о том, что в основу алгоритма создаваемого устройства может быть положена основная идея математической модели умного водителя, главной особенностью которой является то, что водитель транспортного средства, движущегося с более высокой скоростью, начинает тормозить при достижении своего индивидуального порога восприятия относительно удаленности от впереди идущего транспортного средства, когда дистанция до впереди идущего транспортного средства начинает восприниматься им как слишком маленькая. Так как он не может точно оценить скорость впереди идущего транспортного средства, то его скорость будет падать ниже скорости впереди идущего транспортного средства до тех пор, пока он не начнет снова немного ускоряться после достижения своего порога восприятия, когда он начнет воспринимать возникшую между ним и впереди идущим ТС дистанцию как слишком большую. Это ведет к постоянному легкому ускорению и замедлению.

Известно устройство производства Китайской народной республики ("Car Laser Fog Lamp"), частично решающее проблему. Его стоимость по данным интернета составляет 550-850 руб. Оно позволяет отображать яркую красную полосу на дороге, расстояние от которой до автомобиля приблизительно равно дистанции безопасности. Его характеристика;

- Длина волны лазера: 650nm (красный цвет),
- Мощность лазера: 200 МВт,
- Безопасность лазера: класс: класс IIIb,
- Монтаж размещение: выше центра номерного знака,

- Рабочая температура: -30degree ~ 60 градусов,
- Рабочее напряжение: 12 В,
- Максимальный Регулируемый угол: ± 90 градусов сверху

вниз

- Водонепроницаемый класс: ipx4,
- Линия связи: параллельно связаны с цепью номерной лампы фары, задние противотуманные фары, тормозные огни.
- Возможность изменения индицируемой дистанции в процессе движения: отсутствует. Устанавливается приблизительно, без расчета.

Недостатки известного устройства:

- Индицируется только лишь одна величина дистанции безопасности, настроенная приблизительно на торможение в сухую погоду
- Не учитывается скорость движения автомобилей перед торможением.

Обладая аналогичными техническими характеристиками, разрабатываемое устройство будет свободно от перечисленных недостатков. Оно будет индицировать величину дистанции безопасности, вычисляемую контроллером устройства с учетом конкретной скорости автомобиля перед торможением.

Девайс, формирующий позади автомобиля на асфальте яркую красную линию, называют по-разному. Встречается как минимум три варианта применения этого гаджета, цена которого в китайских интернет-магазинах не превышает 1000 рублей.



Рисунок 2.1- Лазерный стоп-сигнал

Лазерный противотуманный фонарь или «лазерный стоп-сигнал» - это небольшой лазерный модуль красного свечения с мощностью в несколько милливатт - как в лазерной указке. «Стоп-сигнал» оформлен в виде небольшого цилиндра на шарнирном креплении, позволяющем регулировать угол луча. Линза лазера сделана таким образом, что формирует на засвечиваемой поверхности световую полосу. Лазерный диод требует подачи на него приблизительно трех вольт, поэтому запитан через небольшой модуль-стабилизатор, позволяющий подавать на него 12 В и 24В.

Таблица 3. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА И АНАЛОГА "CAR LASER FOG
LAMP"

ХАРАКТЕРИСТИКА, ВАЖНАЯ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ	CAR LASER FOG LAMP	РАЗРАБАТЫВАЕМОЕ УСТРОЙСТВО

Вид индицирования	Красная полоса	Красная полоса
Возможность изменения индицируемой дистанции в процессе движения	Отсутствует. Устанавливается единообразно при монтаже устройства	Имеется.
Способ определения индицируемой дистанции безопасности	Дистанция выставляется одинаковая для всех транспортных средств под углом 45 град.	Вычисляется адаптивно под конкретные условия эксплуатации
Учитываемые условия эксплуатации	Нет	Скорость автомобиля, Дорожные (погодные) условия
Наличие контроллера и датчиков	Нет	Имеется контроллер и датчик дождя

Данное устройство осуществляет регулировку по высоте и углу наклона по принципу выезжающей камеры заднего вида. Питание устройства берется от задних фонарей-ламп стоп-сигналов. Таким образом, при нажатии на тормоз, питание от ламп стоп сигнала поступает на сигнальный лазер и он моментально открывается, подстраиваясь под определенные дорожные условия, включается, передавая четкую красную линию, показывая безопасное расстояние до автомобиля лидера.



Рисунок 2.2 - Регулируемый механизм по высоте (Принцип выезжающей камеры заднего вида)

Распознает стоп-сигнал определенные дорожные условия, с помощью контроллера установленного в автомобильном датчике дождя ДДА-25 изображенном на рисунке 2.3. Оптический датчик находится на ветровом стекле автомобиля внутри салона. При помощи инфракрасного луча сканируется состояние внешней стороны стекла и определенные погодные условия. Уровень отражённого сигнала меняется при наличии влаги, загрязнения на стекле.



Рисунок 2.3 - Датчик дождя автомобильный ДДА-25

Характеристики устройства:

- Напряжение питания.....10в-16в
- Ток потребления.....60ма
- Диапазон автоматически регулируемой паузы.....от0,1сек
- Масса.....80гр
- Габариты оптического блока.....54 x 50 x 19мм
- Длина кабеля2,1 м
- Температура окружающей среды.....-40 до +55 °С
- Время отклика на загрязнение.....не более 0.1сек
- Обнаружение.....любая жидкость, грязь, снег.

- Чувствительность.....0.005мл.

воды(туман)

- Регулировка чувствительности.....есть
- Переход в режим стандартной паузы.....есть
- соответствует ТУ 4573-001-0140825010-2008

2.2 Математические модели умного и разумного водителя

Модель умного водителя. В ходе проектирования какого-либо дорожно-транспортного узла (пересечения городских магистралей в одном или в разных уровнях), у проектировщика всегда возникают вопросы, как: какой режим движения сформирует выбранная геометрия на запроектированном узле; будет ли обеспечена пропускная способность точек слияния (примыкания съездов), а следовательно и всей развязки в целом; будет ли должным образом обеспечена безопасность и комфортное движение по будущей развязке. Или же другая ситуация: каждый проект реконструкции или нового строительства дорожно-транспортного узла требует согласований на многих уровнях власти. Задача проектной организации - должным образом, объективно и доступно представить свой проект, донести его суть до людей, которые, возможно, не разбираются во всех тонкостях и специфике данной отрасли. Кроме того, любое крупное строительство в городе непременно вызывает огромный интерес у его горожан, которые также должны быть проинформированы об изменениях, которые их, возможно, ждут на улично-дорожной сети города, в котором они проживают.

Получить достоверные ответы на вышеперечисленные вопросы чрезвычайно сложно. Однако, с того момента, как на улично-дорожной сети городов начали появляться развязки в

разных уровнях и другие сложные узлы, многие исследователи поставили перед собой задачу - получить более-менее достоверные данные о специфике функционирования будущего дорожно-транспортного сооружения еще на стадии проектирования или даже предпроектных предложений (концепции). Так начал развиваться раздел «Теории транспортных потоков», посвященный их математическому моделированию.

Отечественные ученые столкнулись с данной проблематикой гораздо позже зарубежных коллег, очевидно, в силу невысокого уровня автомобилизации в бывшем СССР и плановости его экономики. В связи с этим рассматриваться какие-либо модели, созданные отечественными исследователями Теории транспортных потоков не будут. Между тем, зарубежные ученые столкнулись с совершенно противоположной ситуацией. Еще Дональд Дрю (Donald Drew), в своей книге «Теория транспортных потоков и управление ими» (Traffic Flow Theory And Control) описал проблему следующего рода: многие молодые исследователи, приступающие к работе в области Теории транспортных потоков, ставят себе задачей создание «идеальной» математической модели, способной описать стохастическое движение транспортного потока языком формул. Это в конечном итоге привело к нагромождению огромного количества всякого рода моделей, начиная от одной формулы, заканчивая целыми массивами, которые способна обработать лишь вычислительная машина. Между тем, Теория транспортных потоков уже давно располагает нужным инструментарием в области моделирования транспортных потоков и «изобретать велосипед» здесь нет никакого смысла. Нужно лишь правильно использовать доступные ресурсы.

Итак, рассмотрим все ныне известные подходы к моделированию транспортных потоков.

Моделирование является по существу построением рабочей аналогии. Оно представляет собой построение рабочей модели, отражающей подобие свойств или соотношений с рассматриваемой реальной задачей. Моделирование позволяет изучать сложные задачи движения транспорта не в реальных условиях, а в лаборатории. В более общем смысле моделирование можно определить как динамическое отображение некоторой части реального мира путем построения модели на компьютере и продвижении ее во времени.

За последние 50 лет было создано множество математических вероятностных моделей, которые на микро и макроуровнях моделируют транспортные потоки. Некоторые из них, такие как, например, VISSIM, имеют коммерческую основу. Другие же, появились и развиваются в учебных заведениях и проектных институтах (конечно, речь идет о западных ВУЗах) в обучающих целях. Первые держатся в строжайшем секрете, а вторым недостает удобства, простоты использования и визуализации.

Модели симулирования (имитирования) движения транспортных потоков чаще всего делят на 4 класса, согласно подходу к уровню моделирования деталей. Первый уровень - это обычные макроскопические модели, где транспортный поток представляется как поток частиц, которые подчиняются законам гидрогазодинамики. Вторым уровнем выделяют наиболее часто используемые модели - микроскопические, которые сосредотачиваются на индивидуальных транспортных средствах и их поведении. В то время как макроскопические модели используют меньше вычислительных ресурсов и, поэтому, позволяют

моделирование больших дорожных сетей, результаты часто менее точны по сравнению с микроскопическим моделированием. Модели третьего уровня, мезоскопические, напротив, пытаются заполнить промежуток между макроскопическим и микроскопическим моделированием при использовании индивидуальных транспортных средств, которые приводятся в действие через контролируемые макроскопические переменные. Подмикроскопические модели - это четвертый уровень, обеспечивают самый высокий уровень детализации. Поэтому они чаще всего используются для моделирования поведения одиночного транспортного средства в автомобильной промышленности.

Как правило, во всех программах, моделирование транспортного потока происходит на микроуровне. Рассмотрим 6 самых распространенных вероятностных моделей.

Кинематическая модель использует в своей основе элементарное кинематическое уравнение, для того чтобы определить максимальную степень ускорения либо замедления, которое транспортное средство должно проявить, чтоб избежать столкновения с другим транспортным средством, движущимся впереди. В каждом временном отрезке (time-step) новое значение a_{n+1} должно быть достаточно высоким для того, чтоб избежать столкновения в выбранном часовом промежутке, который называется временем до столкновения — t_c . Кроме того, необходимо постоянно изменять расстояние D_x , чтоб достичь определенного оптимального значения следующего отрезка dx . Скорость корректируется таким образом, чтобы оставаться в пределах $[0 \dots V_{max}]$.

$$a_{n+1} = a_n + (Dx - dx) \cdot \frac{2}{t_c^2} + dv \cdot \frac{2}{t_c}$$

(2.1)

Так как модель опирается лишь на 2 параметра, усилия по ее калибровке будут достаточно невысокими. Но моделирование, очевидно, не достигнет высоких уровней правдоподобности также. Из-за ее ограничений, кинематическая модель имеет крайне малый вес в современном моделировании транспортных потоков и не рекомендована к применению с целью установления ширины проезжей части магистрали. Она включена в учебный процесс во многих ВУЗах Европы лишь с образовательной целью.

Вероятностная модель BANDO. В 1995 году Бандо и его коллеги презентовали так называемую «оптимальную скоростную модель» (Optimal Velocity Model). Она представляет собой скоростную модель плотности, которая относится к группе детерминированных ведущих моделей и связывает целевую скорость транспортных средств с макроскопической плотностью транспортного потока. Бандо вывел оптимальную скорость таким образом, чтобы каждое транспортное средство старалось следовать следующему отношению:

$$a_{n+1} = \alpha(v_{opt}(dx) - v_n)$$

(2.2)

где:

 a_{n+1} — ускорение для следующего отрезка времени; α — фактор чувствительности (значение, обратное времени реакции

водителя);

V_{opt} — оптимальная скоростная функция;

dx — изменение расстояния к предыдущему автомобилю;

v_n — текущая скорость транспортного средства.

Команда Бандо предложила оптимальную скоростную функцию, которая монотонно увеличивается, с верхней границей в v_{max} .

$$v_{opt}(dx) = \frac{v_{max}}{2} (\tanh(0,086 \cdot (dx - 25)) + 0,913) \leq v_{max}$$

(2.3)

Со временем, модель была модифицирована еще несколькими оптимальными скоростными функциями. Например, используя разные функции ускорения или дифференцируя между свободной скоростью транспортного средства (ненасыщенный транспортный поток) и скоростью на пределе пропускной способности (speed-at-capacity) (насыщенный транспортный поток) с уравнением с 4-мя параметрами (Van Aerde, 1995).

Вероятностная модель GAZIS. Так называемая теория следования за автомобилем («гонка за лидером»), основана на исследованиях Gazis, Herman i Rothery (1961), старается следовать поведению транспортного средства, детерминируя расстояние, рассматривая время реакции водителя к определенным стимулам (например, разные скорости впереди идущего автомобиля), согласно формулы:

$$a_{n+1} = \alpha_0 \cdot \frac{v_{n+1}^m}{dx^l} \cdot dv$$

(2.4)

где:

a_{n+1} — ускорение после времени реакции t_p ;

α_0 — фактор чувствительности;

m, l — параметры калибровки (коэффициенты);

dx — разница скорости с предыдущим транспортным средством.

Для немецких магистралей значения параметров m и l были установлены в исследованиях Hoefs (1972) для различных сценариев (отдаление или приближение автомобиля спереди, с тормозными сигналами или без них). Однако, из-за стабильного увеличения автомобилей на европейских магистральных, в ходе развития пакета моделирования BABSIM была выполнена перекалибровка эталонных параметров, что привело к получению новых наборов параметров и более реалистичным результатам моделирования.

Вероятностная модель смены полосы движения Sparmann. Опираясь на работы Вайдемана, Спарман развивал алгоритм изменения полосы движения для двухполосного шоссе (Sparmann, 1978). Принимая во внимание все шесть потенциальных партнеров для взаимодействия (то есть каждое транспортное средство спереди, сзади на текущей полосе, а так же на двух соседних), транспортное средство могло бы изменить полосу движения, используя параметры Вайдеманна. Как только появилась потребность в изменении полосы движения, осуществляется проверка — подвергнет ли такой переход опасности или его или его так называемого “партнера взаимодействия”. Если обеспечивается безопасность всех транспортных средств, начинается процесс перестроения и транспортное средство оказывается на соседней полосе. Одно неудобство модели Спармана — нехватка более упреждающего стратегического подхода. Рассматриваются только соседствующие транспортные средства, игнорируя потребность других транспортных средств сменить полосу движения.

Вероятностная модель смены полосы движения THEIS. Тейс (1997) добавил стратегический компонент к модели Спармана:

если транспортное средство пытается перестроиться на определенную полосу, оно должно для начала “просить” помощь у соседних транспортных средств. И наоборот, участвующее во взаимодействии транспортное средство должно решить, ускориться ли или замедлиться, чтобы создать интервал для меняющего полосу транспортного средства, или самому сменить полосу, чтобы создать ему место.

Модель WIEDEMANNa в составе программного комплекса PTV Vision VISSIM. Имитационное моделирование. Система имитации VISSIM состоит из двух отдельных программ, которые взаимодействуют друг с другом с помощью интерфейса, в котором происходит обмен данными измерений детекторов и данными о состояниях систем регулирования. Результат имитации - это анимация движения транспорта в виде графики в режиме реального времени и последующая выдача всевозможных транспортно-технических параметров, таких как, например, распределение времени в пути и времени ожидания, дифференцированных по группам пользователей.

В модель транспортного потока заложены модель следования за впереди идущим транспортным средством (ТС) с целью отображения движения в колонне за впереди идущим ТС по одной полосе движения и модель смены полосы движения. Зависящая от транспортного движения логика регулирования моделируется с помощью внешних программ регулирования светосигнальных установок. Программа для логического управления запрашивает параметры детекторов в такте от 1 секунды до 1/10 секунды (в зависимости от настройки и типа светофорных установок). Из полученных значений и временных интервалов программа

определяет состояние всех систем регулирования для следующего шага имитации и вносят их в имитацию транспортного потока.

Существенным для точности системы имитации является качество модели потока транспортного движения, т.е. метода, с помощью которого рассчитывается передвижение транспортных средств в сети. В отличие от более простых моделей, в которых за основу берутся постоянные скорости и неизменное поведение следования за впереди идущими транспортными средствами, PTV Vision®VISSIM использует психофизиологическую модель восприятия Вайдемманна (1974 г., 1999 г.). Основная идея модели заключается в том, что водитель транспортного средства, движущегося с более высокой скоростью, начинает тормозить при достижении своего индивидуального порога восприятия относительно удаленности от впереди идущего транспортного средства, когда дистанция до впереди идущего транспортного средства начинает восприниматься им как слишком маленькая. Так как он не может точно оценить скорость впереди идущего транспортного средства, то его скорость будет падать ниже скорости впереди идущего транспортного средства до тех пор, пока он не начнет снова немного ускоряться после достижения своего порога восприятия, когда он начнет воспринимать возникшую между ним и впереди идущим ТС дистанцию как слишком большую. Это ведет к постоянному легкому ускорению и замедлению. С помощью функций распределения для скорости и дистанции имитируется различное поведение водителей.

Имитационные модели этого типа относятся к семейству car-following:

- Gazis-Herman-Rothery(GHR)

- CollisionAvoidancemodel(CA) - Модели Kametani и Sasaki, Гиппс, Лейцбаха, Крауса
- PsychophysicalorActionPointmodel(AP) - Модель Вайдеманна
- Linearmodel- Модели Helly, Hanken и Rockwell, Burnham и Seo, Aron Xing
- Fuzzylogic-basedmodel28.06.2010 - Модели Rekersbring, Henn, McDonald и Wu.

Модели семейства car-following ориентируются на характеристики индивидуального транспортного средства. Модель Вайдеманна класса PSM выигрывает по количеству учитываемых факторов в моделировании транспортного трафика на микроуровне. Модель Вайдеманна включает в себя характеристики водителя, самого транспортного средства и представляет золотую середину между клеточными автоматами и остальными классами моделей семейства car-following.

После многочисленных эмпирических исследований, проведенных техническим университетом города Карлсруэ, эта модель следования за впереди идущим ТС стала эталонной. Более актуальные измерения доказывают, что изменившаяся за последние годы манера езды и технические возможности транспортных средств корректно отображаются в данной модели.

На многополосных проезжих частях водитель в VISSIM-модели учитывает не только впереди идущие транспортные средства, но и транспортные средства на обеих соседних полосах. Особенное внимание у водителя дополнительно вызывает светофор в 100 м перед достижением стоп - линии.

В VISSIM так называемые единицы водитель - транспортное средство двигаются по сети. Каждый водитель со своими индивидуальными параметрами поведения соотносится с

определенным транспортным средством. При этом манера езды совпадает с техническими возможностями транспортного средства.

Имитационное моделирование, на данном этапе представляется мощным инструментом для оценки и анализа движения транспортных и пешеходных потоков. Кроме того, программа уровня PTV Vision® VISSIM позволяет в значительной мере упростить работу проектировщика и создает достоверную платформу для проектирования как дорожно-транспортных, так и любых градостроительных объектов.

Модель разумного водителя (модель Трайбера). Модели оптимальной скорости и следования за лидером имеют как ряд достоинств, так и ряд недостатков. В связи с этим можно рассмотреть еще один класс микроскопических моделей, объединяющий лучшие черты исходных моделей. Такие модели называются моделями разумного водителя (Intelligent Driver Model (IDM)):

$$x''_{i+1}(t) = F(x_i(t) - x_{i+1}(t), x'_i(t) - x'_{i+1}(t), x'_{i+1}(t)) .$$

Как показали калибровка и ряд численных экспериментов, наиболее адекватной моделью данного класса, устойчивой к вариации параметров, является модель М. Трайбера (1999 г.) [9]:

Слагаемое:

$$a_{i+1} \frac{\Sigma}{1 - \frac{x_{i+1}(t)}{V_{i+1}^0} \sigma \Sigma}$$

(2.5)

описывает динамику ускорения автомобиля на дороге, а слагаемое

$$-a_{i+1} \frac{d_{i+1}^* (\dot{x}_{i+1}(t), \dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i+1}(t))}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} \Sigma_2$$

(2.6)

описывает торможение, вызванное взаимодействием с лидирующим автомобилем. Калибровка параметра δ позволяет регулировать поведение автомобилей при разгоне (при $\delta = 1$ происходит экспоненциальный по времени разгон, в пределе при δ происходит разгон с постоянным ускорением a_i вплоть до достижения желаемой скорости V^0). Тормозящий член определяется отношением желаемой дистанции d_i^* (безопасным расстоянием) к фактической дистанции $x_{i-1}(t) - x_i(t)$. Желаемая дистанция задается следующим соотношением:

$$d_i^* (\dot{x}_i(t), \dot{x}_{i-1}(t) - \dot{x}_i(t)) = d_i + T_i \dot{x}_i(t) - \frac{\dot{x}_i(t) (\dot{x}_{i-1}(t) - \dot{x}_i(t))}{\sqrt{2 a_i b_i}}$$

(2.7)

где d_i — расстояние между автомобилями; b_i — ускорение “комфортного” торможения ($a_i b_i = 2 \text{ м/с}^2$); T_i — аналог времени реакции водителя.

Проанализируем формулу для безопасного расстояния. Величина $T_i \dot{x}_i(t)$ характеризует расстояние, которое проедет водитель за время, необходимое для того, чтобы среагировать на изменившуюся ситуацию на дороге. В случае, когда необходимо торможение ($\dot{x}_{i-1}(t) <$

$\dot{x}_i(t)$), водитель успеет выровнять свою скорость со скоростью впереди идущего автомобиля

(двигаясь с ускорением торможения b_i) до того, как он достигнет $i-1$ автомобиль, только если расстояние между

этими автомобилями на момент начала реагирования i -го водителя было не менее

$$\frac{\dot{x}_i(t) (\dot{x}_{i-1}(t) - \dot{x}_i(t))}{2 \cdot a_{i-1}}$$

(2.8)

Аналогично можно рассмотреть ситуацию с ускорением.

В равновесном потоке одинаковых автомобилей, когда

$$\ddot{x}_i(t) \equiv 0, \dot{x}_{i-1}(t) - \dot{x}_i(t) \equiv 0, \dot{x}_i(t) \equiv V; \\ d(V) \stackrel{\text{def}}{=} x_{i-1}(t) - x_i(t) = d^*(V, 0) \sum_1 - (V/V_0)^{\sigma} \sum^{-1/2}.$$

(2.9)

Из этого соотношения, приняв $\rho(v) = 1/d(V)$, можно сначала построить уравнение состояния транспортного потока - зависимость $V(\rho)$, а потом фундаментальную диаграмму $Q(\rho)$. В пределе при δ так построенная фундаментальная диаграмма будет стремиться к треугольной:

$$Q(\rho) = \min \left\{ \rho V_0, \frac{1 - d\rho}{T} \right\}$$

(2.10)

Эксперименты с использованием данной модели показали реалистичное поведение, воспроизведение основных наблюдаемых свойств транспортного потока и устойчивость свойств модели к вариациям параметров.

Модель Умного Водителя - для автомобиля a описывает его положение момент времени t и скорости V_a описывает величина x_a . Далее, величина l_a задает длину автомобиля.

Стандартная модель оптимальной скорости обладает рядом недостатков. В частности, она очень чувствительна к конкретному

выбору функциональной зависимости оптимальной скорости от дистанции $v'_e(d_n)$, а также к выбору \dot{v} . При больших значениях \dot{v} в модели начинают происходить столкновения автомобилей, в то время как при слишком малых значениях возникают нереалистично большие ускорения.

На самом деле характерные времена разгона приблизительно в пять раз превышают характерные времена торможения. Кроме того, в реальности водители выдерживают большую дистанцию и тормозят раньше при высокой скорости относительно лидера $\Delta v_n(t)$. Для учета этих и других особенностей реального поведения водителей было разработано много вариантов модели.

Одной из наиболее удачных микромоделей можно признать модель «разумного водителя» (Intelligent Driver Model, IDM), разработанную Трайбером.

Калибровка и численные эксперименты с этой моделью показали, что ее свойства устойчивы к вариации параметров; модель демонстрирует реалистическое поведение при разгоне и торможении и воспроизводит основные наблюдаемые свойства транспортного потока.

В модели IDM предполагается, что ускорение автомобиля является непрерывной функцией скорости v_n , «чистой» дистанции до лидера $s_n = d_n - l_{n-1}$ и скорости относительно лидера Δv_n :

$$\dot{v}_n = a_n \left[1 - \left(\frac{v_n}{v_n^0} \right)^\delta - \left(\frac{s_n^*(v_n, \Delta v_n)}{s_n} \right)^2 \right].$$

(2.11)

Слагаемое $a_n[1 - (v_n/v_n^0)^\delta]$ в правой части этого уравнения описывает динамику ускорения автомобиля на свободной дороге, в то время как слагаемое $f_{n,n-1} = a_n[s_n^*(v_n, \Delta v_n)/s_n]^2$ описывает

торможение, связанное со взаимодействием с лидером. Выбор параметра δ позволяет откалибровать поведение, связанное с разгоном.

Значение $\delta = 1$ соответствует экспоненциальному по времени разгону, характерному для большинства других моделей. При увеличении этого параметра ускорение не убывает экспоненциально в процессе разгона (в пределе при $\delta \rightarrow \infty$ происходит разгон с постоянным ускорением a_n вплоть до достижения желаемой скорости v_n^0), что лучше соответствует поведению водителей. Тормозящий член зависит от отношения «желаемой» дистанции s_n^* и фактической дистанции s_n , причем желаемая дистанция дается выражением

$$s_n^*(v_n, \Delta v_n) = s_n' + s_n'' \sqrt{\frac{v_n}{v_n^0}} + T_n v_n + \frac{v_n \Delta v_n}{2\sqrt{a_n b_n}}.$$

(2.12)

Параметры модели могут быть выбраны индивидуально для каждого n -го автомобиля, что позволяет учесть индивидуальные характеристики водителей и транспортных средств. Однако многие общие характеристики потока могут быть получены из рассмотрения идентичных водителей. Параметры имеют содержательную интерпретацию, это - желаемая скорость v_0 , безопасный временной интервал T , максимальное ускорение a , «комфортное» (не экстренное) торможение b , показатель «чувствительности» при ускорении «заторные» дистанции s' и s'' и длина автомобиля l . Для сокращения числа параметров можно упростить модель, положив $\delta = 1$, $s'' = 0$ и $l = 0$, при этом адекватность модели в значительной степени сохраняется.

В равновесном потоке, когда $\ddot{u}_n = 0$ и $\Delta v_n = 0$, водители стремятся сохранить зависящую от скорости равновесную дистанцию до лидера $s_e(v) = s^*(v; 0)[1 - (v/v_0)^\delta]^{1/2}$. Из этого соотношения можно найти равновесную скорость и построить фундаментальную диаграмму. В частности, в специальном случае, когда $\delta = 1$ и $s' = s'' = 0$, можно найти аналитическое выражение для равновесной скорости

$$v_e(s) = \frac{s^2}{2v_0 T^2} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{4T^2 v_0^2}{s^2}} \right].$$

(2.13)

Из этого выражения и очевидного соотношения, связывающего дистанцию с плотностью автомобилей $s = (d - l) = (1/\rho - l) = (1/\rho - l/\rho \max)$, получаем равновесный поток $Q_e(\rho) = \rho V_e(\rho)$ как функцию плотности, т.е. фундаментальную диаграмму.

Коэффициент δ влияет на форму диаграммы таким образом, что при росте δ переход от свободного к загруженному режиму становится более резким. В пределе при $\delta \rightarrow \infty$ и $s'' = 0$ фундаментальная диаграмма становится треугольной с углом в точке максимального потока: $Q_e(\rho) = \min(\rho v_0, [1 - \rho(l + s')]) = T$. При уменьшении δ форма кривой сглаживается, приближаясь к наблюдаемой.

2.3 Алгоритмическое и программное обеспечение

Программа для данного устройства разработана в программном продукте Arduino 1.6.3 для контроллеров.

Изначально на вход контроллера приходит входной сигнал скорости автомобиля. В коде программы скорость автомобиля обозначена переменной `skorost` и присваивается номер порта в контроллере: `float skorost = 1;`

Также на вход котроллера приходит дискретный сигнал, информирующий о плохой погоде. Если плохие погодные условия, приходит логическая единица. Если же хорошие погодные условия, то приходит логический ноль. Переменная, присвоенная к погодным условиям, следующая - `pogoda` и присваивается номер порта в котроллере: `int pogoda = 2;`

Для цикличной работы программы необходимо прописать её в процедуре `void loop()`.

В строке `if (digitalRead(pogoda) > 0) {` проверяется условие больше ли полученное нуля. Если значение больше нуля - погодные условия считаются плохими и в значение внутренней переменной `pogoda_pol` записывается 10, что описано в следующей строке: `pogoda_pol == 10 }else{`

В противном случае во внутреннюю переменную записывается ноль, что описано в следующей строке: `pogoda_pol = 0 };`

Далее проверяется значение скорости. Если скорость больше нуля и менее 40 км/ч, то во внутреннюю переменную `skorost_pol` записывается значение 10. Если скорость более 40 км/ч и менее 80 км/ч, то во внутреннюю переменную `skorost_pol` записывается значение 20. Если же скорость более 80 км/ч, то во внутреннюю переменную `skorost_pol` записывается значение 20. Проверка данных условий записана в следующих строках программы:

```
if (analogRead(skorost) > 0 && analogRead(skorost) < 40) {
    skorost_pol == 10}else if (analogRead(skorost) > 40 &&
analogRead(skorost) < 80){
    skorost_pol == 20}else (analogRead(skorost) > 80){
    skorost_pol == 30};
```

Следующих шагом суммируются значения всех внутренних переменных и формируется положение лазера, выполнение данного

шага в программе описано в строке: `pologenie.write(skorost_pol + pogoda_pol);` где значение положения записывается в переменную `pologenie`.

В дальнейшем алгоритм полностью повторяется.

Также вначале кода программы подключаем библиотеку для работы с сервоприводом: `#include <Servo.h>`

Полный код программы приведён ниже:

```
#include <Servo.h>
Servo pologenie;
float skorost = 1;
float skorost_pol;
int pogoda = 2
float pogoda_pol
void setup() {
  pinMode(skorost, INPUT
  pinMode(pogoda, INPUT);
  pinMode(pologenie, OUTPUT);
}
void loop(){
  if (digitalRead(pogoda) > 0) {
    pogoda_pol == 10 }else{
    pogoda_pol == 0 };
  if (analogRead(skorost) > 0 && analogRead(skorost) < 40) {
    skorost_pol == 10}else if (analogRead(skorost) > 40 &&
analogRead(skorost) < 80){
    skorost_pol == 20}else (analogRead(skorost) > 80){
    skorost_pol == 30};
  pologenie.write(skorost_pol + pogoda_pol); //позиционирование
лазера
```

```

sketch_my01a | Arduino 1.8.3
Файл Правка Эскиз Инструменты Помощь
sketch_my01a
#include <Servo.h> //использует библиотеку для работы с сервомотором

Servo polozenie; //объявляет переменную этого типа Servo

float skocost = 1; //объявление переменной, скорость авто, содержащий номер порта 1
float skocost_pol; //объявление внутренней переменной, положение лазера при скорости авто
int popoda = 2; //объявление переменной целого типа, посылки условия, содержащий номер порта 2
float popoda_pol; //объявление внутренней переменной, положение лазера при посылках условиях

void setup() { //обязательная процедура setup, запускаемая в начале программы: объявление процедур начинается словом void
  pinMode(skocost, INPUT); //объявление используемого порта, pinMode - номер порта, второй аргумент - тип использования порта - на вход (INPUT) или на выход (OUTPUT)
  pinMode(popoda, INPUT);
  pinMode(polozenie, OUTPUT);
}

void loop() { //обязательная процедура loop, запускаемая циклично после процедуры setup
  if (digitalRead(popoda) > 0) {
    popoda_pol == 10 }else{
      popoda_pol == 0 };
  if (analogRead(skocost) > 0 && analogRead(skocost) < 40) {
    skocost_pol == 10}else if (analogRead(skocost) > 40 && analogRead(skocost) < 80){
      skocost_pol == 20}else (analogRead(skocost) > 80){
        skocost_pol == 30};
    polozenie.write(skocost_pol + popoda_pol); //позиционирование лазера
  }
}

```

Рисунок 2.4 - Скриншот программы
Выводы по главе 2

В теоретических исследованиях было доказано и обосновано, что основная гипотеза исследования заключается в предположении о том, что в основу алгоритма создаваемого устройства может быть положена основная идея математической модели умного водителя, главной особенностью которой является то, что водитель транспортного средства, движущегося с более высокой скоростью, начинает тормозить при достижении своего индивидуального порога восприятия относительно удаленности от впереди идущего транспортного средства, когда дистанция до впереди идущего транспортного средства начинает восприниматься им как слишком маленькая. Так как он не может точно оценить скорость впереди идущего транспортного средства, то его скорость будет падать ниже скорости впереди идущего транспортного средства до тех пор, пока

он не начнет снова немного ускоряться после достижения своего порога восприятия, когда он начнет воспринимать возникшую между ним и впереди идущим ТС дистанцию как слишком большую. Это ведет к постоянному легкому ускорению и замедлению. Также были разработаны математические модели умного и разумного водителей и написана программа для данного устройства разработана в программном продукте Arduino 1.6.3 для контроллеров.

3. Практические рекомендации

3.1 Разработка блок-схемы устройства

Для данного устройства была разработана блок-схема.

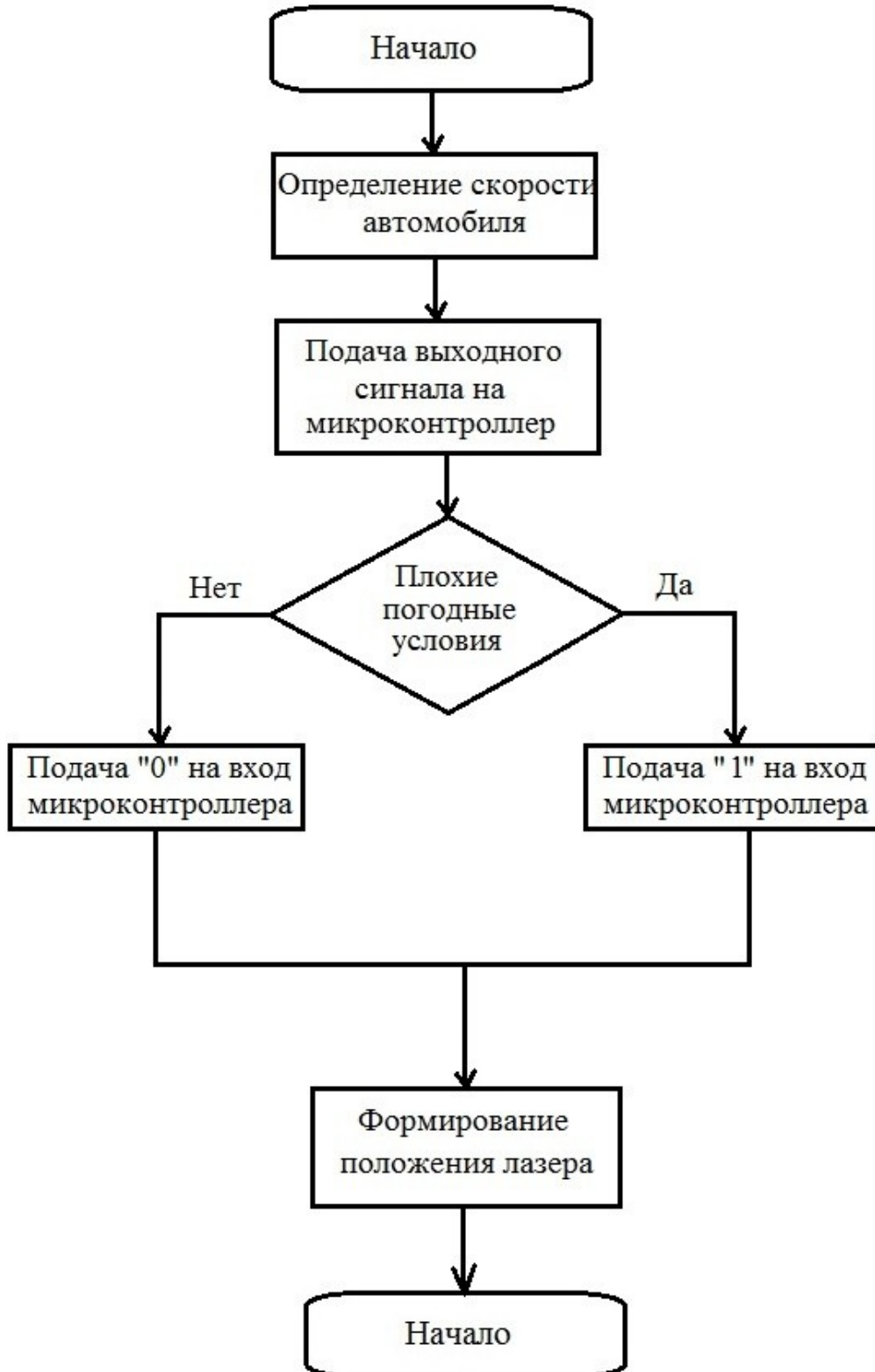


Рисунок 3.1 - Блок-схема устройства

3.2 Расчет экономической эффективности

Экономическая эффективность результатов исследования

Расчет экономической эффективности проводился для случая гражданских легковых автомобилей Курганской области на 2018 год.

Годовая экономическая эффективность от внедрения результатов исследования определяется по снижению удельных затрат на эксплуатацию подвижного состава из расчета на один автомобиль составит:

$$\mathcal{E}_Г = \Delta C - C_{ПР} \cdot E_H, \quad (3.1)$$

где $\Delta C = (C_1 - C_2)$ - снижение удельных затрат на эксплуатацию автомобиля за счет устройства, руб/авт·год;

$C_{ПР}$ - затраты на приобретение прибора и его установку на автомобиль, руб/авт; E_H - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_H = 0,15$).

Стоимость устройства динамической визуализации дистанции безопасности, для предотвращения попутных столкновений автомобилей в условиях серийного производства $C_{ПР}$ оценивается экспертами не выше -3000 рублей вместе с затратами на его установку на автомобиль специалистами по тюнингу автотранспортных средств.

Снижение удельных затрат на эксплуатацию автомобилей при внедрении устройства может быть

достигнуто за счет уменьшения количества дорожно-транспортных происшествий.

Таким образом, снижение удельных затрат при внедрении устройства для предотвращения попутных столкновений автомобилей определяется следующим выражением:

$$\Delta C = \mathcal{E}_{ДТП} \quad (3.2)$$

где $\mathcal{E}_{ДТП}$ – экономия затрат от ДТП, руб/авт·год.

Экономия от предотвращения ДТП вследствие применения устройства \mathcal{E} может быть определена по выражению:

$$\mathcal{E}_{ДТП} = \frac{C_{ДТП}^{год} \cdot \Delta N_{ДТП}}{100} \quad (3.3)$$

где $C_{ДТП}^{год}$ – стоимость годовых потерь от ДТП на один

легковой автомобиль, руб/ДТП·год; $\Delta N_{ДТП}$ – уменьшение количества ДТП после введения устройства, %.

Стоимость экономических потерь от ДТП на 1 автомобиль в год определим из следующих соображений. Годовой ущерб от ДТП в нашей стране (прямые потери без учета гибели людей) $C_{ДТП}^{РФ}$ в 2018 году составил 86 млрд

рублей. При этом в стране общее количество ДТП $N_{ДТП}^{РФ}$ составит примерно 1660000 ед.

Тогда потеря от одного ДТП в стране $C_{ДТП}$, руб/ДТП, определятся как:

$$C_{ДТП} = \frac{C_{ДТП}^{РФ}}{N_{ДТП}^{РФ}} = \frac{86000000000}{1660000} = 51807 \text{ руб/ДТП.} \quad (3.4)$$

Учитывая тот факт, что в г. Кургане (по данным на сентябрь 2018 года) зафиксировано 168 ед/1000 чел дорожно-транспортное происшествий с их участием, среднее количество ДТП приходящееся на один легковой автомобиль в год определится как $P_{ДТП}^{ЛА} = 168/314 = 0,535$ ДТП/авт·год. Тогда средняя стоимость годовых потерь от ДТП на один автомобиль равна:

$$C_{ДТП}^{год} = C_{ДТП} \cdot P_{ДТП}^{ЛА} = 51807 \cdot 0,535 = 27716 \text{ руб/авт·год.} \quad (3.5)$$

Принимая гипотезу о линейной зависимости уменьшения вероятности ДТП от уменьшения времени реакции водителя можно утверждать, что уменьшение количества ДТП после внедрения устройства $\Delta N_{ДТП}$ составит 7,5 %. Следовательно:

$$\mathcal{E}_{ДТП} = 27716 \cdot 7,5/100 = 2078 \text{ руб/авт·год.} \quad (3.6)$$

Годовой экономический эффект на один автомобиль от внедрения результатов исследования составляет:

$$\mathcal{E}_Г = 2078 - 0,15 \cdot 3000 = 1628 \text{ руб/авт·год.} \quad (3.7)$$

Срок окупаемости устройства для предотвращения попутных столкновений T , лет, составит:

$$T = \frac{C_{\text{ПР}}}{\mathcal{E}_\Gamma} = 2078/1628 = 1,2 \text{ года.}$$

(
(3.8
)

3.3 Рекомендации по внедрению

Крепление лазерного луча осуществляется за счет двустороннего скотча или саморезов - в район подсветки заднего номерного знака или под спойлер. Проводя

эксперимент, прикрепили гаджет для простоты регулировок прямо на кромку крышки багажника.



Рисунок 3.2 - Вариант расположения лазерного стоп-сигнала

Сначала подключаем лазер параллельно одной из ламп «стоп сигналов» в качестве дополнительного стоп-сигнала. Существует предположение, что проявляющаяся на асфальте в нескольких метрах позади автомобиля красная линия шириной приблизительно 3 метра мотивирует сзади едущего удерживать безопасную дистанцию, нежели двигаться в близком расстоянии.

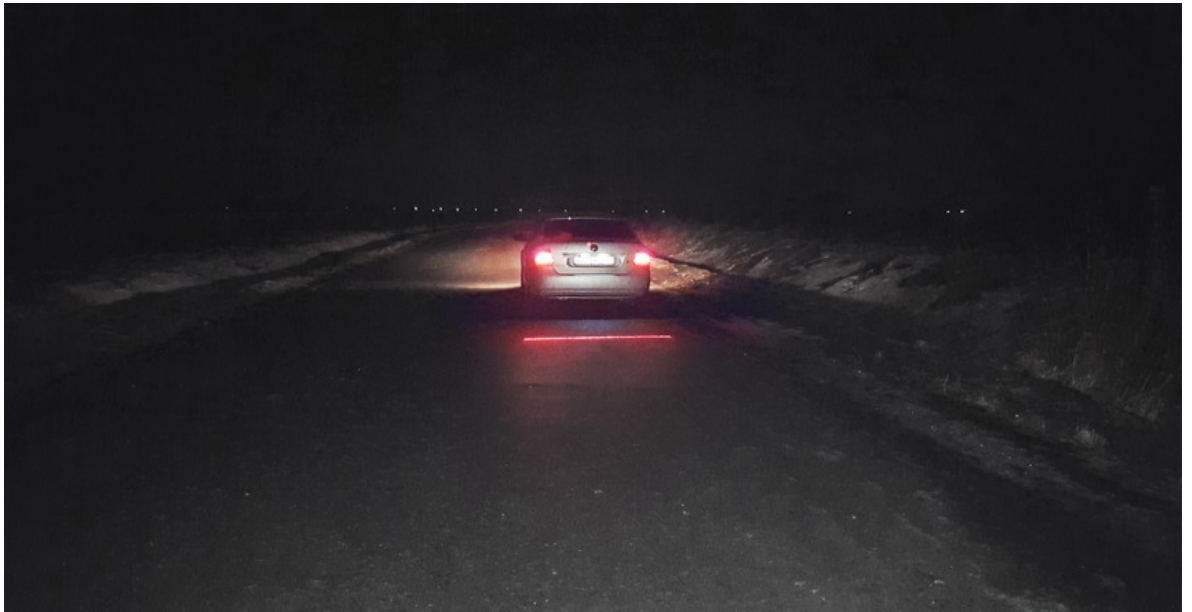


Рисунок 3.3- Принцип работы лазерного стоп-сигнала при торможении

Следующий вариант применения лазера - использование устройства в качестве дополнения к аварийной сигнализации при экстренной остановке или движении в тумане. В этом случае, наверное, целесообразно подключать девайс через отдельную кнопку к габаритам. Предполагается, что в темноте полоса на асфальте заблаговременно предупредит едущие сзади попутные машины, а в тумане лазер станет образовывать красную «пирамиду».



Рисунок 3.4 - Принцип работы лазерного стоп-сигнала от противотуманных фонарей

Рассмотрим вариант - применение лазерной полоски в качестве вспомогательного средства ориентирования при движении задним ходом в темноте. Установив лазер так, чтобы он светил горизонтально, и полоска на препятствиях (стены, автомобили и т. п.) будет видна, когда из-за задней тонировки, темноты и осадков не справляются фонари заднего хода.



Рисунок 3.5 - Лазерный стоп-сигнал как вспомогательное устройство при парковке

Разработанное устройство будет использоваться в качестве дополнительного сигнализатора торможения легко устанавливаемого на автомобиль в процессе эксплуатации, способного визуализировать в виде линии на дороге дистанцию безопасности, тем самым сигнализируя об этом водителю следующего автомобиля

Характеристикой существующих устройств визуализации безопасной дистанции являются:

- безопасность лазера
- монтаж размещения
- рабочее напряжение
- линия связи

- возможность изменения дистанции в процессе

Обладая аналогичными техническими характеристиками, разрабатываемое устройство будет индицировать величину дистанции безопасности, вычисляемую контроллером устройства с учетом конкретной скорости автомобиля перед торможением.

Рассмотрим установку устройства на примере изделия Laser Stop (все необходимое идет в комплекте)(рис 2.6):

- Установите лазер на держатель, который после этого необходимо закрепить на машине при помощи клейкой пластины или винтов.
- Отрегулируйте прибор таким образом, чтобы луч направлялся на дорогу под углом в 45 градусов (чтобы не слепить других водителей).

Необходимо использовать под углом 45 градусов

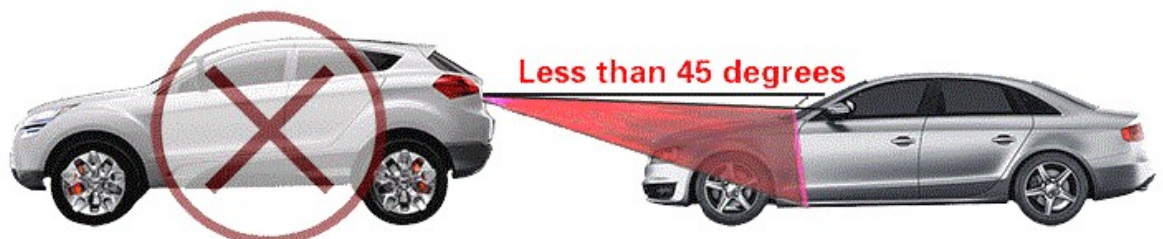


Рисунок 3.6 - Установка лазерного стоп-сигнала с допустимым и недопустимым углом наклона

Разрабатываемое устройство будет иметь элементы крепления для обеспечения надежной работы устройства в процессе движения автомобиля.

Установка устройства на автомобиль и его ввод в эксплуатацию будет осуществляться работниками автосервиса, специализирующимся на техническом обслуживании и ремонте автомобильного электрооборудования.

Излучатель устройства при эксплуатации должен будет поддерживаться в чистом виде владельцем автомобиля.

Соединительные провода, подающие напряжение на устройство, должны будут надежно закрепляться.

Работоспособность устройства будет обеспечиваться при его подсоединении к электроцепи фонарей стоп-сигналов и датчика скорости движения автомобиля.

Конструкция устройства и его место установки должны будут учитывать действующие и перспективные нормативные отечественные и зарубежные требования к устройствам активной безопасности автотранспортных средств.

Дополнительные требования к эксплуатации устройства будут следующие:

1. Степень безопасности: класс IIIb. 7.
2. Длина волны лазера: 650nm (красный цвет).

3. Диапазон рабочих температур: от -30°C до $+40^{\circ}\text{C}$.
4. Класс водонепроницаемости: IPX4 .

Выводы по главе 3

Разработанное устройство будет использоваться в качестве дополнительного сигнализатора торможения легко устанавливаемого на автомобиль в процессе эксплуатации, способного визуализировать в виде линии на дороге дистанцию безопасности, тем самым сигнализируя об этом водителю следующего автомобиля.

Принципиальная инновационность разрабатываемого устройства будет заключаться в индицировании требуемой на данный момент величины дистанции безопасности, которая будет вычисляться контроллером устройства с учетом конкретной скорости автомобиля перед торможением.

Разработанное устройство будет иметь следующие характеристики:

1. Вид визуализации дистанции: яркая красная полоса на дороге.
2. Индицируемая величина дистанции безопасности: динамически изменяющаяся величина определяемая скоростью автомобиля и погодными условиями.
3. Возможность изменения индицируемой дистанции в процессе движения: да.
4. Мощность лазера: 400МВт.
5. Наличие контроллера: да.
6. Степень безопасности: 3.
7. Напряжение питания устройства: 12-36 В.

Конечными потребителями устройства станут частные лица – владельцы автотранспортных средств.

Планируемая стоимость устройства составит 3000 рублей, а его окупаемость из экономических расчетов приблизительно 1.2 года. Таким образом считается что проект будет являться успешным.

Основные выводы и результаты работы

1. Разработана математическая модель вычисления дистанции безопасности с учетом конкретной ситуации перед торможением автомобиля.

2. Разработана математическая модель влияния места установки устройства на автомобиль на эффективность и безопасность индицирования дистанции безопасности

3. Разработан общий алгоритм работы контроллера устройства.

4. Разработана блок-схему устройства динамической визуализации дистанции безопасности, макетный образец устройства.

Список использованных источников