

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4>**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ СОТОВОЙ СВЯЗИ И НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ**

Научная статья

**Макуха Л.В.<sup>1</sup>, Сидорова А.А.<sup>2</sup>, Сидоров А.Ю.<sup>3,\*</sup>, Постников А.И.<sup>4</sup>**<sup>1, 2, 3, 4</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (a.yu.sidorov[at]gmail.com)

**Аннотация**

В статье представлен процесс разработки информационной системы, направленной на повышение безопасности дорожного движения, за счет заблаговременного информирования водителей транспортных средств о наличии поблизости аварийно-опасных участков, плохих погодных условий и других опасных дорожных ситуаций. Описаны основные функции серверной части информационной системы. Отдельно уделено внимание математическому аппарату функционирования алгоритмов работы информационной системы, которые подтверждают теоретическое обоснование жизнеспособности информационной системы. Математический аппарат описывает возможные ситуации на дороге, которые могут привести к дорожно-транспортному происшествию. Также приведены данные эксперимента, которые подтверждают теоретическое обоснование.

**Ключевые слова:** ГЛОНАСС/GPS, ОС ANDROID, смартфон, мобильное приложение, веб-сервер, дорожные события.

**INFORMATION SYSTEM FOR IMPROVING ROAD SAFETY USING CELLULAR COMMUNICATION AND NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS**

Research article

**Makukha L.V.<sup>1</sup>, Sidorova A.A.<sup>2</sup>, Sidorov A.Y.<sup>3,\*</sup>, Postnikov A.I.<sup>4</sup>**<sup>1, 2, 3, 4</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

\* Corresponding author (a.yu.sidorov[at]gmail.com)

**Abstract**

The article presents the process of developing an information system aimed at improving road safety by informing vehicle drivers in advance about the presence of nearby accident-prone areas, bad weather conditions and other dangerous road situations. The main functions of the server part of the information system are described. Special attention is paid to the mathematical structure of the information system algorithms' functioning, which confirm the theoretical justification of the information system viability. The mathematical apparatus describes possible situations on the road that can lead to a road accident. Experimental data that confirm the theoretical substantiation are also given.

**Keywords:** GLONASS/GPS, ANDROID OS, smartphone, mobile application, web server, road events.

**Введение**

Из года в год число дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в стране остается высоким. Самый частый вид дорожного происшествия – столкновение двух автомобилей. На втором месте – наезд на пешехода. На третьем – когда машина переворачивается, например, если водитель не справился с управлением на скользкой дороге. Девять из десяти ДТП происходят из-за того, что водители нарушают правила дорожного движения. Чаще всего – не соблюдают знаки приоритета на перекрестке. При этом треть всех нарушений происходит из-за того, что с дорогой что-то не так. Например, дорожный знак не видно, или его вообще нет, или стерлась разметка. Там, где ремонтируют дороги и мосты, часто не хватает предупредительных знаков. У водителей попросту нет времени, чтобы сориентироваться. Только что была дорога и внезапно закончилась. На долю загородных трасс приходится всего четверть ДТП, но последствия обычно тяжелее: получают травмы и гибнут здесь в три раза чаще, чем на городских улицах. Самые опасные ДТП – на высокоскоростных федеральных трассах: каждая вторая смерть в автоавариях случается за городом [1].

С 4 июля 2016 года в закон «О безопасности дорожного движения» внесли поправку. Теперь в документе появился новый термин «аварийно-опасный участок дороги». Аварийно-опасный участок дороги (место концентрации дорожно-транспортных происшествий) – участок дороги, улицы, не превышающий 1000 метров вне населенного пункта или 200 метров в населенном пункте, либо пересечение дорог, улиц, где в течение отчетного года произошло три и более дорожно-транспортных происшествия одного вида или пять и более дорожно-транспортных происшествий независимо от их вида, в результате которых погибли или были ранены люди [2]. Теперь владельцы автомобильных дорог обязаны собирать информацию о местах, где чаще всего происходят ДТП, и утверждать перечень таких мест. И только по окончании года будут обязаны принимать меры по устранению причин аварийности: начинают выполнять работы по установке необходимых знаков, наносить дорожную разметку или обустраивать эти места защитными устройствами [3]. За год может произойти много других аварий на сложном участке по причине отсутствия информирования водителей транспортных средств (ТС) об опасном участке дороги, а некоторые подобные знаки и вовсе уже неактуальны и их просто не демонтировали.

Цель статьи – публикация исследования, по тестированию информационной системы (ИС), реализованной на основе способа предупреждения столкновений транспортных средств на участках дорог вне населенных пунктов [9]. ИС собирает на сервере данные от транспортных средств, движущихся вне населенных пунктов на основе идентифицирующих номеров устройств сотовой связи участников дорожного движения в режиме реального времени.

### **Методы и принципы исследования**

Разработанная информационная система служит для заблаговременного информирования водителей ТС о аварийно-опасных участках поблизости и предоставления рекомендаций по предотвращению дорожно-транспортного происшествия на нем и предназначена для повышения безопасности дорожного движения транспортных средств за пределами населенных пунктов.

Для использования данной ИС необходимо наличие клиента ИС на устройстве мобильной сотовой связи у всех участников дорожного движения с возможностью приема и передачи данных в сети сотовой связи, спутниковых систем навигации, использования глобальной информационной сети Интернет.

Задачей ИС является повышение безопасности дорожного движения путем определения критических значений параметров движения транспортных средств на участках дорог вне населенных пунктов и заблаговременного информирования водителей ТС, если в направлении следования водителя находится аварийно-опасный участок дороги, предполагающий возможность возникновения ДТП. Информирование водителей ТС будет осуществляться подачей звукового сигнала и визуального оповещения с указанием расстояния до аварийно-опасного участка и рекомендациями по предотвращению дорожно-транспортного происшествия, на клиенте ИС, установленного на устройстве сотовой связи. Тип звукового сигнала зависит от типа аварийной ситуации. Результатом, получаемым при использовании данной информационной системы, является своевременное оповещение водителей ТС о возможном возникновении аварийной ситуации в условиях: недостаточной и ограниченной видимости, неблагоприятных погодных условиях, сложной геометрии дорог, крутых подъёмов, спусков, опасных поворотов вне населенных пунктов, на основании измерений параметров движения ТС в режиме реального времени.

ИС предназначена для информирования участников дорожного движения и способствует снижению вероятности столкновений участников дорожного движения на аварийно-опасных участках дороги. Информационная система характеризуется наличием текущих координат местоположения всех участников дорожного движения и наличием информации обо всех аварийно-опасных участках дорог. Недостатком является сложность реализации подобной системы, ввиду необходимости наличия клиента ИС у всех участников дорожного движения и наличия постоянного Интернет-соединения у участников дорожного движения. В случае отсутствия клиента информационной системы или его отказа у участников дорожного движения, эффективность информационной системы снижается, и она не сможет обеспечивать безопасность дорожного движения или делать это в полном объеме, а информационное сообщение о наличии аварийно-опасной ситуации поблизости может поступить в этом случае не всем участникам дорожного движения.

ИС для повышения безопасности дорожного движения включает в себя:

1. Клиент информационной системы с приемником спутниковых навигационных сигналов, определяющий координаты местоположения, скорость движения и азимут направления транспортного средства, формирующий и передающий информацию о параметрах движения транспортного средства, используя средства сотовой связи, в центр обработки информации, получающий ответ от центра обработки информации, содержащий информацию о ближайшем аварийно-опасном участке дороги и рекомендации по его преодолению и оповещающий об этом в виде звукового оповещения;

2. Центр обработки информации (ЦОИ), включающий в себя web-сервер с возможностью приема от клиента ИС IMEI мобильного устройства, координаты местоположения, азимут направления движения, скорость движения ТС и текущее время, модуль обработки информации, базу данных (БД), в которой хранятся данные об аварийно-опасных участках дороги, рекомендации по предотвращению дорожно-транспортных происшествий и данные о местоположении и скорости всех участников дорожного движения, модуль обработки информации, который периодически проверяет наличие транспортных средств на аварийно-опасных участках дорог и сохраняет данную информацию в БД, для того чтобы информировать только тех водителей ТС, кто находится в зоне аварийно-опасной ситуации.

ЦОИ получает пользовательские данные от клиента ИС и определяет критические значения параметров движения ТС на дороге в направлении следования водителя ТС. Проверяется, находится ли текущий клиент ИС в зоне аварийно-опасной ситуации, и если находится, то ему отправляется ответ, содержащий координаты местоположения аварийно-опасной ситуации, ее тип и рекомендации для предотвращения аварийно-опасной ситуации. Недостатком данной системы является то, что данная система является накопительной системой сбора данных об участниках движения, аварийно-опасных ситуациях и их типах в определенном участке местности. Определение о необходимости информирования производится модулем обработки информации с использованием имеющихся актуальных данных об аварийно-опасных ситуациях, путем проверки нахождения каждого ТС в области аварийно-опасного участка дороги, что требует большой вычислительной мощности.

Информационная система, представляет собой последовательную реализацию следующих шагов:

Шаг 1. Модуль ГЛОНАСС/GPS на клиенте ИС получает данные от навигационных спутниковых систем, а программный модуль расшифровки координат и приведения их в необходимый вид формирует данные в формате DD.DDDD (Только градусы с десятичной дробной частью);

Шаг 2. Клиент ИС формирует пакет данных, содержащий уникальный номер мобильного устройства связи (IMEI), координаты местоположения, скорость движения, азимут направления движения и при помощи GSM модуля производится отправка сформированного пакета данных в центр обработки данных с необходимой периодичностью;

Шаг 3. Центр обработки информации получает от участников дорожного движения данные, которые заносятся в базу данных системы;

Шаг 4. Модуль обработки информации периодически производит определение наличия каждого из участников дорожного движения на аварийно-опасных участках дорог и сохраняет эту информацию. На рисунке 1 представлена ситуация где автомобиль находится в зоне вероятной опасности и его заблаговременно проинформируют о дорожном событии, к которому он приближается. На рисунке 2 представлена ситуация, где автомобиль А превышает допустимое скоростное ограничение и его проинформируют о нарушении скоростного режима, а автомобиль Б проинформируют о присутствии рядом нарушителя скоростного режима, т.к. он находится в зоне вероятной опасности:

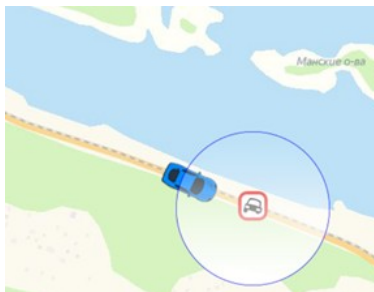


Рисунок 1 - Приближение ТС к дорожному событию  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4.1>



Рисунок 2 - Сближение с ТС, нарушающим скоростной режим  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4.2>

Шаг 5. При обмене данных клиентом ИС и ЦОИ проверяется, необходимо ли оповестить данного клиента о наличии аварийно-опасной ситуации поблизости и в случае, если его необходимо оповестить, в качестве ответа на клиент ИС будет отправлено информационное сообщение о типе потенциально аварийно-опасной ситуации поблизости, ее координатах и рекомендациями по предотвращению дорожно-транспортного происшествия;

Шаг 6. Данные, полученные от ЦОИ, обрабатываются на клиенте ИС, который воспроизводит содержимое в виде звукового сигнала и визуального оповещения.

На рисунке 3 изображена взаимосвязь элементов информационной системы оповещения водителей ТС в условиях недостаточной и ограниченной видимости визуальной информации, реализующей способ повышения безопасности дорожного движения, с использованием средств сотовой связи, навигационных спутниковых систем и глобальной информационной сети Интернет.

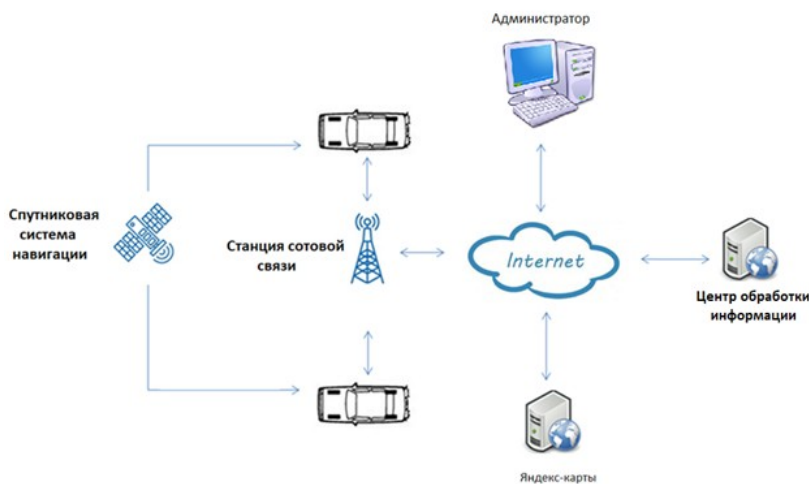


Рисунок 3 - Взаимосвязь элементов информационной системы оповещения водителей ТС в условиях недостаточной и ограниченной видимости

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4.3>

Своевременное оповещение участников дорожного движения о возможном возникновении аварийной ситуации в условиях недостаточной и ограниченной видимости позволит повысить безопасность дорожного движения, особенно на аварийных участках дорог вне населенных пунктов, где скорости движения автомобилей, как правило, высокие и соответственно тяжесть последствий ДТП высока.

Кроме того, поскольку при определении критических значений безопасного расстояния центром обработки информации используются актуальные данные об изменяющихся условиях дорожного движения, то формируемые предупреждающие сообщения не будут перегружать избыточной информацией, ввиду отправки их лишь тем участникам дорожного движения, критические значения параметров движения транспортных средств которых предполагают возможность возникновения дорожно-транспортного происшествия.

Состав клиента информационной системы:

- Яндекс-карта. На карте отображается текущее местоположение и аварийно-опасные участки поблизости;
- Параметры отправки данных (настройки клиента);
- Записи отправки и приема данных (для отладки работы).

Состав центра обработки информации:

– Система управления базами данных (СУБД) mysql, содержащая таблицы с информацией о дорожных событиях, данных пользователей и таблицу, содержащую информацию об активных клиентах на данный момент и их актуальными данными;

- Модуль авторизации и аутентификации пользователей;
- Модуль добавления и удаления аварийно-опасных участков на местности;
- Модуль обработки информации.

Для обеспечения математического аппарата функционирования алгоритмов работы информационной системы необходимо определить ее базовые параметры. Опасными ситуациями будем считать те ситуации, которые при условии непринятия мер реагирования приведут к ДТП в виде столкновения. По сути меры реагирования, направленные на предотвращение ДТП, сводятся либо к снижению скорости ТС вплоть до полной остановки, либо к изменению направления движения ТС, либо к комбинации данных действий [4], [5], [6]. Согласно нормативным документам расстояние видимости на всем протяжении дороги должно быть не менее остановочного пути ТС до препятствия:

$$S_B \geq S_O \quad (1)$$

где  $S_B$  – расстояние видимости;

$S_O$  – остановочный путь.

Остановочный путь – это путь, пройденный ТС со времени обнаружения опасности до его полной остановки, плюс оставшееся расстояние до объекта [7]:

$$S_O = S_p + S_c + S_n + S_m + l_0 \quad (2)$$

где  $S_p$  – путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя;

$S_{cp}$  – путь, проходимый автомобилем за время срабатывания тормозного привода;

$S_n$  – путь, проходимый автомобилем за время нарастания замедления;

$S_m$  – путь торможения;

$l_0$  – запас расстояния, равный 5-10 м.

В развернутом виде формула (2) может быть записана следующим образом, м:

$$S_o = t_p \times V_a + t_{cp} \times V_a + 0,5t_n \times V_a + \frac{V_a^2}{2g\varphi} + l_0 \quad (3)$$

где  $t_p$  – время реакции водителя, с;  
 $t_{cp}$  – время срабатывания тормозного привода, с;  
 $t_n$  – время нарастания замедления, с;  
 $V_a$  – скорость автомобиля, м/с;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $\varphi$  – коэффициент сцепления шин с дорогой.

При назначении геометрических параметров дорог на участках подъемов и спусков руководствуются расстоянием видимости встречного автомобиля [8], которое рассчитывается, м:

$$S_e = \frac{V_{85\%}}{3,6} t_p + \frac{K_{\Sigma} V_{85\%}^2}{254(\varphi \pm i)} + l_0 \quad (4)$$

где  $V_{85\%}$  – скорость транспортного потока, обеспеченностью 85%, км/ч;  
 $K_{\Sigma}$  – коэффициент эффективности торможения, принимаемый 1,2 при сухом дорожном покрытии;  
 $i$  – уклон дороги.

С учетом выше изложенного определим минимальные параметры видимости на основании нормативных документов, регламентирующих геометрические параметры автомобильных дорог для следующих типичных дорожно-транспортных ситуаций:

- впереди движущийся автомобиль в попутном направлении;
- впереди движущийся автомобиль во встречном направлении.

Ситуация 1. В данной ситуации автомобиль встречает препятствие на той же полосе движения и требуется полная его остановка на безопасном расстоянии от препятствия. Расстояние видимости без учета наклона дороги находится:

$$S_b = t_p \times V_a + \frac{V_a^2}{2g\varphi} + l_0 \quad (5)$$

В соответствии с рекомендациями по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах время реакции водителя принимается равным 2,5 с. Значения коэффициента сцепления  $\varphi$  для асфальтобетонного покрытия устанавливаются методическими пособиями [7], [8], [9], [10] и варьируются от 0.8 (сухое, чистое) до 0.2 (обледенелое).

Ситуация 2. В данной ситуации автомобили должны остановиться, не доезжая друг до друга. Расстояние видимости складывается из расстояний, которые автомобили проходят за время реакции водителей и тормозных путей автомобилей, а также запаса расстояния:

$$S_{\varepsilon} = S_{p1} + S_{t1} + S_{p2} + S_{t2} + l_0 \quad (6)$$

или

$$S_b = \left( t_{p1} \times V_{a1} + \frac{V_{a1}^2}{2g\varphi} \right) + \left( t_{p2} \times V_{a2} + \frac{V_{a2}^2}{2g\varphi} \right) + l_0 \quad (7)$$

В разработанной ИС в качестве критерия принятия решения о подаче звукового сигнала водителю ТС о аварийно-опасной ситуации поблизости на дороге в направлении его следования предлагается использовать расстояние не меньшее, чем минимально безопасное расстояние между участниками дорожного движения ( $S_{\text{действ}}$ ), которое определяется расчетным способом. Условие информирования клиента ИС о нахождении водителя ТС в зоне аварийно-опасной ситуации выглядит следующим образом:

$$S_{\text{действ}} \leq S_{\text{общ}} \quad (8)$$

где  $S_{\text{действ}}$  – действительное расстояние между участниками дорожного движения, м;  
 $S_{\text{общ}}$  – минимально безопасное расстояние между участниками дорожного движения, м.

Для определения пути, пройденного  $i$ -ым автомобилем, воспользуемся формулой остановочного пути, м:

$$S_{i\text{общ}} = S_p + S_{cp} + S_m + S_{\text{откл}} + l_0 \quad (9)$$

где  $S_{\text{откл}}$  – путь, проходимый автомобилем за время отклика системы, м.

Выразим из (9), принимая, что процесс торможения соответствует равнозамедленному движению до полной остановки с максимально возможным замедлением для конкретных дорожных условий, м:

$$S_{i\text{общ}} = \vartheta_i * t_p + \vartheta_i * t_{cp} + \vartheta_i * t_{Ti} - \frac{j * t_{Ti}^2}{2} + \vartheta_i * t_{\text{омкз}} + l_0$$

или

$$S_{i\text{общ}} = \vartheta_i * (t_p + t_{cp} + t_{Ti} + t_{\text{омкз}}) - \frac{j * t_{Ti}^2}{2} + l_0$$

или

$$S_{i\text{общ}} = \vartheta_i * (t_p + t_{cp} + t_{\text{откл}}) + \frac{\vartheta_i^2}{2j} + l_0 \quad (10)$$

где  $\vartheta_i$  – начальная скорость  $i$ -ого автомобиля, м/с;  
 $t_{Ti}$  – время торможения  $i$ -ого автомобиля, с;

$t_{откл}$  – время отклика системы, с;

$j$  – максимально возможное замедление, м/с<sup>2</sup>.

С целью учета погодных условий определим из уравнения определения тормозной силы автомобиля, Н:

$$P_t = m_a * g * \varphi = m_a * j \quad (11)$$

отсюда  $j = g * \varphi$ , где  $m_a$  – масса автомобиля, кг.

Также следует отметить, что замедление автомобиля при экстренном торможении для сухого покрытия можно принять  $j = 7,84$  м/с<sup>2</sup>, мокрого покрытия – 3,92 м/с<sup>2</sup>, для обледенелого покрытия равным – 1,96 м/с<sup>2</sup>. При рабочем торможении замедление автомобиля примем в 3 раза меньше, чем при экстренном торможении, и не превосходящим 2,6 м/с<sup>2</sup> для сухом покрытии, 1,3 м/с<sup>2</sup> при мокром покрытии и 0,65 м/с<sup>2</sup> для обледенелого покрытия.

Время торможения  $i$ -ого автомобиля при условии равнозамедленного движения до полной остановки можно найти:

$$t_{Ti} = \frac{\vartheta_i}{j} \quad (12)$$

Рассмотрим ситуацию 1, когда движение автомобилей осуществляется в попутном направлении, тогда  $S_{общ}$  определяется по формуле (10) в виде разницы путей, пройденными автомобилями за время, которое необходимо для полной остановки догоняющего автомобиля (с индексом 2) с учетом остатка пути между объектами, м:

$$S_{общ} = S_{2общ} - S_{1общ} \quad (13)$$

тогда  $S_{общ} = (\vartheta_2 - \vartheta_1) * (t_p + t_{cp} + t_{T2} + t_{откл}) - \frac{j * t_{T2}^2}{2} + l_0$  или

$$S_{общ} = (\vartheta_2 - \vartheta_1) * (t_p + t_{cp} + t_{откл}) + \frac{(\vartheta_2 - \vartheta_1)^2}{2j} + l_0 \quad (14)$$

Для ситуации 2, когда движение автомобилей осуществляется во встречном направлении,  $S_{общ}$  определяется в виде суммы путей, пройденными автомобилями до полной остановки с учетом остатка пути между объектами, м:

$S_{общ} = S_{1общ} + S_{2общ}$  тогда

$$S_{общ} = (\vartheta_2 - \vartheta_1) * (t_p + t_{cp} + t_{откл}) + \frac{\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2}{2j} + l_0 \quad (15)$$

По предложенным ранее математическим моделям построены графики, отражающие влияния времени отклика разработанной ИС (рисунок 4), коэффициента сцепления (рисунок 5) и режима торможения (рисунок 6) на остановочный путь или минимальное безопасное расстояние при различных скоростях движения ТС в сравнении с нормативными значениями. При этом остановочный путь рассчитывался без учета запаса остатка пути  $l_0$ . Интервал скоростного режима ТС (30-240 км/час) обусловлен следующим: минимальное значение, при котором в случае ДТП могут быть тяжелые последствия для водителя и пассажиров; максимальное значение в условиях ограничения скоростного режима на участках дорог вне населенного пункта (90 км/час) с учетом погрешности спидометра (+20 км/час) и встречного транспорта (умножить на 2).

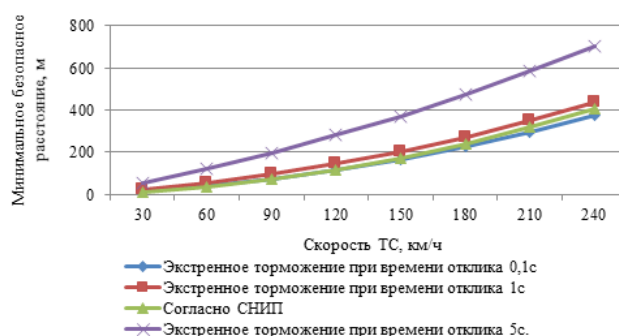


Рисунок 4 - Зависимость минимального безопасного расстояния от скорости движения ТС при экстренном торможении и коэффициенте сцепления 0,8

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4.4>

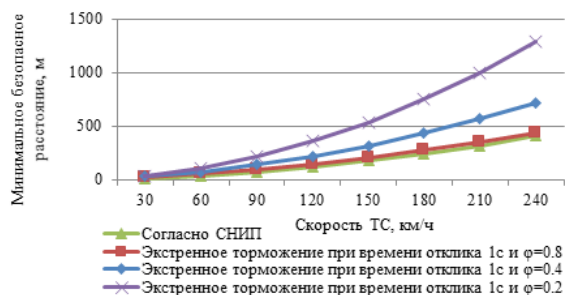


Рисунок 5 - Зависимость минимального безопасного расстояния от скорости движения ТС при различных состояниях дорожного покрытия и экстренном торможении  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4.5>

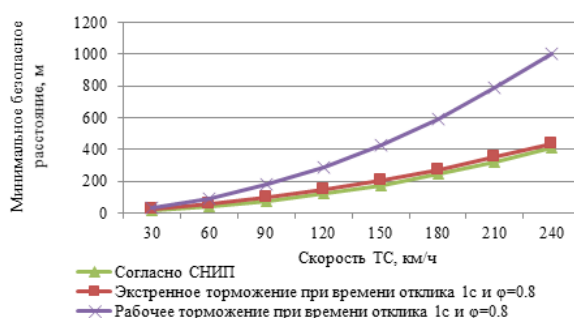


Рисунок 6 - Зависимость минимального безопасного расстояния от скорости движения ТС при различных режимах торможения  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4.6>

### Основные результаты

Для проверки возможной реализации ИС был проведен эксперимент. Клиент ИС, установленный на устройстве сотовой связи, обеспечивает передачу в ЦОИ пользовательских данных и подтверждение корректности их фиксации, при этом регистрируется время отправки и принятия данных. Время отправки данных и получения подтверждения позволило определять время отклика системы с учетом различных факторов, таких как качество связи, в местах, имеющих различный ландшафт и удаленность от г. Красноярска, а также проверить точность позиционирования ТС. Результаты обработанных экспериментальных данных представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты обработанных экспериментальных данных

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4.7>

Место замера, факторы влияния	Точность позиционирования, м	Среднее время отклика, мс	Качество связи
Дождь, городская среда, наличие большого количества строений	7-12	135	4G
Дождь, городская среда, лесные насаждения, малые жилые строения	5-10	165	3G
Дождь, городская среда, лесные насаждения, малые жилые строения	5-10	513	2G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, постройки	3-4	121	4G

Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, постройки	3-4	444	3G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, постройки	3-4	503	2G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, лес, развитая дорожная инфраструктура	4-6	161	4G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, лес, развитая дорожная инфраструктура	4-6	150	3G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, лес, развитая дорожная инфраструктура	4-6	419	2G
Дождь, загородная трасса, гористая местность, лесной массив	5-7	218	4G
Дождь, загородная трасса, гористая местность, лесной массив	5-7	653	2G

Согласно полученным экспериментальным данным, время отклика системы удовлетворяет условиям математической модели, даже при учете плохого качества мобильной связи и неблагоприятных метеорологических условиях.

Анализируя полученные зависимости можно сделать следующие выводы:

- предложенная математическая модель определения минимального безопасного расстояния между ТС не противоречит нормативным документам, в области проектирования и безопасности автомобильных дорог;
- для корректной работы системы необходимо и достаточно, чтобы время отклика составляло менее 1 с; дорожные условия значительно влияют на минимально безопасное расстояние между ТС;
- режим торможения (замедление) также значительно влияет на минимально безопасное расстояние особенно при высоких скоростях ТС.

#### **Заключение**

Таким образом, разработанная информационная система способствует снижению вероятности столкновений участников дорожного движения за пределами населенных пунктов за счет заблаговременного информирования клиентов ИС звуковым сигналом и визуальным оповещением о приближении к аварийно-опасным участкам дороги (ДТП, туман, дорожные работы и т.п.) и предоставления рекомендацией по предотвращению дорожно-транспортного происшествия на нем. Для эффективной работы ИС в полном объеме у всех участников дорожного движения должен быть установлен клиент ИС на устройстве сотовой связи водителей ТС и необходимо наличие постоянного интернет-соединения для обмена данными с центром обработки информации информационной системы. Для проверки возможной реализации ИС был проведен эксперимент на дорогах Красноярского и согласно полученным экспериментальным данным время отклика системы соответствует теоретическим расчетам.



**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Маняшин А.В., Тюменский Индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4.8>

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

Manyashin A.V., Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.135.4.8>

**Список литературы / References**

1. Антонов С. Самые частые ДТП в России / С. Антонов // Тинькофф журнал. — 2022. — URL: <https://journal.tinkoff.ru/stat-dtp/> (дата обращения: 10.04.2023).
2. Российская Федерация. Законы. О безопасности дорожного движения : Федер. закон от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ : [принят Государственной Думой 15 ноября 1995 г.]. — [ред. от 30.07.2019]. — Ст. 2. Основные термины // КонсультантПлюс. — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8585/2154abcb9e24bd897e871e2f7c5024e34f3347a5/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/2154abcb9e24bd897e871e2f7c5024e34f3347a5/) (дата обращения: 10.04.2023).
3. Российская Федерация. О безопасности дорожного движения : Федеральный закон от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ : [принят Государственной Думой 15 ноября 1995 г.]. — [ред. от 30 июля 2019 г.]. — Ст. 6. Полномочия Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и владельцев частных автомобильных дорог в области обеспечения безопасности дорожного движения // КонсультантПлюс. — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8585/f3d408bd8d09941f4d058bc1bc3a9d8d4f86f33d/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/f3d408bd8d09941f4d058bc1bc3a9d8d4f86f33d/) (дата обращения: 10.04.2023).
4. Augustsson N. Verification of Collision Avoidance Functionality. A mileage multiplier approach to verify future Collision Avoidance Systems : Master of Science Thesis : Systems, Control and Mechatronics / N. Augustsson, M. Wilhelmsson. — Göteborg, 2010. — 58 p.
5. Abboud K. Modeling and Analysis for Emergency Messaging Delay in Vehicular ad hoc Networks / K. Abboud, W. Zhuang // Proceedings of the IEEE GLOBECOM. — 2009. — DOI: 10.1109/GLOCOM.2009.5425839.
6. Cheng H.T. Infotainment and Road Safety Service Support in Vehicular Networking: From a Communication Perspective / H.T. Cheng, H. Shan, W. Zhuang // Mechanical Systems and Signal Processing. — 2011. — № 25. — P. 2020-2038.
7. СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. — Введ. 2013-07-01 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095524> (дата обращения: 10.04.2023).
8. ОДМ 218.4.005-2010. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. — Москва, 2011. — 156 с.
9. Пат. 2770723 Российская Федерация, МПК G08G 1/0967 G08G 1/16 B60W 30/08 H04W 4/30 H04W 4/44. Способ предупреждения столкновений транспортных средств на участках дорог вне населенных пунктов / Зеер В.В., Гражданцев Е.В., Сидоров А.Ю. и др.; заявитель и патентообладатель Сибирский федеральный университет. — № 2021125343; заявл. 2021-08-26; опубл. 2022-04-21. — 48 с. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48380492> (дата обращения: 10.04.2023).
10. Пат. 2676854 Российская Федерация, МПК B60W 30/08 G08G 1/00. Способ предупреждения столкновения транспортных средств / Альбеков А.У., Вовченко Н.Г., Полуботко А.А. и др.; заявитель и патентообладатель Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). — № 2017112887; заявл. 2017-04-13; опубл. 2019-01-11. — 8 с. — URL: <https://elibrary.ru/uorxwk> (дата обращения: 10.04.2023).

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Antonov S. Samey chastye DTP v Rossii [The Most Frequent Road Accidents in Russia] / S. Antonov // Tinkoff Journall. — 2022. — URL: <https://journal.tinkoff.ru/stat-dtp/> (accessed: 10.04.2023). [in Russian]
2. Rossijskaja Federacija. Zakony. O bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija [Russian Federation. Laws. On Road Safety] : Federal law : [accepted by State Duma on November 15, 1995]. — [ed. dated July 20, 2019]. — Art. 2. Basic terms // Consultant. — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8585/2154abcb9e24bd897e871e2f7c5024e34f3347a5/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/2154abcb9e24bd897e871e2f7c5024e34f3347a5/) (accessed: 10.04.2023). [in Russian]
3. Rossijskaja Federacija. Zakony. O bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija [Russian Federation. Laws. On Road Safety] : Federal law : [accepted by State Duma on November 15, 1995]. — [ed. dated July 20, 2019]. — Art. 6. Powers of the Russian Federation, constituent entities of the Russian Federation, local governments and owners of private roads in the field of ensuring road safety // Consultant. — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8585/f3d408bd8d09941f4d058bc1bc3a9d8d4f86f33d/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/f3d408bd8d09941f4d058bc1bc3a9d8d4f86f33d/) (accessed: 10.04.2023). [in Russian]
4. Augustsson N. Verification of Collision Avoidance Functionality. A mileage multiplier approach to verify future Collision Avoidance Systems : Master of Science Thesis : Systems, Control and Mechatronics / N. Augustsson, M. Wilhelmsson. — Göteborg, 2010. — 58 p.
5. Abboud K. Modeling and Analysis for Emergency Messaging Delay in Vehicular ad hoc Networks / K. Abboud, W. Zhuang // Proceedings of the IEEE GLOBECOM. — 2009. — DOI: 10.1109/GLOCOM.2009.5425839.

6. Cheng H.T. Infotainment and Road Safety Service Support in Vehicular Networking: From a Communication Perspective / H.T. Cheng, H. Shan, W. Zhuang // *Mechanical Systems and Signal Processing*. — 2011. — № 25. — P. 2020-2038.

7. SP 34.13330.2012. Svod pravil. Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaya redakciya SNIp [Set of rules. Car roads]. — Introduced 2013-07-01 // Electronic fund of legal, regulatory and technical documents. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095524> (accessed: 10.04.2023). [in Russian]

8. ODM 218.4.005-2010. Rekomendacii po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil'nyh dorogah [Recommendations for ensuring traffic safety on highways]. — Moscow, 2011. — 156 p. [in Russian]

9. Pat. 2770723 Russian Federation, MPK G08G 1/0967 G08G 1/16 B60W 30/08 H04W 4/30 H04W 4/44. Sposob preduprezhdenija stolknovenij transportnyh sredstv na uchastkah dorog vne naselennyh punktov [Collision prevention method for vehicles on road sections outside public areas] / Zeer V.V., Grazhdancev E.V. Sidorov A.Yu. et al.; applicant and patentee Siberian Federal University. — № 2021125343; appl. 2021-08-26; publ. 2022-04-21. — 48 p. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48380492> (accessed: 10.04.2023). [in Russian]

10. Pat. 2676854 Russian Federation, MPK B60W 30/08 G08G 1/00. Sposob preduprezhdenija stolknovenija transportnyh sredstv [Method for preventing collision of vehicles] / Al'bekov A.U., Vovchenko N.G., Polubotko A.A.; applicant and patentee Rostov State Economic University (RINE). — № 2017112887; appl. 2017-04-13; publ. 2019-01-11. — 8 p. — URL: <https://elibrary.ru/uorxwk> (accessed: 10.04.2023). [in Russian]