

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

Поленц Данил Сергеевич

На тему: «Разработка системы автоматизированного оповещения о факте ДТП с
указанием места и времени»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматики и информационных технологии

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭТиКТ
канд. техн. наук, ассоциированный
профессор
Е. Таштай
"26" 05 2025 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка системы автоматизированного оповещения о факте ДТП с
указанием места и времени»

Образовательная программа: 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Выполнил

 Поленец Д. С.

Рецензент

PhD, Международный университет
информационных технологий

 Омаров Б. С.
"26" 05 2025 г.

Научный руководитель
канд. техн. наук, ассоциированный
профессор

 Мусапирова Г. Д.
"12" 05 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭТиКТ

канд. техн. наук, ассоциированный
профессор

Е. Таштай

"5" 02 2025 г.



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Поленц Данилу Сергеевичу

Тема: "Разработка системы автоматизированного оповещения о факте ДТП с указанием места и времени"

Утверждена приказом Ректора Университета №261/Р от "29" 02 2025 г.

Срок сдачи законченной работы "30" 05 2025 г.

Исходные данные к дипломной работе: система автоматически фиксирует ДТП, определяет координаты и время с помощью GPS/ГЛОНАСС и передаёт оповещение через GSM/4G в экстренные службы с задержкой не более 5 секунд.

Краткое содержание дипломной работы:

- а) разработан прототип системы автоматического оповещения о ДТП на базе Arduino Uno.
- б) реализована фиксация удара, определение координат и передача сообщения через GSM.
- в) проведено тестирование, подтверждающее соответствие требованиям по скорости и точности.

Перечень графического материала: представлены 10–15 слайдов презентации работы.

- 1. Актуальность и цель проекта.
- 2. Принцип работы и состав системы.
- 3. Результаты тестирования и эффективность.

Рекомендуемая основная литература: Куклин Д. Н., Тарасов А. Б. "Системы навигации и мониторинга", Глушаков С. В. "Основы проектирования систем автоматизированного мониторинга", Сэммонс М. "IoT: Интернет вещей для разработчиков", Arduino Documentation, ISO и ETSI стандарты.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
1. Анализ существующих технологий автоматизированного оповещения о ДТП	4.01.2025 - 31.01.2025	Выполнено
2. Разработка алгоритма фиксации события ДТП на основе данных акселерометра и датчиков удара.	15.01.2025 - 28.03.2025	Выполнено
3. Проектирование и разработка прототипа системы оповещения	15.02.2025 - 14.04.2025	Выполнено
4. Тестирование прототипа на соответствие требованиям быстродействия и точности.	01.04.2025 - 20.04.2025	Выполнено
5. Формирование разделов и оформление дипломной работы в соответствии с требованиями СТ КазННТУ 09–2023.	20.04.2025 - 30.04.2025	Выполнено

Подписи

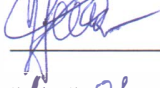
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Теоретическая часть	Ассоциированный профессор, кандидат технических наук Мусапирова Г. Д.	12.05.2025	
Основная часть	Ассоциированный профессор, кандидат технических наук Мусапирова Г. Д.	12.05.2025	
Нормоконтролер	Ассистент кафедры ЭТиКТ Маткаримова А. А.	12.05.2025	

Научный руководитель

 Мусапирова Г. Д.

Задание принял к исполнению обучающийся

 Поленц Д. С.

Дата

"4" "05" 2025 г.

АННОТАЦИЯ

Дипломдық жұмыс жол-көлік оқиғасы туралы географиялық координаттар мен оқиға уақытын тіркей отырып, автоматты түрде хабарлау жүйесін құруға бағытталған.

Зерттеу барысында Arduino Uno микроконтроллері негізінде жасалған құрылғының прототипі жобаланып, енгізілді. Жүйеге соққы датчигі SW-420, GPS модулі Neo-6М және SIM800L байланыс модулі қосылған. Жүйе соқтығысуды автоматты түрде анықтап, оқиға орнын белгілеп, SMS арқылы хабарлама жібереді.

Құрылғының жұмыс жылдамдығы мен мәліметтердің дәлдігі бойынша қойылған талаптарға сәйкестігіне тестілеу жүргізілді. Жұмыста жүйенің архитектурасы, ақпаратты өңдеу алгоритмі, баптау нәтижелері мен дайын прототиптің бейнесі келтірілген.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа направлена на создание системы автоматического уведомления о дорожно-транспортных происшествиях с фиксацией географических координат и времени события.

В рамках исследования спроектирован и внедрён прототип устройства, основанный на микроконтроллере Arduino Uno, с использованием датчика удара SW-420, GPS-модуля Neo-6М и модуля связи SIM800L. Система реализует автоматическое обнаружение столкновения, определение местоположения и отправку уведомления через SMS.

Выполнено тестирование устройства на соответствие требованиям по скорости работы и точности данных. В работе представлено описание архитектуры системы, алгоритм обработки информации, результаты настройки, а также изображение разработанного прототипа.

ANNOTATION

The thesis is aimed at developing a system for automatic notification of road traffic accidents, with fixation of geographic coordinates and the time of the event.

As part of the research, a prototype device was designed and implemented based on the Arduino Uno microcontroller, using the SW-420 shock sensor, Neo-6M GPS module, and SIM800L communication module. The system enables automatic collision detection, location determination, and sending of notifications via SMS.

The device was tested to compliance with the requirements for operating speed and data accuracy. The work includes a description of the system architecture, data processing algorithms, configuration results, as well as an image of the developed prototype.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Анализ существующих технологий автоматизированного оповещения о ДТП	8
1.1 ЭРА-ГЛОНАСС	8
1.2 ЭВАК	10
1.3 eCall	10
1.4 Automatic Crash Notification (ACN)	13
1.5 Сравнение систем автоматизированного оповещения о ДТП	14
2 Разработка алгоритма фиксации события ДТП на основе данных датчика удара	19
2.1 Среда разработки Arduino IDE	19
2.2 Датчика удара SW-420	20
3 Проектирование и разработка прототипа системы оповещения, используемые компоненты	24
3.1 Arduino Uno R3	24
3.2 SIM800L	25
3.3 GPS Neo-6M	27
3.4 Создание прототипа системы оповещения	30
4 Тестирование прототипа на соответствие требованиям быстродействия и точности	33
4.1 Модель прототипа	33
4.2 Исходный код и анализ его работы в тестовых условиях	34
4.3 Оценка влияния внешних факторов на работу системы	38
4.4 Анализ эффективности алгоритма обработки данных	39
4.5 Минимизация ложных срабатываний	39
4.6 Конструктивное исполнение и компоновка прототипа	40
Заключение	42
Список используемой литературы	43

ВВЕДЕНИЕ

Современные направления в области повышения безопасности дорожного движения сосредоточены на внедрении интеллектуальных систем мониторинга, способных оперативно регистрировать дорожно-транспортные происшествия (далее — ДТП) и передавать данные о них в службы экстренного реагирования. Быстрое уведомление о происшествии способствует сокращению времени прибытия спасательных служб, повышению эффективности медицинской помощи пострадавшим и снижению негативных последствий аварий.

Актуальность создания подобных систем обусловлена ростом числа транспортных средств, увеличением количества ДТП и необходимостью автоматизации процессов их фиксации. Традиционные подходы, основанные на сообщениях свидетелей или пострадавших, часто не обеспечивают достаточной скорости реагирования, что подчеркивает важность разработки автоматизированных решений для регистрации происшествий.

Данная работа посвящена созданию системы автоматического оповещения о ДТП, реализованной на базе микроконтроллера Arduino Uno. Разработанный прототип включает датчик удара SW-420, GPS-модуль Neo-6M и модуль связи SIM800L, обеспечивающий отправку уведомлений в формате SMS. Основная задача системы заключается в автоматическом обнаружении столкновения, определении географических координат места аварии и передаче информации в экстренные службы или уполномоченным лицам.

В процессе исследования выполнен анализ современных технологий мониторинга ДТП, изучены аппаратные и программные компоненты, используемые в системах безопасности. Разработан алгоритм работы системы, проведено проектирование и сборка прототипа, а также выполнены его испытания. Особое внимание уделено оценке скорости работы системы, точности регистрации ударов и стабильности передачи данных.

Работа включает теоретическое обоснование проекта, описание архитектуры системы, алгоритм обработки информации, результаты тестирования и анализ показателей быстродействия и точности. Полученные данные могут служить основой для дальнейшего совершенствования систем автоматизированного мониторинга дорожно-транспортных происшествий.

1 Анализ существующих технологий автоматизированного оповещения о ДТП

1.1 ЭРА-ГЛОНАСС

«ЭРА-ГЛОНАСС» представляет собой государственную систему автоматизированной обработки данных, предназначенную для оперативного реагирования на ДТП и другие нештатные ситуации на автомобильных дорогах Российской Федерации. Основное назначение данной системы заключается в обеспечении оперативного сбора, обработки, хранения и передачи информации в экстренные службы, что позволяет значительно сократить время реагирования и повысить эффективность оказания помощи пострадавшим.

Система функционирует на основе технологий спутниковой навигации и мобильной связи [5]. Передача сигналов осуществляется посредством сетей сотовых операторов, при этом система автоматически подключается к наиболее доступной сети в месте возникновения происшествия. Это обеспечивает надежную передачу как голосовых сообщений, так и цифровых данных. Определение координат аварии выполняется встроенным в транспортное средство оборудованием, оснащенным приемниками навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS [2].

Принцип работы системы «ЭРА-ГЛОНАСС». Система представляет собой сложную распределенную инфраструктуру, включающую навигационно-информационную платформу, каналы передачи данных и мобильную сеть, функционирующую на основе технологии виртуального оператора. Ключевым элементом является установленное в транспортные средства специализированное устройство экстренного вызова (УВЭОС), которое фиксирует параметры движения автомобиля, определяет факт аварии и автоматически передает сигнал тревоги в случае критического инцидента.

Таким образом, «ЭРА-ГЛОНАСС» является важным элементом системы обеспечения безопасности дорожного движения, способствующим снижению тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий за счет оперативного информирования экстренных служб и сокращения времени их прибытия на место аварии. (рис.1.1).

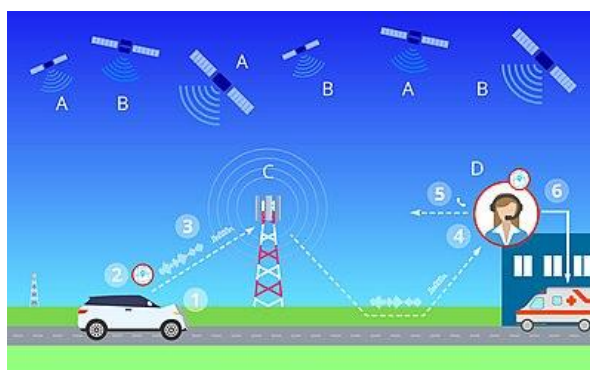


Рисунок 1.1 – Принцип действия системы оповещения о ДТП

В случае серьезного дорожно-транспортного происшествия, соответствующего установленным требованиям ГОСТ (фронтальное или боковое столкновение, а также удар сзади), встроенное устройство экстренного вызова (УВЭОС) проводит анализ степени тяжести аварии на основе предустановленного алгоритма. Определив координаты транспортного средства посредством спутниковых систем ГЛОНАСС и/или GPS, система устанавливает соединение с инфраструктурой «ЭРА-ГЛОНАСС» и передает сведения о происшествии в соответствии с регламентированным протоколом.

Данный вызов осуществляется автоматически, имеет высокий приоритет и передается через сеть оператора сотовой связи, обеспечивающего наиболее устойчивый уровень сигнала в данной местности. В условиях перегруженности мобильной сети экстренное сообщение может быть отправлено с прерыванием текущих вызовов. В случае, если передача голосового вызова затруднена из-за слабого сигнала, система инициирует отправку SMS-сообщения.

Перед установлением голосового соединения передается закодированный цифровой пакет данных объемом 140 байт, содержащий ключевую информацию о происшествии: точные координаты транспортного средства, его идентификационный номер, показатели работы встроенных датчиков, количество пристегнутых ремней безопасности (как индикатор возможного числа пассажиров), а также время отправки вызова.

Помимо автоматической активации, система может быть запущена вручную водителем или пассажирами посредством нажатия кнопки SOS, расположенной в салоне автомобиля. В этом случае оператор центра обработки вызовов «ЭРА-ГЛОНАСС» получает возможность уточнить детали происшествия в голосовом режиме. При подтверждении экстренной ситуации информация передается в службы оперативного реагирования, включая скорую медицинскую помощь, спасательные подразделения и сотрудников ГИБДД.

Проекты и услуги на основе «ЭРЫ-ГЛОНАСС». На базе системы «ЭРА-ГЛОНАСС» разработан ряд дополнительных сервисов, предназначенных как для частных автовладельцев, так и для коммерческих и государственных организаций.

Одним из таких сервисов является услуга «Помощь на дороге», обеспечивающая оперативную поддержку водителей в случае возникновения технических неисправностей транспортного средства. Для активации данной функции водитель может воспользоваться кнопкой SOS, после чего запрос автоматически передается оператору, который координирует взаимодействие с сервисными компаниями. В рамках услуги могут быть предоставлены эвакуация автомобиля, техническая помощь, доставка топлива, а также юридическая консультация и другие виды поддержки. Оплата осуществляется исключительно за фактически оказанные услуги по заранее согласованным тарифам.

Кроме того, на основе системы функционирует автоматизированная система мониторинга «АСМ ЭРА», предназначенная для контроля транспортных средств, грузоперевозок (включая транспортировку опасных и скоропортящихся грузов), а также пассажирских перевозок. Данная система позволяет оперативно

выявлять нарушения и отклонения от заданных маршрутов, передавая уведомления через SMS и электронную почту. Также «АСМ ЭРА» обеспечивает контроль расхода топлива и работу навесного оборудования, что способствует повышению эффективности эксплуатации транспортных средств (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Принцип работы «АСМ ЭРА»

Система успешно применялась во время Чемпионата мира по футболу 2018 года: 17 тысяч автобусов были оснащены спутниковой навигацией и подключены к системе. В общей сложности они выполнили 337 тысяч рейсов и перевезли свыше 10 миллионов болельщиков. Благодаря «АСМ ЭРА» организаторы смогли обеспечить качественное транспортное обслуживание гостей мероприятия и своевременно реагировать на нештатные ситуации.

1.2 ЭВАК

Государственная автоматизированная информационная система «ЭВАК» функционирует на территории Республики Казахстан и предназначена для оперативного оповещения экстренных служб в случае дорожно-транспортных происшествий и иных чрезвычайных ситуаций. Её работа основана на использовании глобальных навигационных спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС, что позволяет точно определять местоположение транспортного средства при аварии.

Основной целью системы является повышение уровня безопасности пассажирских и грузовых перевозок за счет оперативного реагирования аварийно-спасательных служб. Автоматизированная обработка данных обеспечивает передачу информации в службы экстренного реагирования в течение 20 секунд, а точное определение адреса происшествия занимает не более 10 секунд [6].

В случае ДТП система «ЭВАК» автоматически фиксирует происшествие и передает ключевые сведения о транспортном средстве, включая его географические координаты, в контактный центр оператора. Диспетчер связывается с водителем для подтверждения факта аварии и, при необходимости, инициирует отправку экстренных служб, таких как ДЧС, ДПС и медицинская помощь [6].

Система «ЭВАК» также интегрирована с российским комплексом экстренного реагирования «ЭРА-ГЛОНАСС», что обеспечивает совместимость и возможность координации действий служб двух стран в случае аварийных ситуаций.

Принцип действия ЭВАК. Система экстренного оповещения «ЭВАК» поддерживает два режима работы: автоматический и ручной. В автоматическом режиме активация осуществляется при выявлении дорожно-транспортного происшествия, если величина удара превышает заранее установленный порог. В этом случае система самостоятельно фиксирует инцидент и инициирует передачу информации в экстренные службы.

В ручном режиме водитель или пассажиры могут самостоятельно активировать систему, воспользовавшись специальной кнопкой «SOS», установленной в транспортном средстве. После нажатия кнопки сведения о происшествии, включая точные координаты автомобиля и его идентификационные данные, направляются в контактный центр «ЭВАК». Оператор центра связывается с водителем или пассажирами через встроенный аудиомодуль транспортного средства для уточнения дополнительных обстоятельств происшествия и организации необходимой помощи.

Особенности функционирования системы «ЭВАК». Система «ЭВАК» обладает рядом ключевых преимуществ, обеспечивающих её эффективность в экстренных ситуациях. В отличие от мобильных телефонов, работающих в сети конкретного оператора, система автоматически подключается к сотовой сети с наилучшим уровнем сигнала в месте происшествия. Это позволяет передавать экстренные сообщения даже в условиях нестабильного соединения.

Кроме того, вызовы, инициируемые системой, обладают приоритетным статусом, что гарантирует их обработку даже при высокой загруженности сети. В случае необходимости система может временно прервать вызовы других абонентов, чтобы обеспечить передачу сигнала бедствия без задержек. Также программно-аппаратный комплекс «ЭВАК» способен эффективно обрабатывать значительное количество одновременных экстренных вызовов, что критически важно при массовых авариях или катастрофах.

Регламент и интеграция с «ЭРА-ГЛОНАСС». С 2015 года автопроизводители оснащают транспортные средства встроенными устройствами экстренного вызова с интегрированными SIM-картами оператора «ЭРА-ГЛОНАСС».

Так как российская система «ЭРА-ГЛОНАСС» функционирует в Казахстане в роуминговом режиме, это может создавать дополнительную финансовую нагрузку для владельцев автомобилей с российскими SIM-картами.

В связи с этим Министерство внутренних дел Республики Казахстан совместно с оператором «ЭВАК» рассматривало возможность ограничения первичной регистрации таких транспортных средств. В результате было принято решение о необходимости прохождения процедуры активации в системе «ЭВАК», что позволяет обеспечить бесперебойную работу экстренной связи на территории Казахстана.

1.3 eCall

С 2001 года в странах Европейского союза реализуется программа eCall, направленная на повышение безопасности дорожного движения путем автоматизированного экстренного оповещения о дорожно-транспортных происшествиях. В рамках данной программы с 2015 года введено обязательное оснащение всех новых транспортных средств, реализуемых на территории ЕС, специальными навигационно-коммуникационными модулями, способными автоматически активироваться в случае аварии [6].

При срабатывании системы передача информации о координатах транспортного средства осуществляется на единый европейский номер экстренной помощи 112 через сеть GSM, что обеспечивает оперативное реагирование экстренных служб. Например, в Германии с 2005 года обязательному оснащению такими устройствами подлежат автопоезда грузоподъемностью более 12 тонн, а в Швеции — грузовые автомобили массой свыше 3,5 тонн [7].

Координация внедрения eCall. Для организации процесса интеграции системы eCall на уровне Евросоюза в 2004 году Европейская комиссия инициировала создание Европейской платформы по внедрению eCall (EeIP, European eCall Implementation Platform). Данная структура осуществляет координацию разработок и регламентирует процесс взаимодействия eCall с аналогичными международными системами, включая российскую «ЭРА-ГЛОНАСС».

В 2011 году на территории России был образован консорциум HeERO (Harmonized eCall European Pilot), объединяющий представителей промышленного сектора. Основной целью его деятельности является проведение тестирования инфраструктуры eCall и отработка технических решений для обеспечения совместимости систем экстренного оповещения в Европе и России (рис 1.3). Официальный запуск системы eCall состоялся в 2018 году.

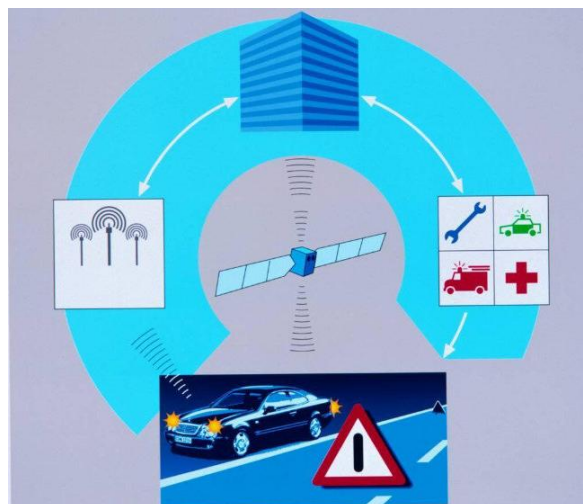


Рисунок 1.3 – Автоматическая система экстренного вызова eCall

В настоящее время обеспечена совместимость российской государственной автоматизированной информационной системы (ГАИС) «ЭРА-ГЛОНАСС» и финской системы eCall, что позволяет осуществлять интеграцию экстренных вызовов между двумя государствами. Данная мера способствует повышению оперативности реагирования служб экстренной помощи и обеспечению безопасности участников дорожного движения в трансграничных районах.

1.4 Automatic Crash Notification (ACN)

Система Automatic Crash Notification (ACN) была разработана в США и Канаде в конце 1990-х – начале 2000-х годов в рамках программ, направленных на повышение безопасности дорожного движения. Её создание являлось частью комплексной стратегии по снижению уровня смертности и уменьшению количества тяжёлых травм, получаемых в результате дорожно-транспортных происшествий. Реализация данной технологии получила поддержку со стороны Национального управления безопасностью дорожного движения США (NHTSA), а также ряда государственных и частных организаций [8].

В настоящее время система ACN интегрирована в автомобили ведущих мировых производителей, таких как Ford, BMW, Mercedes-Benz, General Motors (OnStar), Toyota, Honda и другие. Кроме того, технология применяется в независимых телематических комплексах, обеспечивающих автоматическое оповещение экстренных служб при возникновении аварийных ситуаций [9].

Принцип работы. Automatic Crash Notification (ACN) — это система автоматического оповещения экстренных служб о ДТП, основанная на данных от сенсоров автомобиля и технологий беспроводной связи.

Последовательность работы системы:

- детектирование аварии: в автомобиле установлены датчики удара, акселерометры, датчики переворота, системы подушек безопасности и

телеметрические модули. При столкновении или перевороте автомобиля сенсоры фиксируют уровень удара и определяют его серьёзность. Если срабатывают подушки безопасности или система определяет высокий уровень перегрузок, активируется CAN;

- передача данных: автомобиль связывается с диспетчерским центром оператора (например, OnStar, BMW Assist, Ford SYNC 911 Assist);

- оповещение служб спасения: диспетчер центра ACN связывается с водителем и пассажирами через встроенную систему громкой связи. Если пострадавшие не отвечают или подтверждают аварию, информация передаётся в 911 (США) или 112 (Канада), а затем в местные экстренные службы. Спасатели получают предварительную оценку серьёзности аварии и могут заранее подготовиться к оказанию помощи.

1.5 Сравнение систем автоматизированного оповещения о ДТП

Технический прогресс обусловил появление разнообразных систем автоматизированного оповещения о ДТП, каждая из которых обладает своими уникальными характеристиками и методами функционирования. Их сравнительный анализ даёт возможность определить наиболее эффективные решения, способные минимизировать время отклика экстренных служб и повысить точность фиксации аварий (смотреть таблицу 1.1).

Важно учитывать такие параметры, как скорость передачи информации, адаптивность к различным условиям эксплуатации, интеграция с государственными и частными службами, а также уровень защиты от ложных срабатываний. Реальные кейсы применения этих технологий позволяют объективно оценить их преимущества и выявить существующие недостатки, требующие доработки (смотреть таблицу 1.2).

Таблица 1.1 – Сравнение по четырем системам: ACN (США), eCall (ЕС), ЭРА-ГЛОНАСС (Россия) и ЭВАК (Казахстан).

Система	Принцип работы	Основные функции
США – ACN/eACN	Датчики удара фиксируют ДТП → данные передаются в частный диспетчерский центр (OnStar, Ford SYNC и др.) → оператор связывается с водителем или вызывает 911	– фиксация столкновения, переворота, активации подушек безопасности; – оценка тяжести ДТП (eACN); – передача данных о скорости, координатах, количестве пассажиров; – вызов экстренных служб при отсутствии ответа от водителя.

Продолжение таблицы 1.1

Евросоюз – eCall	Автоматическая передача данных о ДТП через сеть GSM/UMTS/LTE на номер 112 → диспетчер передает вызов спасательным службам	– обязательная установка с 2018 года; – автоматический и ручной вызов; – передача координат, направления движения, типа удара; – интеграция с европейскими экстренными службами.
Россия – ЭРА- ГЛОНАСС	Фиксация ДТП → передача данных через спутники ГЛОНАСС/GPS в диспетчерский центр → оператор соединяет с экстренными службами	– обязательная установка в новых авто (с 2015 года); – приоритетный канал связи, работа со всеми операторами; – возможность голосовой связи с диспетчером; – совместимость с eCall.
Казахстан – ЭВАК	Аналог ЭРА-ГЛОНАСС: данные передаются в контакт-центр, который фильтрует вызовы и передает их службам экстренного реагирования	– интеграция с ЭРА-ГЛОНАСС; – мониторинг транспортных средств; – обязательная установка с 2017 года; – работа со всеми операторами связи; – вызов экстренной помощи вручную или автоматически.

Все рассматриваемые системы работают по схожему принципу: при аварии они автоматически определяют факт столкновения с помощью датчиков удара, фиксируют местоположение автомобиля по спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) и передают информацию в центр обработки вызовов.

Наиболее универсальной и независимой от мобильных операторов является система ACN (США), которая использует спутниковые сети и может работать даже при отсутствии сотового покрытия. eCall (ЕС) имеет лучшее взаимодействие с европейскими экстренными службами, но зависит от доступности сети 112. ЭРА-ГЛОНАСС и ЭВАК обладают высокой точностью определения ДТП, но время обработки вызова увеличивается из-за фильтрации ложных сообщений [5] [6].

Таблица 1.2 – Преимущества и недостатки четырех систем: ACN (США), eCall (ЕС), ЭРА-ГЛОНАСС (Россия) и ЭВАК (Казахстан).

Система	Преимущества	Недостатки
США ACN/eACN	– развитая телематика и прогнозирование травм; – возможность интеграции с сервисами автопроизводителей (OnStar, Ford SYNC и др.); – передача расширенной информации (скорость, степень удара, число пассажиров); – операторский контроль и фильтрация ложных вызовов.	– необязательная установка, доступна не во всех авто; – высокая стоимость подписки на частные сервисы; – нет единого государственного стандарта.
Евросоюз eCall	– обязательная установка во всех новых авто (с 2018 года); – автоматическая передача данных напрямую в службы 112; – единый стандарт в странах ЕС; – интеграция с экстренными службами.	– зависимость от покрытия сотовой связи; – обязательна только для новых автомобилей; – возможны задержки при высокой нагрузке сети.
Россия ЭРА-ГЛОНАСС	– государственная поддержка, покрытие всей страны; – приоритетный канал связи при перегрузке сети; – возможность голосового общения с оператором; – поддержка eCall для международного роуминга.	– сложности с интеграцией иностранных автомобилей; – работа ограничена в зонах без сотовой связи; – высокая стоимость оборудования для старых автомобилей.
Казахстан ЭВАК	– интеграция с ЭРА-ГЛОНАСС; – работает со всеми операторами сотовой связи; – оперативный фильтр ложных вызовов; – обязательная установка с 2017 года.	– роуминг при использовании российских SIM-карт; – проблемы с первичной регистрацией авто с российским оборудованием; – ограниченная зона покрытия в отдаленных районах.

По скорости передачи данных и общему времени реагирования лидируют eCall (ЕС) и ACN (США), где среднее время от момента аварии до поступления вызова в экстренные службы составляет 1–2 минуты, ЭРА-ГЛОНАСС и ЭВАК работают чуть медленнее (2–3 минуты), но обеспечивают более точную фильтрацию вызовов [6], [8] (смотреть таблицу 1.3).

Таблица 1.3 – Скорость реагирования систем автоматизированного оповещения ДТП

Система	Время определения аварии	Время передачи данных	Время реагирования служб
ACN/eACN (США)	Мгновенно (по датчикам удара)	5–10 секунд (в частный центр)	Зависит от оператора и местных служб (обычно 1–3 минуты)
eCall (ЕС)	Мгновенно (по датчикам удара)	5–10 секунд (на 112)	1–2 минуты (с момента передачи вызова службам)
ЭРА-ГЛОНАСС (Россия)	Мгновенно (по датчикам удара)	10–20 секунд (в диспетчерский центр)	2–3 минуты (с учетом обработки вызова оператором)
ЭВАК (Казахстан)	Мгновенно (по датчикам удара)	10–20 секунд (в фильтрующий контакт-центр)	2–3 минуты (зависит от перегрузки сети и служб)

Таким образом, анализ четырех систем автоматического оповещения о ДТП — ACN/eACN (США), eCall (ЕС), ЭРА-ГЛОНАСС (Россия) и ЭВАК (Казахстан) — показал, что каждая из них обладает своими преимуществами и недостатками, влияющими на скорость и эффективность реагирования экстренных служб.

Ложные сообщения в системах автоматического экстренного оповещения представляют собой некорректные сигналы о дорожно-транспортных происшествиях, которые не соответствуют реальным аварийным ситуациям.

Основные причины ложных сообщений:

1. Некорректное срабатывание датчиков. В некоторых случаях датчики удара могут регистрировать резкие изменения движения, такие как экстренное торможение, наезд на препятствие или выбоину, что приводит к ложному определению ДТП.

2. Погрешности алгоритмов обработки данных. Ошибки в программном обеспечении могут привести к неверной интерпретации полученной информации, что способствует формированию ложного сигнала.

3. Вмешательство пользователя. Водитель или пассажиры могут случайно или намеренно активировать экстренный вызов, что также становится источником ложных сообщений.

4. Помехи и сбои в работе оборудования. Некорректная передача данных, вызванная неисправностью модуля GPS или нестабильностью сигнала GSM, может привести к ошибочному определению аварийной ситуации.

Методы минимизации ложных сообщений:

- многофакторный анализ данных. Современные системы используют комплексный анализ параметров удара, изменения координат и скорости движения для повышения точности распознавания ДТП;

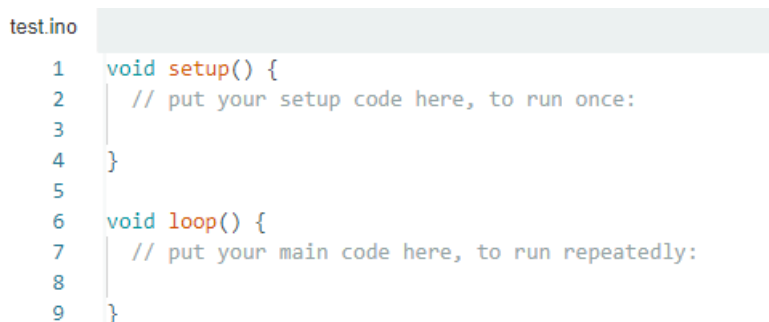
- дополнительное подтверждение вызова. В ряде случаев системы запрашивают подтверждение экстренного вызова от водителя, если он находится в сознании;

- применение вспомогательных сенсоров. Использование дополнительных датчиков, таких как акселерометры и гироскопы, позволяет снизить вероятность ложных срабатываний.

2 Разработка алгоритма фиксации события ДТП на основе данных датчика удара

2.1 Среда разработки Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) представляет собой интегрированную среду разработки, предназначенную для программирования микроконтроллеров семейства Arduino. Данная среда обеспечивает удобный пользовательский интерфейс, позволяющий программировать, компилировать и загружать программный код в микроконтроллер. Основу программирования в Arduino IDE составляет язык C/C++ с возможностью использования встроенных библиотек, значительно упрощающих взаимодействие с аппаратными компонентами (рис 2.1).



```
test.ino
1  void setup() {
2      // put your setup code here, to run once:
3
4  }
5
6  void loop() {
7      // put your main code here, to run repeatedly:
8
9  }
```

Рисунок 2.1 – Среда разработки Arduino IDE

Arduino IDE является кроссплатформенным программным обеспечением с открытым исходным кодом и доступна для операционных систем Windows, macOS и Linux. Благодаря этому она широко используется как начинающими разработчиками, так и опытными инженерами.

В рамках данного исследования среда Arduino IDE применяется для разработки программного обеспечения системы автоматизированного оповещения о дорожно-транспортных происшествиях. Программный код, разработанный в этой среде, управляет микроконтроллером Arduino Uno, который взаимодействует с модулями GPS Neo-6M, SIM800L и датчиком удара SW-420 [12].

Разработанная программа выполняет следующие функции:

1. Получение географических координат и времени с модуля GPS;
2. Контроль срабатывания датчика удара;
3. Автоматическая передача данных о происшествии через GSM-модуль SIM800L в формате SMS-сообщения с координатами, содержащими ссылку на Google Maps.

Применение Arduino IDE позволяет не только разрабатывать программное обеспечение, но и осуществлять его тестирование с использованием монитора последовательного порта, а также загружать обновления в микроконтроллер при необходимости.

Serial Monitor — это встроенный инструмент среды разработки Arduino IDE, предназначенный для обмена данными между микроконтроллером и компьютером через последовательный интерфейс (UART). Он выполняет функции терминала, позволяя разработчику отправлять и получать текстовые сообщения, что существенно облегчает отладку программного кода и взаимодействие с внешними модулями.

Основные функции сериал-монитора:

1. Вывод отладочной информации — позволяет отслеживать состояние переменных, результаты выполнения команд и получать диагностические сообщения от микроконтроллера.

2. Взаимодействие с микроконтроллером — поддерживает передачу данных с компьютера на устройство, что полезно для управления программой в реальном времени.

3. Диагностика работы модулей — используется для проверки связи с модулями GPS, GSM, датчиками и исполнительными устройствами, отображая полученные от них данные.

Применение в проекте. В данном проекте сериал-монитор играет ключевую роль в тестировании и отладке системы. Он позволяет:

- выводить данные о полученных координатах и времени с GPS-модуля;
- отображать сигналы от датчика удара SW-420;
- контролировать отправку SMS-сообщений через GSM-модуль SIM800L.

Использование сериал-монитора значительно упрощает процесс настройки системы, выявление ошибок и корректировку работы алгоритма без необходимости загружать новые версии прошивки.

2.2 Датчика удара SW-420

Датчик удара SW-420 — это вибрационный сенсор, реагирующий на механические воздействия, такие как удары, резкие толчки или сильные вибрации. Он широко используется в системах безопасности, автоматического мониторинга и интеллектуальных транспортных системах [3] (рис 2.2).



Рисунок 2.2 – Датчик удара SW-420

Принцип работы. Основной элемент датчика — это металлический контактный цилиндр, внутри которого находится подвижный шарик или пружинный механизм. В спокойном состоянии контакты замкнуты или разомкнуты в зависимости от конструкции. При резком механическом

воздействии (ударе, вибрации) шарик или пружина смещаются, вызывая изменение состояния контактов. Это изменение фиксируется микроконтроллером или внешней схемой обработки [3].

Технические характеристики:

- напряжение питания: 3,3–5 В;
- выходной сигнал: цифровой (0 или 1);
- чувствительность: регулируемая;
- выходной интерфейс: DO (Digital Output);
- тип контакта: нормально открытый (NO) или нормально закрытый (NC)

в зависимости от исполнения.

Данный модуль имеет регулировку чувствительности. На плате датчика SW-420 обычно установлен подстроечный потенциометр, который позволяет изменять порог чувствительности. При уменьшении чувствительности сенсор начинает реагировать на менее интенсивные вибрации, а при увеличении – только на сильные удары. Это позволяет адаптировать датчик под конкретные условия эксплуатации.

Датчик начинает выдавать логический 0 (низкий уровень) при воздействии, превышающем установленный порог чувствительности. Это может быть:

1. Удар по корпусу автомобиля.
2. Резкое столкновение.
3. Вибрация при сильном наезде на препятствие.

После прекращения воздействия сенсор возвращается в исходное состояние и выдаёт логическую 1 (высокий уровень).

Логика работы датчика удара. Разработанный алгоритм предназначен для автоматизированного выявления дорожно-транспортных происшествий (ДТП) посредством анализа данных, поступающих от датчика удара. Его основная задача заключается в оперативной фиксации столкновений на основании зарегистрированных изменений параметров удара [3] (рис 2.3).

Функционирование алгоритма включает в себя непрерывный мониторинг показателей датчика, оценку их соответствия установленным пороговым значениям и принятие решения о фиксации события. В случае регистрации удара, превышающего допустимый уровень, система фиксирует факт происшествия, сохраняет временные параметры события и передаёт их для последующей обработки [3].



Рисунок 2.3 – Алгоритм работы датчика SW-420

Программная реализация фиксации удара с использованием датчика SW-420. Для автоматизированного выявления ударных воздействий разработан программный код, основанный на обработке данных, поступающих с датчика вибрации SW-420. Программный код осуществляет постоянный мониторинг состояния датчика и фиксирует момент удара при регистрации соответствующего сигнала (рис 2.4).

В ходе реализации алгоритма предусмотрены следующие этапы:

1. Инициализация датчика и настройка параметров его работы.
2. Чтение данных с цифрового выхода сенсора в режиме реального времени.
3. Анализ поступающих сигналов с целью определения превышения установленного порога чувствительности.
4. Фиксация события удара и передача соответствующей информации.

Разработанный код обеспечивает стабильную работу системы и может быть интегрирован в комплексные решения, направленные на автоматизированный контроль аварийных ситуаций.

```

SW-420.ino
1  const int shockSensorPin = 2; // Подключаем SW-420 к D13
2
3  void setup() {
4      pinMode(shockSensorPin, INPUT);
5      Serial.begin(9600);
6  }
7
8  void loop() {
9      if (digitalRead(shockSensorPin) == LOW) { // Если датчик срабатывает
10         Serial.print("Detected vibration");
11         delay(1000); // Задержка для предотвращения многократных срабатываний
12     }
13 }
  
```

Рисунок 2.4 – Программный код SW-420

При обнаружении ударного воздействия датчик SW-420 передаёт сигнал на микроконтроллер, после чего в последовательном мониторе (Serial Monitor) отображается соответствующее уведомление. Программное обеспечение в режиме реального времени осуществляет мониторинг состояния цифрового выхода датчика и при фиксации удара выводит текстовое сообщение, информирующее о срабатывании сенсора. Данный подход обеспечивает оперативную регистрацию механических воздействий и позволяет проводить анализ работы системы, что особенно важно на этапе тестирования и калибровки алгоритма фиксации событий (рис 2.5).

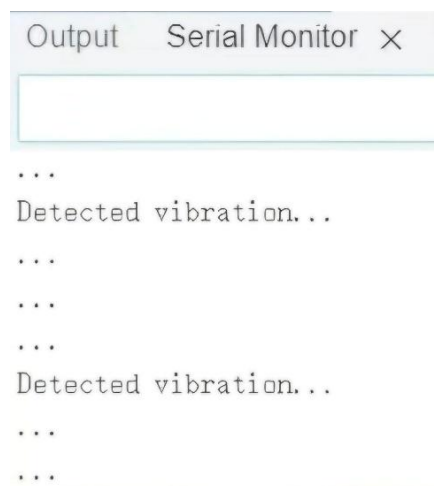


Рисунок 2.5 – Вывод информации об ударе в Serial Monitor

3 Проектирование и разработка прототипа системы оповещения, используемые компоненты

3.1 Arduino Uno R3

Arduino Uno построен на микроконтроллере ATmega328 и представляет собой удобную платформу для различных проектов в области автоматизации и электроники. Она включает 14 цифровых входов/выходов, из которых 6 могут работать в режиме ШИМ, а также 6 аналоговых входов. В составе платы присутствует кварцевый генератор на 16 МГц, разъём USB для подключения к компьютеру, ICSP-интерфейс для прошивки микроконтроллера и отдельная кнопка для перезагрузки устройства. Запитать платформу можно либо от USB-порта, либо от внешнего источника, например: аккумулятора или блока питания [12] (рис 3.1).

В отличие от предыдущих версий, где использовался FTDI-чип для связи с компьютером, в Uno применён ATmega8U2, который выполняет функцию преобразования USB в последовательный интерфейс.

Характеристики:

- микроконтроллер: ATmega328P;
- тактовая частота: 16 МГц;
- оперативная память (SRAM): 2 КБ;
- постоянная память (Flash): 32 КБ;
- энергонезависимая память (EEPROM): 1 КБ;
- напряжение питания: 5 В;
- входное напряжение (рекомендуемое): 7–12 В;
- входное напряжение (допустимое): 6–20 В;
- максимальный ток на выводе: 40 мА;
- количество цифровых входов/выходов: 14 (6 поддерживают ШИМ);
- количество аналоговых входов: 6 (разрешение 10 бит);
- интерфейсы связи: UART, I2C, SPI;
- коннекторы: USB-B, разъём питания 2.1 мм, ICSP;
- размеры: 68,6 × 53,4 мм;
- вес: 25.

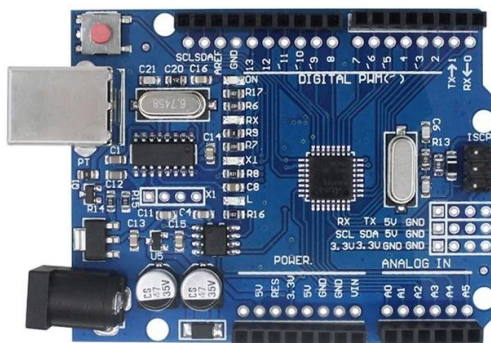


Рисунок 3.1 – Arduino Uno R3

Arduino Uno способна работать как от USB-подключения, так и от внешнего источника питания. Выбор между ними осуществляется автоматически.

При использовании внешнего питания возможно подключение либо через адаптер (AC/DC), либо с помощью аккумуляторной батареи. Разъём для адаптера рассчитан на штекер диаметром 2,1 мм с положительным центральным контактом. Если необходимо запитать плату от аккумулятора, подключение выполняется через контакты GND и VIN.

Допустимый диапазон входного постоянного напряжения — от 6В до 20В, однако рекомендуемыми считаются 7–12 В. Если напряжение будет ниже 7 В, возможны сбои в работе из-за нестабильного выхода 5 В. Если же оно превысит 12 В, встроенный стабилизатор может перегреваться.

Основные контакты питания:

- VIN — используется для подачи напряжения при питании от внешнего источника;
- 5V — выход 5 В, который может питаться от VIN через встроенный стабилизатор или напрямую от USB;
- 3V3 — встроенный регулятор выдаёт 3,3 В (до 50 мА);
- GND — контакты заземления.

Каждый из 14 цифровых выводов может работать как вход или выход, переключаемый программно (функции `pinMode`, `digitalWrite`, `digitalRead`). Они рассчитаны на напряжение 5 В и способны выдавать ток до 40 мА.

Некоторые выводы обладают дополнительными функциями:

- 0 (RX) и 1 (TX) — UART-интерфейс для обмена данными;
- 2 и 3 — могут работать как внешние прерывания;
- 3, 5, 6, 9, 10, 11 — поддерживают ШИМ;
- 10, 11, 12, 13 — задействуются при работе по SPI;
- 13 — подключен к встроенному светодиоду, который загорается при высоком уровне сигнала.

Arduino Uno поддерживает несколько способов коммуникации:

- UART (5 В TTL): реализуется через контакты 0 (RX) и 1 (TX). Через встроенный ATmega8U2 можно взаимодействовать с компьютером через USB, используя виртуальный COM-порт;
- монитор порта в среде Arduino позволяет отправлять и получать данные. При передаче информации индикаторы TX и RX мигают.

Благодаря этим возможностям Arduino Uno является универсальным инструментом для разработки различных проектов, включая системы мониторинга, автоматизации и IoT.

3.2 SIM800L

Модуль SIM800L GSM/GPRS представляет собой компактный сотовый GSM-модем, разработанный компанией Simcom. Он обеспечивает возможность интеграции функционала мобильной связи в микроконтроллерные системы,

позволяя передавать данные по GPRS, отправлять и принимать SMS, а также совершать и принимать голосовые вызовы. Благодаря поддержке четырёх диапазонов частот (850/900/1800/1900 МГц), данный модуль способен функционировать в глобальных сотовых сетях, что делает его универсальным решением для IoT-приложений и проектов, требующих дистанционной связи [3] (рис 3.2).



Рисунок 3.2 – Модуль SIM800L

Функциональная работа модуля обеспечивается четырьмя ключевыми компонентами:

- чип SIM800L: отвечает за связь с мобильной сетью;
- индикатор состояния сети (LED): позволяет отслеживать текущее состояние соединения;
- Антенна: обеспечивает приём и передачу радиосигналов;
- слот для Micro-SIM: служит для установки SIM-карты.

Основу модуля составляет чип SIM800L (SMT-типа), который поддерживает GSM/GPRS-связь и функционирует в четырёх диапазонах частот: 850/900/1800/1900 МГц. Данный чип обеспечивает передачу голосовых и текстовых данных при низком энергопотреблении, что делает его оптимальным решением для мобильных и автономных систем.

Основные характеристики чипа:

- напряжение питания: 3.4–4.4 В (оптимально 4.1 В);
- поддерживаемые скорости передачи данных (Baud Rate): 1200–115200 бит/с (автоматическое определение скорости);
- габариты чипа: $17.6 \times 15.7 \times 2.3$ мм.

Индикатор состояния сети (LED). Светодиодный индикатор, расположенный в верхнем правом углу платы, отображает текущий статус работы модуля:

- мигание с частотой 1 раз в секунду: устройство включено, но не подключено к сотовой сети;
- мигание с частотой 2 раза в секунду: установлено соединение по GPRS;
- мигание с частотой 3 раза в секунду: модуль успешно зарегистрирован в сети и готов к передаче данных.

Антенна играет ключевую роль в обеспечении качества связи. В SIM800L предусмотрены два типа антенн:

- спиральная GSM-антенна: представляет собой намотанную проволоку, которая припаивается к контакту NET на плате. Применяется в компактных устройствах;
- печатная антенна (PCB): подключается через разъём U.FL и обладает более высокой эффективностью. Рекомендуется для использования, если модуль размещается внутри металлического корпуса.

На обратной стороне модуля расположен слот для установки SIM-карты формата Micro-SIM. Для корректной работы карты необходимо вставлять её с правильной ориентацией, которая обычно обозначена на корпусе устройства.

Модуль SIM800L содержит 12 выводов, каждый из которых выполняет определённую функцию. Основные контакты включают VCC (подача питания в диапазоне 3.4–4.4 В) и GND (общий провод). Для передачи и приёма данных используется интерфейс UART, представленный выводами TX и RX. Управление модулем осуществляется посредством контакта RST, обеспечивающего его аппаратный перезапуск. Также предусмотрены выводы для подключения внешних аудиоустройств: SPK+ и SPK- предназначены для динамика, а MIC+ и MIC- — для микрофона (рис 3.3).



Рисунок 3.3 – Пины модуля SIM800L

- NET: подключение внешней антенны;
- VCC: подключение питания (3.4–4.4 В, ≥ 2 А);
- RST: аппаратный сброс модуля (низкий уровень в течение 100 мс);
- RXD: приём данных (UART);
- TXD: передача данных (UART);
- GND: земля;
- RING: индикатор вызова и входящих сообщений (по умолчанию HIGH, при вызове – LOW на 120 мс);
- DTR: управление режимом сна (HIGH – спящий режим, LOW – активный режим);
- MIC+/MIC-: подключение микрофона;
- SPK+/SPK-: подключение динамика.

3.3 GPS Neo-6M

Модуль GPS Neo-6M представляет собой высокочувствительный навигационный приемник, разработанный компанией u-blox, предназначенный для определения географических координат, времени и скорости перемещения объектов. Его высокая точность и возможность автономной работы делают его востребованным в системах мониторинга, навигации, геопозиционирования, а также в проектах на основе концепции Интернета вещей (IoT) [1] (рис 3.4).

Конструкция модуля включает в себя несколько основных элементов, обеспечивающих его работоспособность:

- чип Neo-6M: основной вычислительный элемент, отвечающий за обработку навигационных данных;
- антенна: необходима для приема сигналов от спутников глобальной навигационной системы GPS;
- энергонезависимая память (EEPROM): предназначена для хранения конфигурационных параметров и данных при отключении питания;
- светодиодный индикатор состояния: сигнализирует о текущем статусе соединения со спутниковыми системами;
- интерфейс UART: обеспечивает взаимодействие модуля с микроконтроллерами и другими устройствами.

В основе устройства лежит навигационный процессор Neo-6M, который обеспечивает прием и обработку сигналов со спутников и расчет координат. Чип поддерживает различные режимы старта (горячий, тёплый, холодный) что позволяет ускорить процесс определения местоположения при повторном включении.

1. Горячий старт (Hot Start):

- используется, если модуль недавно был включён и сохранил данные о спутниках (альманах и эфемериды);
- GPS-модуль помнит своё предыдущее местоположение, текущее время и доступные спутники;
- время фиксации координат (TTFF – Time To First Fix): 1–5 секунд.

2. Тёплый старт (Warm Start):

- применяется, если модуль был выключен на некоторое время, но у него сохранились устаревшие данные о спутниках;
- альманах сохранён, но эфемеридные данные частично устарели, поэтому требуется обновление;
- время фиксации координат: 5–30 секунд.

3. Холодный старт (Cold Start):

- происходит, если модуль долго не использовался или переместился на большое расстояние от последнего местоположения;
- все данные о спутниках утеряны, и модулю требуется полностью заново получить альманах и эфемериды;
- время фиксации координат: от 30 секунд до нескольких минут, в зависимости от условий приёма сигнала.

Технические параметры процессора Neo-6M:

- диапазон частот: L1 (1575,42 МГц);
- максимальное количество отслеживаемых спутников: до 22;
- время первого запуска (холодный старт): менее 27 секунд;
- время запуска после перезапуска (тёплый старт): до 25 секунд;
- время запуска при наличии актуальных данных (горячий старт): менее 1 секунды;
- частота обновления данных: до 5 Гц (раз в 200 мс);
- диапазон рабочего напряжения: 3,0–5,0 В;
- средний уровень энергопотребления: 45–60 мА;
- поддержка коррекционных систем: SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS);
- интерфейс связи: UART (стандартная скорость 9600 бод, возможна настройка до 115200 бод).

Для обеспечения устойчивого приема спутникового сигнала модуль может работать с двумя типами антенн:

- встроенная пассивная антенна – обеспечивает базовый уровень приема в условиях открытого пространства;
- внешняя активная антенна (подключаемая через разъем u.FL) – повышает надежность приема, особенно в сложных условиях эксплуатации, таких как плотная городская застройка или металлические корпуса устройств.

Модуль оснащен энергонезависимой памятью EEPROM, предназначенной для сохранения настроек и параметров навигации даже после выключения питания. Это позволяет значительно сократить время запуска устройства при повторном включении.

Индикатор состояния работы модуля. Светодиодный индикатор, расположенный на плате устройства, отображает текущий статус связи со спутниками:

- мигание с частотой 1 раз в секунду – модуль выполняет поиск спутников;
- мигание с частотой 1 раз в 2–3 секунды – успешное подключение к спутникам, передача координат;
- для передачи данных модуль использует интерфейс UART, представленный двумя основными контактами: TX (передача данных), RX (прием данных);
- стандартная скорость обмена информацией составляет 9600 бод, однако при необходимости этот параметр может быть изменен путем конфигурирования.



Рисунок 3.4 - GPS-модуль Neo-6M

Модуль GPS Neo-6M оснащен четырьмя основными выводами, предназначенными для подключения к внешним устройствам:

- VCC: подключение питания (3,0–5,0 В);
- RX: прием данных (UART);
- TX: передача данных (UART);
- GND: общий провод (земля).

Дополнительно могут использоваться порты для подключения внешней антенны и других периферийных устройств.

Основные функциональные возможности:

1. Определение широты, долготы, высоты, скорости и направления движения.
2. Автономное функционирование без необходимости подключения к интернету.
3. Поддержка дифференциальной коррекции DGPS и SBAS для повышения точности позиционирования.
4. Встроенные механизмы подавления помех и фильтрации сигналов.
5. Возможность использования энергонезависимой памяти для сохранения данных.
6. Работа как с пассивной, так и с активной внешней антенной для улучшения качества приема.

Требования к питанию и потребляемая мощность. GPS-модуль Neo-6M рассчитан на работу в широком диапазоне напряжений (3,0–5,0 В).

3.4 Создание прототипа системы оповещения

Для обеспечения корректного функционирования системы автоматизированного оповещения о дорожно-транспортных происшествиях необходимо объединить все аппаратные компоненты в единую схему. Взаимодействие между модулями реализуется посредством цифровых интерфейсов передачи данных и последовательных соединений, а также за счёт продуманной системы электропитания [4].

Организация электропитания. Автономное питание устройства осуществляется с использованием литий-ионного аккумулятора на 3,7 В, что позволяет функционировать системе без необходимости подключения к внешним источникам энергии [4] (рис 3.5).



Рисунок 3.5 – Аккумулятор 18650

Электропитание компонентов организовано следующим образом (рис 3.6):

- микроконтроллерная плата Arduino Uno питается непосредственно от аккумулятора. Встроенный стабилизатор напряжения на плате обеспечивает выходное напряжение 5 В и 3,3 В для питания периферийных модулей;
- GSM-модуль SIM800L требует напряжения в диапазоне 3,7–4,2 В и потребляет высокий ток (до 2 А). Для обеспечения стабильной работы он подключается напрямую к аккумулятору, минуя встроенный стабилизатор платы Arduino;
- GPS-модуль Neo-6М работает от напряжения 3,3 В, поэтому его питание осуществляется через соответствующий выход на плате Arduino Uno;
- датчик удара SW-420 подключается к линии 5 В на Arduino, так как его энергопотребление минимально и не создаёт значительной нагрузки на систему.

3.5.2 Взаимодействие между модулями. Обмен данными между компонентами реализован следующим образом:

1. GPS-модуль Neo-6М передаёт координаты и временные метки в микроконтроллер через порты TX и RX (пины 3 и 4), используя программную реализацию последовательного интерфейса (SoftwareSerial).
2. GSM-модуль SIM800L обменивается данными с Arduino через порты TX и RX (пины 10 и 11). Он обеспечивает отправку SMS-сообщений, содержащих информацию о месте и времени происшествия.
3. Датчик удара SW-420 подключён к цифровому входу D13. В обычном состоянии его выходной сигнал остаётся в низком логическом уровне. При обнаружении удара устройство формирует импульс, который интерпретируется микроконтроллером как аварийный сигнал.

Алгоритм работы системы:

1. При включении устройства микроконтроллер выполняет инициализацию всех подключённых модулей.
2. GPS-модуль начинает определение текущих координат и времени.

3. Датчик удара SW-420 отслеживает вибрации, регистрируя факт столкновения.

4. При срабатывании датчика микроконтроллер считывает координаты и формирует текст аварийного сообщения.

5. С использованием GSM-модуля SIM800L SMS-сообщение, содержащее географическую ссылку на Google Maps, отправляется на заранее заданный телефонный номер.

6. Во избежание повторной отправки сообщений в течение короткого периода реализован временной интервал между срабатываниями системы.

Таким образом, предложенная архитектура объединяет аппаратные и программные компоненты в единое устройство, обеспечивающее автономную и надёжную работу системы. Оптимизированное распределение электропитания, эффективная обработка данных и беспроводная передача информации позволяют использовать разработанное решение в системах мониторинга дорожно-транспортных происшествий [4].

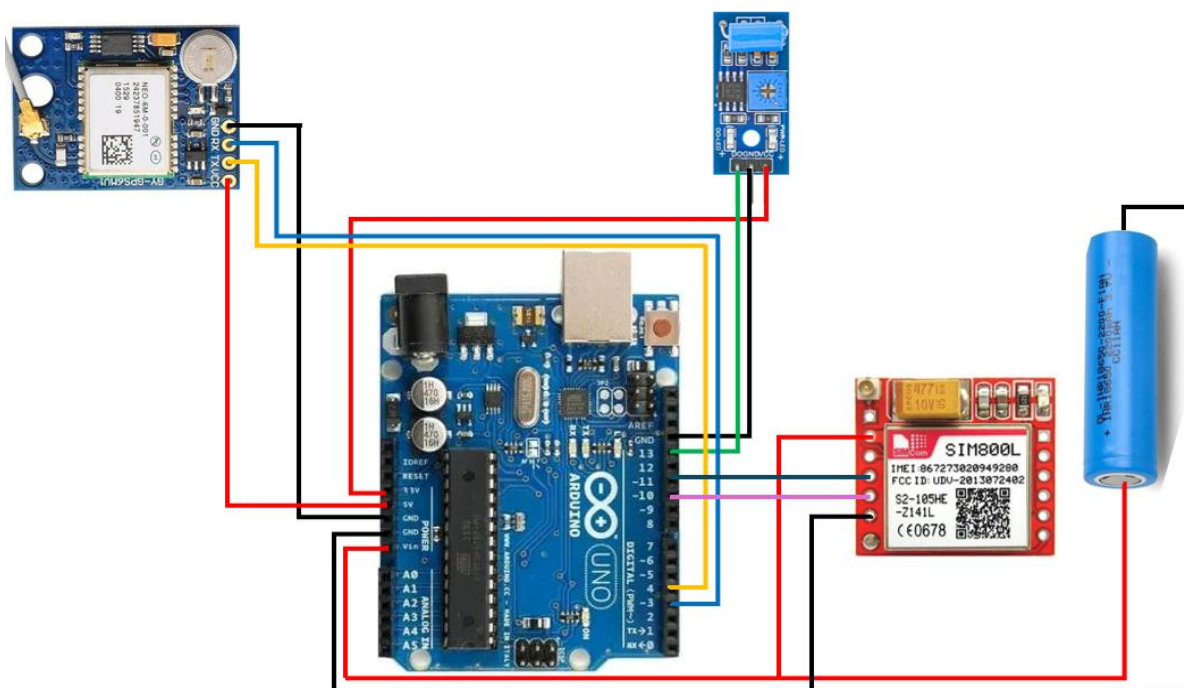


Рисунок 3.6 – Схема подключения модулей прототипа системы оповещения

4 Тестирование прототипа на соответствие требованиям быстродействия и точности

4.1 Модель прототипа

Процесс тестирования прототипа направлен на проверку его соответствия установленным требованиям по быстродействию и точности фиксации событий. Основная цель данного этапа заключается в анализе корректности определения ударных воздействий, минимизации задержки отклика системы, а также оценке устойчивости к возможным ложным срабатываниям (рис 4.1).

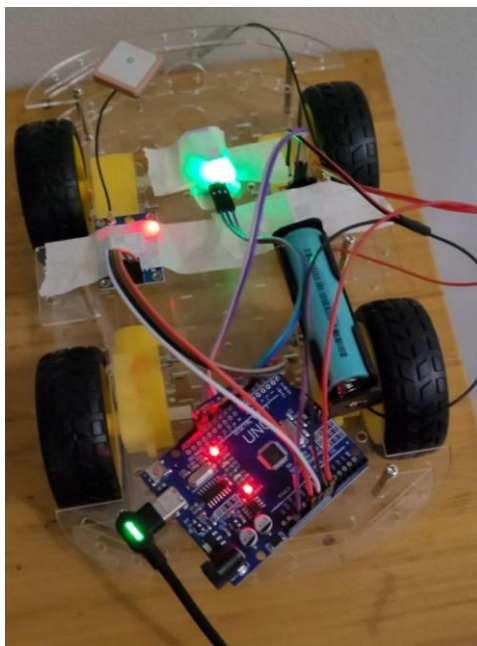


Рисунок 4.1 – Модель прототипа

Для оценки быстродействия системы проводится анализ временного интервала между фактическим ударом и появлением соответствующего сообщения в последовательном мониторе. Экспериментальные испытания включают моделирование механических воздействий различной интенсивности, что позволяет определить точность работы датчика удара и его реакцию на удары различной силы [3].

Точностные характеристики системы оцениваются посредством сопоставления количества корректно зафиксированных событий с общим числом проведённых тестов.

На основании проведённого тестирования формируются выводы о работоспособности системы и её соответствии заданным критериям. При выявлении отклонений разрабатываются рекомендации по оптимизации алгоритма фиксации ударов, включая возможную корректировку пороговых значений, применение дополнительных методов фильтрации данных и усовершенствование программного кода для повышения стабильности работы устройства [4].

4.2 Исходный код и анализ его работы в тестовых условиях

В рамках тестирования разработанного прототипа была проведена оценка его быстродействия и точности фиксации дорожно-транспортных происшествий. Для реализации данной задачи создан программный код, осуществляющий обработку данных, поступающих от датчика удара. Программа функционирует в режиме непрерывного мониторинга состояния сенсора, фиксирует факт удара и инициирует соответствующую реакцию системы (рис 4.2).

В случае срабатывания датчика система автоматически регистрирует событие, отображает диагностическое сообщение в Serial Monitor, а также выполняет предусмотренные алгоритмом действия. Разработанный программный код соответствует установленным требованиям, обеспечивая оперативное и точное определение удара.

Экспериментальные испытания, направленные на оценку времени отклика системы с момента срабатывания датчика удара до передачи сообщения о ДТП, подтвердили её эффективность. По результатам тестирования среднее время задержки между фиксацией удара и отправкой уведомления составило от 3,5 до 5 секунд, что соответствует заданным критериям. Полученные результаты демонстрируют высокую скорость обработки сигналов и подтверждают возможность практического применения системы для автоматизированного оповещения о дорожно-транспортных происшествиях [3], [4] (смотреть таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Результаты тестирования времени отправки SMS в различных условиях

№ испытания	Вблизи строений (сек)	На открытой местности (сек)
1	4.8	3.7
2	5	3.9
3	4.6	3.6
4	4.9	3.8
5	4.7	3.5
6	4.8	3.6
7	4.9	3.7
8	5	3.8
9	4.7	3.6
10	4.8	3.5

Среднее время отправки SMS после удара составило 4,83 секунды в условиях, когда устройство находилось вблизи строений, и 3,69 секунды на открытой местности.

Project.ino

```
1 #include <SoftwareSerial.h>
2 #include <TinyGPS++.h>
3 #define SHOCK_SENSOR_PIN 13 // SW-420 shock sensor
4 #define RESET_BUTTON_PIN 12 // Button to reset SMS sending
5 #define SIM_TX 11 // TX SIM800L
6 #define SIM_RX 10 // RX SIM800L
7 #define GPS_TX 3 // TX GPS Neo-6M
8 #define GPS_RX 4 // RX GPS Neo-6M
9 SoftwareSerial sim800l(SIM_TX, SIM_RX);
10 SoftwareSerial gpsSerial(GPS_TX, GPS_RX);
11 TinyGPSPlus gps;
12 char phone_no[] = "+77057537545"; // Enter your phone number
13 bool smsSent = false; // Flag to control SMS sending
14 void setup() {
15     Serial.begin(9600);
16     sim800l.begin(9600);
17     gpsSerial.begin(9600);
18     pinMode(SHOCK_SENSOR_PIN, INPUT_PULLUP);
19     pinMode(RESET_BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
20
21     Serial.println("GPS and SIM800L initialized.");
22     Serial.println("Press the reset button after an SMS to allow further messages.");
23 }
24 void loop() {
25     // Read GPS data
26     while (gpsSerial.available()) {
27         gps.encode(gpsSerial.read());
28     }
29     // Print coordinates to Serial Monitor
30     if (gps.location.isUpdated()) {
31         Serial.print("Latitude: "); Serial.println(gps.location.lat(), 6);
32         Serial.print("Longitude: "); Serial.println(gps.location.lng(), 6);
33         Serial.print("Time: ");
34         Serial.print(gps.time.hour()); Serial.print(":");
35         Serial.print(gps.time.minute()); Serial.print(":");
36         Serial.println(gps.time.second());
37     }
38     // Check if shock sensor is triggered and SMS has not been sent
39     if (digitalRead(SHOCK_SENSOR_PIN) == LOW && !smsSent) {
40         sendSMS();
41         smsSent = true; // Prevent further SMS until reset button is pressed
42     }
43     // Check if the reset button is pressed
44     if (digitalRead(RESET_BUTTON_PIN) == LOW) {
45         Serial.println("Reset button pressed. SMS sending re-enabled.");
46         smsSent = false;
47         delay(500); // Debounce delay
48     }
49     // Check Serial Monitor input
50     if (Serial.available()) {
51         char command = Serial.read();
52         if (command == 's' && !smsSent) {
53             Serial.println("Manual SMS sending...");
54             sendSMS();
55             smsSent = true;
56         }
57     }
58 }
59 void sendSMS() {
60     if (gps.location.isValid()) {
61         Serial.println("Sending SMS with coordinates...");
62
63         sim800l.print("AT+CMGF=1\r"); // Enable text mode
64         delay(500);
65         sim800l.print("AT+CMGS=\"");
66         sim800l.print(phone_no);
67         sim800l.println("\r");
68         delay(500);
69
70         sim800l.println("Shock detected! Coordinates:");
71         sim800l.print("https://maps.google.com/maps?q=");
72         sim800l.print(gps.location.lat(), 6);
73         sim800l.print(",");
74         sim800l.print(gps.location.lng(), 6);
75         delay(500);
76
77         sim800l.write(26); // End message (CTRL+Z)
78         delay(500);
79
80         Serial.println("SMS sent. Waiting for reset button press.");
81     } else {
82         Serial.println("GPS did not provide valid coordinates, SMS not sent.");
83     }
84 }
85 }
```

Рисунок 4.2 – Программный код для прототипа системы оповещения о ДТП

Описание работы кода. Разработанная программа реализует автоматизированную систему фиксации дорожно-транспортных происшествий на основе датчика удара SW-420, модуля глобального позиционирования Neo-6M и сотового модуля SIM800L. Основная функциональность заключается в непрерывном мониторинге состояния датчика, регистрации удара и последующей передаче SMS-оповещения с указанием географических координат происшествия.

Инициализация системы. Программа начинается с подключения необходимых библиотек:

- SoftwareSerial используется для организации программных последовательных портов, обеспечивающих взаимодействие с модулями SIM800L и GPS;
- TinyGPS++ применяется для обработки навигационных данных, поступающих от GPS-модуля.

Далее определяются цифровые пины, к которым подключены основные аппаратные компоненты:

- SHOCK_SENSOR_PIN (13) – входной пин для подключения датчика удара;
- RESET_BUTTON_PIN (12) – входной пин для кнопки сброса состояния отправки SMS;
- SIM_TX (11), SIM_RX (10) – пины для связи с GSM-модулем;
- GPS_TX (3), GPS_RX (4) – пины для взаимодействия с GPS-модулем.

После определения пинов выполняется инициализация последовательных портов:

- Serial.begin(9600); – настройка стандартного последовательного порта для вывода отладочной информации;
- sim800l.begin(9600); – настройка интерфейса для связи с GSM-модулем;
- gpsSerial.begin(9600); – инициализация связи с модулем GPS.

В заключение инициализации система выводит в Serial Monitor информационные сообщения о готовности к работе и необходимости нажать кнопку сброса перед повторной отправкой SMS.

Основной алгоритм работы (loop())

1. Обработка данных с GPS-модуля:

- при наличии доступных данных модуль передаёт их в gps.encode(), где выполняется их обработка;
- в случае обновления данных (gps.location.isUpdated()) координаты и время фиксируются и отображаются в Serial Monitor.

2. Фиксация события удара:

- в процессе работы программа постоянно проверяет состояние датчика удара;
- если фиксируется удар (digitalRead(SHOCK_SENSOR_PIN) == LOW) и SMS ранее не отправлялось (smsSent == false), выполняется вызов функции sendSMS();

– после отправки SMS флаг smsSent устанавливается в true, предотвращая повторные отправки до момента сброса.

3. Механизм сброса блокировки отправки SMS:

– если пользователь нажимает кнопку сброса (`digitalRead(RESET_BUTTON_PIN) == LOW`), система выводит в Serial Monitor сообщение о сбросе и вновь разрешает отправки сообщений (`smsSent = false`).

4. Ручная отправка SMS:

– в случае необходимости оператор может вручную инициировать от отправку SMS через Serial Monitor, отправив символ 's';

– если SMS ещё не было отправлено, система вызовет функцию `sendSMS()`, после чего вновь установит флаг `smsSent = true`.

Функция отправки SMS (`sendSMS()`)

1. Проверка валидности координат:

– перед отправкой сообщения система проверяет корректность полученных GPS-данных (`gps.location.isValid()`);

– если данные отсутствуют или некорректны, SMS не отправляется, а в Serial Monitor выводится предупреждающее сообщение.

2. Формирование и отправка сообщения:

– `AT+CMGF=1` – перевод GSM-модуля в текстовый режим SMS;

– `AT+CMGS="номер"` – задание номера получателя;

– В текст SMS включается сообщение о зафиксированном ударе и ссылка на Google Maps с координатами происшествия (рис 4.3);

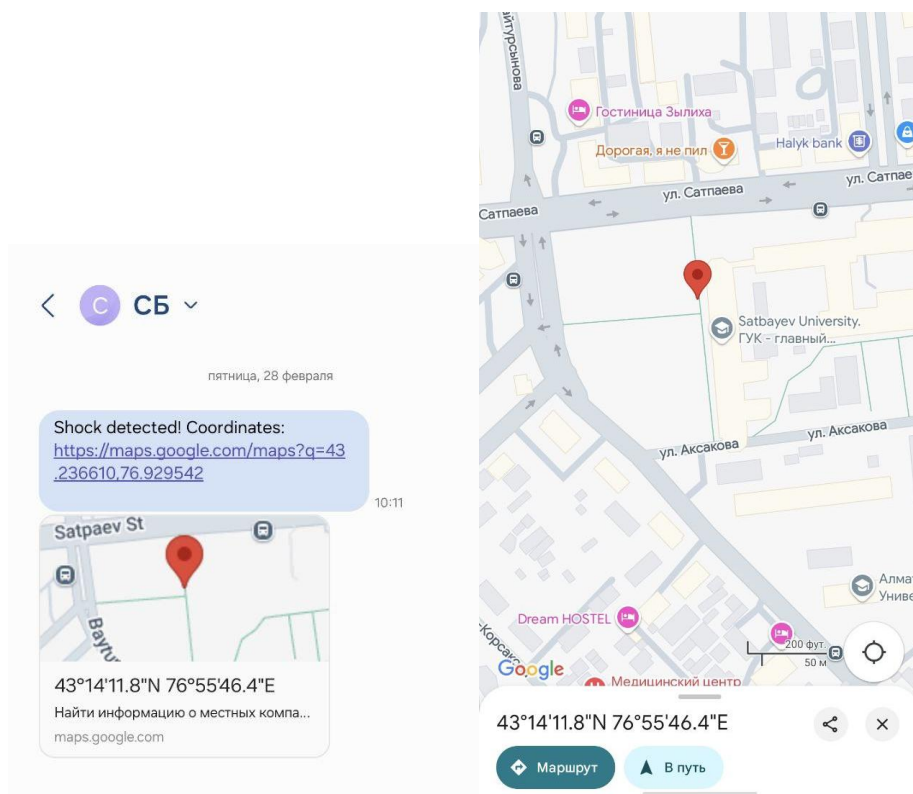


Рисунок 4.3 – Отправка сообщения на указанный телефон с координатами и временем ДТП

– sim800l.write(26); – передача символа CTRL+Z, завершающего отправку SMS.

3. Вывод подтверждающего сообщения:

– в Serial Monitor отображается уведомление об успешной отправке сообщения.

4.3 Оценка влияния внешних факторов на работу системы

В дополнение к основным испытаниям, направленным на оценку корректности работы прототипа, были проведены дополнительные исследования, позволяющие определить его устойчивость к различным условиям эксплуатации и эффективность работы алгоритма.

Изменение параметров питания. Проведены испытания работы устройства при питании от различных источников: сетевого адаптера, аккумуляторной батареи формата 18650 и портативного зарядного устройства (Power Bank). Во всех случаях система функционировала корректно, однако при снижении напряжения питания ниже 3,7 В наблюдались сбои в работе модуля SIM800L, выражающиеся в увеличении времени обработки сигнала, потере соединения с сетью и невозможности отправки SMS. Это обусловлено энергетическими характеристиками модуля и его чувствительностью к снижению напряжения [4].

Воздействие температурных условий. Тестирование осуществлялось в диапазоне температур от +5°C до +40°C. Анализ результатов показал, что при повышении температуры выше 35°C наблюдалось незначительное увеличение времени отправки SMS (до 0,5 секунды), что связано с изменением параметров работы GSM-модуля (смотреть таблицу 5).

Таблица 4.2 – Влияние температуры и расположения устройства на время отправки SMS

Температурный диапазон (°C)	Среднее время отправки SMS (сек) (вблизи зданий)	Среднее время отправки SMS (сек) (открытая местность)
5–15	4.8	4.0
16–25	4.5	3.8
26–35	4.7	3.9
36–40	5.2	4.4

Представленная таблица содержит обобщенные данные о времени отправки SMS-уведомлений в различных температурных диапазонах с учетом расположения устройства. Исследование проводилось в условиях плотной застройки и на открытой местности, что позволило выявить закономерности влияния внешних факторов на быстродействие системы.

Результаты тестирования показали, что при температуре окружающей среды до +35°C система функционирует стабильно, а время передачи SMS

остаётся в пределах допустимых значений. Однако при повышении температуры выше указанного порога наблюдается увеличение времени отправки, особенно в условиях плотной застройки, где задержка может достигать 5,2 секунды. Это связано с изменением параметров работы GSM-модуля при нагреве, что влияет на скорость обработки и передачи данных.

Дополнительно выявлено, что расположение устройства оказывает значительное влияние на время отклика. В условиях открытого пространства время передачи SMS в среднем на 0,5–0,8 секунды меньше, чем при размещении устройства вблизи зданий. Это объясняется более стабильным уровнем сигнала и меньшим количеством помех.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что при эксплуатации системы в условиях высокой температуры и плотной застройки возможно незначительное увеличение задержки передачи уведомлений. Данные выводы следует учитывать при практическом применении устройства, особенно в критически важных ситуациях, требующих оперативного оповещения.

Влияние механических воздействий. Для определения устойчивости системы к механическим нагрузкам был проведён ряд испытаний, включающих имитацию вибрации и кратковременных ударных нагрузок. Анализ показал, что сенсор SW-420 не реагирует на незначительные колебания, что предотвращает ложные срабатывания, а удары средней и высокой интенсивности стабильно фиксировались системой, инициируя процесс оповещения.

4.4 Анализ эффективности алгоритма обработки данных

Тестирование логики работы системы. В ходе экспериментов проверялась корректность функционирования алгоритма обработки событий, включающего фиксацию удара, получение координат и последующую отправку уведомления. Проведённый анализ подтвердил отсутствие повторных отправок сообщений при одном событии, что снижает нагрузку на GSM-модуль и предотвращает избыточное потребление ресурсов.

Оптимизация параметров обработки данных. В рамках сравнительного анализа тестировалась модифицированная версия кода, в которой период опроса датчика удара был уменьшен с 50 мс до 10 мс. Однако это привело к увеличению вычислительной нагрузки на контроллер без значительного улучшения времени отклика. Оптимальным оказалось использование интервала 50 мс, обеспечивающего баланс между точностью регистрации удара и стабильностью работы системы.

4.5 Минимизация ложных срабатываний

В процессе тестирования прототипа была выявлена необходимость снижения количества ложных срабатываний датчика удара. Для решения данной проблемы был проведён анализ различных методов крепления сенсора, в

результате которого оптимальным вариантом оказалось использование силиконовой прокладки.

Силиконовая прокладка была установлена между датчиком SW-420 и поверхностью крепления, что позволило демпфировать слабые вибрации и предотвратить фиксацию незначительных механических воздействий, не относящихся к реальным аварийным ситуациям. Данный подход способствовал повышению точности системы, минимизируя вероятность фальшивых срабатываний, при этом сохраняя способность сенсора оперативно реагировать на удары высокой интенсивности.

Таким образом, проведённое тестирование подтвердило соответствие системы заданным требованиям по быстродействию и точности, а также её устойчивость к различным внешним факторам.

4.6 Конструктивное исполнение и компоновка прототипа

Для наглядного представления разработанного прототипа приведено изображение, демонстрирующее его конструктивное исполнение и расположение основных компонентов. На изображении можно увидеть микроконтроллер, датчик удара SW-420, модуль GPS Neo-6M, GSM-модуль SIM800L, а также элементы питания, обеспечивающие автономную работу устройства (рис 4.4).

При проектировании особое внимание было уделено оптимальному расположению компонентов с целью минимизации электромагнитных помех и обеспечения стабильности передачи данных. Конструкция прототипа позволяет эффективно фиксировать факт удара, передавать координаты происшествия и оперативно отправлять уведомления о дорожных инцидентах.

Проведённые испытания подтвердили работоспособность системы и её соответствие установленным техническим требованиям к проекту, что демонстрирует потенциал дальнейшего внедрения разработанного решения.

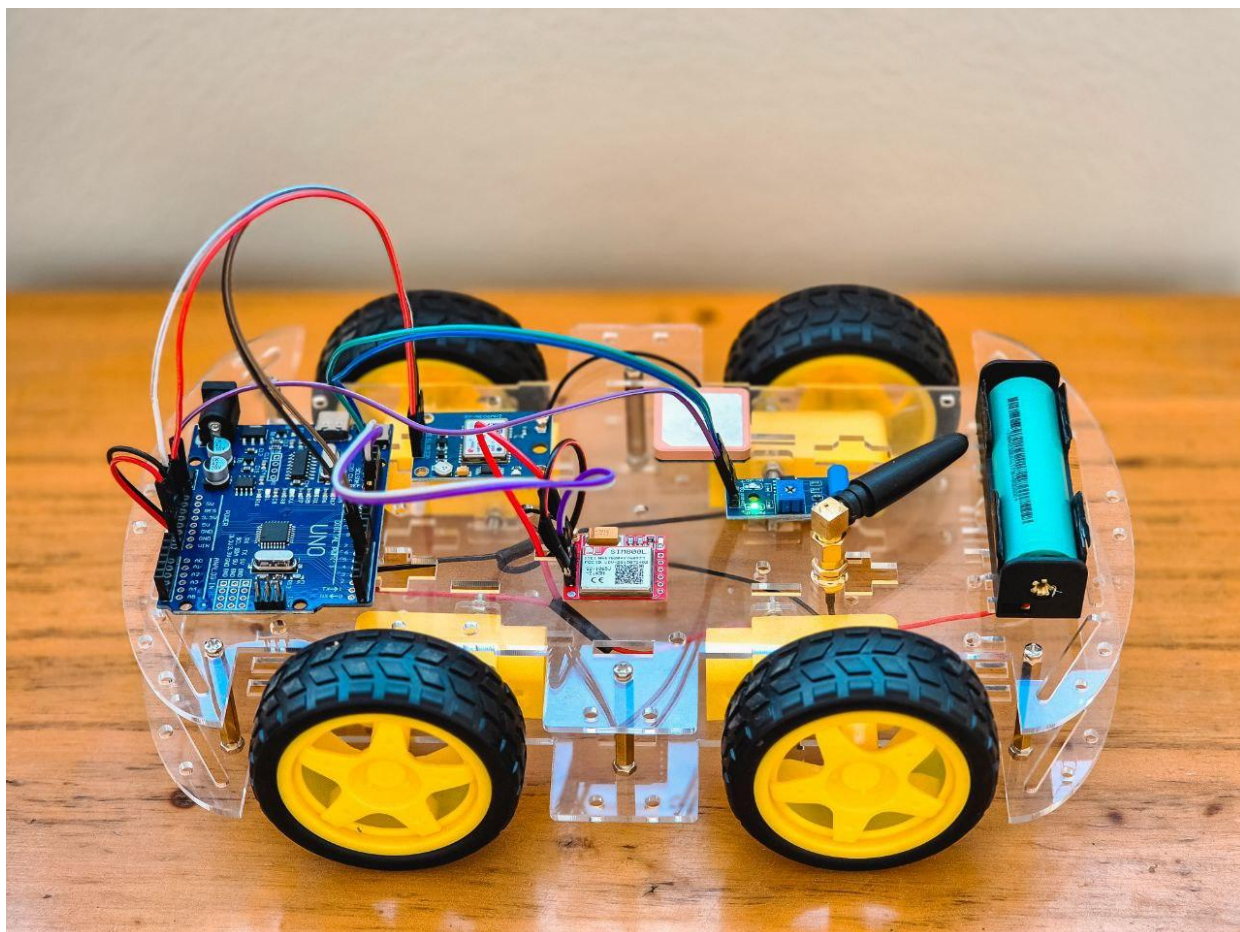


Рисунок 4.4 – Визуализация готового прототипа

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования была спроектирована и внедрена система автоматического уведомления о дорожно-транспортных происшествиях, функционирующая на базе микроконтроллера Arduino Uno. Созданный прототип включает датчик удара SW-420, GPS-модуль Neo-6M и модуль связи SIM800L, которые обеспечивают регистрацию столкновения, определение географических координат аварии и отправку уведомления через SMS.

Проведённые экспериментальные тесты подтвердили соответствие системы требованиям технического задания по скорости работы и точности. По результатам испытаний, среднее время от момента обнаружения удара до передачи сообщения составляет 3,5–5 секунд, что указывает на высокую оперативность устройства. Также был выполнен анализ влияния внешних факторов, таких как температурные условия, колебания напряжения питания и механические воздействия, на функционирование системы. Итоги тестирования продемонстрировали её устойчивость к внешним воздействиям и надёжность в различных условиях эксплуатации.

Разработанная система характеризуется рядом преимуществ, включая автономность, компактные размеры, независимость от интернет-соединения и возможность интеграции в различные типы транспортных средств. В качестве перспективных направлений совершенствования рассматриваются оптимизация алгоритмов обработки данных, внедрение дополнительных каналов связи и интеграция с облачными платформами для хранения и анализа информации.

Одним из возможных направлений улучшения является оснащение системы дополнительными датчиками, такими как акселерометры и гироскопы, что позволит повысить точность классификации столкновений и минимизировать ложные срабатывания. Также перспективным является использование альтернативных технологий передачи данных, таких как LoRaWAN или NB-IoT, для обеспечения надёжной связи в условиях ограниченного покрытия GSM.

Полученные результаты и разработанный прототип могут служить основой для дальнейшего развития систем мониторинга ДТП, что в перспективе будет способствовать повышению безопасности дорожного движения, ускорению реагирования экстренных служб и снижению последствий аварий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Куклин Д. Н., Тарасов А. Б. Системы навигации и мониторинга: Принципы работы и применение. — М.: Горячая Линия-Телеком, 2021. — 368 с.
- 2 Глушаков С. В. Основы проектирования систем автоматизированного мониторинга. — СПб.: Питер, 2021. — 416 с.
- 3 Сэммонс М. IoT: Интернет вещей для разработчиков. — М.: БХВ-Петербург, 2023. — 352 с.
- 4 ETSI TS 102 637-1. Интеллектуальные транспортные системы (ITS). Требования к передаче данных в системах оповещения. — ETSI, 2021.
- 5 ISO 15638. Интеллектуальные транспортные системы. Функциональные и технические аспекты передачи данных. — ISO, 2022.
- 6 ISO 18000-6. Информационные технологии. Радиочастотная идентификация. Протоколы интерфейса считывателей. — ISO, 2023.
- 7 Rahim M., Zhang H. Design and Implementation of Accident Detection System Using GPS and GSM. // International Journal of Advanced Research in Computer Science and Technology. — 2020. — №3 (9). — С. 45-51.
- 8 Li J., Wang Q. Real-Time Vehicle Accident Detection and Reporting System Based on IoT. // Sensors. — 2021. — №11 (5). — С. 120-132.
- 9 Akbar A., Javaid N. IoT-Based Emergency Reporting System with Real-Time Data Analysis. // IEEE Access. — 2023. — №6. — С. 98-107.
- 10 ETSI Standards Portal. <https://www.etsi.org/>
- 11 ISO Standards. <https://www.iso.org/>
- 12 Документация Arduino. <https://www.arduino.cc/>

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Поленц Данила Сергеевича

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Тема: «Разработка системы автоматизированного оповещения о факте ДТП с указанием места и времени»

Выполнено:

- а) разделов в дипломе: 4
- б) страниц в дипломе: 43

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В работе студента рассматривается проектирование и реализация системы, предназначенной для автоматического оповещения о дорожно-транспортных происшествиях с фиксацией координат места и времени события.

В первой главе выполнен подробный анализ существующих отечественных и зарубежных систем автоматизированного оповещения (таких как ЭРА-ГЛОНАСС, eCall и др.), а также рассмотрены стандарты и нормативные документы, применяемые в данной области.

Во второй главе описана архитектура системы, состав аппаратных компонентов (Arduino Uno, модуль GPS Neo-6M, модуль GSM SIM800L, датчик удара SW-420), а также приведена логика функционирования устройства.

В третьей главе представлена реализация программного кода в среде Arduino IDE, проведено тестирование прототипа на соответствие требованиям по точности, скорости реакции и устойчивости к внешним воздействиям. Результаты испытаний оформлены в виде таблиц и проанализированы с учётом условий эксплуатации.

Оценка работы

Студент демонстрирует высокий уровень подготовки, хорошее знание как теоретического материала, так и практических аспектов реализации систем мониторинга. Дипломная работа выполнена в соответствии с техническим заданием, охватывает все этапы проектирования и отличается логичностью изложения и научной обоснованностью.

Дипломная работа оценена на отлично (А, 90%), а студент Поленц Данил Сергеевич рекомендован к присвоению академической степени бакалавра техники и технологий по образовательной программе 6B07104 «Electronic and Electrical Engineering».

Рецензент

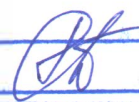
PhD, Международный университет
информационных технологий



Омаров Б. С.

"26" 05 2025 г.

Подпись указанного лица





ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Поленц Данила Сергеевича

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Тема: «Разработка системы автоматизированного оповещения о факте ДТП с указанием места и времени»

Дипломная работа посвящена актуальной и социально значимой задаче — разработке системы автоматического оповещения о дорожно-транспортных происшествиях с использованием микроконтроллеров и средств беспроводной связи.

В рамках исследования автором разработан и реализован прототип устройства на базе Arduino Uno, способный фиксировать факт столкновения с помощью датчика удара SW-420, определять координаты места происшествия с помощью GPS-модуля Neo-6M и передавать информацию через модуль SIM800L в виде SMS-сообщения. Отдельно отмечу, что в работе представлены как алгоритмы обработки данных, так и результаты тестирования устройства в реальных условиях.

Содержание работы логично структурировано: начиная с анализа существующих решений в данной области, студент переходит к проектированию собственной системы, включая аппаратную и программную части. В результате получен законченный и работоспособный макет, прошедший серию тестов по оценке точности и быстродействия.

Особое внимание уделено вопросам снижения ложных срабатываний, устойчивости системы к внешним воздействиям и удобству конструктивного исполнения. В работе прослеживается самостоятельность автора, умение проводить прикладные исследования, применять современные технологии и обосновывать принятые технические решения.

Студент показал высокий уровень подготовки, продемонстрировал практические навыки проектирования встроенных систем и способность к решению инженерных задач.

Дипломная работа оценена на 90 (А—отлично), а студент Поленц Данил Сергеевич рекомендован к присвоению академической степени бакалавра техники и технологий по образовательной программе 6B07104 «Electrical and Electronic Engineering».

Научный руководитель

Канд. техн. наук,
ассоциированный профессор

Мусапирова Г. Д.

«12» 05 2025 г.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Поленц Данил Сергеевич

Тақырыбы: Разработка системы автоматизированного оповещения о факте ДТП с указанием места и времени

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 2.6

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.3

Дәйексөз (35): 1.6

Әріптерді ауыстыру: 0

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

02.05.2025 г.
Күні



Таштай Е.
Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Поленц Данил Сергеевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка системы автоматизированного оповещения о факте ДТП с указанием места и времени

Научный руководитель: Сүңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 2.6

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

02.05.2025 г.
Дата



Таштай Е.
Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Поленц Данил Сергеевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка системы автоматизированного оповещения о факте ДТП с указанием места и времени

Научный руководитель: Сұңғат Маркұлы

Коэффициент Подобия 1: 2.6

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

☐ Обоснование:

02.05.2025 г.
Дата

Маркұлы С.
проверяющий эксперт