

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭВМ
_____ Д.В. Топольский
«___» _____ 2024 г.

Разработка системы мониторинга давления в шинах легкового автомобиля
(стартап как диплом)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУРГУ-090301.2024.406 ПЗ ВКР

Консультант,
к.э.н., доцент каф. ЭиФ
_____ Ю.В. Бутрина
«___» _____ 2024 г.

Руководитель работы,
к.п.н., доцент каф. ЭВМ
_____ М.А. Алтухова
«___» _____ 2024 г.

Автор работы,
студент группы КЭ-406
_____ П.А. Чекрыгин
«___» _____ 2024 г.

Нормоконтролёр,
ст. преп. каф. ЭВМ
_____ С.В. Сяськов
«___» _____ 2024 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭВМ

_____ Д.В. Топольский

«___» _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу бакалавра

студенту группы КЭ-406

Чекрыгину Павлу Александровичу

обучающемуся по направлению

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Тема работы: «Разработка системы мониторинга давления в шинах легкового автомобиля (стартап как диплом)»

Срок сдачи студентом законченной работы: 1 июня 2024 г.

Исходные данные к работе:

1. Автомобиль со следующими характеристиками:

- Kia Sorento AT Classic;
- колёса 235/65 R17 летние Tirestone, остаток протектора 6 мм.

2. Автомобильный сканер OBD-II версии 2.1.

3. Смартфон со следующими характеристиками:

- наименование Redmi Note 12 Turbo;
- разрешение 2400x1080;
- оперативная память 12 ГБ;
- операционная система Android 13,
- внешняя память 256 ГБ.

4. Функциональные требования:

- система должна выводить приблизительные значения давления колес на экран;
- система должна иметь звуковое и вибрационное предупреждения, которые будут срабатывать в случае падения давления на определенный уровень;
- пользователь должен иметь возможность корректировать уровень, при котором система подает сигнал тревоги;
- все математические операции выполняются на смартфоне;
- в приложении должна содержаться история наблюдения, в которой будет представлена динамика изменения давлений колес по времени;
- в приложении должна быть представлена возможность выполнить обучение системы;
- в приложении должно быть обучение для пользователей.

5. Нефункциональные требования:

- приложение должно быть совместим с операционной системой Android 9 и выше;
- приложение должно поддерживать различные разрешения экрана, интерфейс должен быть удобен в использовании на большинстве современных устройств;

- приложение должно иметь возможность работать в фоновом режиме, осуществляя непрерывный мониторинг показателей;
- приложение должно иметь хорошую оптимизацию и невысокие системные требования.

Перечень подлежащих разработке вопросов:

- 1) анализ предметной области;
- 2) разработка алгоритма определения спущенного колеса;
- 3) разработка мобильного приложения;
- 4) проведение исследовательских испытаний, тестирование;
- 5) стартап-проект.

Дата выдачи задания: ____ декабря 2023 г.

Руководитель работы _____ / *М.А. Алтухова* /

Студент _____ / *П.А. Чекрыгин* /

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Этап	Срок сдачи	Подпись руководителя
Анализ предметной области	07.03.2024	
Разработка алгоритма определения спущенного колеса	01.04.2024	
Разработка мобильного приложения	01.05.2024	
Проведение исследовательских испытаний, тестирование	10.05.2024	
Стартап-проект	15.05.2024	
Компоновка текста работы и сдача на нормоконтроль	24.05.2024	
Подготовка презентации и доклада	30.05.2024	

Руководитель работы _____ / *М.А. Алтухова* /

Студент _____ / *П.А. Чекрыгин* /

АННОТАЦИЯ

Чекрыгин П.А. Разработка системы мониторинга давления в шинах легкового автомобиля (стартап как диплом). – Челябинск: ФГАОУ ВО ЮУрГУ, ВШ ЭКН; 2024, 80 с., библиогр. список – 17 наим.

В ходе анализа современной научно-технической литературы и статей про разработку программно-аппаратного комплекса для системы мониторинга давления в шинах легкового автомобиля была выявлена потенциальная возможность оптимизации существующих решений, а также возможность разработки приложения, способного рассчитывать давления на основе показаний электронного блока управления автомобиля.

Были рассмотрены основные алгоритмы определения спущенного колеса, рассмотрены их преимущества и недостатки, разработан алгоритм их работы.

При проектировке был составлен интерфейс приложения, выбрана среда программирования и реализованы функции, необходимые для работы приложения.

Были произведены испытания полученной системы в различных условиях, выявлены дальнейшие рекомендации для последующей оптимизации.

В рамках экономической части был произведен обширный анализ внешней среды, приведена основная характеристика бизнес-проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	10
1.1 Существующие технологии СМДШ	10
1.2 Определение направления разработки.....	12
1.3 Выводы по 1 разделу.....	15
2 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПУЩЕННОГО КОЛЕСА ..	17
2.1 Алгоритм определения спущенного колеса.....	18
2.2 Алгоритм расчета давления	21
2.3 Выводы по 2 разделу.....	25
3 РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ.....	26
3.1 Анализ требований.....	26
3.2 Проектирование системы.....	28
3.3 Средства разработки	32
3.4 Программная реализация	33
3.4.1 Пользовательский интерфейс	34
3.4.2 Программирование вычислительных функций	39
3.5 Выводы по 3 разделу.....	40
4 ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ, ТЕСТИРОВАНИЕ	
.....	41
4.1 Исследовательские испытания	41
4.2 Тестирование	43
4.2.1 Функциональное тестирование.....	44
4.2.2 Нефункциональное тестирование.....	46

4.3 Вывод по 4 разделу	47
5 СТАРТАП-ПРОЕКТ	48
5.1 Стратегический анализ.....	48
5.1.1 Анализ внешней среды и определение угроз и возможностей	48
5.1.2 Анализ потенциальной внутренней среды проекта и определение сильных и слабых сторон.....	59
5.1.3 SWOT-анализ.....	61
5.2 Общая информация о проекте	63
5.3 Маркетинговое исследование	65
5.4 Вывод по пятому разделу	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	68
ПРИЛОЖЕНИЕ А_ЛИСТИНГИ ПРОГРАММНОГО КОДА.....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ Б_ОПРОС.....	78

ВВЕДЕНИЕ

Система мониторинга давления в шинах автомобиля (далее – СМДШ), в англоязычных источниках называемая TPMS (tire pressure monitoring system) предназначена для информирования водителя о падении давления в шинах автомобиля. Различают прямой и косвенный контроль давления: при косвенном контроле электронный блок управления (далее ЭБУ) автомобиля, используя штатные датчики ABS (от англ. anti-lock braking system, антиблокировочная система), постоянно следит за разницей в скоростях колёс, в случае достаточно большого расхождения, выводит предупреждающий сигнал на приборную панель.

Косвенный контроль давления может присутствовать на автомобилях отечественного производства, таких, как ВАЗ Веста, однако он установлен и включен лишь на малой доле автомобилей. При прямом же контроле в шину встраивается специальный датчик, измеряющий температуру и давление в колесе, который затем передает показания с помощью радиопередатчика на основной блок, который уже обрабатывает информацию и выводит её на дисплей.

На отечественном рынке отсутствуют СМДШ, работающие на основе показателей ЭБУ, поэтому целью данной выпускной квалификационной работы будет исследование и разработка системы мониторинга давления в шине, проектировка приложения и проверка его в реальных дорожных условиях.

1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Давление в шине автомобиля прямо влияет на безопасность движения. При падении давления может произойти повреждение шины, неправильное давление приводит к повышенному расходу топлива и износу шин.

Согласно официальной статистике МВД за 2022 год, 4,6% ДТП произошло по причине эксплуатации ТС в технически неисправном состоянии, среди них 7,8% произошло из-за износа рисунка протектора [1]. Следует заметить, что одним из факторов увеличения износа протектора как раз таки является езда на колесах с низким давлением. Исследования показывают, что недостаточное давление в шинах повышает расход топлива и снижает управляемость, а также приводит к повышенной нагрузке на шины, и, соответственно, к уменьшению срока службы покрышки вплоть до 25% [2],.

В некоторых странах приняты законодательные акты, обязывающие водителей устанавливать СМДШ. Так, в США в 2005 года вышел закон, обязывающий устанавливать на все легковые автомобили, автобусы и грузовики до определённой массы СМДШ [3], в ЕС также существует подобное обязательство. Однако в России данная система не получила широкого распространения [4], так, как в России нет законодательных актов, обязывающих водителей устанавливать подобную систему на автомобили [5].

1.1 Существующие технологии СМДШ

На данный момент существуют различные варианты установки и работы данной системы. Принято разделять датчики по методу измерения: прямой и косвенный контроль давления.

Косвенный контроль давления основан на датчиках скоростей вращения колес и устанавливается с завода.

Датчики давления прямого контроля могут устанавливаться снаружи и внутри шины колеса. Установка внутри шины позволяет конструировать датчики большего размера. Датчики внутри колеса защищены от внешнего воздействия, их невозможно украсть постороннему лицу без снятия шины, однако это является и их минусом – для установки и снятия датчика, а также для замены аккумулятора (которая может потребоваться через 3-8 лет, в зависимости от датчика, а иногда и вовсе – требуется полная замена датчика), требуется производить снятие шины с диска колеса, а это приводит к дополнительным расходам. Внешние датчики устанавливаются на ниппель (или вместо него), облегчая установку, снятие и замену аккумулятора, однако такие датчики должны быть оборудованы каким-либо устройством, осложняющим снятие датчика с колеса [6]. Однако, существуют модели, не обладающие функцией замены батареи.

Внешние датчики, как правило, сочетают в себе следующие компоненты: 4 датчика, накручивающиеся на колесо, передающие высокочастотный сигнал на частоте 433 МГц [7] (в Европе, в США другая частота) на обработчик информации, который включает в себя информацию о давлении, температуре и id (от англ. identifier, идентификатор) датчика. Обработчик информации, в зависимости от версии, передает информацию на дисплей или на телефон через протокол Bluetooth или другие средства передачи сигнала.

1.2 Определение направления разработки

При работе над системой сразу же приходит идея разработки оптимальной системы мониторинга, связанной с внешними датчиками. Возможность исключения из данной цепи посредника – обработчика информации позволяет удешевить производство, что позволит привлечь больше потенциальных покупателей, а также оптимизировать систему и несколько повысить скорость реакции датчиков на аварийную ситуацию.

Рассматривая средства передачи информации между датчиками, следует отметить, что стандартные датчики передают информацию на частоте 433 МГц, а большинство современных смартфонов способны принимать информацию на частотах от 87,5 до 108 МГц – это FM диапазон, на котором вещают радиостанции [8]. Смартфоны способны принимать сигнал только при подключенной антенне (или наушниках, используемых в качестве антенны). Следует отметить современную тенденцию на отказ от FM чипов в смартфонах [9], и, соответственно, невозможность некоторых смартфонов получать информацию по данным частотам.

Таким образом, один из вариантов проектирования – дополнительный модуль к смартфону, воспринимающий частоту 433 МГц и передающий информацию на смартфон. В данном случае не получится отказаться от промежуточного устройства, более того, данный модуль усложнит проектирование и производственный процесс.

Однако, существует и иная возможность передавать сигнал от датчиков – через Bluetooth. Более того, в данном случае получится принимать сигнал сразу от нескольких датчиков на смартфон. Лучшим решением будет использование технологии Bluetooth Low Energy [10], позволяющее эффективно передавать

информацию с датчика на смартфон. Данная технология применяется в большинстве беспроводных устройств, работающих через Bluetooth – таких, как пульсометры, датчики температуры, влажности и т.п.

Разумеется, на рынке присутствуют подобные системы (например, продукт, представленный на рисунке 1, включающий в себя исключительно 4 датчика), обладающие относительно невысокой стоимостью, поэтому вести разработку в данном направлении было бы опроретчиво.

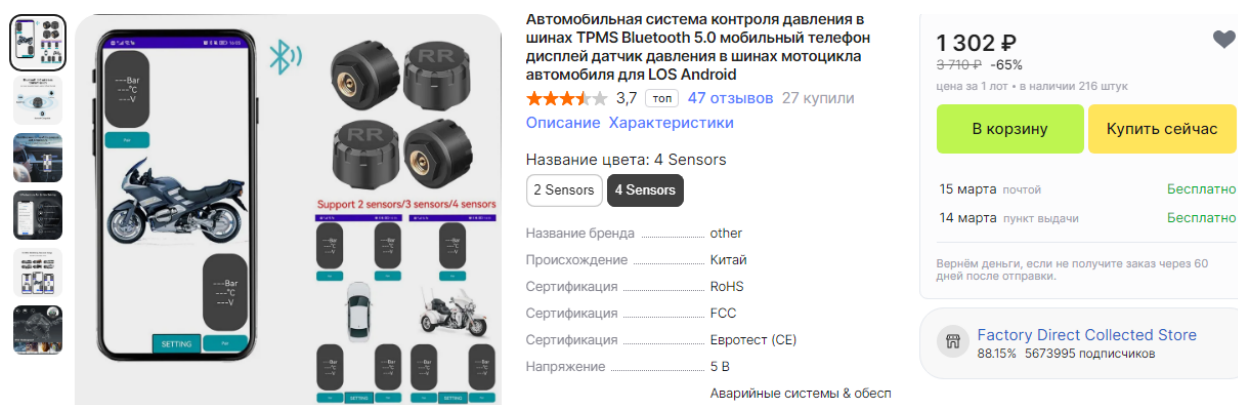


Рисунок 1 – СМДШ на площадке AliExpress [11]

Однако помимо внешнего исполнения данных устройств существует и тип внутреннего датчика, основанный на показаниях ABS (антиблокировочная система, которая передает в ЭБУ информацию о скорости вращения колёс). ЭБУ, фиксируя разницу между скоростью вращения колёс, подаёт тревожный сигнал на приборную панель автомобиля.

Существуют и автомобили, не имеющие СМДШ, но обладающие ABS и подобными ей системами, передающими скорости вращения колес в ЭБУ (однако еще одним необходимым условием является передача данной информации не просто в ЭБУ, а в CAN-шину, чтобы была возможность снять показания без специализированного сервисного оборудования). В данном случае есть возможность подключиться к ЭБУ автомобиля через диагностический сканер на основе микроконтроллера ELM327, прочитать

данные о скорости вращения колес в CAN-шине (от англ. controller area network, сеть контроллеров), чтобы затем послать эту информацию через Bluetooth на специальное приложение в смартфоне, которое будет обрабатывать эти данные и посылать сигнал пользователю в случае расхождения скоростей вращения колёс.

Данный тип системы мониторинга имеет свои недостатки: например, во время движения по грунтовой дороге, в частности, во время пробуксовок, а также во время поворотов скорости вращения колёс будут отличаться, поэтому датчику необходимо предусмотреть функции для исключения некорректных значений, что несколько повысит время с момента обнаружения спустившего колеса до включения сигнализации. Следует также отметить, что во время стоянки автомобиля колёса не вращаются, и, соответственно, датчик не получает информацию – поэтому автомобилю требуется совершить небольшую поездку, чтобы система активировалась. Нельзя забывать и о том, что покрышки автомобиля могут иметь неравномерный износ, поэтому датчик должен иметь не только настройки диаметра колеса, но также и некоторую допустимую погрешность, а также и возможность обучить систему (предусмотреть алгоритм, записывающий штатную зависимость скорости автомобиля и скорости вращения колеса), что также может негативно сказаться на времени обнаружения неполадок.

Существует еще один весьма существенный недостаток данного типа датчиков: система ABS не измеряет температуру газа в шине, а ведь температура газа оказывает влияние и на давление воздуха: при изменении температуры на 10 градусов давление воздуха повышается или уменьшается приблизительно на 0,1 бар [12]. Более подробная информация о влиянии климатических факторов на давление воздуха в шине приведена в статье А.Ф.

Колбасова «Давление газов в автомобильных шинах и климатические факторы» [13]. Может возникнуть погрешность из-за изменения температуры внутри шины, но благодаря встроенному в автомобиль термометру мы можем получить температуру салона, а в случае, если в автомобиле предусмотрен только датчик температуры двигателя, то есть возможность получить информацию о температуре под капотом (которая, как правило, приблизительно равна температуре снаружи автомобиля). Разумеется, нас интересует температура двигателя автомобиля до запуска двигателя, т.к. после запуска его температура будет подниматься приблизительно до 90 градусов, а эти данные окажутся бесполезными для нашей системы. Следует также учесть, что температура воздуха под капотом автомобиля может быть выше окружающей из-за закрытого пространства капота, попадания на него солнечных лучей, а дополнительным фактором увеличения разницы может послужить чёрный или темный цвет автомобиля, слабо отражающий солнечные лучи. Однако, подобные вещи будут нас интересовать уже в следующих главах данной работы.

1.3 Выводы по 1 разделу

Проведя анализ предметной области, можно заявить, что целью данной работы будет разработка приложения, работающего с диагностическим сканером, верное нахождение данных о вращении колёс, корректный расчет давления в шинах. В качестве опытного автомобиля с встроенной системой ABS и без наличия СМДШ будет выступать Kia Sorento 2016 года выпуска. Устройством передачи информации между автомобилем и смартфоном будет выступать сканер ELM327 версии 2.1. При выполнении работы работы следует

обратить внимание на в статью Смирнова А.О., Колбасова А.Ф., Монахова В.П. [14], а также на исследования П. А. Красавина, Г. В. Фисичева, А. О. Смирнова и Н. О. Касимова [15].

Нельзя забывать, что разные автомобильные заводы, как и модели в частности, имеют разные прошивки ЭБУ, разные стандарты передачи данных, поэтому при дальнейшей разработке, будет необходимо в нём предусмотреть выбор модели автомобиля и года выпуска, чтобы получать корректные данные от ЭБУ.

Однако следует отметить, что система не сможет определить давление без дополнительного вмешательства в блок управления, если датчики не передают информацию в CAN-шину автомобиля. Также, из ограничений следует выделить автомобили, не оснащенные ЭБУ, или же не поддерживающие передачу данных по CAN-шине. Еще система не подходит для транспортных средств, имеющих в своем составе более 4 колес. И завершающим ограничением отметим автомобили с блокировкой дифференциала – машина, у которой все колеса вращаются с одинаковой скоростью, по очевидным причинам не может использовать подобную систему, если информация о блокировке дифференциала не поступает в CAN-шину.

2 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПУЩЕННОГО КОЛЕСА

Несмотря на отсутствие законодательных норм на установку СМДШ на автомобили, существует достаточно важный стандарт, регулирующий основные задачи системы мониторинга – ГОСТ Р ИСО 13374-1—2011 [16], на рисунке 2 приведена блок-схема работы подобной системы.

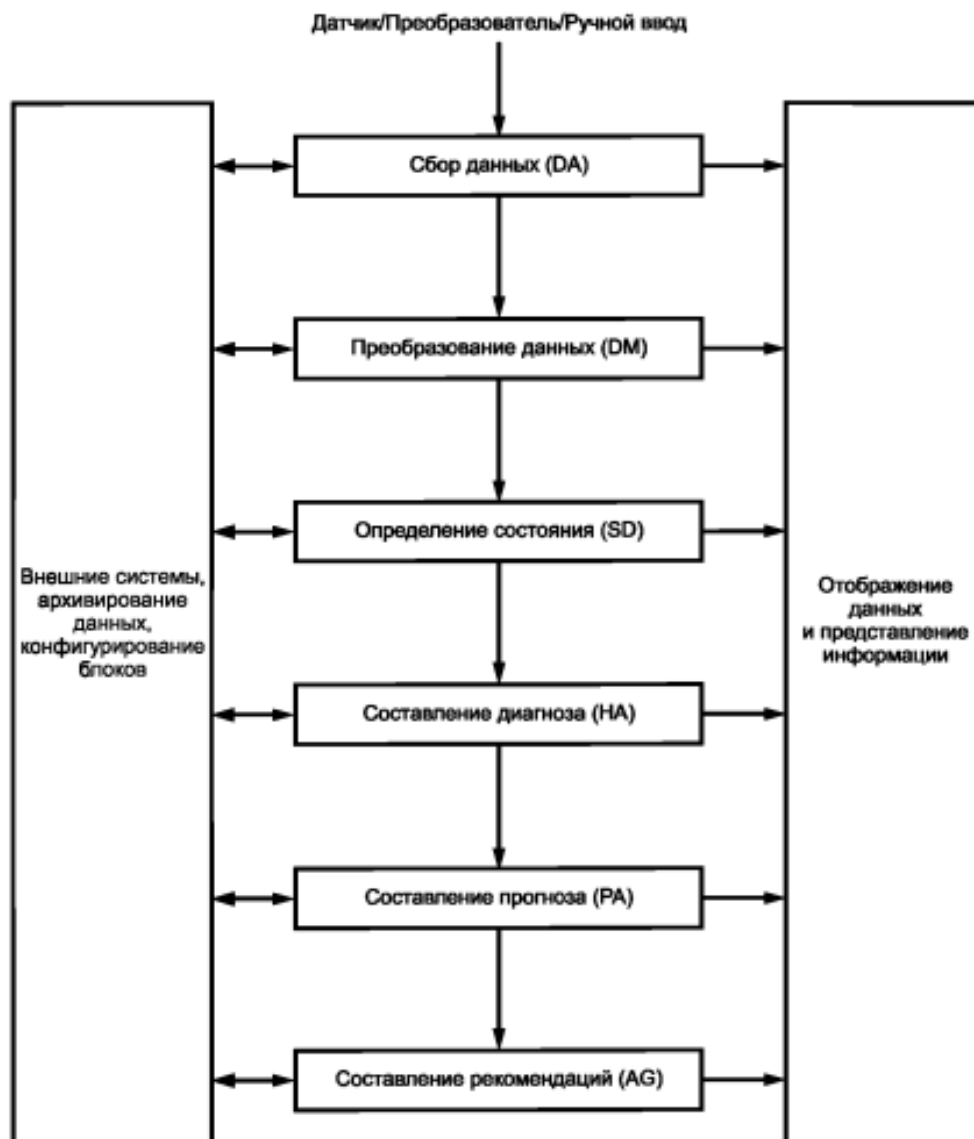


Рисунок 2 – Блок-схема системы мониторинга[16]

Для разработки алгоритма нас интересуют следующие блоки: блок преобразования данных, блок определения состояния и блок составления диагноза. Рассмотрим подробнее их работу и опишем их функционал.

Согласно данному ГОСТу, блок преобразования данных выполняет анализ и фильтрацию сигнала, вычисляет значимые параметры; блок определения состояния устанавливает и поддерживает базовую линию для контроля состояния, исследует отклонения по новому массиву созданных данных и определяет, в какую зону состояния эти данные попадают; блок составления диагноза выявляет возможные неисправности и скорости их развития на основе информации о техническом состоянии машины.

Для нашей системы достаточно реализовать 3 состояния:

- нормальное – скорость вращения колеса совпадает с расчетной (учитывая погрешность), уведомление пользователя не требуется;
- тревожное – скорость вращения колеса немного отличается от расчетного (с учетом погрешности), уведомление пользователя не требуется, если система пробудет в тревожном состоянии меньше 30 секунд (например, машина в повороте, скорость вращения одного из колес временно изменилась);
- аварийное – скорость вращения колеса значительно отличается от расчетного на протяжении 5 секунд, либо же незначительно на протяжении более 30 секунд, система уведомляет пользователя о необходимости скорректировать давление в определенном колесе.

2.1 Алгоритм определения спущенного колеса

Рассмотрим основной алгоритм, позволяющий определить состояние системы по скоростям вращения колес. Из ЭБУ нам требуются всего лишь

скорости вращения всех 4 колёс автомобиля, благодаря которым мы можем получить простую и одновременно надежную систему, совместив «осевой» и «диагональный» алгоритмы разности скоростей вращения колес.

«Осевой» алгоритм представлен формулой 1:

$$z_o = \frac{\omega_1}{\omega_2} - \frac{\omega_4}{\omega_3}, \quad (1)$$

где ω_1 – угловая скорость вращения переднего левого колеса, рад/с;

ω_2 – угловая скорость вращения переднего правого колеса, рад/с;

ω_3 – угловая скорость вращения заднего правого колеса, рад/с;

ω_4 – угловая скорость вращения заднего левого колеса, рад/с.

«Диагональный» алгоритм представлен формулой 2, обозначения совпадают с предыдущей формулой:

$$z_d = \frac{\omega_2}{\omega_4} - \frac{\omega_1}{\omega_3}, \quad (2)$$

В идеальном варианте величины z_d и z_o будут стремиться к нулю, и в случае превышения погрешности k , которую мы определим в дальнейшем на этапе тестирования системы, появится предупреждение о спущенной шине.

Комбинация этих методов позволит определить, какое именно колесо спускает давление. В таблице 1 представлен метод определения спущенного колеса по данным величинам.

Таблица 1– Метод определения спущенного колеса

Спущенное колесо	z_d	z_o
переднее левое	$>0 \pm k$	$<0 \pm k$
переднее правое	$<0 \pm k$	$>0 \pm k$
заднее правое	$>0 \pm k$	$>0 \pm k$
заднее левое	$<0 \pm k$	$<0 \pm k$

Далее данный алгоритм будет называться алгоритмом сравнения.

Приведем на рисунке 3 UML-диаграмму (от англ. user modeling language,

унифицированный язык моделирования) работы алгоритма сравнения для более понятного представления его работы.

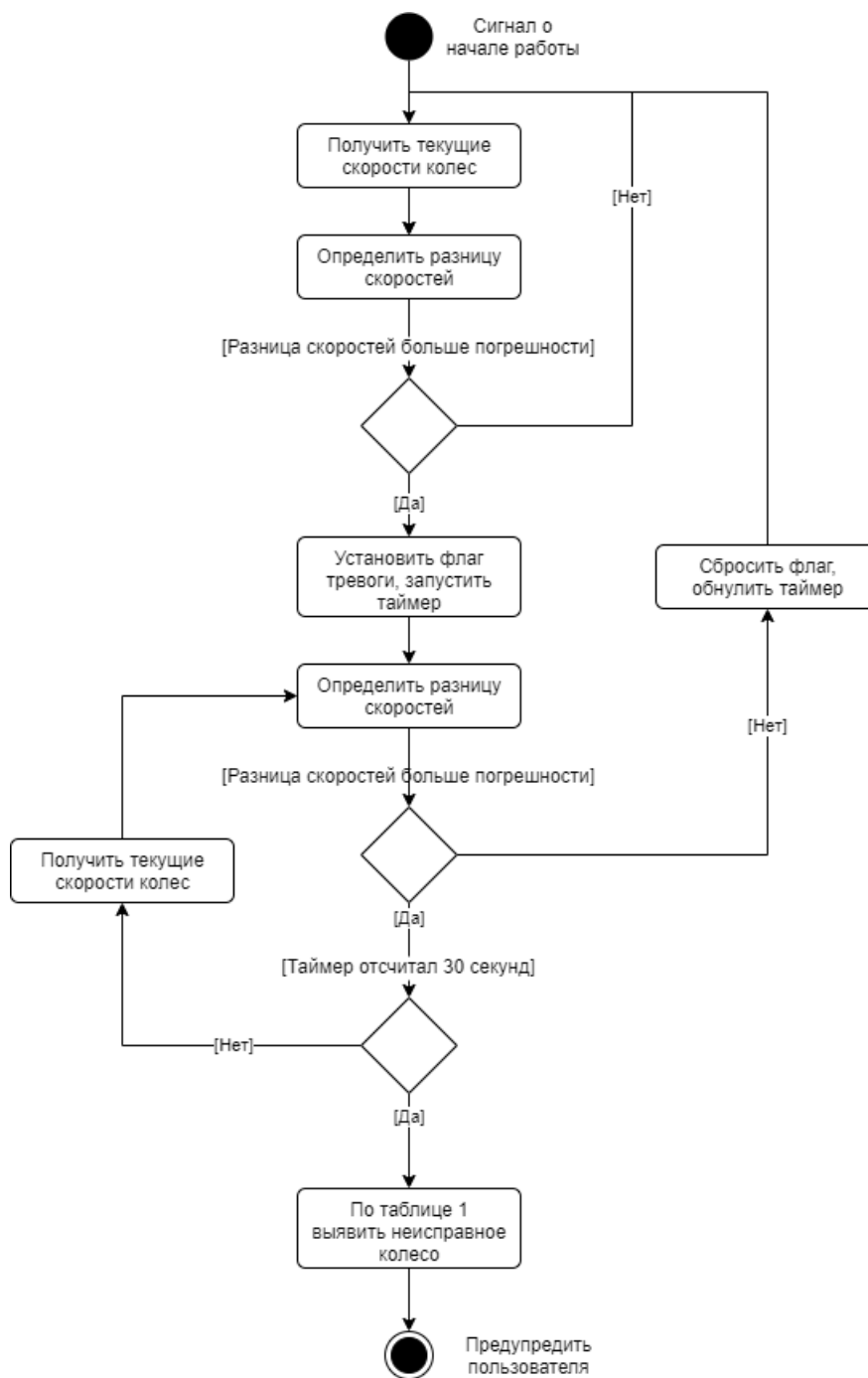


Рисунок 3 – Диаграмма действий алгоритма сравнения

2.2 Алгоритм расчета давления

Для расчета приблизительного давления в шине автомобиля мы можем использовать детальную информацию, которую можем получить из электронного блока управления.

Информация, которая может помочь повысить точность разрабатываемой системы, а также которую можно извлечь из электронного блока управления:

- скорость вращения колеса (ω) – измеряется количеством оборотов колеса в минуту (об/мин) и может быть извлечена из ЭБУ;
- температура окружающего воздуха (Т) – измеряется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) и может быть извлечена из ЭБУ;
- информация о работе электроусилителя руля (ЭУР) может повысить точность работы;
- информация о срабатывании системы ABS также может дать полезную информацию для повышения точности системы.

Имея информацию о скорости автомобиля и количестве оборотов колеса в минуту можно получить его диаметр из формулы 3:

$$V = d * \pi * \omega, \quad (3)$$

где d – диаметр колеса, мм;

π – число Пи;

V – скорость автомобиля, м/с;

ω – угловая скорость колеса, рад/с;

Из этой формулы следует, что в идеальном случае – когда диаметр колеса не меняется, угловая скорость прямо зависит от скорости автомобиля, а при изменении диаметра – угловая скорость будет увеличиваться в сравнении с предыдущим случаем. Таким образом, из параметров скорости автомобиля и

количества оборотов определенного колеса можно сделать вывод о недостаточном диаметре колеса по отношению, представленному на формуле 4 (обозначения совпадают с предыдущей формулой).

$$\frac{V}{\omega_i * d'} \quad (4)$$

Пример графика для оценки технического состояния системы представлен на рисунке 4.

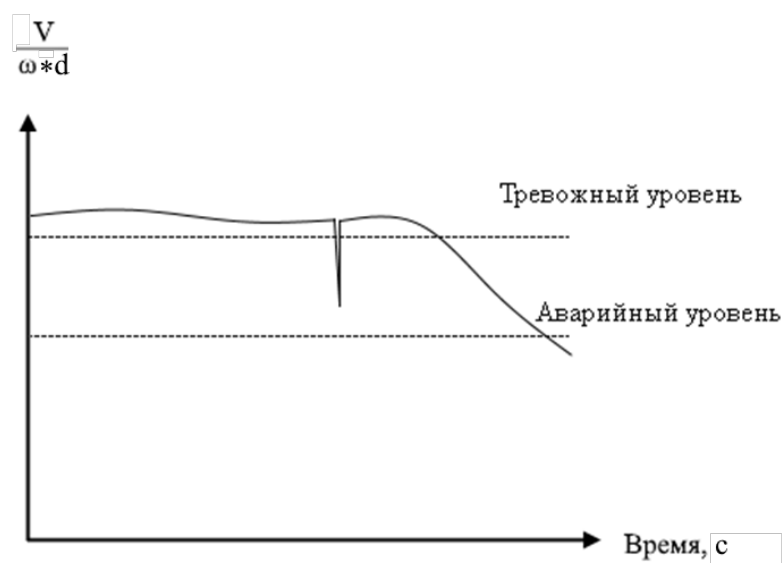


Рисунок 4 – График оценки технического состояния колеса автомобиля

Отметим, что современные колёса маркируются следующим образом: А/В R С (например, 175/70 R13, где R – конструкция шины, не влияет на расчеты, а прочие параметры будут раскрыты далее). Диаметр колеса считается по его маркировке с помощью формулы 5:

$$d = \left(\frac{A * B * 2}{100} \right) + (25,4 * C), \quad (4)$$

где А – ширина шины, мм;

В – высота резины профиля, мм;

С – посадочный размер, дюйм.

Далее данный алгоритм будет называться алгоритмом расчета.

Приведем на рисунке 5 UML-диаграмму работы алгоритма расчета.

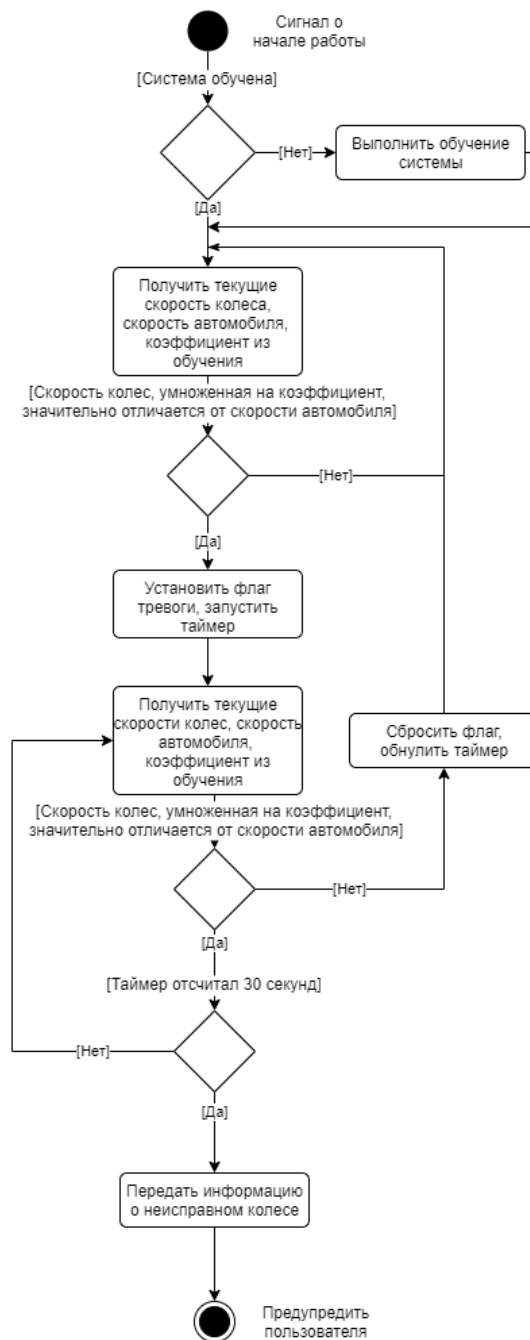


Рисунок 5 – Диаграмма действий алгоритма расчета

Алгоритм расчета позволяет вычислять приблизительные значения давлений, но есть и факторы, оказывающие негативное влияние на точность системы. Однако, говоря о целесообразности использования информации о температуре окружающего воздуха, следует отметить несколько факторов:

1. В течение дня температура может меняться: таким образом, при повышении окружающей температуры на 10 градусов давление изменится примерно на 0,1 бар.

2. При движении на высокой скорости (выше 100 км/ч) нагрев шины также оказывает влияние на давление газов в шине автомобиля (при теплой температуре воздуха, т.к. в холодных условиях более эффективный теплоотвод нивелирует разницу температур снаружи и внутри покрышки).

Таким образом, в данном алгоритме следует учитывать и дополнительные параметры, такие, как температура окружающего воздуха (а точнее, температура воздуха может увеличивать или уменьшать погрешность поднятия уровня тревоги, одновременно с этим снижая достоверность этого алгоритма).

Для первичной корректировки были произведены замеры давления колес на автомобиле Kia Sorento, покрышки летние, 235/65 R17. Колесо переднее правое, прибор измерения – манометр МТ-1, производства СССР (перед выполнением замера была произведена ручная поверка манометра с несколькими другими). Средние результаты замеров приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость диаметра колеса от его давления

Давление, бар	Диаметр, мм
2,4	709
2,2	707
2,0	704
1,8	701
1,6	698
1,4	695

Продолжение таблицы 2

1,2	692
1,0	688
0,5	677
0	670

На рисунке 6 для наглядности представлены данные в виде графика.

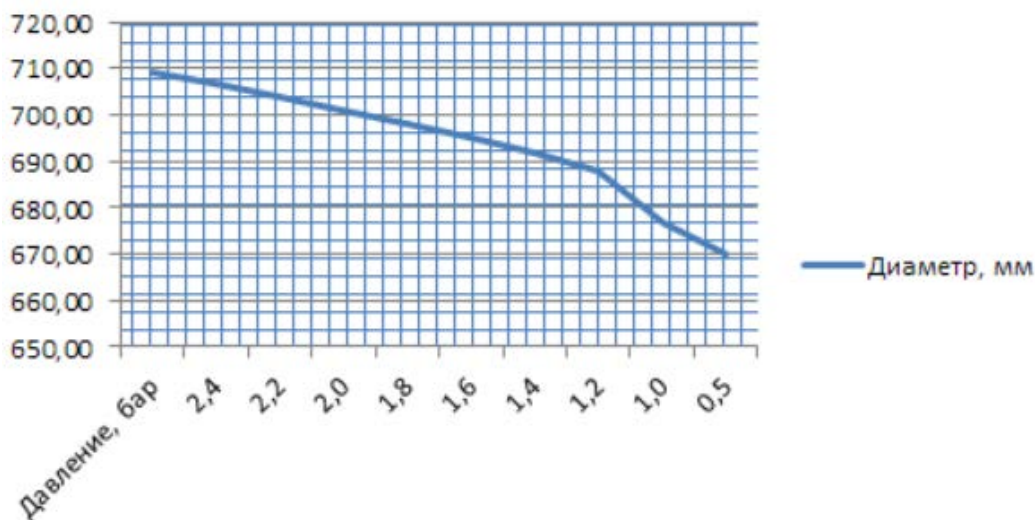


Рисунок 5 – Зависимость диаметра от давления

Очевидно, что данная зависимость не применима ко всем шинам, как и ее возможные погрешности, допущенные во время замеров, однако, для конкретного автомобиля данная зависимость позволит с достаточно высокой точностью произвести испытания.

2.3 Выводы по 2 разделу

Таким образом, рассмотрены основные формулы для разработки алгоритма системы мониторинга давления в шине легкового колеса, представлены диаграммы работы алгоритмов без учета сторонних факторов.

3 РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

3.1 Анализ требований

Для начала работы по разработке приложения нам необходимо выявить основные направления проектировки и разработки приложения, чтобы составить требования к реализации разрабатываемого приложения.

Основная целевая аудитория – водители и владельцы легковых автомобилей, которые стремятся обеспечить безопасность и комфорт при вождении автомобиля. Уровень технической грамотности в нашем случае не оказывает значительного влияния: разрабатываемое приложение должно быть интуитивным и понятным большинству пользователей приложения.

Пользователи благодаря данной разработке смогут вовремя заметить критическое снижение давления, при котором необходимо выполнить подкачку колес для дальнейшей эксплуатации транспорта. При помощи встроенного функционала в приложении пользователи смогут отслеживать динамику изменения давления в колесе, что позволит сделать соответствующие выводы (например, отремонтировать колесо, если оно относительно быстро спускает воздух).

Таким образом, мы можем выделить требования к разрабатываемой системе. Выявлены следующие функциональные требования:

- 1) система должна выводить приблизительные значения давления колес на экран;
- 2) система должна иметь звуковое и вибрационное предупреждения (которые будут срабатывать в случае падения давления на определенный уровень);

3) пользователь должен иметь возможность корректировать уровень, при котором система подает сигнал тревоги;

4) все математические операции выполняются на смартфоне;

5) в приложении должна содержаться история наблюдения, в которой будет представлена динамика изменения давлений колес по времени;

6) в приложении должна быть представлена возможность выполнить обучение системы (т.к. показатели диаметра колеса зачастую отличаются от теоретического значения, система за определенный промежуток времени и расстояния должна запомнить текущие показатели диаметра и использовать их в дальнейших расчетах. Более того, пользователь может менять колеса или даже машину, поэтому такая функция должна быть доступна в любой момент);

7) в приложении должно быть обучение для пользователей (чтобы им было легче освоиться с его функционалом).

Следует выделить еще одно требование, которое не включено в данный план, но выполнение которого будет необходимо для монетизации приложения: в приложении должна присутствовать авторизация через сервисы Google Play.

Далее выявлены нефункциональные требования:

1) приложение должно быть совместимо с операционной системой Android 9 и выше;

2) приложение должно поддерживать различные разрешения экрана, интерфейс должен быть удобен в использовании на большинстве современных устройств;

3) приложение должно иметь возможность работать в фоновом режиме, осуществляя непрерывный мониторинг показателей (чтобы иметь возможность сразу подать сигнал тревоги);

4) приложение должно иметь хорошую оптимизацию и невысокие системные требования (128 МБ оперативной памяти и 256 МБ общей памяти устройства).

3.2 Проектирование системы

Построение диаграмм при проектировании играет немаловажную роль при разработке. Оно позволяет с помощью графического отображения системы представить информацию в виде, удобном для понимания. Более того, визуализация позволит уточнить системные требования и обнаружить потенциальные проблемы. Поэтому, для удобства и оптимизации дальнейшей разработки приложения будем использовать UML-диаграммы и DFD-диаграммы.

UML-диаграмма – схема, изображенная с применением символов UML. Существует достаточно большое количество видов данной диаграммы, для разработки нас интересуют лишь диаграмма конечного автомата и диаграмма вариантов использования. Диаграмма вариантов использования разрабатываемого приложения приведена на б.

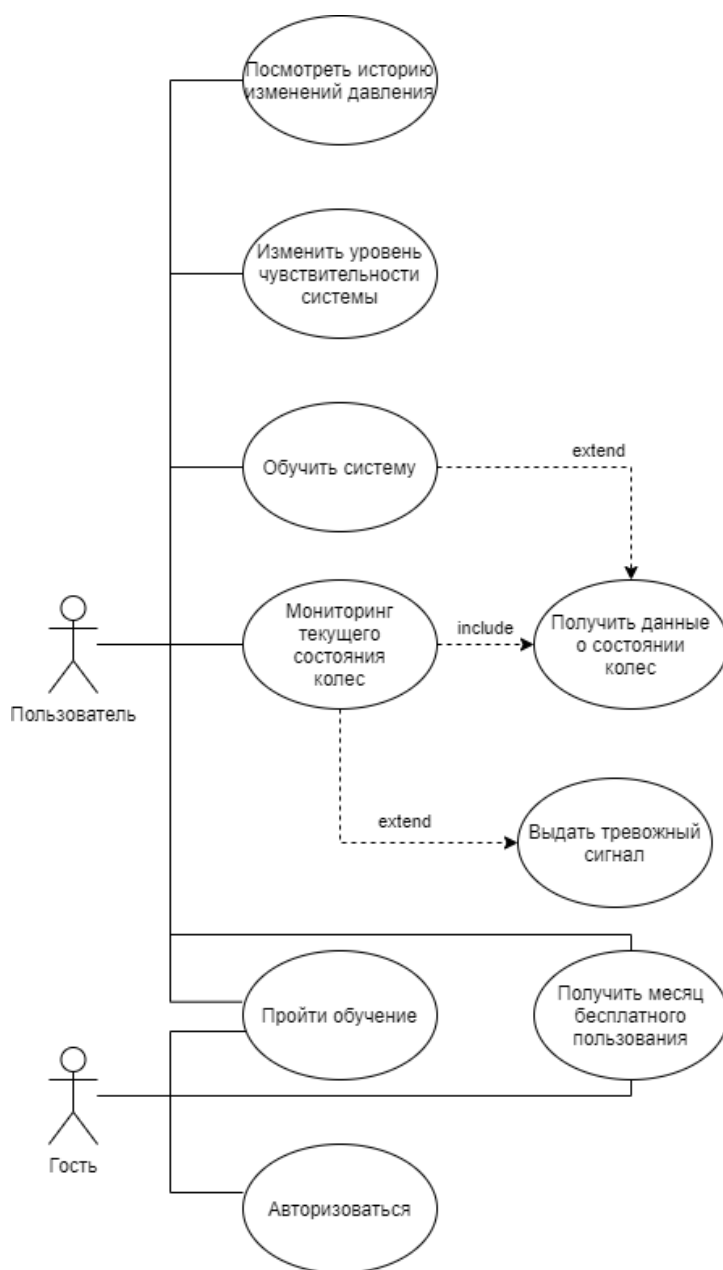


Рисунок 6 – Диаграмма вариантов использования

Данная диаграмма отражает модель взаимодействия актеров «Пользователь» и «Гость» с разрабатываемым приложением.

Актер «Гость» в рамках системы может только авторизоваться через Google – аккаунт и пройти обучение. Это сделано для того, чтобы исключить возможность получить платный функционал бесплатно.

Актер «Пользователь» уже авторизован, поэтому имеет полный доступ к функционалу приложения. Он также может пройти обучение для уверенного использования приложения, помимо этого, он может пользоваться системой мониторинга, смотреть историю наблюдения и изменять уровень чувствительности системы, а также выбрать режим обучения системы, чтобы система запомнила новые характеристики автомобиля.

Оба актера имеют возможность получить месяц бесплатного использования программы. Предполагается, что за месяц пользователь сможет грамотно оценить функционал и пользу программы, чтобы сделать соответствующие выводы.

DFD – диаграмма (от англ. data flow diagrams, диаграмма потоков данных) – графическое представление потока данных в системе. Позволит нам представить наглядное и структурированное представление потоков данных и процессов, участвующих в функционировании системы. Данная диаграмма представлена на рисунке 7.

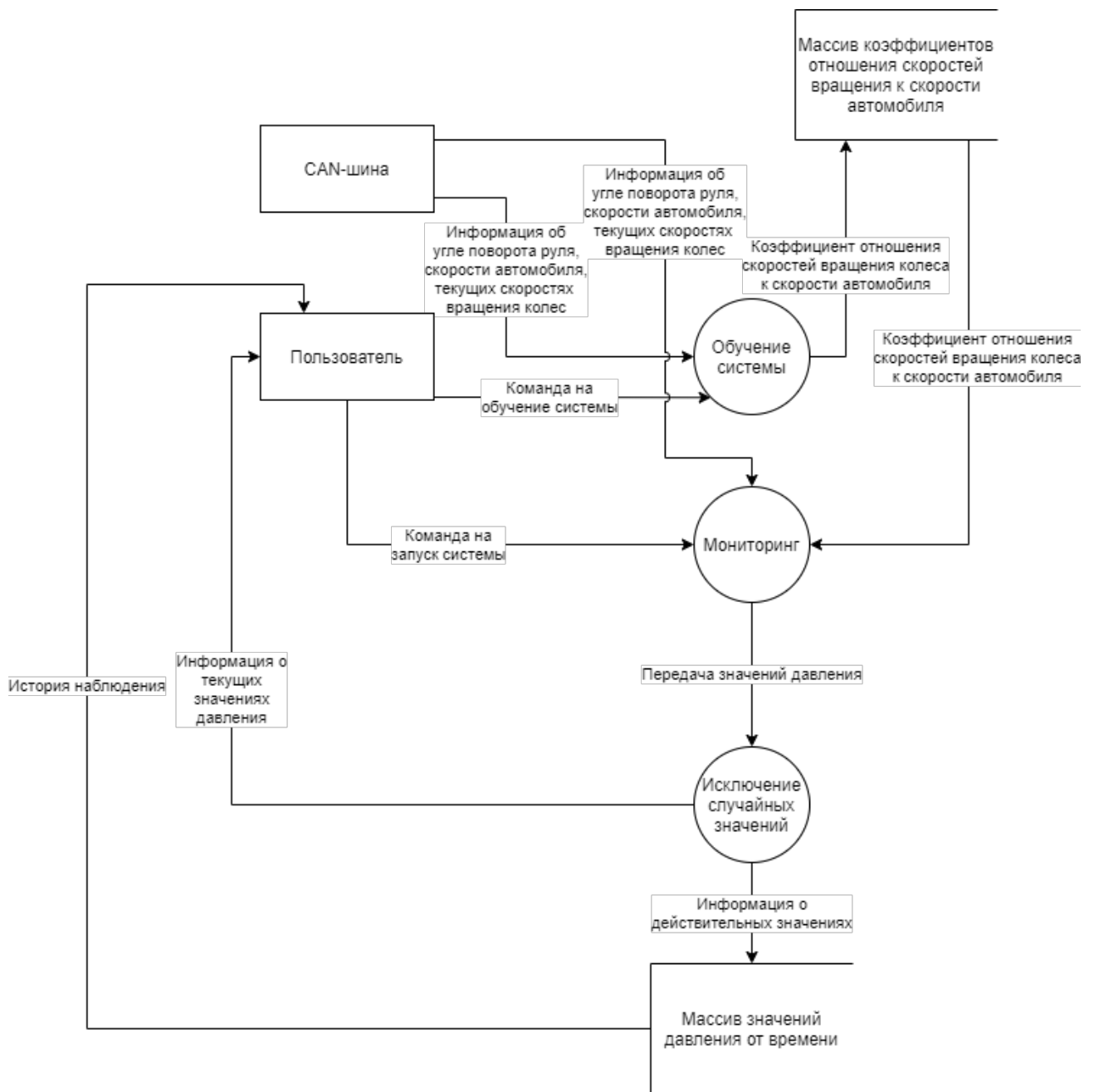


Рисунок 7 – DFD – диаграмма

На данной диаграмме представлена схема потока данных для алгоритма расчета. Для представления выбрана нотация Йордана и Коада.

Вероятно, следует пояснить отдельно работу процесса «исключение случайных значений»: во время движения скорость вращения колеса не всегда

прямо зависит от скорости автомобиля. Большое количество факторов оказывают влияние на это, поэтому следует усреднять данное соотношение, брать среднее каждые 10 секунд, 1 минуту и 5 минут (по крайней мере, для ведения графика). Также следует исключать резко выделяющиеся значения, если они появляются лишь на малый промежуток времени.

3.3 Средства разработки

В виду того, что в автомобиле пользователь может использовать преимущественно смартфон, необходимо рассматривать средства для разработки на данном устройстве.

Согласно результатам исследования Bloomberg [17] в 2019 году, в России 73% населения использует гаджеты, основанные на операционной системе (далее – ОС) Android, и лишь 26% предпочитают использовать устройства на основе iOS. Таким образом, было бы разумно в первую очередь обеспечить работу приложения на ОС Android.

Приведем небольшую сводную характеристику программного обеспечения, позволяющего создавать различные программные решения на данной ОС.

1. Android Studio – официальная интегрированная среда разработки (IDE) для создания приложений на платформе Android. Она основана на IntelliJ IDEA и разработана компанией Google. Включает в себя такие инструменты, как эмулятор Android, редактор интерфейсов приложений, удобные инструменты для работы с кодом.

2. IntelliJ IDEA – это мощная и интеллектуальная IDE, разработанная компанией JetBrains. Хотя Android Studio основана на IntelliJ IDEA,

разработчики могут использовать саму IntelliJ IDEA для создания Android – приложений.

3. Visual Studio с Xamarin — это мощная IDE, разработанная Microsoft, которая поддерживает разработку Android – приложений с использованием Xamarin. Позволяет писать кроссплатформенные приложения на языке C# с интеграцией для мобильных ОС. Разумеется, полностью совместима с библиотеками .NET.

4. Kotlin Playground — это онлайн-инструмент для написания и тестирования кода на языке Kotlin, который является официальным языком для разработки Android – приложений. Может работать онлайн, обладает обширными учебными материалами.

Учитывая все требования, для программной реализации системы была выбрана среда Android Studio, которая также обладает большим количеством учебных материалов, хорошо интегрирована в систему Google, что может помочь в дальнейшем, а также обладает обширным функционалом для тестирования на различных устройствах.

3.4 Программная реализация

В выбранной нами среде разработки реализуем весь необходимый функционал программы.

Проверять работоспособность программы, а также удобство интерфейса будем на устройстве Redmi Note 12 Turbo, на котором установлена 13 версия ОС Android. К другим характеристикам, которые следует учесть, отнесем размер оперативной памяти – 12 ГБ, а также разрешение экрана – 2400x1080.

3.4.1 Пользовательский интерфейс

Благодаря проведенному анализу требований мы можем четко представить реализацию интерфейса. В частности, нас интересуют пункты 1,2, 5 – 7 функциональных требований и пункт 2 нефункциональных требований: эти пункты необходимо учесть при составлении пользовательского интерфейса. Разумеется, следует добавить и иные опции, если они повысят удобство использования разрабатываемого приложения.

Спроектируем главный экран, на котором и будет функция контроля давления. Для того, чтобы разрабатываемое приложение хорошо и органично выглядело на различных разрешениях экрана, будем использовать встроенные инструменты векторной графики. Главный экран представлен на рисунке 7.

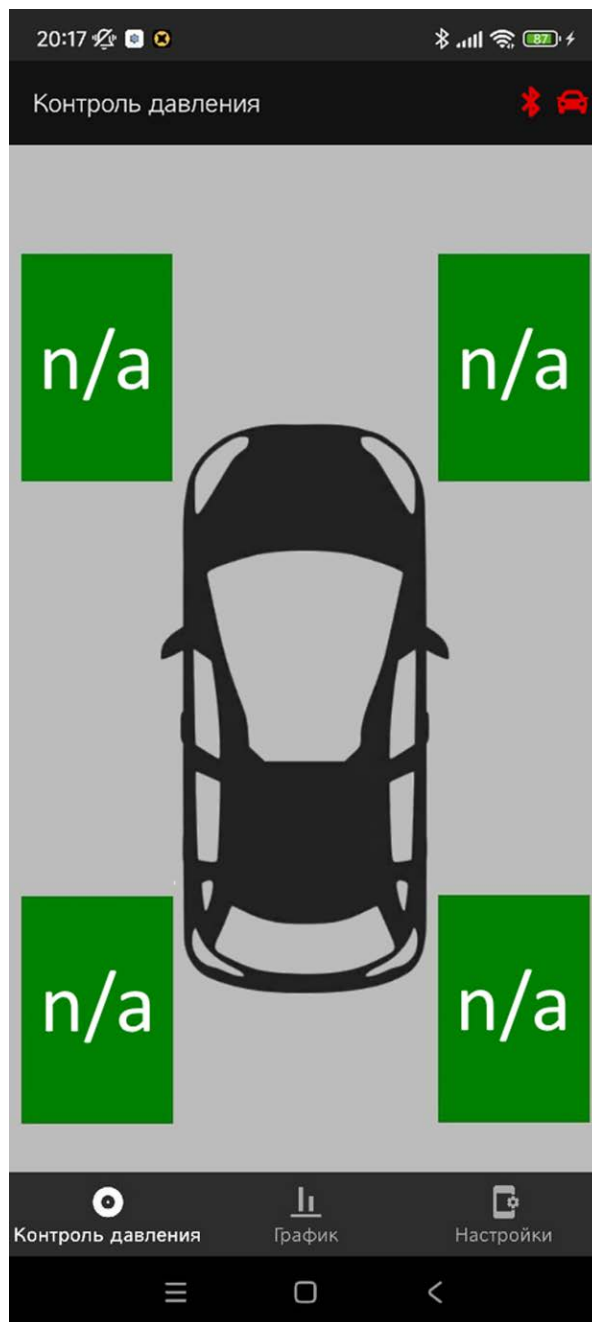


Рисунок 7 – Главный экран приложения

Меню, представленное на данном рисунке, включает в себя приблизительные значения давлений в шинах автомобиля и небольшую схему автомобиля, чтобы пользователь мог понимать состояние каждого из колес. Рисунок был сделан не во время движения, поэтому у приложения нет данных о

текущем состоянии колес – это заметно по соответствующей надписи «n/a» (от англ. not available, не доступно, выполнить замер не представляется возможным во время простоя автомобиля). Также на данном рисунке присутствуют и другие элементы интерфейса, которые будут рассмотрены позднее.

На рисунке 8 продемонстрируем вкладку приложения «График».

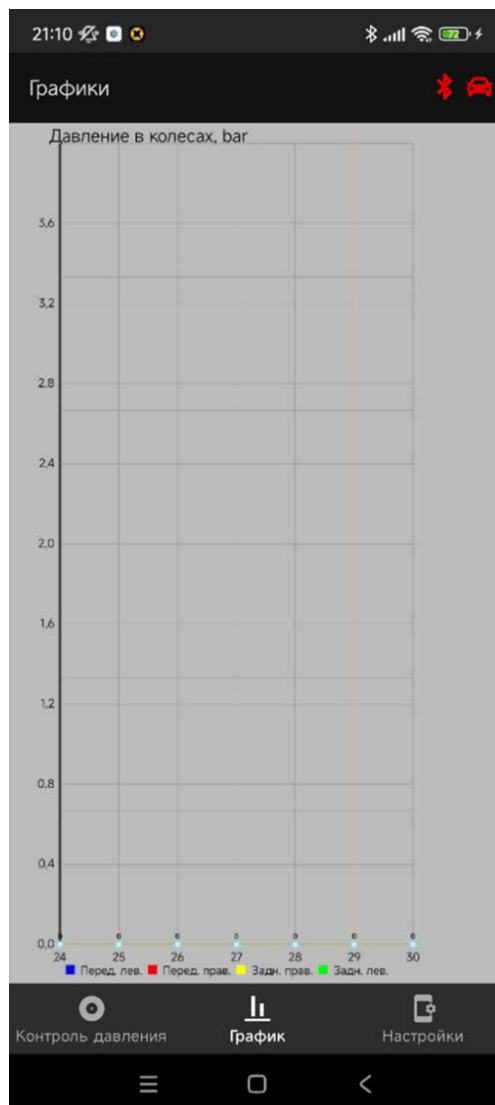


Рисунок 8 – Вкладка приложения «График»

Вкладка «График» отображает ежедневную динамику изменения давлений в колесах. На оси абсцисс – дни месяца, динамика отображается по 7 дней. На оси ординат – давление, до 4 бар (подавляющее большинство

бытовых автомобильных насосов позволяет повышать давление именно до этого значения).

На рисунке 9 отобразим вкладку приложения «Настройки».

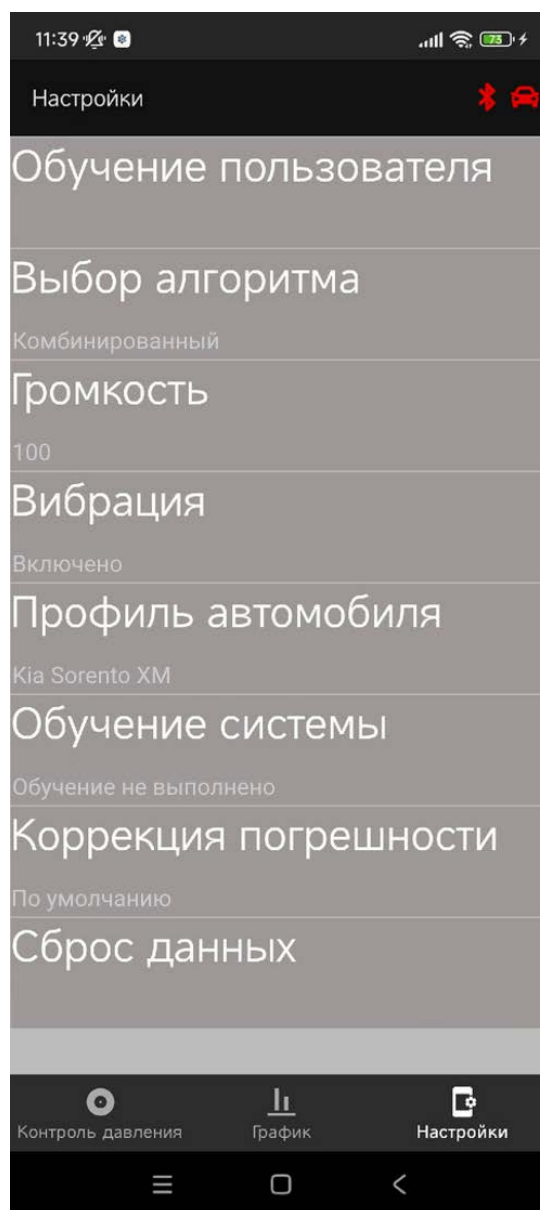


Рисунок 9 – Вкладка приложения «Настройки»

В настройках пользователь может пройти обучение (в котором приводится краткое описание приложения, небольшая инструкция по подключению сканера и автомобиля, описание алгоритмов), выбрать алгоритм

(комбинированный, алгоритм расчета или алгоритм сравнения), изменить уровень громкости, включить или отключить вибрацию, выбрать профиль автомобиля (от этого зависит подключение приложения к сканеру и корректность извлекаемых из CAN – шины данных), выполнить обучение системы (в данном режиме работы необходимо выполнить непродолжительную поездку, чтобы система связала скорость автомобиля и скорости вращения колес, впоследствии сможет предупредить пользователя. также, благодаря этому режиму, система сможет информировать пользователя о приблизительных значениях давления в колесах), а также выполнить сброс данных (очистить историю наблюдения и профиль автомобиля, коррекцию погрешности установить по умолчанию, сбросить обучение системы).

Следует отдельно рассмотреть общие для каждого из основных экранов элементы интерфейса – они представлены на рисунках 10 и 11.



Рисунок 10 – Иконки подключения к сканеру и автомобилю

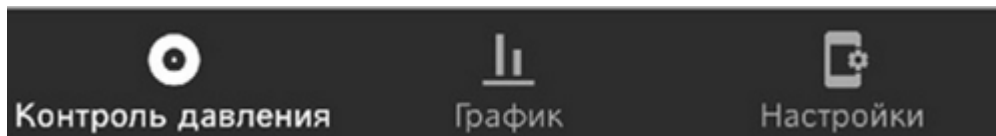


Рисунок 11 – Иконки переключения между основными экранами

Благодаря меню, представленному на рисунке 11, пользователь может быстро переключаться между экранами приложения. Подключение к сканеру и автомобилю, представленное на рисунке 10, информирует пользователя об состоянии подключения к сканеру через Bluetooth (левая иконка), а также об состоянии подключения сканера к CAN-шине автомобиля (правая иконка). Красный цвет обозначает отсутствие подключения, белый – успешное подключение.

3.4.2 Программирование вычислительных функций

Для корректной работы нашей системы реализуем несколько функций, которые позволят обеспечить достаточную точность системы и исключат резко выделяющиеся выражения. Так, как нам необходимо, чтобы приложение поддерживало работу и в фоновом режиме, используем компонент Service. В этом компоненте и будут реализованы некоторые функции.

В листинге 1 приложения А представим функцию определения текущих скоростей колес, которая исключает резко выделяющиеся значения (например, когда колесо заблокировано в случае срабатывания антиблокировочной системы), а также не возвращает значения при повороте руля на определенный угол. Функция вызывается каждую секунду в случае, если скорость автомобиля выше 20 километров в час (некоторые датчики антиблокировочной системы работают некорректно на низких скоростях).

Рассмотрим функцию алгоритма сравнения, её реализация представлена в листинге 2 приложения А.

Далее укажем функцию, выполняющую расчет диаметра каждого из колес по его скорости и скорости автомобиля, представим её на листинге 3 приложения А.

Температура может оказывать влияние на давление в колесе автомобиля: при температуре воздуха выше 10 градусов Цельсия, колеса не успевают остывать и давление в них увеличивается. Поэтому не забудем реализовать функцию, получающую температуру салона из CAN-шины, и если температура выше 10 градусов Цельсия, увеличим погрешность в полтора раза.

Следующая рассматриваемая нами функция включает в себя несколько режимов работы, выбранных пользователем в настройках – режим, при котором

система работает только с алгоритмом сравнения, только с алгоритмом расчета или использует оба алгоритма одновременно. Функция возвращает истину, если система зафиксировала критическое изменение давления в колесах, а также указывает спущенное колесо. Система также может указать и значение давления в колесе, если выбран соответствующий режим. Функция представлена в листинге 4 приложения А.

Тем не менее, бывают ситуации, когда система по какой-либо причине получает неверное значение. В таком случае при разработке алгоритмов нами было предусмотрено использование нескольких состояний – аварийного и тревожного, после которых сигнал предупреждения уже доходит до пользователя. Приведем функцию подачи сигнала в листинге 5 приложения А.

Использование вышеперечисленных функций позволит корректно обрабатывать информацию с CAN-шины, исключая ложные срабатывания.

Для работы с Bluetooth необходимо установить некоторые дополнительные компоненты. В листинге 6 приложения А укажем их.

В листинге 7 приложения А приведем часть кода с подключением адаптера через Bluetooth.

Далее в листинге 8 приложения А приведем функцию для обмена данными между адаптером и смартфоном.

3.5 Выводы по 3 разделу

В данном разделе описана разработка приложения и основные функции, приложение позволяет подключиться к CAN-шине автомобиля и подает запросы для считывания требуемых нам данных для последующей обработки.

4 ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ, ТЕСТИРОВАНИЕ

В рамках исследовательских испытаний системы мониторинга рассмотрим некоторые типичные ситуации у работы системы, проверим точность и способность системы исключать ложные срабатывания, выявим недостатки, ошибки и рассмотрим дальнейшие перспективы. Проведем функциональное и нефункциональное тестирование, чтобы убедиться, что разрабатываемая система обеспечивает выполнение поставленных нами задач.

4.1 Исследовательские испытания

Основной целью исследовательских испытаний будет проверка системы в реальных дорожных условиях, проверка времени отклика на критические изменения давления, работоспособность системы в реальных дорожных условиях.

Объектом испытаний выступил автомобиль Kia Sorento AT Classic 2016 года выпуска, обладающего всеми необходимыми свойствами для проверки работоспособности системы. На автомобиль установлены летние покрышки штатного размера 235/65 R17, производитель Tirestone, остаток протектора 6 мм, Помимо автомобиля, использовалось следующее оборудование:

- автомобильный сканер OBD-II версии 2.1;
- смартфон Redmi Note 12 Turbo с программным обеспечением и секундомером;
- манометр МТ-1, 4 класс точности;
- компрессор автомобильный Tornado AC-580.

Рассматриваемый автомобиль оснащен штатной комплектацией, никаких модификаций во внутренней системе автомобиля не производилось. Автомобиль оснащен CAN-шиной, в которую поступает информация от различных систем, среди интересующих нас можно выделить систему 4WD (от англ. four wheel drive, автомобили с полным приводом), которая содержит и иную полезную информацию (скорости вращения всех 4 колес, скорость автомобиля, блокировка дифференциала и угол поворота рулевого колеса), а систему климат-контроля с температурой салона.

Испытания проводились в условиях движения по городу с соблюдением ПДД (следовательно, скорость движения не превышала 60 км/ч) по замкнутой траектории, общая протяженность участка составила 4,9 км. Дорога полностью асфальтированная, дорожное покрытие сухое. В процессе испытаний выполнено 7 заездов с различным уровнем давления в колесах, результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты испытаний

№	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	Алгоритм	Время отклика	P ₁ *	P ₂ *	P ₃ *	P ₄ *
1	2,4	2,4	2,4	2,4	Комб.	-	2,2	2,3	2,4	2,3
2	2,4	2,0	2,4	2,4	Комб.	-	2,3	2,1	2,3	2,4
3	1,7	1,7	2,4	2,4	Комб.	73	1,7	1,6	2,4	2,4
4	1,7	2,4	2,4	2,4	Сравн.	22	-	-	-	-
5	1,2	2,4	2,4	2,4	Комб.	11	1,2	2,3	2,4	2,3
6	1,2	2,4	2,4	2,4	Сравн.	12	-	-	-	-
7	1,2	1,2	2,4	2,4	Сравн.	-	-	-	-	-

В данной таблице P_i – реальное давление в колесах, в бар, алгоритм - расчета, сравнения или комбинированный (одновременно оба алгоритма используются), время отклика выражено в секундах, P_i* – давление в колесах согласно алгоритму расчета, в бар.

Среди недостатков выявлено, что система не реагирует на незначительные изменения давления, слабо отражающиеся на диаметре колеса. Также, из-за функции исключения погрешности, система медленно реагирует на небольшое падение давления. Алгоритм расчета несколько искажает реальные показания. Как и ожидалось, алгоритм сравнения не способен заметить разницу в давлениях при одновременном спуске воздуха из колес, находящихся на одной оси.

Тем не менее, данная система косвенного мониторинга давления способна определить падение давления на 30% и выше за относительно небольшое время, предупреждая пользователя о падении давления до необратимых последствий.

4.2 Тестирование

Существует множество различных видов тестирования программных продуктов, для нашей цели мы выполним функциональное тестирование, так как оно нацелено на проверку функций системы с точки зрения ее пользователя. Функциональное тестирование позволит убедиться, что все намеченные во время проектирования требования были выполнены и приложение работает исправно.

Также выполним нефункциональное тестирование – тестирование производительности и других требований, которые были заданы нами ранее.

4.2.1 Функциональное тестирование

В ходе тестирования проверим выполнение всех запланированных ранее функций. Будем использовать уровень функционального тестирования «Чёрный ящик» – тестирование без доступа к исходному коду, то есть мы будем рассматривать продукт с точки зрения пользователя. Тестирование будет ручным, проверку всех функций проверим без использования автоматизированных средств.

Результаты функционального тестирования приложения при взаимодействии с автомобилем представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Функциональное тестирование приложения

Действие	Результат	Тест пройден?
Пользователь впервые зашел в приложение	Появляется экран с обучением	Да
Пользователь выбрал профиль автомобиля	Система запомнила профиль подключения	Да
Пользователь подключает приложение к автомобилю	Приложение присоединяется к сканеру и CAN-шине	Да
Пользователь начинает первую поездку с приложением	Система входит в режим обучения, затем выходит из него и уведомляет пользователя	Да
Пользователь начинает поездку	Система выводит приблизительные значения давления в колесах	Да
Колесо спущено (до 1,6 бар), пользователь начинает поездку	Спустя время система подает звуковой и вибрационный сигнал пользователю	Да
Пользователь смотрит историю изменений давления	На экране с графиком отображается усредненная информация по дням об изменениях давления	Да

Продолжение таблицы 4

Пользователь корректирует уровень тревоги, при котором система сигнализирует о недостатке давления	Система изменяет уровень чувствительности	Да
Пользователь выполняет действие «Сброс данных»	Приложение удаляет историю наблюдений, профиль подключения, изменения уровня тревоги	Да

При выполнении функционального тестирования было составлено несколько замечаний, которые следует учесть при дальнейшей разработке:

- необходимо ограничить диапазон корректировки уровня тревоги, т.к. пользовательские изменения могут привести к повышению количества ложных срабатываний (при уменьшении погрешности системы) или к ослаблению чувствительности системы (при увеличении погрешности);

- рекомендуется сделать возможность восстановления уровня тревоги по умолчанию не только через «Сброс данных» для повышения удобства пользователя;

- рекомендуется увеличить количество поддерживаемых автомобилем протоколов подключения к CAN-шине для повышения универсальности приложения;

- рекомендуется реализовать возможность разбиения оси абсцисс не только по дням, но и по другим временным промежуткам.

Таким образом выявлено, что разработанная система полностью соответствует намеченным ранее функциональным требованиям. Как и было запланировано, все математические операции система выполняет на устройстве пользователя, не внося никаких изменений в ЭБУ автомобиля.

4.2.2 Нефункциональное тестирование

Рассмотрим выполнение нефункциональных требований для нашего приложения.

Первым требованием являлась поддержка работы на ОС Android 9 и выше. В начале работы над приложением в меню создания в программе Android Studio была возможность выбрать минимальный набор для разработки, был выбран API (от англ. application programming interface, программный интерфейс приложения) 28 «Pie», работающий на устройствах с ОС Android 9 и выше. Следует заметить, что, согласно информации, указанной в Android Studio, данное приложение будет поддерживаться на 89,6% устройств.

Выполнение следующего требования (поддержка различных разрешений экрана, удобство интерфейса) было обеспечено за счет особенностей разметки экранов в Android Studio (взаимное расположение объектов вместо жесткой привязки компонентов, использование преимущественно векторных изображений и иконок). Благодаря встроенному в Android Studio эмулятору приложение было проверено на нескольких различных разрешениях экрана. Основная информация полностью читаема на различных разрешениях экранов, но есть некоторые замечания при работе с небольшими экранами. Интерфейс приложения достаточно прост и понятен, в том числе благодаря обучению.

Приложение поддерживает работу в фоновом режиме благодаря использованию сервисов в Android Studio.

Приложение не имеет высоких и сложных вычислительных задач, не обрабатывает тяжелые графические объекты, потому обладает весьма высоким быстродействием. Занимаемая приложением память: 78 МБ; затраты оперативной памяти при работе приложения: 39 МБ. Данная информация была

получена благодаря встроенным средствам ОС Android, оболочки MIUI и Android Studio.

В ходе тестирования было выявлено несколько дальнейших рекомендаций:

- следует повысить количество поддерживаемых приложением разрешений экранов за счет функции, получающей размер экрана и корректирующей размер элементов, которые сложно сделать без жесткой привязки (например, размер текста и не векторные изображения);

- рекомендуется отключить вывод расчета давления при работе в фоновом режиме для экономии ресурсов устройства.

4.3 Вывод по 4 разделу

Четвертый раздел посвящен прохождению испытаний и тестированию работы системы в реальных условиях. В рамках главы были проведены тестовые заезды для определения проверки работоспособности приложения, выполнены функциональное и нефункциональное тестирования, выведены недостатки и рекомендации для дальнейшей разработки приложения.

Система подтвердила свою работоспособность, функциональное и нефункциональное тестирование не выявили отклонений от заявленных ранее требований.

5 СТАРТАП-ПРОЕКТ

Реализация мобильной системы мониторинга давления в шинах является весьма перспективной разработкой, способной повысить безопасность и экономичность эксплуатации автомобиля для водителей легковых автомобилей. Разработка бизнес-плана и изучение различных экономических факторов, связанных с проектом, позволит в дальнейшей перспективе получить прибыль с разработки и дальнейшего ведения проекта.

5.1 Стратегический анализ

Стратегический анализ – метод реализации системного и ситуационного подходов при изучении различных факторов влияния на процесс стратегического управления. Анализ является первостепенной задачей, после выполнения которой можно принимать дальнейшие шаги построения бизнес-плана, так как грамотное проведение анализа значительно снижает различные риски и помогает принимать взвешенные управленческие решения.

5.1.1 Анализ внешней среды и определение угроз и возможностей

Анализ внешней среды начинают с оценки макроэкономического окружения, используя метод, называемый STEEP-анализом [18] (от англ. social, technological, economic, ecological, political, – политические, технологические, экономические, экологические, политические аспекты внешней среды). Ниже приведем результаты проведенного анализа.

(S) social

1. Повышение обеспеченности легковыми автомобилями в России (по данным Автостата).

2. Повышение уровня цифровой грамотности согласно исследованию аналитического центра НАФИ.

3. Высокая роль социальных сетей и общественного мнения на выбор и использование технологий.

(T) technological

1. Доступность и развитие мобильных устройств.

2. Развитие автомобильной промышленности и увеличение количества бортовых систем автомобиля, работающих через CAN-шину.

(E) economical

1. Налоговые льготы для IT-компаний.

2. Льготные кредиты и ипотека для IT-компаний.

3. Инфляция по итогам 2023 года составила 7,42%.

(E) ecological

1. Национальный проект «Чистый воздух» объединяет несколько крупных промышленных городов, целью проекта является улучшение экологической обстановки и снижение объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (как было замечено ранее, езда на спущенных покрышках приводит к их повышенному износу и повышению расхода топлива, что негативно сказывается на экологическом факторе).

(P) political

1. ФНС России приостановила выездные (в том числе повторные) налоговые проверки IT-компаний до 3 марта 2025 года.

2. Минцифры запустило новую меру поддержки малого и среднего бизнеса. Скидка в 50% на покупку российского ПО является частью федерального проекта «Цифровые технологии».

3. Грантовая поддержка проектов по разработке IT-продуктов в рамках федерального проекта «Цифровые технологии».

4. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы направлена на повышение безопасности дорожного движения.

5. Санкции в цифровом секторе: из-за политической обстановки часть иностранных компаний покинула российский рынок цифровых услуг. Это может оказать влияние на работу различного иностранного программного обеспечения, купленного российскими пользователями до введения санкций.

В рамках стратегического анализа проведем анализ конкурентов, результат приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Анализ конкурентов

№	Конкурент	Тип	Ниша	Функционал мобильного приложения	Цена основного продукта
1	Car Scanner ELM OBD2	косвенный	Диагностика автомобиля	Приложение обладает большим количеством параметров диагностики	Полный функционал – 349 руб.

Продолжение таблицы 5

2	CarBit ELM 327 OBD2	косвен- ный	Диагностика автомобиля	Приложение обладает большим количеством параметров диагностики	Полный функционал – 299 руб.
3	OpenDiag Mobile	косвен- ный	Диагностика автомобиля	Приложение обладает большим количеством параметров диагностики	Оплата различных блоков для подключения отдельно.
4	CarBit ELM327 OBD2	косвен- ный	Диагностика автомобиля	Приложение обладает большим количеством параметров диагностики	Оплата различных блоков для подключения отдельно.
5	TPMSII	косвен- ный	Мониторинг внешних датчиков	Приложение связывается с внешними датчиками	Приложение полностью бесплатно
6	Light TPMS	косвен- ный	Мониторинг внешних датчиков	Приложение связывается с внешними датчиками	Приложение полностью бесплатно
7	SensAiry	косвен- ный	Мониторинг внешних датчиков	Приложение связывается с внешними датчиками	Приложение полностью бесплатно

Подавляющее большинство конкурентов являются косвенными - ни одно из рассмотренных приложений не выполняет мониторинг давления через автомобильный сканер. Часть конкурентов выполняют диагностическую функцию, другие обеспечивают связь с внешними датчиками.

Таким образом можно выделить фактор - на данный момент нет известных прямых аналогов подобного проекта.

Помимо конкурентов следует выделять субституты или товары-заменители, способные обеспечить лучшее соотношение «цена-качество». Подобный анализ необходим для более детального планирования, так как позволит спрогнозировать влияние подобных товаров на разрабатываемый продукт и снизить риски при выходе на рынок. Представим анализ субституты в таблице 6.

Таблица 6 – Анализ субституты

№	Субститут	Ниша	Цена основного продукта
1	TPMS внешн. VCORDER	Внешняя система контроля, устанавливаемая внутри покрышки	1285 р.
2	TPMS внешн. Zaхnouvi	Внешняя система контроля, устанавливаемая снаружи покрышки	1725 р.
3	TPMS внешн. Arena TP 300	Внешняя система контроля, устанавливаемая снаружи покрышки	4500 р.

Продолжение таблицы 6

4	TPMS внешн. AUTEL	Внешняя система контроля, устанавливаемая внутри покрышки	8462 р.
---	-------------------	---	---------

Так как подобных систем на рынке большое множество, были рассмотрены несколько популярных вариантов, отличающихся системой контроля и производителем. В таблице не указаны еще одни субституты – встроенные СМДШ, которые устанавливаются на некоторые комплектации автомобилей, но из-за того, что их нельзя приобрести отдельно, они не рассматривались во время проведения анализа.

Таким образом, товары-субституты как правило дороже нашего решения (при этом, в отношении данных товаров справедливо правило «выше цена – выше качество»), а также точнее по принципу работы. Тем не менее, разрабатываемый продукт имеет возможность двойного использования – покупка автомобильного сканера обеспечит не только возможность контролировать уровень давления в шинах, но и выполнять диагностику ЭБУ при помощи специализированных приложений.

Ранее при разработке были рассмотрены различные поставщики программного обеспечения, поэтому можем привести лишь небольшую характеристику.

Несмотря на санкции и ограничения продаж зарубежного ПО, условно бесплатные версии IDE не будут ограничены согласно заявлениям компаний. Поэтому мы можем обойтись бесплатным лицензированным программным обеспечением для разработки продукта.

Следует упомянуть и магазины приложений, куда попадет продукт после окончания разработки. Для Android-устройств остается доступным магазин приложений Play Market, который до сих пор сертифицирует российских разработчиков. Альтернативой может послужить и проект Минцифры RUstore, который помимо прочего представляет бесплатную возможность размещать приложения.

Таким образом, можем заметить, что поставщики ПО до сих пор остаются весьма доступными. Размещение в магазинах приложений может занять некоторое время, но маловероятно, что возникнут какие-либо серьезные проблемы с данными действиями.

В рамках конкурса были проведены различные мероприятия по анализу аудитории в городе Челябинск. Была проведена ознакомительная встреча в МУП «Служба организации движения» (которая выявила неустранимые особенности разрабатываемой системы, не позволяющая использовать ее на грузовом и крупном пассажирском транспорте). Был проведен опрос аудитории, выявивший потенциальную заинтересованность респондентов в разрабатываемом продукте. Также были рассмотрены пожелания потребителей касательно вопросов монетизации приложения.

В ходе анализа потенциальных покупателей выявлено несколько факторов, повышающих риски проекта: из-за особенностей продукта его рекомендуется использовать с постоянно включенным автомобильным сканером в бортовую сеть автомобиля, что приводит к дополнительному (но относительно невысокому) энергопотреблению, а также снижает уровень доверия у определенной категории покупателей из-за пожароопасных рисков. Более того, в некоторых автомобилях расположение диагностического разъема закрыто крышкой, и при езде с диагностическим сканером салон автомобиля

теряет в эстетике, что также может отпугнуть некоторых потенциальных покупателей.

В результате анализа определен портрет потенциальных покупателей – водители легковых автомобилей, оснащенных системой ABS (или аналогичными системами с передачей данных в CAN-шину), без постоянной блокировки дифференциала. Круг заинтересованных лиц весьма большой, а одно из преимуществ системы – повышение экономичности, может заинтересовать не только частных лиц, но и компании по организации перевозок грузов и пассажиров на легковых автомобилях. Для обеспечения рентабельности проекта после завершения основной стадии разработки следует реализовать возможность авторизации в приложении через Google Play.

Далее проведем анализ угроз.

Экономические угрозы:

- на рынке присутствуют сильные субституты;
- государство оказывает поддержку IT-компаниям;
- требуется начальный капитал для реализации подобного проекта.

Административные угрозы:

- на рынке продолжается дефицит IT-специалистов;
- государство может ввести жесткую сертификацию на СМДШ, что негативно скажется на спросе продуктов недостаточной точности.

Таким образом, можно уверенно утверждать, что порог входа - средний: нужен капитал для оплаты и удержания IT-разработчиков и прочих сотрудников, требуется инженерная и исследовательская работа для повышения качества работы системы.

На основании проведенного анализа внешней среды составим итоговую таблицу 7.

Таблица 7 – Анализ микроэкономической среды

Наименование	Описание
Конкуренция	На данный момент отсутствуют известные прямые или косвенные конкуренты
Субституты	Субституты представлены в большом количестве и обладают высокой точностью, но стоят дороже и обладают меньшей универсальностью
Аудитория	Существует спрос на подобную систему от потенциальных потребителей
Поставщики	Обширный ассортимент поставщиков ПО
Угроза появления новых игроков	Средний порог входа в отрасль

Проведем качественные оценки факторов, возможностей и угроз, представим их в таблицах 8-10.

Таблица 8 – Качественная оценка факторов

Фактор	Вектор взаимодействия	Пояснения
На данный момент отсутствуют известные прямые или косвенные конкуренты	+	Отсутствие прямых конкурентов позволит выйти на рынок с меньшими рисками, но также может негативно сказаться на заинтересованности потребителей
Субституты представлены в большом количестве и обладают высокой точностью	-	Субституты занимают значительную долю рынка потребителей разрабатываемого продукта
Субституты стоят дороже и обладают меньшей универсальностью	+	Субституты стоят значительно дороже разрабатываемого продукта и не позволяют использовать продукт помимо основной цели

Продолжение таблицы 8

Существует спрос на подобную систему от потенциальных потребителей	+	Спрос потенциальных потребителей окажет позитивное влияние при выходе продукта на рынок или во время открытого тестирования
Использование автомобильного сканера увеличивает энергопотребление и может снизить эстетичность салона	-	Часть покупателей может отказаться от продукта в силу собственных убеждений, несмотря на преимущества использования данной системы
Обширный ассортимент поставщиков ПО	+	Большое количество бесплатного ПО повышает удобство разработки
Средний порог входа в отрасль	+	Для реализации проекта следует составить команду разработчиков, что приведет к финансовым затратам, однако из-за особенностей IT-проектов, данному проекту не требуются крупные финансовые вложения

Таблица 9 – Вероятность использования возможностей

Вероятность использования возможностей	Влияние на организацию		
	Низкое	Среднее	Высокое
Высокая	Обширный ассортимент поставщиков ПО	Отсутствие конкурентов	-
Средняя	Субституты дороже и менее универсальны	Средний порог входа в отрасль	Наличие спроса на подобную систему
Низкая	-	-	-

Таблица 10 – Вероятность реализации угроз

Вероятность реализации угрозы	Степень воздействия угрозы		
	Низкая	Средняя	Высокая
Высокая	-	Присутствие сильных субститутов	-
Средняя	-	-	Ограничения зарубежных магазинов приложений
Низкая	-	-	Введение государством обязательной сертификации на СМДШ

Проведенный анализ внешней среды помог выявить возможности и угрозы проекта, построим результирующую таблицу 11.

Таблица 11 – Итоговый анализ внешней среды

Возможности	Угрозы
Обширный ассортимент поставщиков ПО	Присутствие сильных субститутов
Отсутствие конкурентов	Ограничения зарубежных магазинов приложений
Субституты дороже и менее универсальны	Введение государством обязательной сертификации на СМДШ
Средний порог входа в отрасль	-
Наличие спроса на подобную систему	-

5.1.2 Анализ потенциальной внутренней среды проекта и определение сильных и слабых сторон

Для анализа макроэкономической среды используем 5P-модель (от англ. Product, Price, Promotion, Place, People, продукт, цена, продвижение, логистика и персонал). Итоговая модель представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Анализ макроэкономической среды

Наименование	Описание
Продукт	1. Представляет собой прототип приложения для подключения к автомобильному сканеру 2. Продукт имеет разработанный интерфейс 3. Прототип не обеспечивает подключение к широкому ряду автомобилей
Цена	Предположительная цена продукта - 29 руб./месяц с месяцем бесплатного использования
Продвижение	На данный момент не предпринималось действий по продвижению продукта
Место	Продукт обладает обширной с географической точки зрения базой потенциальных потребителей
Персонал	В команде есть 1 разработчик-программист. Существует необходимость в найме недостающего персонала (программист, инженер, бухгалтер, юрист)

На основании данной таблицы проведем качественную и количественную оценку факторов, результат представлен в таблицах 13-14. Оценка степени влияния будем распределять от 1 до 5, где 1 – низкое влияние, а 5 – высокое влияние.

Таблица 13 – Качественная оценка факторов влияния на внутреннюю среду

Фактор	Вектор воздействия	Пояснения
Продукт находится на ранней стадии разработки	-	Продукт не готов к выходу на рынок в ближайшее время
Не было продвижения продукта	-	Клиенты не ознакомлены с продуктом
Нет большей части производственной команды	-	Необходимо провести набор в команду
Ежемесячная модель монетизации	+	Ежемесячная модель монетизации позволит получать уровень прибыли в зависимости от количества пользователей, а не количества загрузок
У продукта нет продаж	-	Тяжело провести анализ реальной заинтересованности продуктом

Таблица 14 – Количественная оценка факторов влияния на внутреннюю среду

Факторы	Вес фактора в общую сумму факторов	Оценка степени влияния фактора	Взвешенная оценка
Сильные стороны			
Ежемесячная модель монетизации	1	4	4,0
Итого сильные стороны	1	-	4,0
Слабые стороны			
Продукт находится на ранней стадии разработки	0,2	5	1

Продолжение таблицы 14

Не было продвижения	0,3	3	0,9
Нет большей части производственной команды	0,2	4	0,8
У продукта нет продаж	0,3	3	0,9
Итого слабые стороны	1	-	3,6

Благодаря проведенному анализу мы выявили сильные и слабые стороны проекта, результат анализа представим в таблице 15.

Таблица 15 – Итоговый анализ внутренней среды

Сильные стороны	Слабые стороны
Ежемесячная модель монетизации	Продукт находится на ранней стадии разработки
-	Не было продвижения
-	Нет большей части производственной команды
-	У продукта нет продаж

5.1.3 SWOT-анализ

Благодаря проведенным анализам внешней и внутренней среды можем составить SWOT-матрицу (от англ. strengths, weakness, opportunities, threats, сильные стороны, слабые стороны, возможности и угрозы), представим ее в таблице 16. Также значениям таблицы были присвоены индексы для оптимизации работы над следующими таблицами

Таблица 16 – SWOT-матрица

Сильные стороны (S)		Слабые стороны (W)	
Ежемесячная модель монетизации (S1)		Продукт находится на ранней стадии разработки (W1)	
-		Нет большей части производственной команды (W2)	
-		Не было продвижение (W3)	
-		У продукта нет продаж (W4)	
Возможности (O)		Угрозы (T)	
Обширный ассортимент поставщиков ПО (O1)		Присутствие сильных субститутов (T1)	
Отсутствие конкурентов (O2)		Ограничения зарубежных магазинов приложений (T2)	
Субституты дороже и менее универсальны (O3)		Введение государством обязательной сертификации на СМДШ (T3)	
Средний порог входа в отрасль (O4)		-	
Наличие спроса на подобную систему (O5)		-	

Далее оценим взаимное влияние факторов, оценивать будем по следующим правилам: результат представлен в таблице 17. оценку также будем распределять от 1 до 5, где 1 – низкое влияние, а 5 – высокое влияние.

Таблица 17 – Оценка взаимного влияния факторов

Характеристики стратегических позиций		Возможности					Угрозы			ИТОГО
		O1	O2	O3	O4	O5	T1	T2	T3	
Сильные стороны	S1	1	4	3	1	5	4	2	1	21
	W1	2	1	2	4	2	2	4	3	20
Слабые стороны	W2	4	1	2	3	2	2	3	2	19
	W3	2	4	3	2	5	3	4	3	26
	W4	3	4	4	2	5	5	3	3	29
ИТОГО		12	10	11	11	14	12	14	11	-

По полученной таблице можно сформировать проблемные поля. Для формирования полей были определены: использования сильных сторон для получения отдачи от возможностей во внешней среде; использование сильных сторон для устранения угроз; использование возможностей для преодоления слабостей; устранение слабостей для попытки нивелировать возможные угрозы. Представим их в таблице 18.

Таблица 18 – Формирование проблемных полей

Характеристики стратегических позиций		Возможности					Угрозы		
		O1	O2	O3	O4	O5	T1	T2	T3
Сильные стороны	S1	Открытие компании (14)					Повысить качество продукта (16)	Ускорить реализацию продукта (25)	
Слабые стороны	W1	Увеличение команды проекта (23)							
	W2								
	W3	Старт маркетинговой стратегии (34)							
	W4								

В результате проведенной работы мы можем составить рейтинг решений для нашего продукта, результат предоставим в таблице 19.

Таблица 19 – Рейтинг решений

Ранг	Наименование	Сумма
1	Старт маркетинговой стратегии	34
2	Ускорение реализации продукта	25
3	Увеличение команды проекта	23
4	Повышение качества продукта	16
5	Открытие компании	14

5.2 Общая информация о проекте

Разрабатываемая СМДШ – стартап-проект по реализации системы мониторинга давления в шинах для легковых автомобилей. ПО предполагается предоставлять по ежемесячной подписке.

Планируется создание компании и регистрация индивидуального предпринимателя для дальнейшего ведения дел, подойдет упрощенная система налогообложения с вариантом расчета «Доход» – ставка налога в таком случае составит всего 6%. В случае низкой окупаемости продукта возможна смена налогового режима на «Доход минус расход» – ставка налога 15%, если компания в убытке – минимальный налог – 1% от валовой выручки.

На текущий момент в команде проекта присутствует Чекрыгин Павел Александрович, в команде выполняющий задачи инженера и программиста, руководитель проекта.

Во время обучения на конкурсе «Стартап как диплом» был произведен расчет потребности в финансировании – потребность составляет 1 770 тыс. рублей. Рассматриваются различные источники финансирования, среди них – личные сбережения, участие в различных стартап-мероприятиях в процессе работы над проектом.

Главной задачей приложения является повышение безопасности и экономичности при использовании легковых автомобилей. Приложение должно обеспечить удобство пользователя, получающего при низких затратах продукт на основе использования автомобильного сканера.

На данный момент результатом работы является прототип, поддерживающий определенный тип подключения к автомобилю и обладающий достаточной чувствительностью для обнаружения серьезных, но не критичных падений давления.

Горизонт расчета проекта – 18 месяцев.

Показатели эффективности:

1. Чистый приведенный доход – 342 тыс. руб.
2. Индекс доходности – 1,19.

3. Срок окупаемости проекта – 16 месяцев.

Чистый проведенный доход рассчитывался по формуле 5:

$$\text{ЧПД} = \text{ЧДП} - \text{ИК}, \quad (5)$$

где ЧПД – сумма чистого приведенного дохода;

ЧДП – сумма чистого денежного потока;

ИК – сумма инвестируемого капитала.

Индекс доходности рассчитывался по формуле 6:

$$\text{ИД} = \frac{\text{ЧДД}}{\text{ВК}}, \quad (6)$$

где ЧДД – сумма чистого дисконтированного дохода;

ИД – индекс доходности инвестиций;

ИК – сумма инвестируемого капитала.

Перспективы проекта – дальнейшая масштабируемость за счет маркетинговой компании и увеличения количества поддерживаемых профилей автомобилей, повышение точности системы благодаря проведению исследовательских испытаний. В дальнейшем возможно внедрение системы в коммерческие организации, использующие легковые автомобили.

5.3 Маркетинговое исследование

В рамках конкурса «Стартап как диплом» был разработан и проведен опрос на небольшую аудиторию потенциальных пользователей. Рецензирование проводилось в основном среди молодежной среды, этот факт мог оказать некоторое влияние на результат опроса. Диаграммы ответов представлены в приложении Б.

Наиболее важные результаты опроса клиентов:

- подавляющее число рецензентов владеет легковым автомобилем;
- 42,9% опрошенных имеют на своем автомобиле ABS без установленной СМДШ;
- среди опрошенных присутствует заинтересованность к СМДШ;
- больше половины опрошенных хотело бы рекламную монетизацию, а не подписку.

Разумеется, не все желания рецензентов совпадают с планом разработки, тем не менее, следует и в дальнейшем производить опросы для повышения осведомленности тенденциями рынка.

5.4 Вывод по пятому разделу

Был проведен подробный анализ микро и макро среды проекта, выполнен SWOT-анализ, составлены мероприятия для определения дальнейшего плана разработки, приведена общая информация проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе анализа предметной области были рассмотрены существующие технологии СМДШ и их принципы работы, определено основное направление разработки.

В разделе разработки алгоритма определения спущенного колеса были описаны принципы действия алгоритмов сравнения и расчета для дальнейшей работы с ними.

Было спроектировано и разработано мобильное приложение, осуществляющее подключение к определенному автомобилю и позволяющее проводить мониторинг давления в колесах через автомобильный сканер.

Приложение было протестировано, выявлены замечания для последующей разработки приложения, все требования, указанные во время проектирования, были выполнены. Приложение выполняет основную функцию мониторинга давления, что и являлось главной целью выпускной квалификационной работы.

В ходе стартап-проекта был проведен обширный стратегический анализ продукта, выявлены приоритетные направления для повышения успеха при выходе на рынок, предоставлена общая информация о проекте.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2022 год. 2023 : Статистический сборник : ФКУ «МЦ БДД МВД России», 2023. - 150 с.
2. Eckert J., Santiciolli F., Santos Costa E., Merege M., Dedini F. INFLUENCE OF THE TIRES PRESSURE IN THE VEHICLE FUEL // VIII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA. - 2014. - С. 11 с.
3. United States. Code of Federal Regulations. National Highway Traffic Safety Administration Regulations. - Federal Motor Vehicle Safety Standard 138, 2007.
4. Про системы контроля давления в шинах на LADA / [Электронный ресурс] // Лада.Онлайн URL: <https://лада.онлайн/reviews-tests/lada-vesta-reviews-tests/3006-kogda-na-lada-poyavyatsya-sistemy-kontrolya-davleniya-v-shinah.html> (дата обращения: 17.12.2023).
5. ГОСТ 59858—2021. Автотранспортные средства. Электронные системы мониторинга давления в шинах [Текст]. – Москва : Российский институт стандартизации, 2021. – 20 с.
6. Система контроля давления в шинах (СКДШ) / [Электронный ресурс] // Forvia Hella URL: <https://www.hella.com/techworld/ru/Техническая-информация/Автомобильная-электрика-и-электроника/Система-контроля-давления-в-шинах-СКДШ-3370/#> (дата обращения: 17.12.2023).
7. ГОСТ 18000—7—2012. Информационные технологии. Идентификация радиочастотная для управления предметами [Текст]. – Москва : Стандартиформ, 2024. – 80 с.

8. Радиовещательные диапазоны / [Электронный ресурс] // Радиовещательные технологии : [сайт]. — URL:

<https://www.radiostation.ru/know/range.html> (дата обращения: 16.01.2024).

9. Smartphone: Why Do Modern Phones No Longer Have FM Radio? / [Электронный ресурс] // Gud Tech Tricks : [сайт]. — URL:

<https://www.gudtechtricks.com/smartphone-why-do-modern-phones-no-longer-have-fm-radio/> / (дата обращения: 16.01.2024).

10. Калачев А.В., Лапин М.В., Пелихов М.Е. Основы работы с технологией Bluetooth Low Energy : учебное пособие / Калачев А.В., Лапин М.В., Пелихов М.Е. [Электронный ресурс] // ЭБС Лань : [сайт]. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/239441> (дата обращения: 22.01.2024).

11. Автомобильная система контроля давления в шинах TPMS Bluetooth 5.0 / [Электронный ресурс] // AliExpress : [сайт]. — URL:

https://aliexpress.ru/item/1005006115445078.html?sku_id=12000035819806616&spm=a2g2w.productlist.search_results.2.4c1d7587D8TyTM (дата обращения: 22.01.2024).

12. Нормы давления в шинах автомобиля зимой и летом / [Электронный ресурс] // АвтоТоп : [сайт]. — URL: <https://autotopik.ru/shiny/932-davlenie-v-shinah.html>

<https://autotopik.ru/shiny/932-davlenie-v-shinah.html#a3> (дата обращения: 25.01.2024).

13. Колбасов, А. Ф. Давление газов в автомобильных шинах и климатические факторы / А. Ф. Колбасов // Известия Сочинского государственного университета. — 2012. — № 1(19). — С. 227-234. — EDN OWJYZF.

14. Смирнов, А. О. Влияние давления газа в шинах на эксплуатацию ТС. Причины изменения давления газа в шинах / А. О. Смирнов, А. Ф. Колбасов, В.

П. Монахов // Известия МГТУ МАМИ. – 2015. – Т. 1, № 3(25). – С. 108-115. – EDN UXKHDL.

15. Факторы, влияющие на изменение давления в шинах автомобиля, и современные системы его контроля / П. А. Красавин, Г. В. Фисичев, А. О. Смирнов, Н. О. Касимов // Журнал автомобильных инженеров. – 2015. – № 3(92). – С. 16-21. – EDN UDDLRP.

16. ГОСТ Р ИСО 13374-1—2011. Контроль состояния и диагностика машин. Обработка, передача и представление данных [Текст]. – Москва : Стандартиформ, 2018. – 20 с.

17. Кто популярнее в мире? iOS или Android? / [Электронный ресурс] // Канобу : [сайт]. — URL: https://kanobu.ru/news/kto-populyarnee-vmire-ios-ili-android-novaya-detalnaya-infografika-otvechaet-naetot-izvechnyj-vopro-417479/?utm_source=vk.com&utm_medium=social&utm_campaign=v-rossii-73-naseleniya-predpochitaet-andr&utm_content=32830067 (дата обращения: 18.05.2024).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЛИСТИНГИ ПРОГРАММНОГО КОДА

Листинг 1 – Функция определения текущих скоростей колес

```
fun processWheelSpeeds(
    wheelSpeeds: List<Double>,
    steeringAngle: Double,
    threshold: Double
): List<Double>? {
    // Проверка угла поворота руля
    if (steeringAngle > 30) {
        return null
    }
    if (previousSpeeds == null) {
        previousSpeeds = wheelSpeeds
        return wheelSpeeds
    }
    // Исключение значений, которые сильно отличаются от
    предыдущих
    val filteredSpeeds = wheelSpeeds.mapIndexed { index,
    currentSpeed ->
        val previousSpeed = previousSpeeds!![index]
        if (Math.abs(currentSpeed - previousSpeed) >
    threshold) {
            // Если текущее значение сильно отличается от
    предыдущего, сохраняем предыдущее значение
            previousSpeed
        } else {
            // Иначе сохраняем текущее значение
            currentSpeed
        }
    }

    // Обновление предыдущих значений
    previousSpeeds = filteredSpeeds

    return filteredSpeeds
}
```

Листинг 2 – Реализация функции алгоритма сравнения

```
fun calculateComparisons(wheelSpeeds: List<Double>):  
Pair<Double, Double> {  
    val w1 = wheelSpeeds[0]  
    val w2 = wheelSpeeds[1]  
    val w3 = wheelSpeeds[2]  
    val w4 = wheelSpeeds[3]  
    // Осевого алгоритм  
    val zo = (w1 / w2) - (w4 / w3)  
  
    // Диагональный алгоритм  
    val zd = (w2 / w4) - (w1 / w3)  
  
    return Pair(zo, zd)  
}
```

Листинг 3 – Функция расчета диаметра

```
fun calculateWheelDiameters(vehicleSpeed: Double, wheelSpeeds:  
List<Double>): List<Double> {  
  
    // Функция для расчета диаметра колеса  
    fun calculateDiameter(wheelSpeed: Double): Double {  
        return vehicleSpeed / (wheelSpeed * PI)  
    }  
  
    // Вычисление диаметров для каждого колеса  
    return wheelSpeeds.map { calculateDiameter(it) }  
}
```

Листинг 4 – Функция предупреждения

```
fun warningFunction(  
    mode: Int,  
    zd: Double,  
    zo: Double,  
    errorMargin: Double,  
    diameters: List<Double>,  
    tireDataTable: List<TireData>  
) : Any {  
  
    fun checkZdZo(zd: Double, zo: Double, errorMargin:  
Double): Any {  
        if (Math.abs(zd) > errorMargin || Math.abs(zo) >  
errorMargin) {  
            return true  
        }  
    }  
}
```


Продолжение листинга 4

```
    }
    return when {
        zd > 0 && zo < 0 -> 1
        zd < 0 && zo > 0 -> 2
        zd > 0 && zo > 0 -> 3
        zd < 0 && zo < 0 -> 4
        else -> false
    }
}

fun checkPressure(diameters: List<Double>, tireDataTable:
List<TireData>): Any {
    val pressures = mutableListOf<Double>()

    for (i in diameters.indices) {
        for (j in i + 1 until diameters.size) {
            val diameterPair = Pair(diameters[i], diameters[j])

            val matchingData = tireDataTable.find {
                it.diameterPair == diameterPair }
            if (matchingData != null) {
                pressures.add(matchingData.pressure)
                if (matchingData.pressure < 1.8) {
                    return true
                }
            }
        }
    }
    return pressures
}

return when (mode) {
    1 -> checkZdZo(zd, zo, errorMargin)
    2 -> checkPressure(diameters, tireDataTable)
    3 -> {
        val zdZoResult = checkZdZo(zd, zo, errorMargin)
        val pressureResult = checkPressure(diameters,
tireDataTable)

        if (zdZoResult is Boolean && zdZoResult) {
            true
        } else if (pressureResult is Boolean &&
pressureResult) {
            true
        }
    }
}
```

Продолжение листинга 4

```
        } else {
            mapOf("zdZoResult" to zdZoResult, "pressureResult"
to pressureResult)
        }
    }
}
```

Листинг 5 – Функция подачи сигнала

```
private var pressureCount = 0
private var truthCount = 0

fun monitorConditions(
    result: Any,
    diameters: List<Double>,
    tireDataTable: List<TireData>
) {
    val lowPressureThreshold = 1.0
    val lowPressureDuration = 5
    val truthDuration = 30

    // Обработка результата функции warningFunction
    val isTrueCondition = when (result) {
        is Boolean -> result
        is Map<*, *> -> {
            val pressureResult = result["pressureResult"]

            if (pressureResult is List<*>) {
                val lowPressure = pressureResult.any { it
is Double && it < lowPressureThreshold }
                if (lowPressure) {
                    pressureCount++
                } else {
                    pressureCount = 0
                }
                pressureCount >= lowPressureDuration
            } else {
                false
            }
        }
        else -> false
    }

    if (isTrueCondition) {
        truthCount++
    }
}
```

Продолжение листинга 5

```
        } else {
            truthCount = 0
        }

        // Проверка условий для вызова сигнализации
        if (pressureCount >= lowPressureDuration || truthCount
>= truthDuration) {
            triggerAlarm()
            pressureCount = 0
            truthCount = 0
        }
    }
}
```

Листинг 6 – Компоненты для работы с Bluetooth

```
import android.bluetooth.BluetoothAdapter
import android.bluetooth.BluetoothDevice
import android.bluetooth.BluetoothSocket
```

Листинг 7 – Подключение адаптера через Bluetooth

```
private val bluetoothAdapter: BluetoothAdapter? =
BluetoothAdapter.getDefaultAdapter()
private val REQUEST_ENABLE_BT = 1
private val ELM327_UUID: UUID = UUID.fromString("00001101-
0000-1000-8000-00805F9B34FB")
private var bluetoothSocket: BluetoothSocket? = null
private var inputStream: InputStream? = null
private var outputStream: OutputStream? = null

override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {
    super.onCreate(savedInstanceState)
    setContentView(R.layout.activity_main)

    if (ContextCompat.checkSelfPermission(this,
Manifest.permission.BLUETOOTH) !=
PackageManager.PERMISSION_GRANTED) {
        ActivityCompat.requestPermissions(this,
arrayOf(Manifest.permission.BLUETOOTH,
Manifest.permission.BLUETOOTH_ADMIN,
Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION), REQUEST_ENABLE_BT)
    } else {
        initBluetooth()
    }
}
```

Продолжение листинга 7

```
private fun initBluetooth() {
    if (!bluetoothAdapter.isEnabled) {
        val enableBtIntent =
Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE)
        startActivityForResult(enableBtIntent,
REQUEST_ENABLE_BT)
    } else {
        connectToElm327()
    }
}

private fun connectToElm327() {

    val pairedDevices: Set<BluetoothDevice> =
bluetoothAdapter?.bondedDevices ?: emptySet()
    var elmDevice: BluetoothDevice? = null

    for (device in pairedDevices) {
        if (device.name.contains("OBD") ||
device.name.contains("ELM327")) {
            elmDevice = device
            break
        }
    }

    if (elmDevice != null) {
        ConnectThread(elmDevice).start()
    } else {
        Log.e("Bluetooth", "ELM не обнаружен.")
    }
}

private inner class ConnectThread(device: BluetoothDevice)
: Thread() {
    private val mmDevice: BluetoothDevice = device

    override fun run() {
        bluetoothSocket =
mmDevice.createRfcommSocketToServiceRecord(ELM327_UUID)
        bluetoothAdapter?.cancelDiscovery()
        try {
            bluetoothSocket?.connect()
            inputStream = bluetoothSocket?.inputStream
            outputStream = bluetoothSocket?.outputStream
            Log.i("Bluetooth", "Соединение установлено")
        }
    }
}
```

Продолжение листинга 7

```
        } catch (e: Exception) {
            Log.e("Bluetooth", "Ошибка соединения", e)
            try {
                bluetoothSocket?.close()
            } catch (closeException: Exception) {
                Log.e("Bluetooth", "Ошибка передачи",
closeException)
            }
        }
    }
}
```

Листинг 8 – Функция обмена данными

```
private fun sendCommand(command: String) {
    if (outputStream != null) {
        try {
            outputStream?.write((command
"\r").toByteArray())
            outputStream?.flush()
        } catch (e: Exception) {
            Log.e("Bluetooth", "Ошибка команды", e)
        }
    }
}

private fun readResponse(): String {
    val buffer = ByteArray(1024)
    var bytes: Int
    val response = StringBuilder()

    if (inputStream != null) {
        try {
            bytes = inputStream!!.read(buffer)
            while (bytes > 0) {
                response.append(String(buffer, 0, bytes))
                bytes = inputStream!!.read(buffer)
            }
        } catch (e: Exception) {
            Log.e("Bluetooth", "Ошибка чтения", e)
        }
    }

    return response.toString()
}
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ОПРОС

На рисунках 1-8 представлены скриншоты из онлайн-опроса Google Forms.

У вас есть автомобиль?

14 ответов

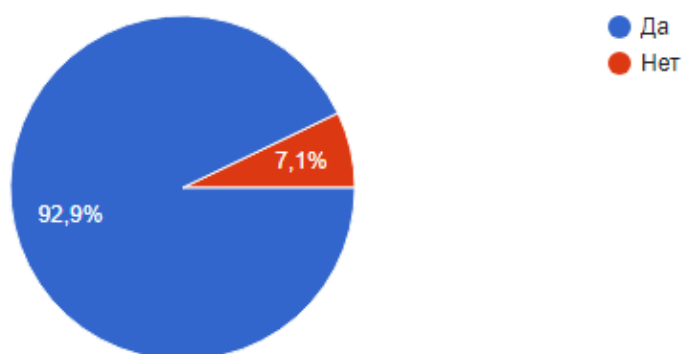


Рисунок 1 – Опрос потенциальных потребителей (часть 1)

Какое у вас ТС?

13 ответов

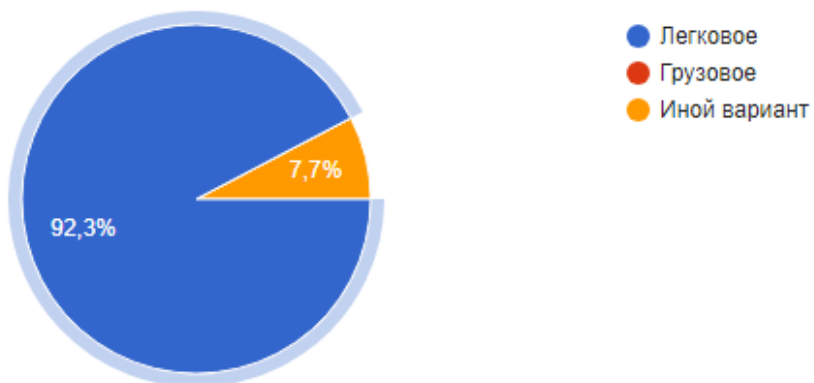


Рисунок 2 – Опрос потенциальных потребителей (часть 2)

Стаж вождения

13 ответов

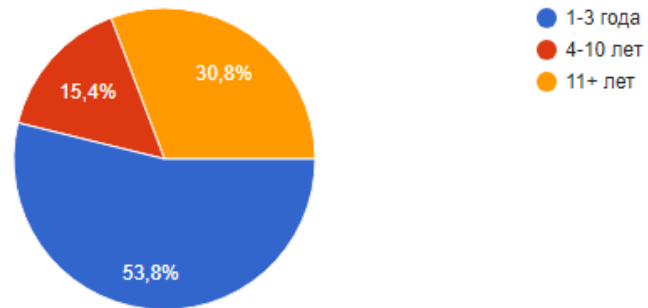


Рисунок 3 – Опрос потенциальных потребителей (часть 3)

Ваш возраст?

13 ответов

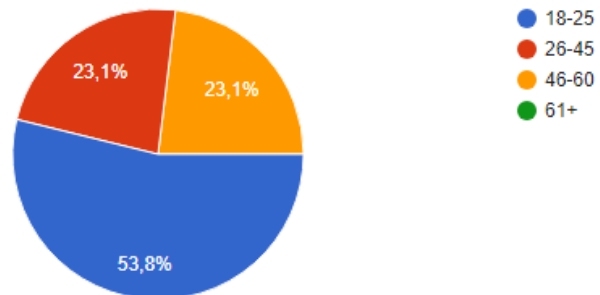


Рисунок 4 – Опрос потенциальных потребителей (часть 4)

Имеется ли на вашем автомобиле антиблокировочная система и СМДШ?

14 ответов

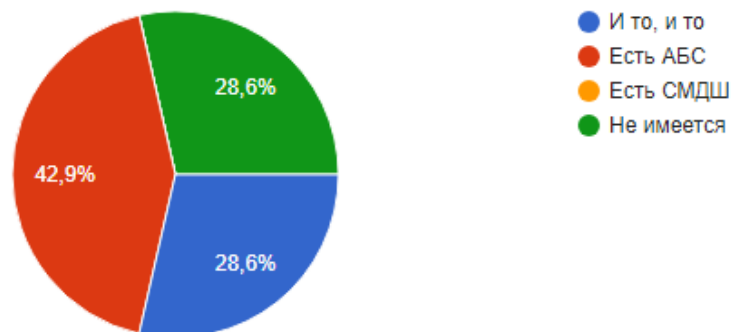


Рисунок 5 – Опрос потенциальных потребителей (часть 5)

Хотели бы вы иметь приложение для связи с сканером EML327 (стоит от 220 руб., единократная покупка) для контроля давления в шинах?

14 ответов

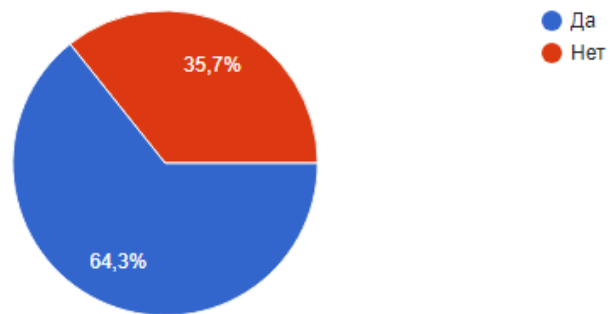


Рисунок 6 – Опрос потенциальных потребителей (часть 6)

Какая монетизация приложения была бы удобнее?

14 ответов

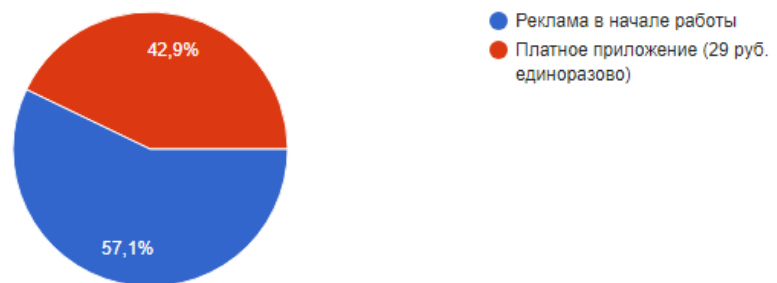


Рисунок 7 – Опрос потенциальных потребителей (часть 7)

Может ли приложение, уведомляющее о недостаточном давлении в колесе, повысить безопасность движения?

13 ответов

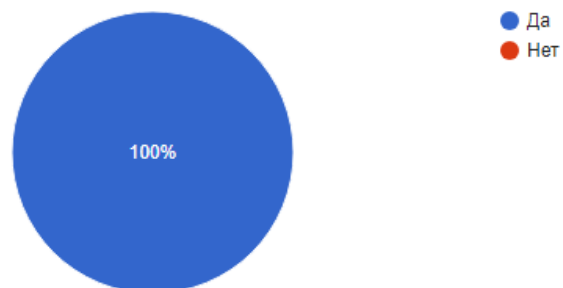


Рисунок 8 – Опрос потенциальных потребителей (часть 8)