

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники  
Кафедра инженерной психологии и эргономики

УДК 629.06 + 629.067 + 629.331

Холод  
Егор Александрович

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА АВТОТРАНСПОРТНОМ СРЕДСТВЕ

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени  
магистра техники и технологии

1-59 81 01 – Управление безопасностью производственных процессов

Магистрант Е.А. Холод

Научный руководитель  
В.В. Савченко, кандидат  
технических наук, доцент

Заведующий кафедрой ИПиЭ  
К.Д. Яшин, кандидат технических  
наук, доцент

Минск 2020

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается увеличение количества эксплуатируемых транспортных средств на дорогах общего пользования. В свою очередь это приводит к загруженности транспортных потоков, росту числа дорожно-транспортных происшествий и возникновению других неблагоприятных дорожных ситуаций. По этой причине одной из важнейших задач машиностроительной отрасли является проведение исследований и разработок в направлении повышения уровня безопасности транспортных средств и, в свою очередь безопасности дорожного движения в целом. Развёртывание систем экстренного реагирования, применение систем активной безопасности, а также систем-ассистентов водителя ADAS является одним из путей достижения этой цели. Существенной проблемой является точное и корректное определение момента аварии, в том числе оценка состояния водителя и пассажиров.

Актуальность обусловлена необходимостью создания экспериментального образца информационно-аналитической системы определения аварийной ситуации на автотранспортном средстве с наличием функциональной возможности взаимодействия с другими бортовыми системами (системами активной безопасности, системами ADAS и др.) с целью повышения уровня безопасности всех участников дорожного движения.

Цель магистерской диссертации: Разработать компоненты для экспериментального образца информационно-аналитической системы определения аварийной ситуации на автотранспортном средстве.

Задачи:

1 Провести обзор существующих решений в области информационно-аналитических систем определения аварийной ситуации на автотранспортном средстве.

2 Разработать компоненты для экспериментального образца информационно-аналитической системы определения аварийной ситуации на автотранспортном средстве.

3 Участие в проведении предварительных испытаний экспериментального образца информационно-аналитической системы определения аварийной ситуации на автотранспортном средстве.

4 Участие в анализе результатов испытаний и оценке работоспособности экспериментального образца информационно-аналитической системы определения аварийной ситуации на автотранспортном средстве.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель работы: разработка компонентов для экспериментального образца информационно-аналитической системы определения аварийной ситуации на автотранспортном средстве.

Объект: информационно-аналитическая система.

Предмет: система определения аварийной ситуации на автотранспортном средстве.

Тематика магистерской диссертации соответствует приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь (Системы и комплексы машин) и приоритетным направлениям научно-технической деятельности в Республике Беларусь (Промышленные и строительные технологии и производство: производство автомобильной, карьерной, железнодорожной, дорожной, специальной техники и дизельных двигателей для нее; робототехника, интеллектуальные системы управления; транспортные технологии, технологии транспортной безопасности, транспортно-логистические системы и инфраструктура).

Личный вклад магистранта: проведён обзор научно-технической литературы по теме магистерской диссертации; при моем участии разработан комплект конструкторской документации для компонентов (модулей) экспериментального образца системы (модуль связи, базовый модуль, модуль расширения), представленных на рисунке 2; участие в проведении предварительных испытаний экспериментального образца системы на определение момента аварий. Разработана (в соавторстве) упрощённая методика определения индекса возможного ущерба при ДТП с заниженными критериями срабатывания системы. Разработан частный алгоритм решения навигационной задачи интегрированной навигационной системой, основанной на спутниковом и инерциальном датчиках. Разработка экспериментального образца информационно-аналитической системы и проведение предварительных испытаний выполнялись в отделе «Систем активной безопасности и управления», совместно с коллегами по отделу и соисполнителями по проекту (ООО «НТЛаб-системы» и ОАО «Экран»), и с использованием технической базы Научно-инжинирингово центра «Бортовые системы управления мобильных машин» ГНУ «Объединенного института машиностроения» НАН Беларуси. Отдел «Систем активной безопасности и управления», завершает выполнение проекта АЭ 2.8 «Разработка информационно-аналитической системы определения местоположения автотранспортного средства и информирования об аварийной ситуации» в рамках программы Союзного государства «Автоэлектроника» (2016-2020 годы).

По теме исследования были опубликованы статьи в сборнике научных трудов «Актуальные вопросы машиноведения» выпуски 2017, и 2019 года (сборники включены ВАК РБ в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований). Опубликован тезисы доклада на 55-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники в 2019 году. Также по теме магистерской диссертации была опубликована статья в сборнике материалов IV Международной заочной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса» 2018 года.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Для определения местоположения транспортного средства (ТС) бортовая информационно-аналитическая система (БИАС) осуществляют приём и обработку с одинаковым приоритетом радиосигналов навигационных космических аппаратов (НКА) следующих систем: ГЛОНАСС в диапазонах частот L1, L2; GPS в диапазонах частот L1, L2; GALILEO в диапазонах частот – E1B, E1C, E5a, E5b; BEIDOU в диапазоне B1 – C.

К аварийным ситуациям на ТС можно отнести следующие события, несущие угрозу здоровью и жизни водителя и пассажиров, а также других участников дорожного движения:

1 Событие столкновения ТС в процессе движения с препятствием или другим ТС, приводящее к появлению недопустимых (травмирующих) для организма человека ускорений и сил.

2 Событие нарушения ориентации кабины (салона) ТС относительно поверхности земли (опрокидывание), приводящее к травмированию водителя (пассажиров) в результате перемещения тела под воздействием силы тяжести.

3 Событие возгорания в моторном отсеке или кабине (салоне) ТС, сопровождающееся повышением температуры и выделением токсичных продуктов горения.

4 Событие превышения в атмосфере кабины (салона) ТС предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, таких как окись углерода CO, не сопровождающееся непосредственным процессом горения и приводящее к снижению работоспособности или представляющее прямую угрозу жизни водителя или пассажиров.

5 Событие заполнения кабины (салона) ТС жидкостью (затопление), препятствующее нормальному дыханию или создающее неприемлемый для организма человека температурный режим.

6 Событие блокирования ТС сыпучими материалами, такими как грунт, каменная крошка или снег, создающими препятствия для покидания кабины (салона) водителем или пассажирами.

7 Событие снижения активности водителя в процессе управления ТС в результате травмы, болезни или глубокой релаксации (засыпания).

Система определения местоположения транспортного средства и информирования об аварийной ситуации представляет собой систему автоматического оповещения служб экстренного реагирования при авариях и других чрезвычайных ситуациях на борту ТС, которая позволит снизить уровень смертности и травматизма на дорогах.

Структура системы включает в себя следующие элементы: глобальную навигационную спутниковую систему (ГНСС); сеть наземных базовых станций; сеть мобильных операторов; бортовое устройство экстренного вызова; оператор центра обработки вызовов (ЦОВ); экстренные службы.

Принцип работы системы экстренного реагирования при ДТП показан на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Система экстренного реагирования при ДТП**

При аварии бортовое устройство экстренного вызова активируется (автоматически или вручную) и передает информацию об ТС и произошедшей аварии – минимальный набор данных (МНД) диспетчеру/оператору центра обслуживания звонков (ЦОВ), используя технологии сотовой связи. Диспетчер получает возможность разговаривать с водителем и, получив подтверждение, организует выезд служб экстренного реагирования.

В настоящее время распространены такие системы как: eCALL, 911 Assist, OnStar, mbrace Secure, BMW Assist, ЭРА-ГЛОНАСС, ЭРА-РБ, «ЭВАК».

На территории Российской Федерации развёрнута система ЭРА-ГЛОНАСС – государственная система экстренного реагирования при авариях, совместимая с аналогичной общеевропейской системой eCall. Для передачи информации о ДТП и ТС система использует сети сотовой связи 2G или 3G, и систему спутникового позиционирования. Используется автоматический роуминг, оптимизируются соединения и отдаются приоритеты запросам в экстренных ситуациях. Органы управления системой устанавливаются на верхнюю панель перед ветровым стеклом в салоне ТС. Оборудование системы «ЭРА ГЛОНАСС» состоит из модуля ГНСС и модуля сотовой связи, блока

интерфейса пользователя (БИП) с кнопкой экстренного вызова, дополнительного акселерометрического датчика удара, микрофона и собственного динамика. Событие ДТП определяется либо автоматически, по показаниям датчиков, либо вручную, при нажатии клавиши «SOS» водителем либо пассажирами. Система автоматически совершает тональный вызов по единому номеру 112. Вызов направляется в ближайший ЦОВ по имеющимся сетям мобильной связи общего пользования. Использование протоколов связи 2G и 3G обосновано широкой зоной покрытия этих сетей. После установления соединения между ТС и ЦОВ система передает стандартизированный МНД. МНД содержит следующую передаваемую информацию:

- 1 Идентификатор сообщения – версия формата МНД.
- 2 Активация вызова – вручную или автоматически.
- 3 Тип вызова – реальный или тестовый.
- 4 Тип ТС – легковой или грузовой автомобиль, автопоезд, автобус и др.
- 5 Идентификатор ТС – VIN-код.
- 6 Тип топлива – бензин, дизельное, газ и др.
- 7 Отметка времени – время ДТП.
- 8 Местонахождение ТС – широта и долгота места ДТП.
- 9 Достоверность местоположения – бит «Низкая достоверность местоположения» устанавливается, если вероятность местоопределения с точностью  $\pm 150$  м меньше 95 %.
- 10 Направление – направление движения ТС перед ДТП.
- 11 Предыдущее местоположение ТС – дополнительная информация: две последние точки, координаты которых снимались приемником ГНСС непосредственно перед ДТП.
- 12 Количество пассажиров – дополнительная информация от датчиков ремней безопасности или датчиков в сиденьях.
- 13 Дополнительные данные – дополнительная информация. В некоторых случаях в МНД передаются дополнительные данные.

Координаты места ДТП в МНД указываются с помощью ГНСС. ЭРА-ГЛОНАСС использует те же принципы и протоколы, что и eCall, но располагает более широким функционалом. Например, система использует режим обратного звонка и может осуществлять отправку SMS-сообщений в качестве резервного канала передачи МНД. Поскольку отправка SMS-сообщений требует минимальных возможностей сети, это значительно повышает вероятность приема МНД. Передачу SMS-сообщения может запросить ЦОВ, если голосовое соединение было установлено успешно, но первое сообщение с МНД не было принято. В свою очередь система может передать SMS-сообщение, если ему не удалось установить голосовое соединение. Перечень стандартов для применения технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных

транспортных средств» (ТР ТС-018-2011) включает в себя национальные стандарты по системе экстренного реагирования при авариях «ЭРА-ГЛОНАСС». В странах-участниках таможенного союза (Республика Беларусь и Республика Казахстан) были разработаны системы экстренного реагирования при аварии на основе требований Национальных стандартов Российской Федерации: ЭРА-РБ в Республике Беларусь; ЭВАК в Республике Казахстан.

ЭРА-РБ – государственная система экстренного реагирования на чрезвычайные ситуации или аварии на дорогах Республики Беларусь. 1 января 2019 года в Республики Беларусь вступили в силу требования технического регламента таможенного союза «о безопасности колесных транспортных средств» (тр ТС 018/2011) в части оснащения выпускаемых в обращение колесных ТС устройством вызова экстренных оперативных служб. В настоящее время определен оператор, и запущена стадия развертывания наземного сегмента национальной системы реагирования и ее запуск в опытную эксплуатацию, связь будет осуществляться с экстренными оперативными службами «112». Унификация технических требований и стандартов позволит создать единое глобальное пространство безопасности дорожного движения и обеспечить совместимость систем экстренного реагирования e-Call, ЭРА-ГЛОНАСС, ЭВАК и ЭРА-РБ.

**Системы активной безопасности и системы-ассистенты водителя ADAS.** Основным функциональным назначением систем активной безопасности автомобиля является предотвращение аварийной ситуации. На начальной стадии возникновения критической ситуации система автоматически просчитывает «тренд», неизбежно ведущий к возникновению нештатных ситуаций, при необходимости и возможности превентивно предотвращает его путем активного вмешательства в процесс управления автомобилем. Работая в автоматическом режиме, системы активной безопасности позволяют водителю в различных критических ситуациях сохранять контроль над автомобилем, прежде всего, курсовую устойчивость (сохранять движение по заданной траектории, противодействуя силам, вызывающим занос и опрокидывание) и управляемость автомобиля (способность автомобиля двигаться в заданном водителем направлении). Для реализации указанных функций они конструктивно (кинематически) связаны и взаимодействуют с тормозной системой автомобиля, повышая ее эффективность. Ряд систем активной безопасности взаимодействует с системой управления двигателем и регулируют величину крутящего момента. Наиболее востребованными системами активной безопасности являются.

В последнее время активно разрабатываются и применяются «продвинутые» системы помощи водителю (Advanced Driver Assistance System – ADAS), системы-ассистенты водителя, вспомогательные системы активной



безопасности. В ADAS информирование водителя может осуществляться тремя способами оповещения: визуальным, звуковым и тактильным.

Системы, предназначены для помощи водителю при прогнозировании возникновения возможных сложностей у водителя при управлении ТС, автоматически осуществляют активное вмешательство в управление ТС, используя при этом алгоритмы управления двигателем, тормозную систему и рулевое управление. В соответствии с функциональным назначением ADAS делятся на три большие группы: информационные системы, предоставляющие водителю результаты автоматического мониторинга параметров движения и ситуационной обстановки, для принятия решений при управлении ТС; системы предупреждения, предписывающие коррекцию алгоритмов деятельности по управлению ТС в реальном масштабе времени; активные системы, работающие в автоматическом режиме, с функциональным назначением превентивной коррекции параметров движения при определении трендов отклонений от штатного режима с учетом ситуационной обстановки. Некоторые примеры систем ADAS, применяемых на современных ТС.

Исследования, проводимые Национальной автомобильной ассоциацией США совместно с администрацией по специальным программам и исследованиям, проводимыми Volvo Центром Национальной Транспортной Системы США между 2001 и 2018 годами, позволили определить, что физиологическое состояние водителя составляет 14% всех дорожно-транспортных происшествий. В настоящее время ряд крупных автопроизводителей проводит исследования и разработки в области систем мониторинга функционального состояния водителя.

Анализ информации, поступающий от вышеперечисленных систем, позволит своевременно спрогнозировать неблагоприятную дорожную ситуацию, определить момент ДТП и/или уменьшить его последствия. Появилась необходимость в создании бортовой информационно-аналитической системы с наличием функциональной возможности взаимодействия с другими бортовыми системами.

Экспериментальный образец БИАС предназначен для применения на колёсных ТС категорий М (пассажирские транспортные средства) и N (грузовые автомобили).

Основными компонентами БИАС являются:

1 Навигационный приемник и антенна GPS/ГЛОНАСС и других действующих ГНСС, предназначенные для приёма данных позиционирования.

2 Коммуникационный модуль (модем) и антенна GSM и UMTS, предназначенные для приема и передачи данных по каналам мобильной связи.

3 Микрофон, динамик громкой связи, тональный аудио модем, предназначенные для обеспечения функций громкой связи. Возможны

различные варианты конструктивного объединения вышеуказанных компонентов, которые зависят от способа (конфигурации) установки системы/устройства вызова экстренных оперативных служб на транспортное средство (в виде дополнительного оборудования или штатной системы/устройства) и в основном определяются требованиями, предъявляемыми к ним изготовителем ТС.

4 Встроенная не снимаемая универсальная многопрофильная SIM/e UICC микросхема.

5 Датчик автоматической идентификации ДТП.

6 Датчики, предназначенные для записи профиля ускорения при ДТП и оценки тяжести ДТП.

7 Выносной терминал (Блок интерфейса пользователя), содержащий кнопки «Экстренный вызов» и «Дополнительные функции».

8 Индикатор состояния системы.

9 Внутренняя энергонезависимая память и оперативная память.

10 Управляющий микроконтроллер.

11 Интерфейсный модуль, который предусматривает наличие CAN, USB, RS232, RS485, нескольких дискретных и аналоговых входов и выходов ГОСТ Р 54620, предоставляющих доступ к диагностическим данным, считывания и очистки содержимого внутренней энергонезависимой памяти устройства и т.д.

12 Модуль ближней радиосвязи с соответствующими антеннами, предназначенный для реализации дополнительных сервисных возможностей с поддержкой интерфейсов Wi-Fi, BLUETOOTH SMART, ZigBee и др.

13 Резервный источник питания для обеспечения голосовой связи в отсутствие внешнего питания при оказании экстренной помощи.

Основными функциями БИАС являются:

1 Определение местоположения ТС. Система осуществляет приём навигационных данных от следующих ГНСС: ГЛОНАСС в диапазонах частот L1, L2; GPS в диапазонах частот L1, L2; GALILEO в диапазонах частот E1B, E1C, E5a, E5b; BEIDOU в диапазоне B1-C.

2 Коммуникация с оператором системы используя протоколы GSM и UMTS.

3 Автоматическое определение события аварии. Функция, позволяющая оперативно и точно определить момент наступления аварии, оценить уровень повреждений и оповестить службы экстренного реагирования для оказания первой помощи водителю и пассажирам. Для определения тяжести повреждений используются шкалы объективной оценки такие как: AIS (Abbreviated Injury Scale – сокращенная шкала повреждений), ISS (Injury Severity Score – шкала тяжести повреждений), NISS (New Injury Severity Score – новая шкала тяжести повреждений), HIC (Head Injury Criterion – критерий травмы головы), ASI

(Acceleration Severity Index – индекс степени опасности ускорения) и др. БИАС использует алгоритм, основанный на индексе ASI, который вычисляется на временном отрезке 150 мс, ввиду этого применяется обозначение ASI<sub>15</sub>. В качестве датчика определения момента аварии применяются трёхосевые МЕМС-акселерометры, устанавливаемые на ТС в соответствии с ГОСТ 33464 – 2015. Для определения тяжести аварии БИАС проводит непрерывную запись показателей ускорений (a<sub>x</sub>, a<sub>y</sub>, a<sub>z</sub>), поступающих с трехосевого датчика ускорения в каждом из трех направлений (x, y, z), жестко привязанных к системе координат ТС. Запись текущих значений ускорений (a<sub>x</sub>, a<sub>y</sub>, a<sub>z</sub>) выполняется с частотой 100 Гц. Каждая из компонент ускорений обрабатывается фильтром CFC60. Методика выбора параметров фильтра CFC60 приведена в ISO 6487:2015. Такой метод фильтрации позволяет избавиться от погрешностей акселерометрических данных, что позволяет избежать ложных срабатываний системы. Для расчета ASI<sub>15</sub> используются следующие соотношения:

$$ASI_{15} = \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} ASI(t) dt \right\} \max, \quad (1)$$

$$ASI(t) = \sqrt{\left(\frac{\bar{a}_x}{\widehat{a}_x}\right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_y}{\widehat{a}_y}\right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_z}{\widehat{a}_z}\right)^2}, \quad (2)$$

$$\bar{a}_x(t) = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} a_x dt, \quad (3)$$

$$\bar{a}_y(t) = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} a_y dt, \quad (4)$$

$$\bar{a}_z(t) = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} a_z dt, \quad (5)$$

где (t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>) – интервал записи параметров для оценки индекса возможного ущерба, принимаемый равным 15 мс;

$\widehat{a}_x, \widehat{a}_y, \widehat{a}_z$  – предельные значения для компонентов ускорения по направлениям основных осей транспортного средства;

$\bar{a}_x, \bar{a}_y, \bar{a}_z$  – компоненты ускорения рассматриваемой точки ТС в месте крепления датчика ускорения по направлениям основных осей транспортного средства, усредненные на промежутке времени  $\delta = 50$  мс;

a<sub>x</sub>, a<sub>y</sub>, a<sub>z</sub> – компоненты ускорения рассматриваемой точки ТС в месте крепления датчика ускорения по направлениям основных осей транспортного средства (продольной X, поперечной Y, вертикальной Z).

4 Информационный обмен с другими системами. Для получения сведений о состоянии ТС БИАС использует интерфейсы CAN, USB, RS232, RS485, комплект дискретных и аналоговых входов и выходов в соответствии с требованиями.

5 Формирование и передача МНД при определении ДТП. МНД представляется в абстрактной синтаксической нотации с использованием уплотнённого кодирования без выравнивания.

**Структура экспериментального образца БИАС.** Экспериментальный образец БИАС реализован по модульному принципу и состоит из следующих составные частей:

- 1 Базовый модуль.
- 2 Модуль связи.
- 3 Активная антенна мобильной связи.
- 4 Модуль расширения.
- 5 Навигационный модуль.
- 6 Активная навигационная антенна.
- 7 Выносной терминал БИП.
- 8 Внешняя акустическая система.
- 9 Аккумуляторная батарея.

Особенности структуры БИАС и ее подключение на борту ТС представлены на рисунке 2.

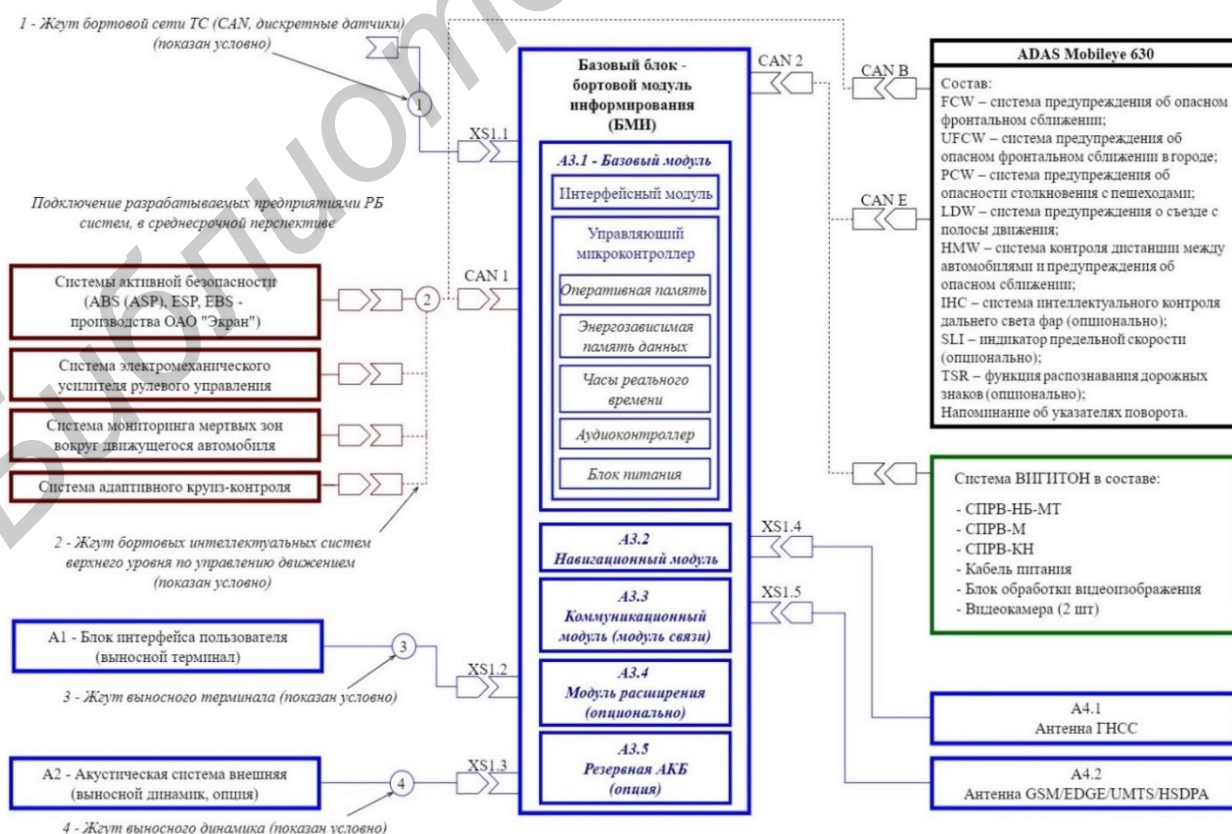


Рисунок 2 – Особенности структуры БИАС и ее подключение на борту ТС

Базовый модуль является центральным и главным модулем БИАС. Предназначен для формирования напряжения питания и защиты по питанию для других модулей системы и периферийного оборудования, также обеспечивает связь по основным интерфейсам системы.

Модуль связи обеспечивает функцию голосового вызова БИАС, а также передачу МНД и SMS-сообщений оператору системы экстренного реагирования.

Навигационный модуль предназначен для применения в составе бортовой информационно-аналитической системы определения местоположения автотранспортного средства и информирования об аварийной ситуации. Назначением навигационного модуля является определение по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем и данным инерциальных датчиков местоположения объекта, на котором будет установлена, а также определения аварийных ситуаций на основе данных от сенсоров.

Модуль расширения позволяет реализовать дополнительные аппаратные решения в системе.

Блок интерфейса пользователя. Устройство устанавливается на приборную панель ТС. Позволяет активировать функцию экстренного вызова в ручном режиме. Содержит индикаторы состояния БИАС «Вызов», «Тест» и «Сервис», клавиши «SOS» и «ЭРА», а также встроенный микрофон для осуществления голосовой коммуникации водителя или пассажиров ТС с диспетчером колл-центра систем экстренного реагирования.

В качестве навигационной антенны применяется двухчастотная активная антенна производства компании «Antcom», оптимизированная под L1/L2 Glonass и L1/L2 GPS и OmniStar. Антенна имеет полусферическую диаграмму направленности и RHCP поляризацию, поддерживает RTK метки. В качестве антенны связи применяется активная антенна со следующим частотным диапазоном: 824-960MHz, 1,8GHz, 1,9GHz. Коэффициент усиления составляет 7dB, коэффициент стоячей волны (VSWR): <1,5:1.

В качестве резервного источника питания используется никель-металлогидридный (Ni-MH) аккумулятор с напряжением под нагрузкой 4,8 В и номинальной ёмкостью 1500 мАч, без эффекта памяти.

Внешний динамик. Устройство устанавливается на приборную панель ТС.

Экспериментальный образец БИАС построен по модульному принципу и является «открытой» системой (в смысле функциональной возможности взаимодействия с другими бортовыми системами, через модуль расширения, например, системами активной безопасности, системами ассистентами-водителя ADAS и др.), и ориентирован на предотвращение дорожно-транспортных происшествий или минимизации их негативных последствий.

**Предварительные испытания БИАС.** Была разработана программа и методики проведения испытаний, а также стенд и технологическое программное обеспечение.

Таблица 1 – Объем испытаний и проверок

№ проверки	Вид испытания и проверки
1	Проверка выносного терминала БИП
2	Проверка выносного динамика и встроенного в БИП микрофона
3	Проверка модуля связи
4	Проверка интерфейсов
5	Проверка встроенной памяти
6	Проверка формирования сигналов MUTE, GARAGE, Ecall
7	Проверка включения мощных ключей (дополнительных выходов модуля расширения)
8	Проверка распознавания сигналов датчиков
9	Проверка навигационного модуля
10	Проверка соответствия комплекту конструкторской документации
11	Проверки общего алгоритма функционирования
12	Проверка работоспособности БИАС при нарушениях питающего напряжения
13	Проверка определения момента аварии в ручном режиме
14	Проверка определения момента аварии в автоматическом режиме
15	Проверка устойчивости БИАС к ложным срабатываниям
16	Проверка БИАС при работе от резервного источника питания
17	Проверка требований по стойкости к механическим воздействиям
18	Проверка требований по ЭМС
19	Проверка требований по климатике

Схема подключения экспериментального образца БИАС для проведения предварительных испытаний представлена на рисунке 3. Испытательная схема содержит необходимые источники питания, испытываемый экспериментальный образец БИАС, который представляет собой бортовой модуль информирования (БМИ) и подключенные к нему составные части БИАС – выносной динамик, выносной терминал БИП; технологический образец БИАС, интегрированный в состав стенда (который используется как преобразователь/имитатор сигналов интерфейсов RS232, CAN, RS485 и служит для трансляции сигналов и команд от USB-порта ноутбука в испытываемый экспериментальный образец БИАС, и наоборот – от него через технологический образец БИАС в ноутбук); имитатор

сигналов ГНСС (используется при испытаниях вместо антенны навигации как имитатор сигналов глобальных навигационных спутниковых систем), антенны навигации и связи (подключаются при необходимости), персональный компьютер (ноутбук), осциллограф, мобильный телефон, резервная батарея АКБ (в испытательной схеме при необходимости резервная батарея может быть заменена дополнительным источником питания).

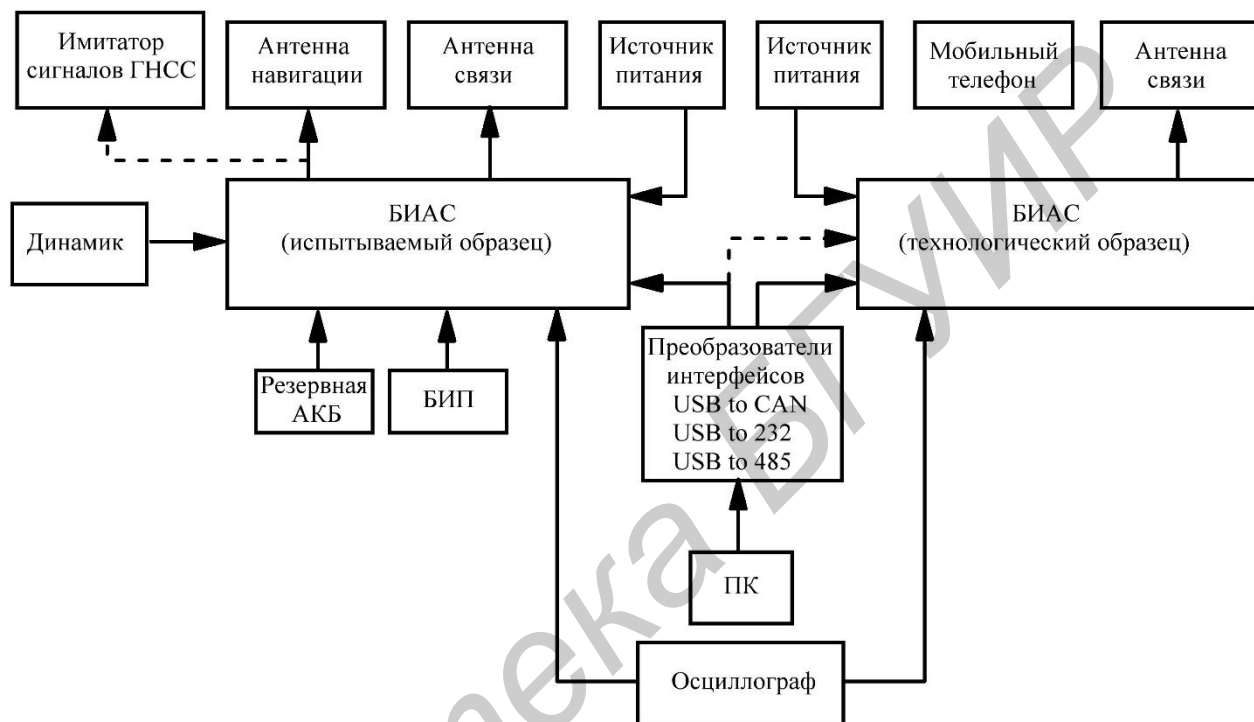


Рисунок 3 – схема испытания БИАС

**Результаты предварительных испытаний БИАС.** Экспериментальный образец БИАС испытывался поэтапно – сначала проводилась проверка функционирования составных частей и элементов БИАС, в том числе в составе всей системы, затем проводились испытания системы в целом, с функциональным задействованием всех ее составных частей. Для контроля состояния БИАС использовалась технологическая программа, которая позволила, используя интерфейс USB, визуализировать изменение параметров испытываемой БИАС непосредственно в ходе проведения проверки, индентифицировать ход и результат проверки на персональном компьютере. Предварительные испытания экспериментального образца БИАС были проведены с использованием технической базы научно-инжинирингового центра «Бортовые системы управления мобильных машин» ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси». Проверка параметров навигационного модуля проводилась на испытательной базе ООО «НТЛаб-системы» а затем в составе экспериментального образца БИАС.

Результаты, полученные в ходе проведения предварительных испытаний подтвердили работоспособность экспериментального образца БИАС в соответствии с требованиями. Система обеспечивает определение момента аварии в ручном и автоматическом режимах. Подтверждена установка голосовой связи с имитатором колл-центра системы экстренного реагирования и зафиксирована передача МНД SMS-сообщением. Получены и проанализированы акселерометрические данные с датчиков системы. Подтверждено корректное определение события аварии – значения индекса ASI<sub>15</sub>, полученные экспериментальным путём совпадают с расчётными значениями. Проверена работоспособность встроенного микрофона выносного терминала БИП, индикация, а также функционирование клавиш. Подтверждена работоспособность выносных динамиков и аудиотракта БИАС в условиях различных шумовых сценариев. Проведена проверка формирования сигналов MUTE, GARAGE, Ecall, а также проверка распознавания сигналов датчиков. Подтверждено функционирование интерфейсов БИАС (USB, CAN, RS232 и RS485).

Представленная схема подключения для проведения проверок БИАС, использующая технологический образец БИАС и специально разработанное тестовое программное обеспечение, с помощью технологической программы персонального компьютера позволяет проводить предварительную проверку и регулировку изделий в условиях производства предприятия-производителя – ОАО «Экран».

В результате проведения предварительных испытаний отмечен ряд корректировок по замеченным несоответствиям и способам их устранения, которые представлены ниже:

1 Для улучшения диаграммы звуковой направленности и итоговой чувствительности встроенного микрофона выносного терминала БИП требуется при установке выносного терминала БИП в кабине ТС соблюдать особые требования по его ориентации и креплению, а также по разнесению акустической оси встроенного микрофона выносного терминала БИП и выносного динамика. В последующем, после проведения квалификационных испытаний и получения окончательных результатов, эти требования должны быть сформулированы и отражены в эксплуатационной документации.

2 Для улучшения качества приема и передачи данных модулем связи требуется проведение корректной установки антенны и подводящего антенного кабеля в кабине ТС, с учётом диаграммы направленности. В последующем, после проведения квалификационных испытаний, рекомендации по установке антенн и антенных кабелей на ТС должны быть отражены в эксплуатационной документации.



3 Предложена упрощённая методика определения индекса возможного ущерба с заниженными критериями срабатывания системы. Параметр  $ASI_{15}$  может быть рассчитан с одинаковыми весовыми коэффициентами (пороговыми значениями). В качестве единого порогового значения для трех направлений ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) принимаем минимальные значения ускорений, указанных в равными  $9g$ ,  $9g$ ,  $9g$  соответственно. Это позволит определить событие ДТП высокой и низкой тяжести, при этом итоговое значение  $ASI_{15}$  незначительно увеличивается. При фронтальном столкновении наблюдается смещение порога определения ложных срабатываний. Однако распознать фронтальное столкновение возможно средствами навигации БИАС, фиксируя непрерывно поступающие координаты и скорость ТС, и ввести соответствующую поправку в рассчитанный по упрощенной методике индекс  $ASI_{15}$ . С учетом этого начальная калибровка акселерометрического датчика становится нецелесообразной, упрощается алгоритм обработки акселерометрических данных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день тенденции ведущих мировых автопроизводителей направлены на повышение уровня безопасности ТС и, в свою очередь, повышение уровня безопасности дорожного движения. Одним из путей достижения этих целей является предотвращение дорожно-транспортных происшествий или минимизация их негативных последствий. Были развёрнуты системы экстренного реагирования на аварии, которые позволяют своевременно оказать помощь водителю и пассажирам, а также оповестить других участников дорожного движения. В составе бортовых систем современных ТС нашли применение системы активной безопасности и системы ADAS.

В диссертации представлен обзор современных систем экстренного реагирования, систем активной безопасности и систем ADAS. Представлены решения для разработки экспериментального образца бортовой информационно-аналитической системы, одной из функций которой является определение момента ДТП и оповещение служб экстренного реагирования. Так же представлены методики предварительных испытаний системы и результаты проведённых предварительных испытаний.

Рекомендации по применению полученных в магистерской диссертации результатов исследования:

1 Результаты, полученные в ходе проведённого обзора современных систем экстренного реагирования, систем активной безопасности, а также систем ADAS использованы для расширения функционала бортовых информационно-аналитических систем ТС.

2 Решения, полученные в ходе разработки экспериментального образца БИАС использованы для усовершенствования существующих либо при создании новых информационно-аналитических систем.

3 Решения, полученные в ходе проведённых предварительных испытаний использованы при проведении проверок функционирования, существующих либо новых информационно-аналитических систем.

В магистерской диссертации достигнуты все поставленные задачи:

1 Проведён обзор современных систем экстренного реагирования, систем активной безопасности, а также систем ADAS.

2 Разработаны, при моем личном участии, следующие компоненты БИАС: модуль связи, базовый модуль и модуль расширения.

3 Проведены предварительные испытания основных функциональных компонентов БИАС.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1 – А. Холод, Е.А. Взаимодействие бортовых информационно-аналитических комплексов с внешними системами / Е.А. Холод, В.В. Савченко // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. – 2017. – Вып. 6. – С. 169–172.

2 – А. Холод, Е.А. Алгоритм определения местоположения транспортного средства навигационным модулем с интегрированной навигационной системой / Е.А. Холод // Перспективы развития транспортного комплекса: материалы IV Международ. Заоч. Науч.-практ. Конф. (Минск, 2-4 окт. 2018г.) / Белорус. Науч.-исслед. Ин-т трансп. «Транстехника»; редкол.: З.В. Машарский [и др.]. – 2018. – С. 223-228.

3 – А. Холод, Е.А. Структурная схема для проведения испытаний информационно-аналитической системы определения аварийной ситуации на автотранспортном средстве / Е.А. Холод // Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем: сборник тезисов 55 научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 23 – 27 апреля 2019 года) / отв. ред. Раднёнок А. Л. – Минск: БГУИР, 2019.

4 – А. Холод, Е.А. Методика определения индекса возможного ущерба / Е.А. Холод, Н.В. Карпук // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. – 2019. – Вып. 8. – С. 140 –144.