УДК 681.518

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ: ИНТЕГРАЦИЯ DMS И VMS В ЕДИНУЮ СИСТЕМУ КОНТРОЛЯ

Русаков Н.П. – студент, 4 курс
Феоктистова У.С. – студент, 4 курс
Симикова А.А. – научный руководитель, к.т.н, доцент каф. ИиАПС,
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
Россия, г. Кемерово

Современные грузовые автомобили и автобусы всё чаще оснащаются системами, повышающими безопасность движения. Несмотря на развитие телематики, значительная доля инцидентов по-прежнему связана с человеческим фактором: усталостью, отвлечением внимания, микросном или ухудшением самочувствия водителя. Другой крупной причиной аварий являются технические неисправности, которые часто проявляются постепенно и остаются незамеченными. Большинство решений фиксируют только отдельные аспекты – либо поведение водителя, либо состояние автомобиля, что приводит к неполным выводам и ложным тревогам.

Разработка интегрированной системы мониторинга состояния водителя и транспортного средства (DMS+VMS), объединяющей анализ видеопотока лица и телеметрии автомобиля, актуальна для повышения безопасности перевозок, оптимизации эксплуатационных затрат и предотвращения критических ситуаций на ранних стадиях. Видеомодуль помогает выявлять усталость и отвлечённость, а телеметрия и данные тахографа – определять режим труда и отдыха, технические риски и нарушения эксплуатации. Объединение этих источников в единую архитектуру позволяет повысить точность оценки риска и снизить количество ложных срабатываний.

Система работает на краевом вычислителе в кабине автомобиля и включает NIR-камеру с ИК-подсветкой, интерфейсы чтения данных CAN/OBD-II/J1939 [1], а также подключение к тахографу по FMS/rFMS [2]. Все данные обрабатываются локально: видеопоток не передаётся наружу, а серверу отправляются только агрегированные показатели. Схема подключения всех компонентов системы представлена на рисунке 1.

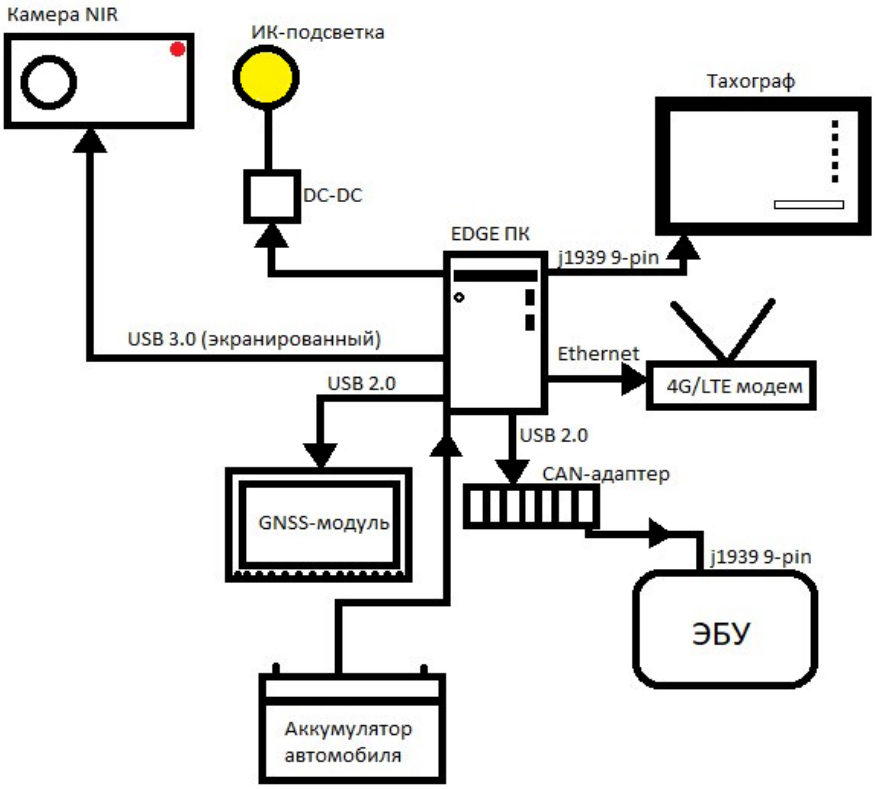

Рисунок 1 – Схема подключения компонентов

Видео обеспечивает оценку позы головы, направления взгляда, частоты морганий и показателя PERCLOS. При достаточном качестве применяется rPPG для неинвазивного определения пульса. Данные от ЭБУ включают обороты двигателя, температуры, уровень топлива, статусы систем и коды неисправностей (DTC), включая контекстные freeze-frame параметры. Из тахографа считываются скорость, длительность непрерывного вождения и интервалы отдыха.

Все данные синхронизируются по времени и объединяются в окна длительностью 30-120 секунд. Для каждого окна рассчитываются частные индексы риска – по состоянию водителя, состоянию автомобиля и режимам тахографа.

Для разработки системы применяются программные средства, обеспечивающие обработку видео, анализ телеметрии и надёжный обмен данными. Видеопоток анализируется с использованием OpenCV и GStreamer [3-4], а вычисления моделей ускоряются через TensorRT и ONNX Runtime. Обучение и подготовка моделей выполняются в PyTorch. [5]

Для чтения данных автомобиля используются стандартные инструменты работы с CAN/OBD-II/J1939 и библиотека SocketCAN, позволяющие декодировать параметры двигателя и диагностические коды. Внутренний обмен данными между компонентами системы реализуется через лёгкие коммуникационные механизмы (локальные очереди сообщений, REST/gRPC).

Для хранения агрегированных данных и отчётов применяются SQLite или форматы столбцового хранения Parquet, обеспечивающие быстрый доступ

и устойчивость к сбоям. Конфигурации и пороги задаются в JSON/YAML, а обновления программного обеспечения выполняются через безопасные механизмы OTA с проверкой подписи.

Такой набор программных средств позволяет обеспечить производительность, стабильность и удобство сопровождения системы при работе на борту транспортного средства.

Видео анализируется с частотой до 30 FPS. Алгоритмы выделяют лицо, ориентиры, позу головы, направление взгляда, моргания и rPPG. На основе этих данных рассчитывается показатель усталости. Телеметрия считывается с частотой 1-10 Гц и включает контроль технических параметров двигателя и шасси. Коды неисправностей рассматриваются не только как факт ошибки, но и как индикатор уровня критичности.

Фьюзия данных выполняется через систему динамических весов: вклад каждого канала зависит от качества его данных. Тревога вызывается только при согласованности минимум двух источников (например, усталость + длительное непрерывное вождение). Это значительно снижает вероятность ложных срабатываний.

Прототип включает NIR-камеру, ИК-подсветку, вычислитель, CAN-адаптер, GNSS и 4G-модем. Камера монтируется в верхней части лобового стекла; вычислитель – под панелью или в служебной нише. Подключение к шине выполняется через Y-ответвитель, не нарушающий диагностических цепей автомобиля.

Калибровка включает проверку экспозиции камеры, угла обзора, стабильности трекинга лица, а также тесты чтения CAN/J1939 и синхронизации времени. На пилотном этапе оцениваются ключевые метрики – TPR, FAR, полнота отчётов и латентность тревог – после чего пороги и политики уточняются.

В заключение хотелось бы добавить, что разрабатываемая система DMS+VMS обеспечит комплексный мониторинг состояния водителя и технического состояния автомобиля в режиме реального времени. Объединение компьютерного зрения, телеметрии и тахографа позволит формировать более точный интегральный индекс риска и снижать количество ложных тревог. Локальная обработка данных, модульная архитектура, защита передаваемой информации и механизмы самодиагностики сделают систему пригодной для эксплуатации в реальных автопарках.

Ожидаемый эффект внедрения – снижение ДТП, связанных с усталостью и техническими отказами, на 20-30%, сокращение страховых и ремонтных расходов, повышение дисциплины водителей и улучшение контроля эксплуатации. Система имеет потенциал дальнейшего развития: добавление предиктивного технического обслуживания, интеграции с корпоративными аналитическими платформами и адаптации под разные классы транспортных средств.

Список литературы:

1. J1939 - Serial Control and Communications Heavy Duty Vehicle Network - Top Level Document // SAE International [Электронный ресурс] // URL: https://www.sae.org/standards/j1939-serial-control-communications-heavy-duty-vehicle-network-top-level-document (дата обращения: 15.11.2025).

2. Information about the FMS-Standard // FMS-Standard [Электронный ресурс] // URL: https://www.fms-standard.com/Truck/index.htm (дата обращения: 15.11.2025).

3. Getting Started with Videos // OpenCV [Электронный ресурс] // URL: https://docs.opencv.org/4.x/dd/d43/tutorial_py_video_display.html (дата обращения: 15.11.2025).

4. Jetson Linux API Reference Documentation // Jetson Linux API Reference [Электронный ресурс] // URL: https://docs.nvidia.com/jetson/l4t-multimedia/ (дата обращения: 15.11.2025).

5. PyTorch documentation // PyTorch [Электронный ресурс] // URL: https://docs.pytorch.org/docs/stable/index.html (дата обращения: 15.11.2025).

6. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования // [Электронный ресурс] // URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/j/JULIE55/stud_work/pasu/mu/m64.pdf (дата обращения: 20.11.2025).