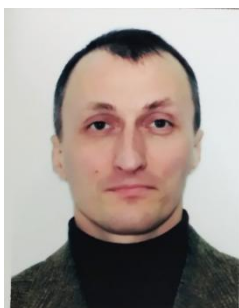


УДК 004.67

## МЕТОДИКА АНАЛИЗА БОЛЬШИХ МАССИВОВ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ВОДИТЕЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ



**Д.Н. Одинаец**  
Доцент кафедры ЭВМ БГУИР,  
кандидат технических наук,  
доцент  
adzinets@bsuir.by



**Е.А. Алуев**  
Инженер-исследователь  
АТЕК, бакалавр  
технических наук,  
alooeff@gmail.com

### **Д.Н. Одинаец**

Окончил Ленинградский Военный Космический институт имени А.Ф.Можайского. Область научных интересов связана с распознаванием образов, моделированием сложных систем, обработкой больших массивов данных, параллельными вычислениями, сетевыми технологиями.

### **Е.А. Алуев**

Выпускник Брестского государственного технического университета. Область научных интересов связана с облачными технологиями, машинным обучением и мульти-агентным моделированием.

**Аннотация.** Разработан метод сбора и анализа данных с шины CAN грузового автомобиля, на основе которого создана и протестирована методика интеллектуального анализа больших объемов данных на действующем автотранспортном предприятии.

Результатом работы методики является аналитическая оценка работы водителя и автомобиля (основные узлы и параметры движения) во время выполнения рейса. Показано, что созданная методика аналитической оценки работы водителя и транспортного средства (ТС) позволяет выявлять события по нарушению ПДД, конвенции ЕСТР (Европейского соглашения, касающегося работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки), правил эксплуатации и технического состояния ТС.

**Ключевые слова:** телеметрия, мониторинг автотранспорта, шина CAN, обработка больших объемов данных.

**Введение.** В настоящее время мировой объем автомобильных грузоперевозок неуклонно растет [1]. Выполнение этих грузоперевозок невозможно без использования водителей и транспортных средств.

Для обеспечения безопасности работы водителей в Женеве (Швейцария) 1 июля 1970 года было подписано Европейское соглашение, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР). Оно регламентирует режим труда и отдыха водителей, который контролируется дорожной полицией в странах, присоединившихся к нему. Вступило в силу для Республики Беларусь 02.10.1993 [2]. В настоящее время в этом списке 52 страны. Ответственность за нарушения положений конвенции ЕСТР и ПДД несет как водители, так и их предприниматель, поэтому все заинтересованы в минимизации риска нарушений.

Для минимизации таких материальных издержек эксплуатации транспортных средств, как расход топлива (затраты на него составляют около 40% всех затрат в грузоперевозках), износ тормозных систем и автошин предприятия стимулируют водителей разными методами, однако для эффективного анализа этих мер и результата их использования необходим комплексный подход в оценке качества работы водителя.

Для решения этих задач и с учетом достижений проекта *euroFOT* [3] была разработана методика анализа работы водителя и транспортного средства [4] на основании телеметрии [5], получаемой с автомобиля во время его работы. Практическое применение методики в разработанной системе [6] показало, что у разработанной системы есть потенциал расширения функций в части сбора большого количества данных о работе современного автомобиля с его шины *CAN* [7].

Целью данного исследования является разработка методики, которая позволит:

- Производить сбор сырых данных шины *CAN* автомобиля и передачу телеметрии на сервер для последующего хранения и обработки;
- Производить интеллектуальный анализ собранных данных.

Существуют работы по сбору некоторых данных о водителе и автомобиле при помощи смартфона [8], однако они имеют ряд таких серьезных недостатков, как низкая надежность, зависимость от электрического питания и низкая защита от вмешательства в их работу самим водителем.

**Прототипом исследования является следующий проект:** Система мониторинга грузового транспорта с использованием мониторингового блока *Teltonika FM4200* [9], которая позволяет собирать только некоторые данные с аналоговых и цифровых датчиков и ограниченный набор параметров шины *CAN*, передавать их на сервер хранения при помощи *GPRS*. Для работы блока с шиной *CAN* необходимо использовать блок-адаптер для каждой конкретной марки автомобиля для дешифровки передаваемых по шине пакетов данных.

Так как в текущем исследовательском проекте происходит сбор всех доступных пакетов информации, передаваемой по шине *CAN* и количество этих пакетов достигает 750 в секунду (например, в бортовом грузовике *KAMAZ* – около 250), то пропускной способности имеющегося радиоканала оказывается недостаточно. Для этого предлагается использовать мониторинговый блок *Вега MT X LTE* (Рисунок 1) с *LTE* и поддержкой до 3-х шин *CAN* одновременно, что дает возможность получать наиболее полную информацию о транспортном средстве.

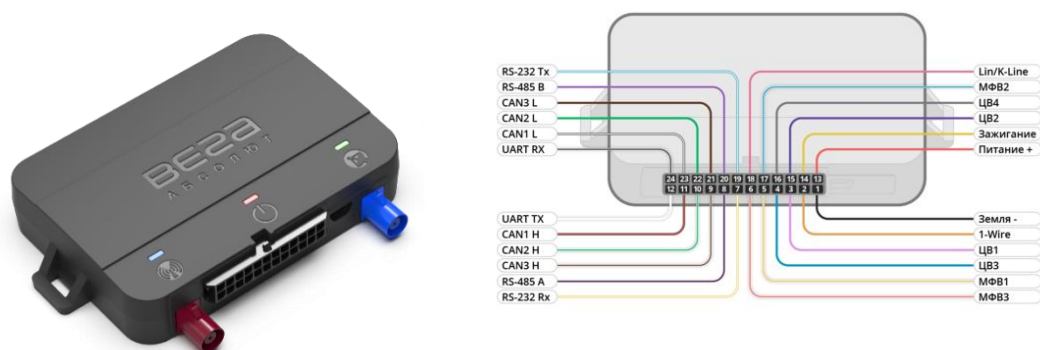


Рисунок 1. мониторинговый блок Вега *MT X LTE* – внешний вид и схема подключения

Как результат апробации блока на автомобиле *KAMAZ* за один месяц работы собирается около 8 GB информации (Пример на рисунке 2).

21,643	1	0005	0cf00400	8	F0 7D 7D E8 17 00 F3 7D 00000000
21,650	1	0005	18ffe03d	8	89 00 0D 7C 01 10 13 00 00000000
21,653	1	0005	0cf00400	8	F0 7D 7D D0 17 00 F3 7D 00000000
21,654	1	0005	0cf00300	8	C1 00 00 FF FF FF FF 00000000
21,660	1	0005	0cfe6cee	8	4B 10 C0 C0 14 13 80 17 00000000
21,661	1	0005	18fef11e	8	F3 FF FF C3 CC FF E0 F0 00000000
21,661	1	0005	18ffe03d	8	89 00 0D 7C 01 10 13 00 00000000
21,663	1	0005	0cf00400	8	F0 7D 7D A8 17 00 F3 7D 00000000
21,664	1	0005	18f0010b	8	C0 FF 30 FF FF 0D FF FF 00000000
21,670	1	0005	18ffe03d	8	89 00 0D 7C 01 10 13 00 00000000
21,673	1	0005	0cf00400	8	F0 7D 7D 90 17 00 F3 7D 00000000
21,675	1	0005	18f00f52	8	5C 1D F1 ED 55 1F FF FF 00000000
21,680	1	0005	18ffe03d	8	89 00 0D 7C 01 10 13 00 00000000
21,682	1	0005	18febf0b	8	7D 17 7C 7D 79 7A FF FF 00000000
21,683	1	0005	0cf00400	8	F0 7D 7D 68 17 00 F3 7D 00000000

Рисунок 2. Пример части данных, собираемых с шины CAN автомобиля KAMAZ

**Хранение данных.** В некоторых системах количество собираемой информации настолько велико, что ее получение и передача во время движения автомобиля невозможна в полном объеме из-за аппаратных ограничений мониторинговых блоков и каналов связи. В реализуемом проекте производительности мониторингового блока Вега MT X LTE оказалась достаточной для сбора данных с автомобиля KAMAZ и передачи их в хранилище AWS S3 в формате Apache Parquet при помощи сервиса AWS IoT FleetWise.

**Дешифровка пакетов шины CAN.** В связи с тем, что каждый автопроизводитель кодирует данные о агрегатах автомобиля в пакетах по своему алгоритму, необходима процедура декодирования. Ключи для декодирования официально не распространяются, однако доступны для большинства распространенных марок автомобилей.

**Предварительный анализ данных.** Доступ к данным и их обработка осуществляется на платформе Nadoor в соответствии с алгоритмом на рисунке 3. На первом этапе производится предварительная обработка собранных данных (профайлинг) с датчиков и CAN-шины с целью оценки их качества, и при необходимости применения к ним средств фильтрации данных: заполнение пропусков, подавление аномальных значений, исключение дубликатов и противоречий. Для устранения погрешности измерений, которые представляют собой «шум» в данных, производится анализ и устранение заведомо некачественных данных (выход значений за допустимые пределы, пропуски в данных, резкие нереальные изменения некоторых параметров, например, из-за «дребезга» контактов механических датчиков).

**Работа с наблюдаемыми и расчетными параметрами.** Некоторые параметры предварительно обрабатываются для получения расчетных параметров на основании вариаций вектора изменения наблюдаемых параметров. Например, скорость движения, показания акселерометра позволяют вычислить прямое и поперечное ускорения, а обороты двигателя, скорость ТС и номер передачи КПП позволяет вычислить нагрузку на двигатель. Затем полученные расчетные параметры используются совместно с первоначальными параметрами на следующих этапах обработки (Рисунок 3).

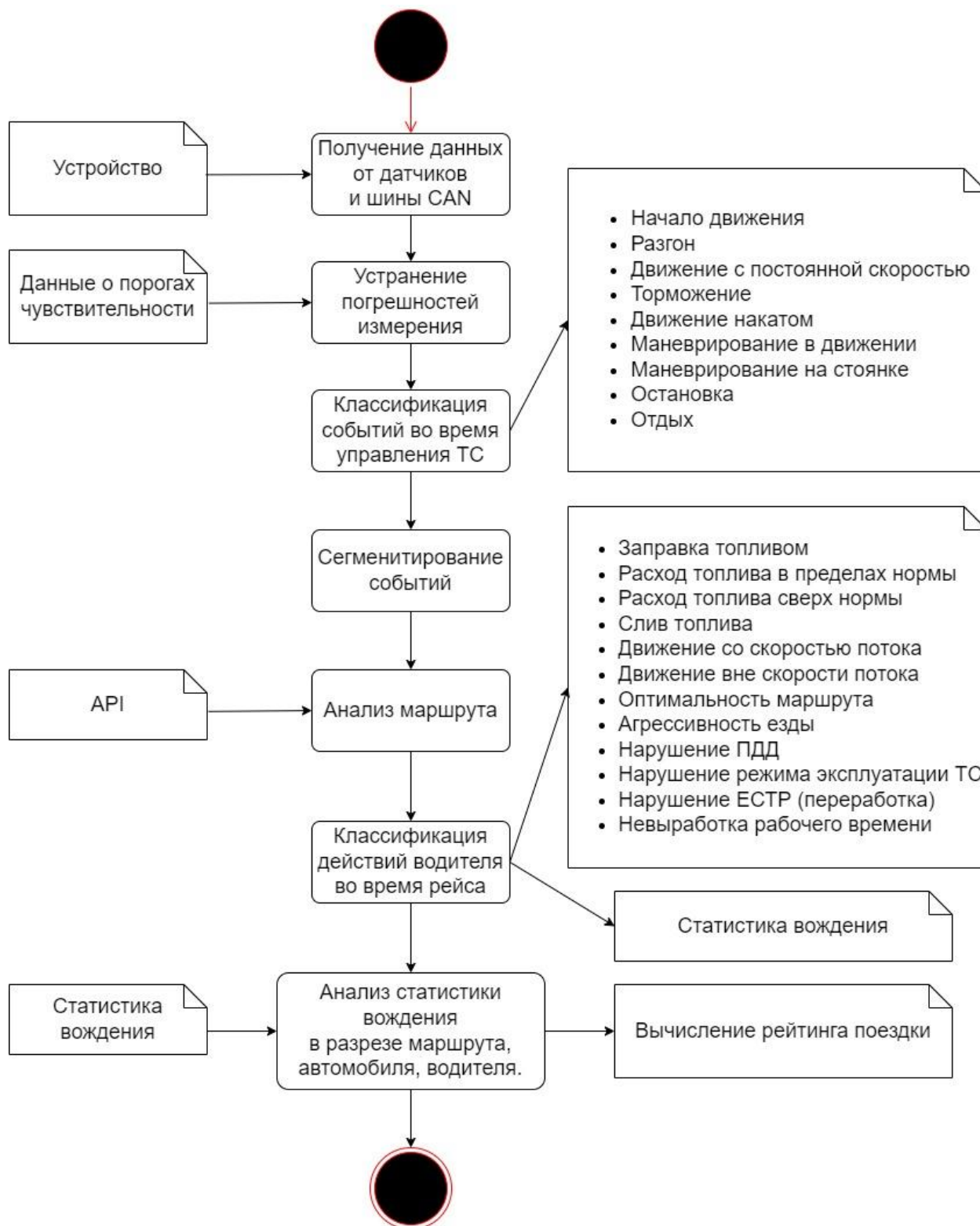


Рисунок 3. Алгоритм обработки и анализа данных

**Сегментирование событий.** Для упрощения обработки данных маршрут движения разбивается на сегменты, которые обрабатываются по отдельности для классификации событий во время управления ТС, а затем как единое целое – для классификации действий водителя по время рабочей смены.

**Выявление и классификация событий во время управления ТС.** Производится классификация таких событий поездки как начало движения, разгон, движение с постоянной скоростью, торможение, движение накатом, маневрирование в движении, маневрирование на стоянке, остановка и отдых.

Например, событие «Движение с постоянной скоростью» определяется как поддержание скорости в пределах  $\pm 10$  км/ч (изменение скорости более 10 км/ч рассматриваем как изменение дорожной обстановки). Критерий равномерности скорости движения при этом событии рассчитывается по количеству циклов изменения вектора скорости за единицу времени. Колебания скорости до 2 км/ч вызваны гистерезисом круиз контроля и не учитываются системой. При возникновении замедления впереди идущего автомобиля несоблюдение дистанции вынуждает производить торможение, в результате появляется волновой эффект пульсаций скорости всего потока машин.

Событие «Разгон» имеет критерий «Разгон», который показывает эффективность разгона, который должен происходить в зеленой зоне тахометра. Если разгон слишком медленный, то при наличии АКПП переключение на следующую передачу приводит к падению оборотов до 850 об/мин, а зеленый сектор эффективной работы турбины начинается с 1000 об/мин. Если же разгон слишком интенсивен, то АКПП переключает передачи в диапазоне 1300-1650 об/мин, что также выходит за пределы зеленого сектора тахометра. При любом типе КПП слишком интенсивный разгон приводит к большим нагрузкам в системе привода и шинах.

Для каждого события в системе задан вес, который при анализе данных, вместе с продолжительностью события, влияет на результат критерия.

**Анализ маршрута.** Производится анализ выбранного водителем маршрута на предмет дорожной обстановки (транспортные заторы, дорожные ограничения) для анализа, насколько скорость движения ТС соответствует разрешенной на отдельных участках пути с использованием данных *WebAPI* от ООО «МИТ» [10].

**Классификация действий водителя во время работы.** Производится классификация действий водителя, связанных с выполнением рейса:

- Заправка топливом;
- Расход топлива в пределах нормы;
- Расход топлива сверх нормы;
- Слив топлива;
- Движение со скоростью потока;
- Движение вне скорости потока;
- Агрессивность езды – выход за установленные пределы значений ускорений (положительное для разгона, отрицательное для торможения и боковое для маневрирования);
- Нарушение ПДД – превышение максимально разрешенной скорости движения, превышение максимально допустимой нагрузки на ось, движение во время действия ограничений (весенние, из-за паводков и летние, из-за высокой температуры), движение в зонах ограничений движения для большегрузных ТС;
- Нарушение режима эксплуатации ТС – анализ таких параметров, как обороты двигателя, давление в шинах, амплитуду вибрации и фиксация случаев выхода этих параметров за заданные границы;
- Нарушение технического состояния ТС – выявление превышения мгновенного расхода топлива над расчетным для текущей скорости, оборотов двигателя и величины ускорения, а также ошибок, связанных с выходом из строя компонентов ТС;
- Нарушение конвенции ЕСТР – отсутствие ежедневного периода отдыха, превышение ежедневной продолжительности управления, допускаемой по конвенции ЕСТР;

– Невыработка рабочего времени – ежедневная продолжительности управления сильно меньше 9 часов приводит к неиспользованию рабочего времени для движения (требует ручного анализа, так как может быть связана с временными ограничениями на дорогах или ожиданием готовности груза к перевозке, либо очередями при прохождении пограничного контроля).

**Анализ статистики вождения.** На основании данных за текущий и предыдущие рейсы производится анализ статистики вождения в разрезе маршрута, автомобиля, водителя. Результатом анализа являются вычисленные рейтинг поездки и стиль вождения водителя.

Система имеет возможность анализировать статистику как в пределах работы одного водителя, так и нескольких. В первом случае удастся оценить изменение стиля на шкале времени в зависимости от маршрута. Во втором случае можно сопоставить стили вождения разных водителей на одних и тех же маршрутах, но принимая во внимание изменение дорожной обстановки (заторы, сезонные ограничения).

**Применение на практике.** Описанный способ сбора и анализа данных о работе водителей и транспортных средств была применена на практике [6]. Результатом запуска системы стал больший объем данных для анализа. В результате были выявлены ряд кадровых, технических и организационных закономерностей. Они были проанализированы и по результатам были приняты решения, позволяющие улучшить работу автотранспортного предприятия как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Полученные предприятием данные также были проанализированы для внесения доработок и исправлений в аппаратно-программную систему, что позволит повысить как эффективность ее работы, так и качество и оперативность получаемых данных.

Использование современных архитектурных решений позволило сократить затраты по подключению системы к транспортным средствам разных марок и доступу к серверам хранения информации.

**Заключение.** Разработанная методика анализа оценки работы водителя и транспортного средства на основе данных с шины *CAN* оперирует большими объемами данных и позволяет выявлять и классифицировать гораздо больше данных, получаемых от транспортного средства, чем в предыдущем проекте [4]. В дополнение к тактическим событиям непосредственного управления ТС и стратегическим событиям о поведении на дороге и выполнения работы водителем во время рейса получена возможность детального контроля состояния узлов и агрегатов автомобиля во время движения. Полнота данных о состоянии автомобиля напрямую зависит от доступности информации по кодировке пакетов шины *CAN* и, соответственно, от возможности декодирования этих пакетов. Также стоит отметить, что современные грузовые автопоезда с пневмоподвеской *Wabco* позволяют отследить не только состояние дорожного полотна, развесовку груза по осям, но и безопасность стиля вождения автомобилем. Например, во время одного рейса был дважды зафиксирован отрыв всех колес правой стороны полуприцепа от дорожного полотна, что было вызвано резким маневрированием водителя, не соблюдающим дистанцию до впереди движущегося автомобиля при неблагоприятных погодных условиях. Своевременное выявление подобных инцидентов позволяет заблаговременно провести необходимые инструктажи по технике безопасности и безопасному вождению.

Для реализации эффективной обработки и анализа собранных с автомобилями больших объемов данных в рамках предложенной методики задействованы современные возможности облачной платформы *AWS*, а именно сервиса *Elastic MapReduce* с использованием экосистемы *Hadoop* на основе фреймворка *MapReduce*. Гибкость предложенной методики позволяет оперативно вносить изменения в алгоритмы

классификации действий водителя, анализа маршрута и накопленной статистики, однако требует высокой квалификации специалистов.

### Список литературы

- [1] UNECE global SDG indicators <https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=88>
- [2] ПОСТАНОВЛЕНИЕ СОВЕТА МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ от 30 ноября 1992 г. № 721 О присоединении Республики Беларусь к международным договорам, регламентирующим перевозку грузов в международном автомобильном сообщении <https://etalonline.by/document/?regnum=c29200721>
- [3] Mohamed Benmimoun, Felix Fahrenkrog, Dr. Adrian Zlocki, Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein. INCIDENT DETECTION BASED ON VEHICLE CAN-DATA WITHIN THE LARGE SCALE FIELD OPERATIONAL TEST “euroFOT”. Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen University
- [4] Eugene Alooeff ML Based Methodology of The Truck Driving Evaluation ICMCE 2024
- [5] ГОСТ 19619-74 Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. — 1975
- [6] АТЕК <https://atek.dev/research>
- [7] ISO 11898-1:2015 Road vehicles. Controller area network (CAN) <https://www.iso.org/standard/63648.html>
- [8] Лашков И.Б. Анализ поведения водителя при управлении транспортным средством с использованием фронтальной камеры смартфона. ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ 4(89)6 2017 с.7-17
- [9] Руководство пользователя FM4200 <https://www.euromobile.ru/upload/iblock/5c0/5c0e969470cfb9983dc220e54aabab50.pdf>
- [10] WebAPI Homepage. <https://probki.net/b2b/webapi.html>

### Авторский вклад

**Одинец Дмитрий Николаевич** – руководство проектом по разработке методики сбора и анализа данных шины CAN грузового автомобиля, анализ текущей ситуации на рынке мониторинговых систем.

**Алуев Евгений Александрович** – разработка архитектуры системы, техническая реализация проекта, анализ полученных результатов.

## A TECHNIQUE FOR BIG DATA ANALYSIS TO ASSESS THE QUALITY OF THE DRIVER'S WORK AND THE TECHNICAL CONDITION OF THE TRUCK

*Adzinets D.*

*Associate Professor, Department of Information Computer Systems Design, PhD of Technical sciences, Associate Professor*

*Alooeff E.*

*R&D Engineer ATEK, Bachelor of Computer Science, Bachelor.*

**Abstract.** A method for collecting and analyzing data from the truck CAN bus has been developed, on the basis of which a system for intelligent analysis of large volumes of data has been created and tested at an operating transport enterprise.

The result of the system's operation is analytical assessment of the truck driver's work and the vehicle operation (main components and movement parameters) during the road trip. It is shown that the created method of analytical assessment of the driver work and the vehicle makes it possible to identify events related to violation of traffic rules, the AETR convention (European Agreement concerning the Work of Crews of Vehicles Engaged in International Road Transport), operating rules and technical condition of the vehicle.

**Keywords:** Telemetry, truck monitoring, CAN bus, big data processing.