

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА РАБОТЫ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Рассмотрены принципы создания автоматизированной системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах, обеспечивающей минимальный расход топлива и снижение загрязнения атмосферы.

Розглянуті принципи створення автоматизованої системи екологічного моніторингу роботи великовантажних автосамоскидів у кар'єрах, що забезпечує мінімальну витрату палива й зниження забруднення атмосфери.

The principles of an automated system for environmental monitoring of heavy dump trucks in quarries for optimal speed, minimum fuel consumption and reduce air pollution.

Введение. На крупных карьерах Украины ежедневно для перевозки горной массы используют от 40 до 80 карьерных автосамосвалов разной грузоподъемности и модификации с различным удельным расходом топлива. Большегрузные автосамосвалы являются интенсивными передвижными источниками загрязнения воздуха, постоянно действующими в карьерах, а расход топлива определяет уровень загрязнения атмосферы продуктами его сгорания. Образование токсичных веществ при сжигании дизельного топлива карьерными автосамосвалами связано с режимом работы двигателя, который зависит от технических характеристик автосамосвала, скорости движения, веса груза, характеристики трассы, ее протяженности и уклонов в карьере. Дизельные двигатели карьерных автосамосвалов 40-60% времени транспортного цикла работают в режиме полной нагрузки, 20-30% - на частичных нагрузках и 15-20% - на холостых оборот [1]. Снижение расхода топлива при работе карьерных автосамосвалов прямо пропорционально снижению уровня загрязнения атмосферы выхлопными газами, поэтому создание системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах и минимизация с её помощью расхода топлива является актуальной экологической задачей, которая совпадает с приоритетными научными направлениями МОН, утвержденными КМ Украины (секция 9 "Охрана окружающей среды").

Последние достижения. Формулирование целей статьи, постановка задач. В последнее время для контроля работы карьерного автотранспорта используются различные автоматизированные системы. Например, для решения проблем безопасности движения автосамосвалов на рабочих площадках карьеров применяются камеры видеонаблюдения и системы, основанные на радарах или обнаружении электромагнитных полей. Известна также система для предупреждения препятствий, созданная совместно исследователями из Spokane Research Laboratory Национального Украины и других стран внедрены автоматизированные системы мониторинга горных работ в т.ч. для контроля за работой горного и транспортного оборудования.

Сегодня на крупных карьерах Украины используются технологии, основанные на определении местоположения с помощью GPS в их обычном применении – для маркшейдерских и геодезических работ, координирования и отслеживания, точного позиционирования бурового и горнотранспортного оборудования, а также для диспетчеризации автотранспорта. Например, на Вольногорском горно-металлургическом комбинате внедрена система диспетчеризации на основе спутниковой навигации для автоматизации работы горнотранспортного оборудования в карьерах [2]. Однако вопросы применения GPS и ГИС-технологии для создания автоматизированной системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах до настоящего времени детально не исследованы.

Формулирование целей статьи, постановка задач. Целью работы является разработка автоматизированной системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах с применением GPS и ГИС-технологии. При этом были поставлены и решены следующие задачи:

- исследовать топливно-энергетические характеристики и скоростные режимы работы большегрузных автосамосвалов в карьерах;
- определить принципы создания автоматизированной системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах;
- разработать технические требования для создания навигационной системы экологического мониторинга работы горно-транспортного оборудования на карьерах с применением ГИС-технологий.

Изложение основного материала исследований.

Одной из главной составляющей экологической характеристики большегрузного автосамосвала в карьере можно считать экологическую характеристику установленного на нем двигателя внутреннего сгорания, при этом, как отмечено ранее, при расчетах загрязнения атмосферы необходимо рассматривать разные уровни концентраций вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, которые прямо пропорциональны текущему расходу топлива.

Одним из важных экологических и технологических показателей эксплуатации карьерных автосамосвалов является топливно-энергетические характеристики и скоростные режимы их работы. Уровень загрязнения атмосферы выхлопными газами зависит от величины путевого расхода топлива, который в свою очередь зависит скорости движения автосамосвала а также от многих других, как учтенных, так и неучтенных или трудно учитываемых факторов, влияние которых может быть выявлено только экспериментально.

К существенным факторам, влияющих на расход топлива и скоростной режим эксплуатации карьерного автотранспорта, относятся: дорожные условия; климатические условия; режим работы (дневной, ночной, круглосуточный); горнотехнические условия (способ залегания полезного ископаемого, сложность выемки и транспортировки горных пород, эксплуатационные характеристики карьера); техническое состояние и структура парка большегрузных автосамосвалов (технические характеристики и типы применяемых автосамосвалов, их возраст и техническое состояние, состояние производственно-технической базы, квалификация обслуживающего персонала и т.д.). Существенную роль играет также и

субъективный человеческий фактор, заставляющий водителей автосамосвалов увеличивать путевой расход топлива и превышать допустимые скорости движения в карьере в угоду увеличения количества рейсов и сменной нормы выработки. Стремление к увеличению производительности за счет повышения скорости приводит к перерасходу топлива и повышению уровня загрязнения атмосферы выхлопными газами.

Таким образом, экологическая характеристика автосамосвалов в карьерах тесно связана с процессом их движения, который представляет собой сложный, динамичный и ресурсоёмкий процесс, характеризующийся большой вариативностью условий эксплуатации, необходимостью высокой точности расчета и контроля расхода топлива и скоростей движения, чтобы с одной стороны достичь максимально возможную среднетехническую эксплуатационную скорость движения автосамосвалов в заданных условиях, а с другой – недопустить необоснованного перерасхода топлива и повышения выбросов в атмосферу вредных выхлопных газов и обеспечить безопасность труда водителей, исключив превышения допустимых по правилам ТБ скоростей движения автосамосвалов.

Особый интерес в этой связи представляет исследование топливно-энергетических характеристик и скоростных режимов работы большегрузных автосамосвалов в производственных условиях.

Нами был выполнен комплекс натуральных наблюдений в карьерах Вольногорского ГМК за изменением расхода топлива и выбросов в атмосферу выхлопных газов, а также скорости движения карьерных автосамосвалов с использованием действующей системы диспетчеризации горно-транспортного оборудования. Результаты наблюдений были представлены в виде компьютерных баз данных, анализ которых позволил оценить реальные экологические и технические параметры эксплуатации автосамосвалов, предложить принципы и требования по созданию автоматизированной системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах.

На рис. 1 приведен пример графика контроля за изменением расхода топлива автосамосвалом БелАЗ-7548 в литрах за каждые 20 секунд работы двигателя. На рисунке 2 приведен пример графика контроля скорости движения автосамосвала БелАЗ-7548 в карьере. На рисунке 3 приведен пример графиков изменения вредных выбросов в атмосферу при работе всех автосамосвалов БелАЗ-5748 в карьере по месяцам года.

Как следует из графика на рис. 1, значения расхода топлива являются величинами переменными, а не заданными, что позволяет по предложенной в работе [3] математической модели рассчитать оптимальную скорость движения транспортных средств, обеспечивающую минимальный удельный расход топлива и выброс выхлопных газов в атмосферу, а также максимальную производительность автосамосвалов БелАЗ-5748 в карьере.

Как следует из графика на рис. 2, скоростные режимы движения автосамосвалов в карьере в различное время суток фактически превышают допустимые (40км/ч) по правилам ТБ скорости движения. Установлено, что наибольшее количество нарушений происходит в периоды 6-8 и 15-17 часов рабочей

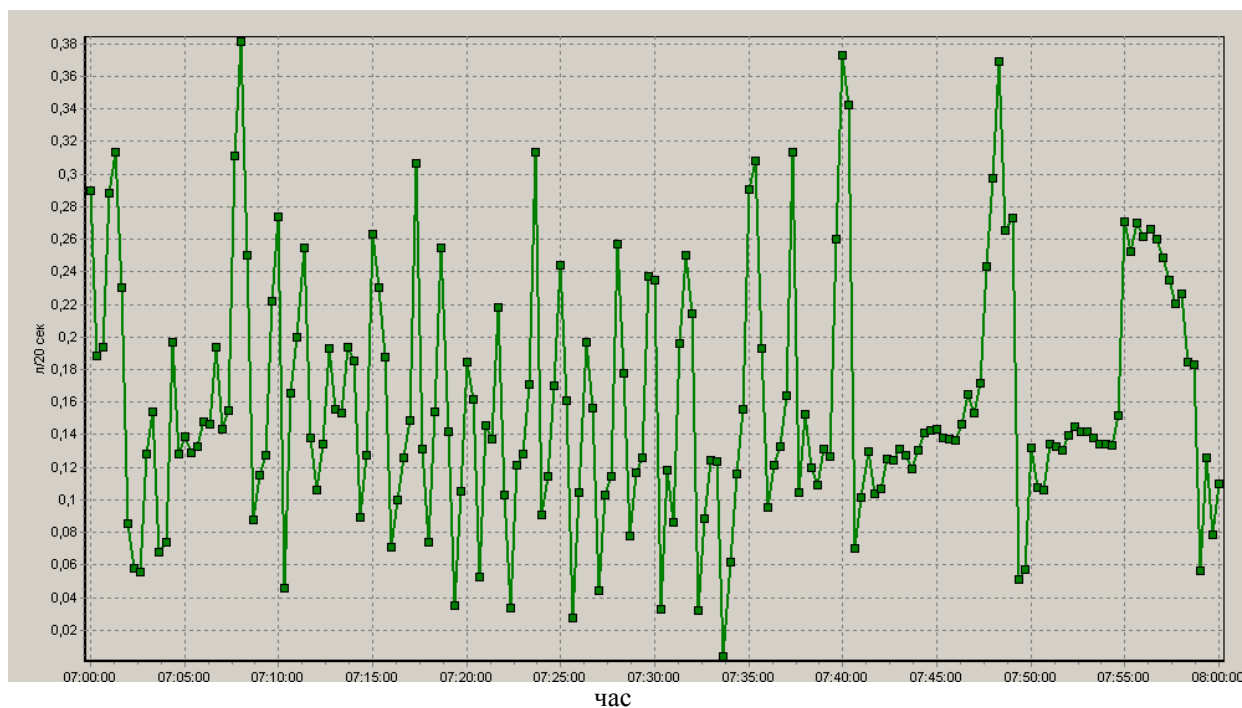


Рис. 1. Пример графика изменения расхода топлива по данным оперативного контроля за 1 час работы автосамосвала

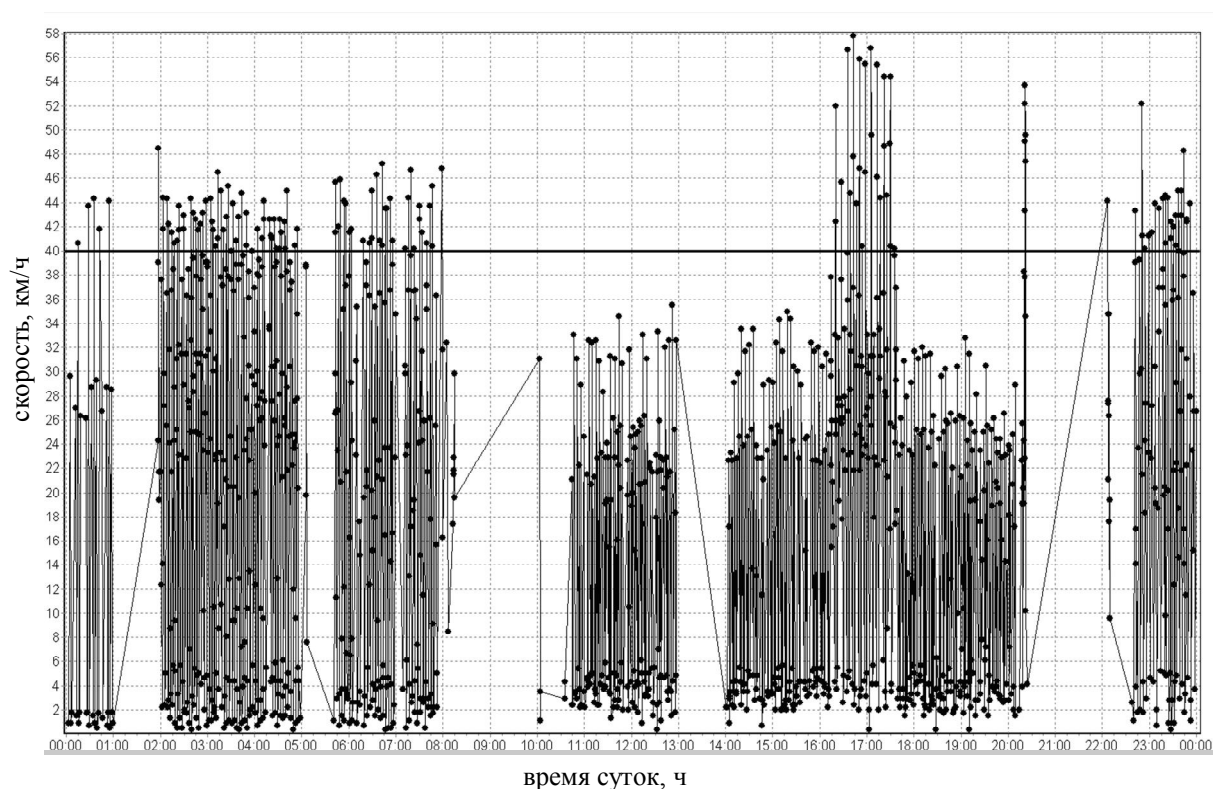


Рис. 2. Пример графика изменения скорости движения автосамосвала в карьере

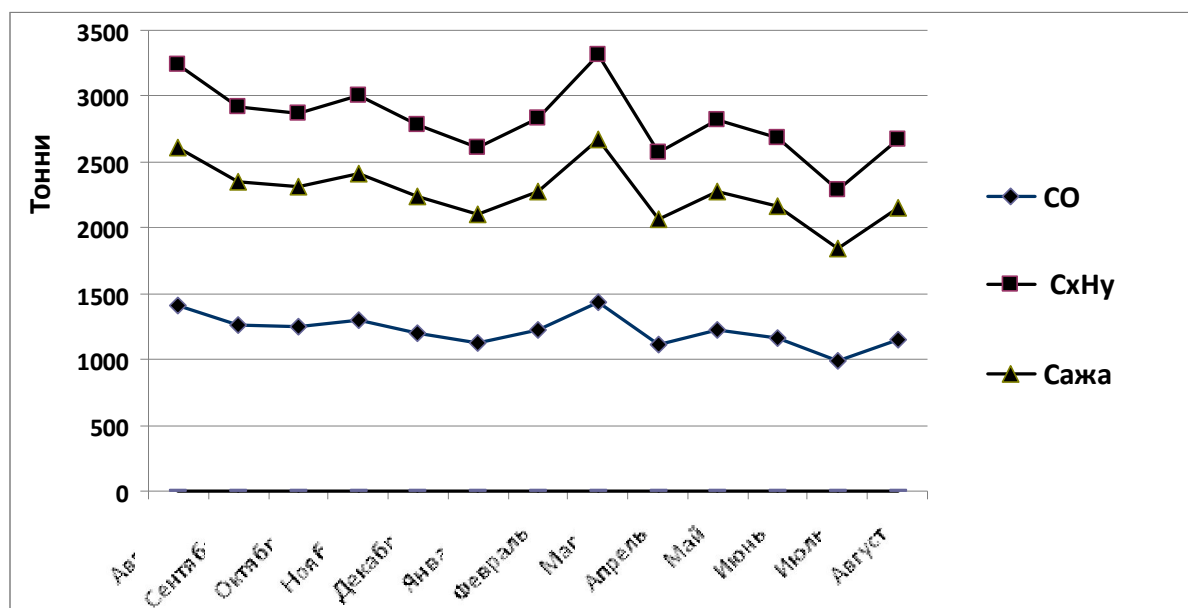


Рис. 3. Пример графиков изменения вредных выбросов в атмосферу при работе автосамосвалов БелАЗ-5748 в карьере по месяцам года

смены. Таким образом, превышения скорости приводит к перерасходу топлива и повышению уровня загрязнения атмосферы выхлопными газами.

Несмотря на достаточный объем НИР по моделированию режимов работы автомобильных комплексов в карьерах, вопросы создания автоматизированной системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах детально не рассматривались. Существующие методы и модели расчетов не позволяют решать задачи дистанционного контроля уровня загрязнения атмосферы выхлопными газами автосамосвала в реальном масштабе времени и вопросы автоматизированного управления охраной атмосферы окружающей среды.

В этой связи представляет интерес создание автоматизированной системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах. Нами были определены принципы создания автоматизированной системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах и разработаны технические требования для создания навигационной системы экологического мониторинга работы горно-транспортного оборудования на карьерах с применением ГИС-технологий.

Создание системы экологического мониторинга работы карьерных автосамосвалов базируется на следующих основных принципах:

1. Использование дифференциальных GPS приемников и радиоборудования на всех автосамосвалах находящихся в карьере для:

- вычисления в реальном времени местоположения каждого автосамосвала;
- вычисления в реальном времени расхода топлива, скорости движения каждого автосамосвала и уровня загрязнения атмосферы выхлопными газами;
- передачи информации о каждом автосамосвале и её накоплении в компьютерной базе данных;

- подачи визуального и звукового предупреждения в кабину автосамосвала в момент, когда транспортное средство нарушает установленные экологической службой карьера параметры.

2. Использование цифровых планов карьеров, планов горных работ, планов территории карьера и геоинформационного обеспечения для создания трехмерных моделей загрязнения атмосферы карьеров и прилегающей территории, визуализации карьерной сети автодорог.

3. Использование GPS приемников карьерных автосамосвалов и средств электронной геодезии для поддержания в актуальном состоянии и обновлении трехмерной цифровой карты карьерных автодорог.

Указанный подход позволил разработать автоматизированную систему экологического мониторинга работы карьерных автосамосвалов по фактору минимального расхода топлива и загрязнения атмосферы с соблюдением скоростного режима движения на каждом этапе трассы в зависимости от сезона или погодных условий и в соответствии с изменением состояния дорог.

Измерения текущих координат, скорости и курса движения автосамосвала выполнялось с использованием штатного навесного навигационного оборудования, включающего GPS приемник с радиопередатчиком, размещенных над кабиной автосамосвала. Общий вид навесного навигационного оборудования автосамосвала БелАЗ-7548 приведен на рис. 4.



Рис. 4. Общий вид навигационного оборудования автосамосвала БелАЗ-7548

Система позволяет получать данные о расходе топлива, уровне загрязнения атмосферы выхлопными газами, скорости движения и координатах до 8 автосамосвалов в секунду, которые автоматически передаются и накапливаются в компьютерной базе данных на сервере диспетчера карьера. Автоматизированная радионавигационная система экологического мониторинга по своему построению является распределенной многоуровневой информационной управляющей системой. Такие системы базируются на 3-х основных базовых составляющих:

- технические средства радиосвязи, навигации и обработки данных;
- геоинформационные системы и электронные карты местности;
- прикладное программно-технологическое обеспечение для управления экологическими параметрами автотранспорта.

Технические средства для систем экологического мониторинга и управления транспортом – это радиостанции, приемники глобальной спутниковой навигации, микрокомпьютеры в кабинах автосамосвалов, а также компьютеры и вычислительные сети в диспетчерских центрах в соответствии с рис. 5.



Рис. 5. Технические средства для систем экологического мониторинга

Геоинформационные системы представляют собой электронные компьютерные карты карьера и территории комбината, которые включают привязанную дорожно-маршрутную сеть, и способны с высокой точностью отражать в динамике местоположение и перемещение горно-транспортных средств. ГИС - технологии основаны на применении эффективных баз данных и программного обеспечения по обработке графических данных.

Прикладное программно-технологическое обеспечение – это та составная часть системы экологического мониторинга и управления транспортом, которая должна в полной мере и адекватно отражать все особенности и нюансы управления горно-транспортными процессами, учитывать экологические реалии современной производственно-хозяйственной деятельности комбината.

Основой системы контроля параметров работы карьерного автосамосвала БелАЗ-7548 служит бортовой микроконтроллер, который предназначен для учета количества расхода дизельного топлива, израсходованного двигателем, измерения скорости движения и непрерывного контроля местоположения автосамосвала с точностью 2-5 метров в плане при скорости до 60 км/час. Общий вид бортового контроллера автосамосвала приведен на рис. 6.

Результаты выполненных исследований были использованы для разработки рекомендаций по применению системы экологического мониторинга работы большегрузных автосамосвалов в карьерах, позволяющие снизить расход топлива и выброс в атмосферу выхлопных газов на 10-20%.



Рис. 6. Общий вид бортового контроллера автосамосвала

Выводы:

1. Определены основные принципы и технические требования создания автоматизированной системы экологического мониторинга при работе большегрузных автосамосвалов в карьерах.

2. Выполнен комплекс натурных наблюдений в карьерах Вольногорского ГМК за изменением расхода топлива и выбросов в атмосферу выхлопных газов, а также скорости движения карьерных автосамосвалов с использованием действующей системы диспетчеризации горно-транспортного оборудования.

3. Показано, что экологическая характеристика автосамосвалов в карьерах тесно связана с процессом их движения, который представляет собой сложный, динамичный и ресурсоёмкий процесс, характеризующийся большой вариативностью условий эксплуатации, что требует высокой точности расчета выбросов вредных выхлопных газов в атмосферу на основе контроля расхода топлива и скоростей движения автосамосвалов.

4. Применение ГИС и GPS-технологий позволяет, моделируя реальный профиль автодорог и используя значения фактического удельного расхода топлива, проводить оперативный расчет загрязнения атмосферы выхлопными газами большегрузных карьерных автосамосвалов.

5. Впервые разработана автоматизированная система экологического мониторинга работы карьерных автосамосвалов, позволяющая осуществлять контроль за выбросом вредных выхлопных газов в атмосферу с использованием цифровых планов горных работ, расхода топлива, скорости движения и веса перевозимого груза.

6. Предложенная система экологического мониторинга может выдавать рекомендации оператору диспетчерского пункта по параметрам движения большегрузных карьерных автосамосвалов на участках дороги с различным рельефом и при различных метеоусловиях с целью оптимизации режима движения, сокращения топливо-энергетических затрат и снижения загрязнения атмосферы выхлопными газами.

Список литературы

1. Филатов С.С. Вентиляция карьеров.- М.: Недра, 1981, 206 с.
2. Баранов Ю.Д. Основные положения и технические требования создания навигационной системы управления горно-транспортным оборудованием карьера.- Сборник научных трудов НГУ №18, Днепропетровск; РИК НГУ, 2003, С. 174-185.
3. Зберовский В.А. Повышение технологической и экологической эффективности эксплуатации карьерных автосамосвалов. - Збірник наукових праць Національного гірничого університету №39.- Дніпропетровськ: РИК НГУ.- 2012, С. 253-261.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Голинком В.И.
Поступила в редакцию 5.12.2013*