

УДК 622.23.05

## БЛОК-СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

Потанин Д.Д., студент гр. Одб-161, IV курс  
Шайдирова А.С., студент гр. АПб-161, IV курс  
Научный руководитель: Косолапов А.В., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В течение последних нескольких десятков лет передовые горнодобывающие компании успешно внедряют новые технологии практически в каждом направлении своей деятельности, начиная от разведки месторождений, транспортировки горной массы и заканчивая переработкой полезных ископаемых [1-7]. Уровень планируемых программ горной добычи за те же последние годы серьезно повысился. Это привело к изменению самого характера деятельности горнодобывающих компаний, а также к закономерному росту их производительности.

Системы управления горным производством объединяют программы и оборудование, используемое для управления добычей, в частности, угля в реальном времени. Обычные направления использования: управление горным транспортом, экскаваторами, буровыми станками и т.п. Эти системы предлагаются небольшим количеством компаний, работающих в сфере ИТ-технологий. Все большее значение приобретает связь этих компаний с производителями горнотранспортного оборудования, такими как БелАЗ, Komatsu и Caterpillar.

Собственно «беспилотные» автотранспортные средства разрабатываются ведущими зарубежными автопроизводителями ещё с 1980-х годов, сначала для легковых автомобилей, для «внутризаводского» транспорта, обеспечивающего ведение всех транспортных работ в современных логистических центрах и на складских территориях, а также для грузового транспорта и сельскохозяйственной техники. Так, например, в системе автопилотирования компании Google с помощью навигационных поправок, видеокамер, лазерных и лидарных датчиков и бортового компьютера оценивается дорожная ситуация, свои координаты и местоположение относительно других объектов на дороге и осуществляется управление автомобилем без участия человека. В настоящее время парк роботизированных автомобилей «Toyota Prius» и ряда других моделей компании Google общей численностью в 25 машин проехал более 300 тыс. км в городском окружении, на загородных трассах и горных дорогах лишь с частичными вмешательством человека.

Многие компании, выпускающие автомобили-самосвалы для горной промышленности, также стараются не отставать от этой тенденции и сейчас

делают ставку на дигитализацию (или цифровизацию) и принципиально новые сервисы, делая ставку на будущее, в котором такие автомобили будут иметь возможность вести диалог с их оператором, все их системы управления и движения будут электрифицированными и они станут автономными.

Это относится не только к тем автомобилям, которые изначально проектируются для эксплуатации на дорогах *общего* пользования. В горной промышленности, основу которой во всемирном масштабе будут составлять открытые разработки, внедрение безлюдных технологий при перевозке горной массы, занимающей до 30, а иногда и до 50 % себестоимости добычи угля, будет решать сразу несколько системных задач. Во-первых, снижение себестоимости конечного продукта; во-вторых, повышение безопасности горных работ, выражющееся в потенциальном исключении случаев травмирования водителей карьерных автосамосвалов на этапе погрузки-выгрузки, так и на этапе перевозки горной массы.

Работа карьерных автосамосвалов имеет ряд отличительных признаков от передвижения автомобилей по дорогам общего пользования. Во-первых, резко отличается интенсивность движения, во-вторых, вовремя собственно этапа перевозки горной массы, автомобиль совершает достаточно простые манёвры – движется по одной полосе, не сталкиваясь с необходимостью ни совершать обгоны, ни проезжать перекрёстки дорог, и, в-третьих, на карьерных дорогах, являющихся технологическими дорогами необщего пользования, практически не бывает непредвиденных помех. Это достаточно сильно облегчает создание алгоритма управления такой фазой движения.

Разрабатываемый робот-автомобиль должен быть оснащён известными и привычными уже в сфере автономного вождения датчиками (приёмником спутниковой навигационной системы, одометрами, лазерами, лидарами и фронтальной, боковыми и задней камерами) для обнаружения препятствий, которые необходимо избегать, и определения полосы движения, бортового компьютера для обработки данных и принятия решений, электроприводов, обеспечивающих ускорение и торможение и воздействующих на рулевое управление для управления транспортным средством и устройствами связи (рис. 1) [1, 5].

Одним из главных и необходимых элементов развёртывания автономного вождения является цифровая модель дорожной сети, по которой перемещаются автосамосвалы. Для создания такой цифровой модели необходимо использовать весь арсенал, наработанный в маркшейдерии, геодезии, картографии и спутниковой навигации. Точность существующих систем должна быть повышена до сантиметрового диапазона. Но в условиях карьеров практически отсутствуют зоны глушения спутникового сигнала, что также относится к преимуществам внедрения роботов в условиях карьерных перевозок. Существенной проблемой может стать необходимость создания цифровой карты операционной зоны, которая в отличие от обычных карт, должна иметь трёхмерное представление [2, 3].

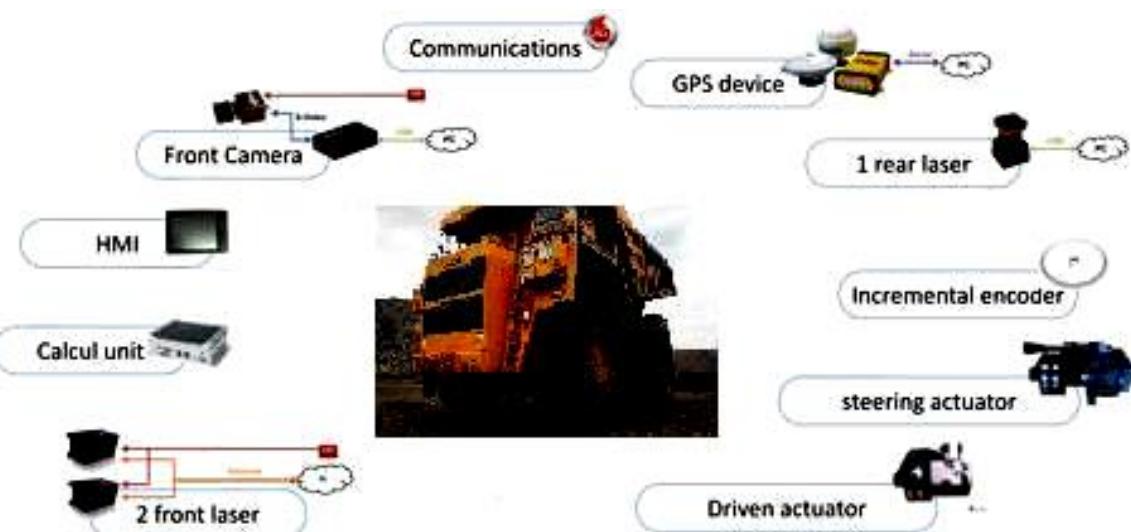


Рисунок 1 – Оборудование, минимально необходимое для движения роботизированного самосвала [1, 5]

Поставленная задача роботизации управления движением карьерных автосамосвалов на этапе перевозки горной массы с развитием информационно-коммуникационных технологий, технологий искусственного интеллекта, аппаратов и систем безлюдного управления двигателем, трансмиссией и тормозной системой и системой рулевого управления (управление «по проводам») будет решаться на уровне создания больших баз данных (big data), появления новых профессий, необходимых для обслуживания новых информационных потоков, и моделирования всего процесса перевозки.

Горнодобывающие компании получат определённые, в том числе финансовые, выгоды: водителей-операторов не нужно доставлять на вахту, организовывать им питание, отдых и т.п. Операторы перейдут в разряд офисных работников, которые будут работать посменно. Самосвалы при этом будут работать круглосуточно, останавливаясь только для пополнения топливом. Операторы не будут подвергаться риску попасть в ДТП, не будут уставать, как это бывает с водителями, не будут подвергаться воздействию вредных отработавших газов и т.д.

Роботизация повлияет и на конструкцию автосамосвалов. Например, беспилотному автомобилю больше не будут нужны не только кабина, рычаги и педали управления, лесенка, ограждение, но и многотонный козырек над кабиной, который защищает водителя от угрозы падения сверху камней. Это сделает автомобиль и легче, а, значит, и экономичнее.

В итоге, оптимальный маршрут будет рассчитываться и формироваться в соответствии с выбранным пунктом назначения конкретного автосамосвала в данный момент времени и в соответствии с данными о состоянии окружающей среды. Определив собственное местоположение, робот выберет стратегию достижения назначенного пункта, тактику движения по маршруту и будет корректировать своё передвижение в реальном масштабе времени [4]. Все необходимые воздействия на системы управления автомобилем будут осуществляться в соответствии со следующей упрощённой блок-схемой (рис. 2).

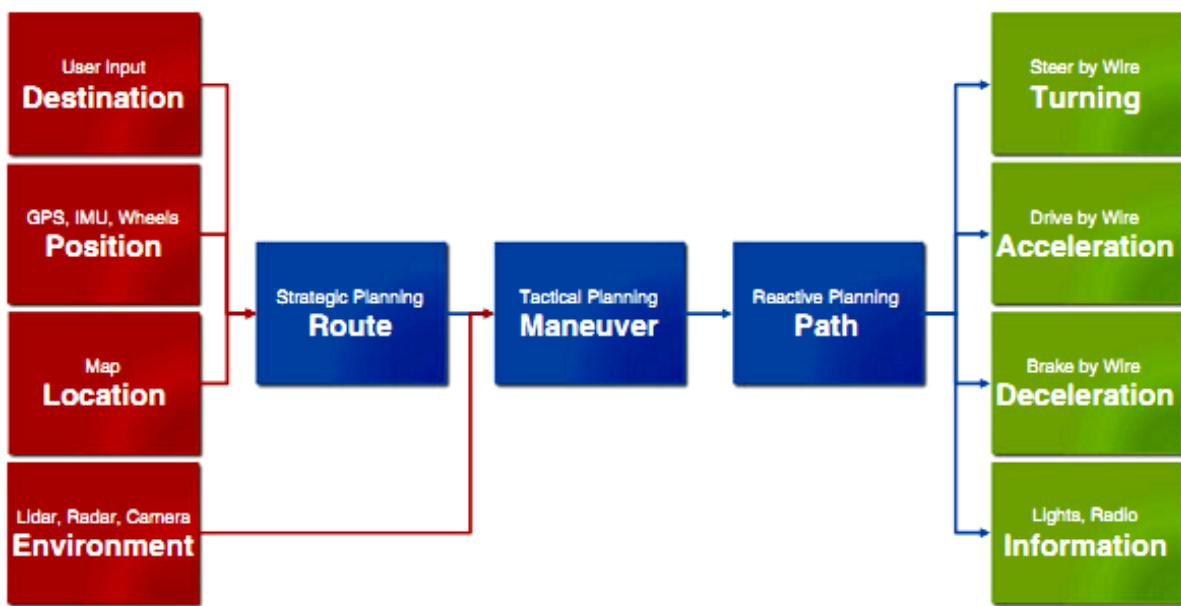


Рисунок 2 – Блок-схема автоматизированного транспортного средства  
(займствовано из [4])

### Список литературы:

1. Порубов, Д. М. Интеллектуальная система управления автономным мобильным робототехническим комплексом / Д. М. Порубов, В. С. Макаров, Д. В. Зезюлин, В. В. Беляков, В. Е. Клубничкин, Е. Е. Клубничкин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Издательство: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. – 2016. – № 5-3 (25-3). – С. 330-335.
2. Жданов, В. Л. Оценка уровня техногенной опасности городских транспортных потоков [Текст] / В. Л. Жданов, Ю. В. Трофименко // Безопасность в техносфере. – 2009. – № 1. – С. 37-43.
3. Жданов, В. Л. Индекс техногенного риска, обусловленного автотранспортным потоком [Текст] / В. Л. Жданов, В. И. Колесов, М. Л. Гуляев // Экология. Риск. Безопасность : материалы международной науч.-практ. конф., Курган, 20-21 октября 2010 г. – Курган, 2010. Т. 2. – С. 10-11.
4. Open pit mine truck robotization at the stage of rock transportation / Zhdanov Vyacheslav, Kosolapov Andrey and Ibragimova Flyura // E3S Web Conf. The First Interregional Conference «Sustainable Development of Eurasian Mining Regions (SDEMR-2019)» Volume 134, 2019 – С. 01015
5. Дубинкин Д.М. Современное состояние техники и технологий в области автономного управления движением транспортных средств угольных карьеров // Горное оборудование и электромеханика – 2019. – № 6 (146). – С. 8-15.
6. Стенин Д.В. Перспективы развития производства автономных тяжелых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых // Горное оборудование и электромеханика – 2019. – № 6 (146). – С. 3 -8 .
7. Дубинкин Д.М., Садовец В.Ю., Котиев Г.О., Карташов А.Б. Исследование процесса транспортирования вскрышных пород и угля на разрезах // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 4 (7). – С. 50-66.