

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО И АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Д. И. БОЖКАРЁВ, Д. С. ПУПАЧЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Автоматизированное управление рабочими процессами как одно из направлений совершенствования конструкций строительных и дорожных машин на сегодня является неотъемлемым атрибутом любой конкурентоспособной техники. Оно способствует оптимизации режимов эксплуатации, повышает качество и темпы строительства, снижает трудоемкость и стоимость работ, улучшает и облегчает условия труда оператора. Кроме того, современные интеллектуальные системы позволяют машинам адаптироваться к изменяющимся условиям работы и окружающей среды.

Существующие на данный момент системы автоматизации дорожно-строительных машин можно разделить на две категории:

– «grade control» – система, которая определяет и регулирует положение только рабочего органа при проведении планировочных работ, разработке грунта и т. д.;

– «machine control» – интеллектуальный комплекс, который помимо определения и регулировки продольного и поперечного углового положения рабочего органа также контролирует и передает как оператору, так и диспетчеру системы мониторинга координаты машины на строительной площадке, в т. ч. и по высотным отметкам, на основе цифровой модели проекта и информации, передаваемой системами позиционирования.

Первые системы автоматизации рабочих процессов строительных и дорожных машин начали производиться ещё в 70–80-х годах прошлого века, в том числе и в СССР. Там широкое распространение получили комплекты унифицированных приборов агрегатированных комплексов автоматической аппаратуры «Стабилоплан», «Автоплан», «Профиль» и др., разработанные в НИИСтройдормаш. Конструктивно они представляли собой наборов маятниковых датчиков, копирных систем (жестких или более совершенных лазерных), контролирующих положение рабочего органа, а также систем защиты двигателя от перегрузок [1].

На сегодня аналогичные системы автоматизации, именуемые 2D системами нивелирования, также находят широкое применение. Этому способствует ряд преимуществ, к которым можно отнести простоту эксплуатации, легкость в освоении и низкую стоимость. Кроме того, они получили дальнейшее развитие посредством внедрения в состав копирной системы ультразвуковых датчиков, обеспечивающих достаточно высокую точность выполняемых работ и возможность использования в качестве опорных поверхностей не только струны, но и бортовые камни или другие подготовленные стандартные основания.

Более технологичные и дорогостоящие 3D интеллектуальные системы используют цифровую модель проекта строительной площадки, разработанную в специализированных САД-программах, для практически полностью автоматического управления положением рабочего органа. Оператору необходимо только выбирать направление главного движения машины. При этом исключаются вероятность ошибки машиниста, обеспечивается возможность формирования машиной достаточно сложных поверхностей с высокой точностью итогового результата.

В комплект данных интеллектуальных комплексов помимо наборов датчиков с акселерометрами, оптических приемных устройств сигналов геодезического оборудования, блоков управления и док-станций бортовых компьютеров также входят антенны для приема информации с систем позиционирования. Так, по методу определения координат можно выделить:

– GNSS системы (Global Navigation Satellite System) – для позиционирования рабочего органа машины используются измерения по спутниковым сигналам систем ГЛОНАСС и GPS в режиме реального времени;

– mmGPS системы (Millimeter-GPS) – для позиционирования рабочего органа машины используются спутниковые измерения совместно с данными от проецируемой излучателем лазерной плоскости;

– LPS системы (Local Positioning System) – для позиционирования рабочего оборудования используется роботизированный электронный тахеометр, следящий за круговой призмой, зафиксированной на машине с помощью мачты.

Стоит отметить, что текущий уровень развития бортовых компьютеров и их вычислительных мощностей, а также наличие высокоточных сканеров и датчиков создают все условия для разработки полностью автоматизированных машин, снабженных «автопилотом». Ключевую роль в этом процессе играет и специальное программное обеспечение (ПО).

Исходя из стандартов SAE автоматизированное управление можно разделить на 6 уровней, где «0» – это отсутствие автоматизации, а «5» – полный автопилот с возможностью работы в любых условиях без участия человека (в настоящее время он не достижим). Так, отмеченные выше системы автоматизированного управления типа «grade control» и «machine control» представляют собой лишь второй уровень развития. Однако в настоящий момент ряд фирм, в том числе и из СНГ стремятся к созданию «автопилота» для строительных и дорожных машин четвертого уровня, функционирующего на определенном рабочем пространстве.

Ещё в 2017 году фирма Built Robotics презентовала полностью автоматизированный погрузчик гусеничного типа с бортовым поворотом, способный самостоятельно выполнять все необходимые функции без участия оператора. Используя в дальнейшем отмеченные технические наработки, уже к 2019 году она представила системы «автопилотов» для более крупной и мощной техники – бульдозеров и экскаваторов (рисунок 1). Ключевая особенность проекта – производство комплектов автоматизации, агрегируемых с различными машинами [2].

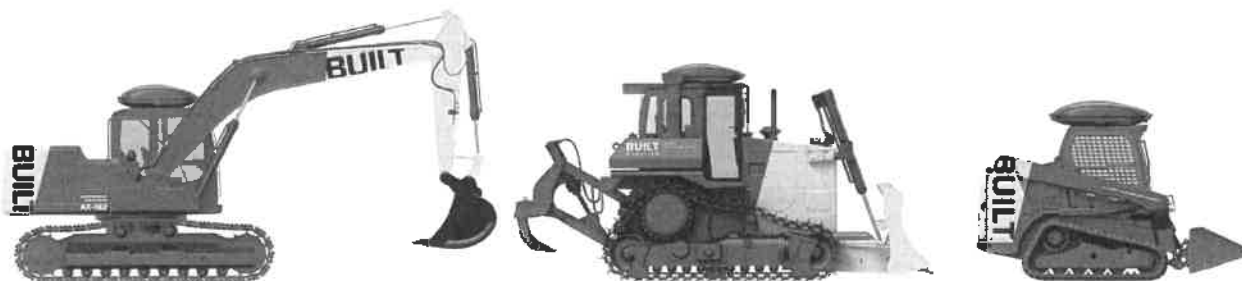


Рисунок 1 – Комплект машин Built Robotics

Комплект оборудования для модернизации существующей строительной техники включает в себя GPS и Wi-Fi-приемники, оптические дальномеры LIDAR (от англ. Light Identification Detection and Ranging – обнаружение, идентификация и определение дальности с помощью света), а также системы распознавания образов.

Алгоритм функционирования использует информацию со смонтированных на корпусе видеокamer, постоянно контролирующих рабочую зону, и бортовых датчиков. Как следствие, при обнаружении в рабочем пространстве каких-либо посторонних объектов (людей, животных, других машин) или несоответствий с информацией, указанной в цифровом проекте работ, обеспечивается автоматическая остановка и выключение машины. Кроме того, для предупреждения аварийных ситуаций существует возможность принудительного дистанционного отключения.

Прошедшая в этом году выставка Bauma 2019 также показала заинтересованность крупных производителей в разработке и производстве специализированной техники, оборудованной системами автоматического управления.

Так, на ней был впервые представлен концепт автономного катка «Robomag» от немецкой фирмы «Bomag» (рисунок 2). Отмеченная машина может работать как в полностью автоматическом режиме, так и под управлением оператора, использующего беспроводной пульт. При работе в автоматическом режиме роботизированный каток использует комплекс датчиков позиционирования и дальномер LIDAR. «Автопилот» робокатка получает информацию о положении, окружающей обстановке и перемещении, используя комбинацию различных технологий для пространственной ориентации, восприятия окружающей среды и безопасности.



Рисунок 2 – Общий вид катка Bomag Robomag

Там же фирма «Liebherr» представила концепт автономного бульдозера 7XX. Особенностью данного инновационного транспорта «стройплощадки будущего» явилась дистанционная модель управления, позволяющая при этом мгновенно переключаться между несколькими транспортными единицами. Важной составляющей этого концепта выступила система INTUSI (INTuitive User Interface), подключающая строительную технику к Интернету вещей, или Умному Интернету. Она, в последующем, будет использоваться на всех землеройных и погрузочно-разгрузочных машинах фирмы «Liebherr».

Как отмечалось выше, исключительная роль в функционировании «автопилотируемых» транспортных средств отводится специализированному программному обеспечению. Ещё в 2015 году фирма «AUTONOMOUS Solutions» (ASI) разработала и представила ПО универсального «автопилота» Mobius стандарта SAE-AS4 (JAUS), способного работать как с легковыми автомобилями и грузовиками, так и со строительной, сельскохозяйственной и промышленной техникой, оборудованной комплектом необходимых датчиков и устройств [3].

Среди отличительных особенностей данного продукта – возможность контроля и мониторинга нескольких беспилотных систем, встроенные инструменты для создания и редактирования карты района действия беспилотных объектов, легкость расстановки и задачи маршрутных точек для передвижения вкупе с простым и понятным интерфейсом (рисунок 3). Благодаря использованию открытого протокола JAUS (Joint Architecture for Unmanned Systems), Mobius может использоваться для управления транспортными средствами различных фирм-производителей.

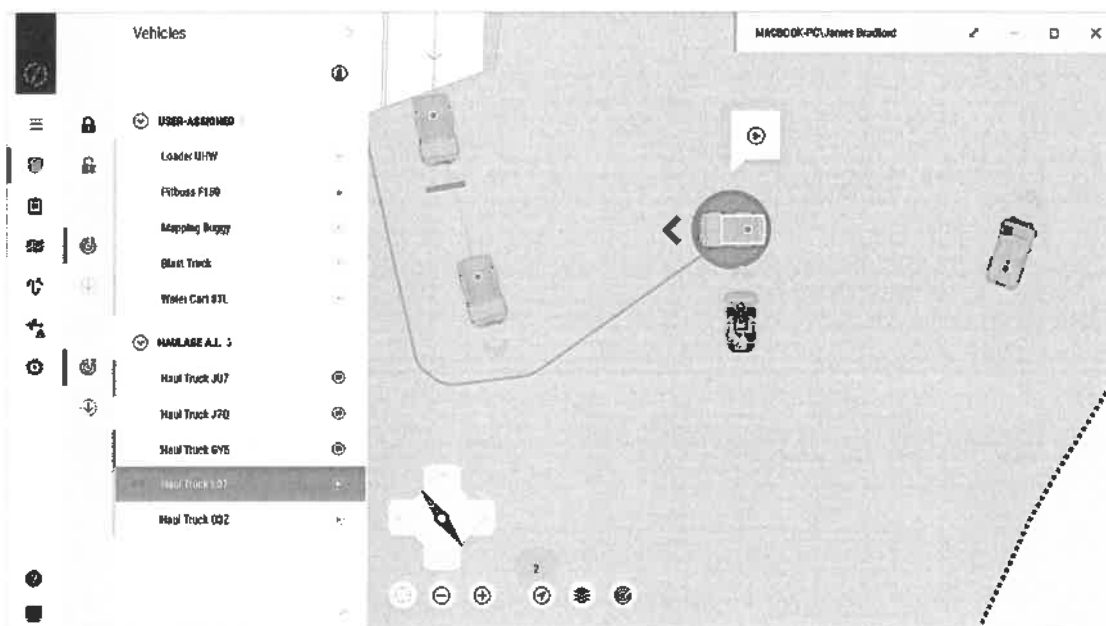


Рисунок 3 – Интерфейс ASI Mobius

Аналогичная технология была представлена в России в 2017 году в виде проекта Агробот-Роботикс – «Agrobot». Разработанная изначально для автоматизации машин для сельского хозяйства, данная система в процессе совершенствования начала охватывать всё большую сферу применения (беспилотные транспортные и пассажирские перевозки, пилотирование спецтехники).

Российский «автопилот» способен выполнять автономное движение и маневрирование в зависимости от задачи и обстановки, распознавать препятствия и пешеходов, взаимодействовать с другими участниками движения. Ключевая особенность системы – использование принципов машинного обучения. Она может работать как в режиме «помощника водителя», когда основное управление осуществляет человек на водительском месте, так и в режиме полного автопилота, когда водитель отсутствует.

Сегодня в сферу автоматизированного и автономного управления постепенно приходит концепция автоматизации не просто одиночной машины, но возможность её взаимодействия и «общения» с другими транспортными средствами посредством облачных хранилищ. Этому способствует развитие транспортной телематики и внедрение сетей связи 5G.

Обмен информации между машинами, а также машинами и транспортной инфраструктурой, в частности при помощи систем Car-2-Car, Car-2X и их аналогов, в последующем позволит снизить общую аварийность и повысить безопасность всех транспортных средств без исключения [4]. Например, в дорожно-строительной сфере эта технология позволит соответствующим службам оперативно реагировать на изменяющиеся дорожные условия и определять наиболее опасные участки (с образованием гололеда, глубокого снега, значительных водных преград, повреждением или разрушением дорожного покрытия и т. д.), где требуется их вмешательство, исходя из информации полученной непосредственно от участников движения. Новая технология связи 5G при этом обеспечит высокую пропускную способность и скорость передачи данных, снизит энергопотребление в используемых устройствах и минимизирует задержки сигнала для движущихся объектов, расширит радиус зоны покрытия одной вышкой. Уже в 2019 году подразделение Volvo Construction Equipment начало тестирование системы взаимодействия беспилотного промышленного транспорта на её основе. Цель испытаний – проверка работы экспериментальных образцов техники с возможностью дальнейшей разработки решений в областях дистанционного управления строительной техникой и полностью автоматизированных решений [5].

Список литературы

- 1 Добронравов, С. С. Строительные машины и основы автоматизации : учеб. для строительных вузов / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. – М. : Высш. шк., 2001. – 575 с.
- 2 Tremblay, B. Built Robotics builds upon its fleet of autonomous heavy equipment / B. Tremblay // Equipment Journal. – 2019. – Is. 9. – P. 7.
- 3 Mobius. Universal control for Unmanned Systems. Brochure. – Petersboro : Autonomous Solutions Inc. – 2015. – 8 p.
- 4 Car-2-Car Communication Consortium Manifesto. – Braunschweig : C2C-CC System. – 2007. – 94 p.
- 5 Werner, A. VOLVO CE Pilots Pioneering Technology / A. Werner // Spirit. Volvo Construction Equipment Magazine. – 2019. – № 1. – P. 37.

УДК 625.144.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПЛЕТЕЙ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

А. Т. БУСЬКО

ЭРУП «Путевая машинная станция № 116», г. Гомель, Республика Беларусь

В. А. ДОВГЯЛО, В. Л. МОИСЕЕНКО, Д. С. ПУПАЧЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Разработка и внедрение новых технологий и устройств, а также их реализация в путевом хозяйстве в значительной степени влияют на долговечность железнодорожного пути [1–3]. Переход на более мощную конструкцию верхнего строения и применение технологии укладки бесстыкового пути, широкая механизация путевых работ, внедрение прогрессивных информационных и ресурсосберегающих технологий являются основой дальнейшего развития Белорусской железной дороги.

Важным этапом процесса модернизации железнодорожного пути стал переход от традиционных клеммно-болтовых креплений (советской системы) типа КБ к разработкам рельсовых креплений пружинного типа. На Белорусской железной дороге было принято решение об использовании анкерного крепления для железобетонных шпал типа СБ-3. В данном креплении в качестве крепежного элемента используют монтажный анкер, закрепленный в основании шпалы. Рельс фиксируют на подрельсовом основании при помощи пружинной клеммы и комплекта изолирующих вкладышей, а под основание рельса дополнительно подкладывают эластичную подрельсовую прокладку.

Конструкция СБ-3 проста и удобна при монтаже и эксплуатации, обеспечивает надежность и упругость крепления, значительно сокращает трудозатраты и расходы на текущее содержание пути, а также снижает его общую материалоемкость. Так, при укладке 1 км пути со креплением СБ-3 по сравнению с КБ экономия металла составляет до 40 тонн. Кроме того, данное крепление не имеет резьбовых соединений, подверженных в процессе эксплуатации срывам и коррозии и, как следствие, не требует постоянного контроля и обслуживания (подтягивания и смазки). Сравнительный анализ рельсовых креплений СБ-3 и КБ, представленный в таблице 1, подтверждает многочисленные достоинства отмеченных креплений пружинного типа.