

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНОГО САМОХОДНОГО АППАРАТА В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В. С. Великанов,

доц., д-р техн. наук,

М. Д. Лукашук,

аспирант,

В. А. Курнеев,

магистрант,

В. В. Смыкова,

магистрант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

В последнее время все больше робототехнических систем становятся автономными. Для эффективной работы в условиях ограниченного пространства для самоходного беспилотного аппарата необходима бортовая навигационная система, обеспечивающая правильную интерпретацию сведений об окружающем пространстве, получаемую с помощью современных датчиков, строить маршрут передвижения, управлять параметрами движения и постоянно отслеживать собственные координаты. Цель исследования – наращивание отечественных научно-технологических компетенций в области разработки и производства роботизированного горнодобывающего оборудования.

Ключевые слова: пространство, аппарат, добыча, импортозамещение.

USE OF AN UNMANNED SELF-PROPELLED VEHICLE IN LIMITED SPACE

Recently, increasingly robotic systems are becoming autonomous. To operate effectively in confined spaces, robotic mining machines require an on-board navigation system that provides correct interpretation of information about the surrounding space obtained using modern sensors, builds a movement route, manages movement parameters, and constantly monitors its own coordinates. Purpose of the study. Increasing domestic scientific and technological competencies in the development and production of robotic mining equipment.

Keywords: space, apparatus, production, import substitution.

Развитие минерально-сырьевой базы Российской Федерации определяется добычей стратегически важных полезных ископаемых, к которым относятся прежде всего уголь, металлические руды (железная руда, медь и др.), т. е. полезные ископаемые первой группы, сырьевая база которых при любых прогнозных сценариях развития экономики РФ достаточна для удовлетворения внутренних потребностей и при необходимости обеспечения экспортных поставок. На основе аналитических отчетов установлено, что объемы добываемого в РФ угля устойчиво росли в период 2014–2019 гг. В 2020 г. они снизились относительно показателя предыдущего года на 9,6 % – до 361,8 млн т, валовая добыча (общее количество добытого угля, включая пустую породу) составила 402,1 млн т [1, 2]. По выпуску железорудной продукции РФ входит в лидеры мировых производителей, за последнее десятилетие добыча железных руд из недр выросла на 14,9 %, добыча велась на 46 месторождениях, причем около 20 % добычи сосредоточено на Урале [1]. Стратегическим вызовом, оказывающим значительное влияние на состояние угольной промышленности РФ, является увеличение импортозависимости от иностранного оборудования [1, 2]. Аналитические данные по введенному в эксплуатацию на горнодобывающих предприятиях горному оборудованию для подземной добычи угля за период 2017–2022 гг. представлены на рис. 1 (а) и по открытым горным работам – (б).

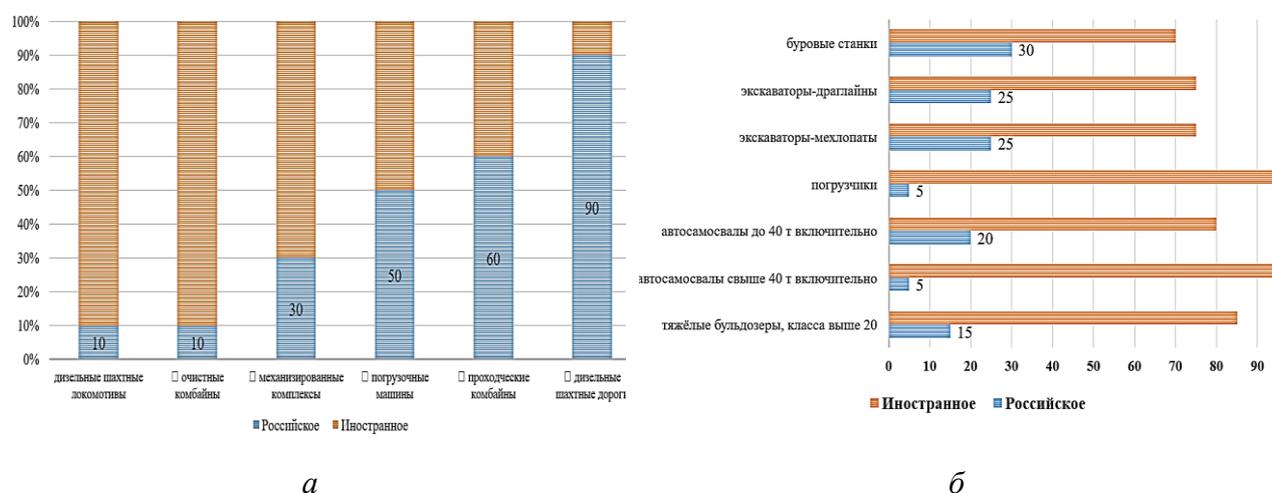


Рис. 1. Введенное в эксплуатацию на горнодобывающих предприятиях горное оборудование для добычи угля за 2017–2022 гг.

Возможности использования безлюдных технологий общепризнанны, достаточно обратиться к следующим статистическим данным: к 01.05.2022 г. количество беспилотных карьерных самосвалов, находящихся в эксплуатации во всем мире, составляло 1 068 ед. (01.05.2021 г. – 769), прирост на 39 %. Планируется, что к концу 2025 г. эта цифра превысит 1 800 единиц.

В общем случае решение задачи планирования траектории движения беспилотного самоходного аппарата определяется необходимостью устранения неопределенности среды и с принятием решения в условиях нескольких альтернатив, т. е. многокритериальности решаемой задачи. Решение требует разработки планировщиков движения в классе интеллектуальных систем. Под термином «интеллектуальная система управления» понимается система, осуществляющая целеполагание, планирование и управление движением в изменяющихся условиях без взаимодействия с оператором или системой верхнего уровня [3, 4].

В последнее время большое внимание исследователей уделяется концепции SLAM (simultaneous localization and mapping), которая может существенно способствовать как внедрению беспилотного самоходного аппарата, так и созданию актуальной на данный момент разработки модели подземной горной выработки (пространства). Идея SLAM подразумевает объединение двух процессов: построение модели окружающего пространства (mapping), как указано в наименовании концепции и определение местонахождения устройства в этой модели (localization). На данный момент концепция SLAM объединяет большое количество алгоритмов, которые можно классифицировать по области их применения (открытые или замкнутые пространства), по способу реализации (визуальный, с помощью активных зондирующих систем или их сочетание), по способу представления создаваемой модели (одногопотезное, многопотезное, с помощью графов). При этом сущность реализации SLAM остается неизменной, а именно на основе входных данных с датчиков устройство получает пространственные ориентиры, относительно местоположения которых определяет свои координаты в определенный момент времени, затем, перемещаясь, повторяет операцию,

выполняя поиск соответствий. С технической точки зрения, реализация алгоритмов SLAM возможна за счет использования в качестве основных датчиков – камер, лидаров или их сочетание, Visual SLAM, Lidar SLAM и RGB-D SLAM, которые являются тремя наиболее распространенными.

В условиях ограниченного пространства (например, подземных горных работ) возможны следующие ограничения и ряд неблагоприятных факторов для наиболее полной реализации алгоритмов SLAM: повышенная запыленность и влажность подземных горных выработок и зон работы горного оборудования; перепады температур, связанные с вентилированием горных выработок, удаленностью выработок от ствола шахты, работой оборудования; плохие условия освещения; неправильная форма сечения горных выработок; общая геометрия горных выработок. С точки зрения перемещения в подземных горных выработках интуитивно понятно, что если технический объект эксплуатируется и функционирует в трехмерной среде, то это проявляется в большем числе возможных траекторий и ограничений, накладываемых на траекторию перемещения и выполнения рабочих операций, усложнением процессов планирования.

Список литературы

1. О состоянии и использовании минеральносырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году : гос. доклад подготовлен ФГБУ «ВИМС» ; сост. и общ. ред. А. П. Данилов, Л. А. Дорожкина, О. Н. Ефанова и др., при участии А. А. Фатеевой. Москва. 2021. 572 с.
2. *Жданев О. В.* Оценка уровня локализации продукции при импортозамещении в отраслях ТЭК // Экономика регионов. 2022. Т. 18, № 3. С. 770–786.
3. *Velikanov V. S., Kozyr A. V., Dyorina N. V.* Engineering Implementation of View Objectives in Mine Excavator Design // International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017. Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. Saint-Petersburg, 2017. P. 1592–1569.
4. Моделирование и оптимизация режимов работы горных машин с использованием среды MATLAB / В. С. Великанов, И. Г. Усов, А. А. Абдрахманов и др. // Горный журнал. 2017. № 12. С. 78–81.