

УДК 005.932

doi: 10.53816/20753608_2025_3_103

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ПЛАТФОРМ
ДЛЯ ДОСТАВКИ МАТЕРИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

**JUSTIFICATION OF THE DIRECTIONS
OF DEVELOPMENT OF ROBOTIC TRANSPORT PLATFORMS
FOR THE DELIVERY OF MATERIAL IN DIFFICULT CONDITIONS**

Чл.-корр. РАРАН А.В. Бабенков^{1,2}, А.Ю. Недякин², Р.А. Хахаев³

¹РАРАН, ²ВА МТО им. А.В. Хрулева, ³МГТУ им. Н.Э. Баумана

A.V. Babenkov, A.Y. Nedyakin, R.A. Khakhaev

В статье проведен анализ существующих роботизированных платформ для доставки материальных средств подразделениям переднего края, выявлены основные недостатки и сгруппированы проблемные вопросы возникающие в процессе их применения. Для разрешения проблемных вопросов обоснованы направления развития и предложены варианты совершенствования транспортных платформ, в том числе за счет программного обеспечения на основе искусственного интеллекта.

Ключевые слова: транспортная платформа, робототехника, повышение маневренности и проходимости, автономность, искусственный интеллект.

The article analyzes existing robotic platforms for delivering supplies to frontline units, identifies the main shortcomings, and groups the problematic issues that arise during their use. To address these issues, the article proposes development directions and options for improving transport platforms, including the use of artificial intelligence-based software.

Keywords: transport platform, robotics, increased maneuverability and maneuverability, autonomy, artificial intelligence.

Изменения в особенностях ведения вооруженной борьбы и тактике современного боя обуславливают необходимость совершенствования сил и средств материального обеспечения, что, наряду с имеющимися достижениями оборонно-промышленного комплекса, в том числе упрощением и удешевлением процессов производства сложного (в недавнем прошлом) высокотехнологичного оборудования создает возможность реализации различных форм и способов повышения эффективности процессов материального обеспечения [2–5].

Одним из таких способов является применение роботизированных платформ для доставки материальных средств подразделениям переднего края, что позволяет получить ряд неоспоримых преимуществ в условиях современного боя, таких как: высокая надежность, адаптация к сложным условиям, безопасность, и экономичность.

Роботизированные платформы для доставки материальных средств и эвакуации раненых уже успешно используются в зоне специальной военной операции, что позволило провести

анализ их применения и выявить ряд проблемных вопросов [2, 3, 5].

1. Технические ограничения роботизированных платформ.

Большинство применяемых в зоне специальной военной операции роботизированных платформ имеют ограниченную грузоподъемность и дальность передвижения, обусловленную небольшой емкостью аккумуляторных батарей и расстоянием передачи сигнала с пульта управления оператора, кроме того, возможности их применения резко снижаются при воздействии средств радио-электронной борьбы противника, вследствие блокировки сигналов управления. Данные аспекты создают трудности при доставке больших объемов груза или эвакуации тяжелораненых солдат. Решение заключается в развитии гибридных приводов, создании специализированных модулей увеличенного объема и разработки автономных роботизированных платформ, способных самостоятельно перемещаться по заданным координатам без помощи оператора.

2. Сложность навигации и ориентирования.

Действующие модели зачастую испытывают трудности с точной навигацией в сложных ландшафтах и городских застройках. Наличие минных полей, разрушенных дорог и иных препятствий также осложняет движение. Для устранения этой проблемы необходимы разработки в области точного картографирования местности и внедрения продвинутых систем навигации, таких как GPS и ГЛОНАСС, а также локальное спутниковое покрытие. Альтернативой может стать разработка систем перемещения под управлением самообучающегося искусственного интеллекта, основанных на технологии машинного зрения. В частности, в качестве примера подобной системы можно привести такой программный продукт как: «Программа построения маршрута движения мобильного робота в неизвестных средах» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024668177) [1].

Программа предназначена для построения кратчайшего маршрута движения робота по территории, ограниченной вводными GPS координатами, и позволяет вычислить кратчайший путь между целевыми точками. Программа основана на алгоритме реактивной навигации, который помогает уменьшить количество поворотов мобильного робота. Данное программное обеспе-

чение в данный момент используется для построения маршрута гусеничной платформы робота «Святобор» ООО «Лесовосстановительная Робототехника» [6]. Программный комплекс реализует возможность автономного движения по динамически рассчитываемой траектории движения с возможностью детектирования препятствий, что создает великолепные возможности для движения по пересеченной местности и выполнению поставленных задач.

Исходными данными для работы могут являться координаты внешней границы местности, предназначенной для движения, координаты исключаемых из работы участков (водоемы, непроходимые участки, крупные буреломы, минные заграждения, и прочее), координаты начала и окончания маршрута, нормативное количество материальных средств в расчете на одно подразделение, максимальное время доставки.

Результатом вычисления программы является последовательность координат для движения робота, радиусы и вершины углов поворота.

3. Проблема энергоснабжения.

Продолжительная работа роботизированных платформ сильно зависит от наличия стабильного источника питания, что является прямым следствием малой емкости аккумуляторных батарей. Особенно остро эта проблема проявляется в районах с ограниченными ресурсами электроэнергии и отсутствием зарядных станций. Одним из возможных путей ее решения являются солнечные батареи и генераторы, работающие на альтернативных источниках энергии.

4. Вопросы защиты и маскировки.

Роботизированные платформы уязвимы к атакам противника, поскольку они лишены бронированной защиты. Решением может стать интеграция пассивной и активной защиты, включающей радары предупреждения и роботизированные стрелковые комплексы, также основанные на технологии искусственного интеллекта, который должен управлять всеми элементами комплекса, обеспечивая обработку данных и выработку рекомендаций по ведению огня, так как алгоритмы искусственного интеллекта принимают решения о выборе оптимальной тактики, выделении приоритетных целей и контроле расхода боеприпасов. Однако монтаж дополнительного оборудования еще больше снижает грузоподъемность роботизированной платформы.

5. Организационные и правовые вопросы.

Применение роботизированных платформ сопряжено с рядом юридических и организационных проблем, такими как ответственность за аварии и повреждения имущества третьих лиц, правовая регламентация функционирования беспилотных аппаратов и определение полномочий должностных лиц в управлении этими устройствами. Кроме того, большую актуальность приобретает вопрос технического обслуживания, регламентированного и внепланового ремонта, комплектования запасными частями, хранения, постановки на учет и порядка списания.

При всем многообразии проблемных вопросов, в результате проведенного анализа становится совершенно ясным, что внедрение и развитие систем искусственного интеллекта в исследуемой области становится не просто перспективным, а жизненно необходимым.

В свою очередь, повышение эффективности применения автономных роботизированных платформ, оснащенных программным обеспечением на основе искусственного интеллекта, для материально-технического обеспечения в условиях специальной военной операции, базируется на следующих направлениях из развития.

1. Оптимизация логистики и маршрута движения, включающие анализ оперативной обстановки в режиме реального времени, прогнозирование потребностей обеспечиваемых подразделений в ресурсах и определение рационального маршрута доставки с учетом рельефа местности, уровня риска и загруженности дороги. Таким образом, используя искусственный интеллект, платформы смогут самостоятельно выбирать оптимальный путь, учитывая динамику изменения оперативной обстановки. Программное обеспечение должно учитывать как геоданные, так и информацию о движении противника, состоянии инфраструктуры и погодных условиях.

2. Увеличение степени автономности, включающее полноценное автономное передвижение без участия оператора, самостоятельное принятие решений в непредвиденных ситуациях и возможность адаптации к изменению условий выполняемой задачи. Это направление предполагает значительное улучшение программного обеспечения и аппаратуры, обеспечивающих распознавание объектов, ситуационную осведомленность и координацию действий группы

роботизированных платформ, так как использование многоуровневых сенсоров, глубокого обучения и предсказательной аналитики значительно улучшат автономность и самостоятельность их действий.

3. Адаптивность и модульность конструкции, включающие универсальность исполнения платформы для разных типов задач, возможность легкой замены узлов и агрегатов для быстрой смены функционала, а также совместимость с разными видами грузов и приспособлений. Разработчики должны предусмотреть конструкцию платформы, допускающую быструю замену комплектующих частей, позволяя изменять назначение платформы в зависимости от текущих нужд подразделения, одновременно с расширением функционала повышая ее ремонтпригодность. Так, одна и та же платформа сможет перевозить грузы, использоваться для эвакуации пострадавших, разведки, минирования [7] или установки вооружения различных типов.

4. Устойчивость к внешним воздействиям, включающая повышение живучести платформ, создание защитных систем, предотвращающих физическое уничтожение или захват платформы, и, самое главное, обеспечение стойкости к воздействию кибератак и электромагнитному излучению. Необходимо разработать защитные механизмы, способные защитить платформу от поражения средствами противника, сделать ее менее заметной визуально и акустически, а также обеспечить защиту каналов передачи данных от взлома и помех.

5. Повышение скорости реакции и гибкости действий, включающие оперативное развертывание платформ на новом участке боя, способность мгновенно переключаться между текущими задачами и эффективное распределение нагрузки между группами роботизированных платформ. Искусственный интеллект должен обеспечивать мгновенное перераспределение приоритетов задач и корректировку планов доставки в соответствии со стохастически изменяющимися условиями. Благодаря этому, роботизированные платформы смогут динамично реагировать на появление новых угроз, повреждение инфраструктуры или потребности отдельных подразделений.

6. Аналитический сбор и обработка данных, включающие сбор данных о потребностях обеспечиваемых подразделений в режиме реального

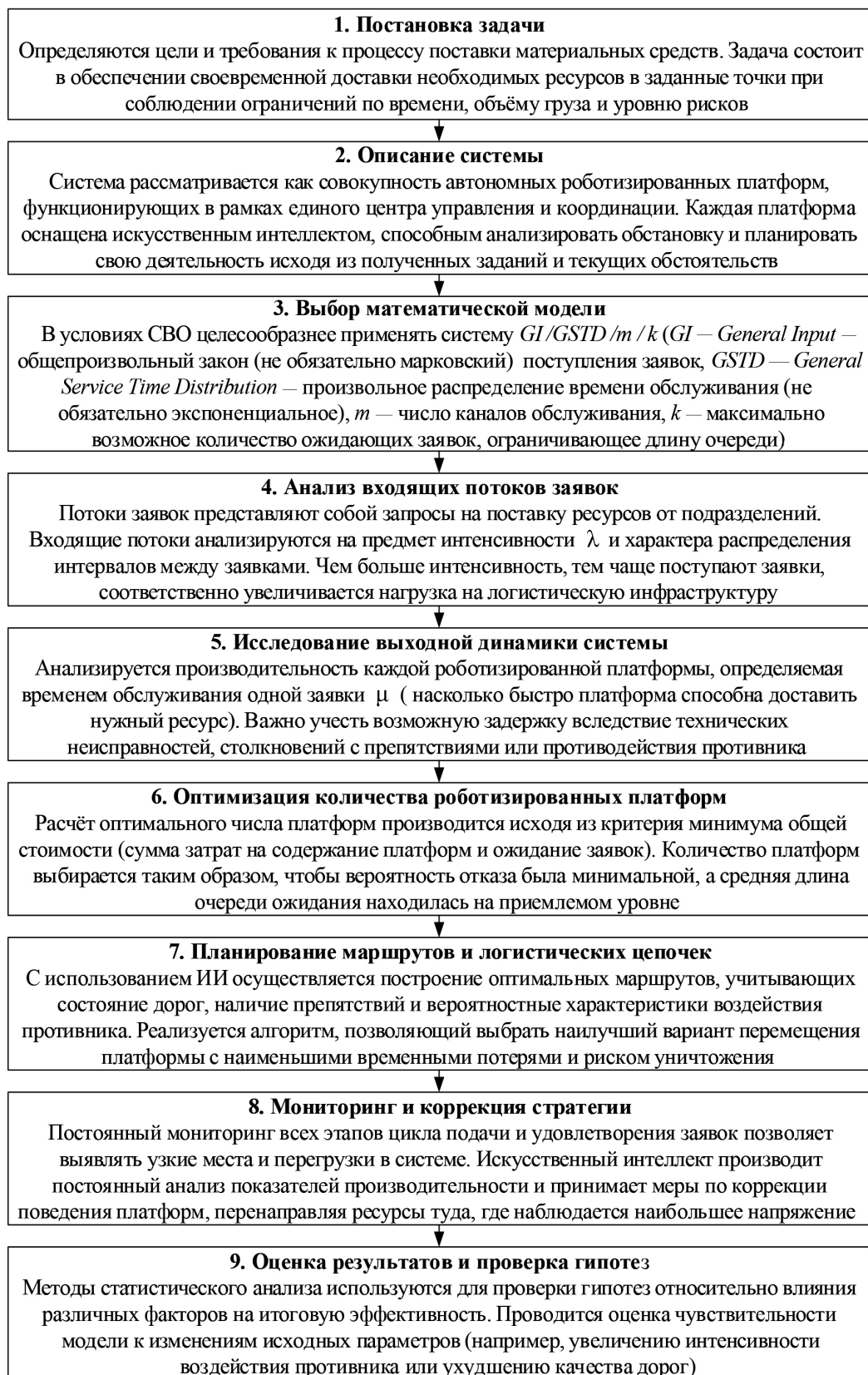


Рис. Методика применения автономных роботизированных платформ, оснащенных программным обеспечением на основе искусственного интеллекта

времени, постоянный мониторинг состояния и доступности ресурсов, оценку эффективности действий платформ и выявление «узких мест». Роботизированные платформы должны оснащаться датчиками, собирающими информацию о наличии ресурса, уровне заряда аккумуляторов, работоспособности механизмов и других параметрах. Эта информация должна оперативно передаваться в центры координации, позволяя своевременно реагировать на сбой и дефицит ресурсов.

Реализация данных направлений развития робототехнических транспортных платформ для доставки материальных средств в сложных условиях, позволит внести изменения в тактику боя и порядок материально-технического обеспечения подразделений переднего края, однако данный процесс требует разработки специальной методики, общая схема которой представлена на рисунке.

Методика основывается на принципах теории массового обслуживания, ее ключевой особенностью является процесс выбора математической модели (рисунок, блок 3). Обычно для описания потока заявок и обработки запросов используется система с марковским потоком поступления заявок, и экспоненциальным распределением времени обслуживания, однако в условиях специальной военной операции целесообразнее применять систему с общепроизвольным законом поступления заявок, произвольным распределением времени обслуживания и ограничением длины очереди. Данная модель является достаточно реалистичной, так как она учитывает различные вариации в прибытиях и обслуживании заявок, которые редко подчиняются простому экспоненциальному распределению. Модель позволяет исследовать логистические системы, где важен учет нелинейных закономерностей и неравномерности загрузки, в связи с чем идеально подходит для учета большого количества стохастических факторов.

Таким образом, в статье обоснованы основные направления совершенствования робототехнических транспортных платформ для доставки материальных средств в сложных условиях, выявлено, что эффективность их применения в условиях специальной военной операции определяется целым набором факторов, среди которых

особое значение приобретают интеллектуальная составляющая, модульность конструкции, быстрота реакций и устойчивость к внешним воздействиям. Их дальнейшее развитие станет залогом успеха логистической поддержки войск (сил) в современных конфликтах.

Список источников

1. Программа построения маршрута движения мобильного робота в неизвестных средах: св. о рег. программы для ЭВМ 2024668177 Рос. Федерация; заявл. 05.08.2024.
2. Букатов Д.С., Недякин А.Ю. Применение роботизированного комплекса в управлении дорожным движением // Экстремальная робототехника. 2024. № 1 (35). С. 448–452.
3. Бабенков А.В., Пан А.В., Жаринов И.О. Военно-экономическое обоснование направлений развития цифровых технологий в оборонно-промышленном комплексе России // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XXVII Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2024. С. 106–115.
4. Бабенков А.В., Гурьянов А.В. Военно-экономическое обоснование решения на доставку материальных средств различными видами транспорта // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XXVI Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2023. С. 59–66.
5. Бабенков А.В., Эскрива А.М., Хонин С.С. Методические основы выбора подвижного состава для перевозки грузов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2023. № 4 (129). С. 38–44.
6. Хахаев Р.А., Савченкова В.А. Применение автономных роботизированных комплексов в лесовосстановлении // Природообустройство. 2024. № 4. С. 133–140.
7. Бабенков А. В., Недякин А.Ю., Хахаев Р.А. К вопросу применения автономных роботизированных комплексов для установки минных полей // Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии Российской Федерации. Выпуск 2 (18) (июнь 2025). С. 9–15.