

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ
РОБОТОВ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ
A REVIEW OF THE USE OF AUTONOMOUS MOBILE ROBOTS
IN URBAN ENVIRONMENTS**

Локтионов А.С., студент

Стариков А.В., д.т.н., профессор

Мельников А.В., д.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

sasaloktionov255@gmail.com

Loktionov A.S., Student

Starikov A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor

Melnikov A.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov,

Voronezh, Russia

Аннотация: Рассмотрены автономные мобильные роботы для применения в городских условиях. Приведена классификация мобильных городских роботов, показаны примеры их использования, отмечены особенности их конструкции, а также возможности расширения областей их применения.

Abstract: Autonomous mobile robots for use in urban environments are examined. A classification of urban mobile robots is presented, examples of their use are shown, their design features are highlighted, and potential applications for their use are explored.

Ключевые слова: Робот, городская среда, взаимодействие.

Keywords: Robot, urban environment, interaction.

Перечень областей применения мобильных роботов постоянно расширяется. В последние годы все больше моделей мобильных роботов разрабатываются и используются для выполнения различных функций в условиях совре-

менного города. От мобильных городских роботов требуется не только автоматически выполнять поставленные задачи, но и идентифицировать и обходить препятствия, а также осуществлять взаимодействие с человеком. Использование в системе управления средств искусственного интеллекта позволяет разрабатывать автономные мобильные роботы, которые способны адаптировать алгоритмы своего поведения под изменяющиеся внешние условия.

Городские роботы могут выполнять следующие функциональные задачи:

- уборка территорий;
- патрулирование улиц;
- доставка товаров;
- экологический мониторинг;
- обслуживание человека.

Помимо выполнения функциональных задач роботам приходится взаимодействовать с окружающим их миром. С помощью датчиков и алгоритмов управления они обходят препятствия, строят маршруты движения и взаимодействуют с людьми.

Основу конструкции данных роботов составляют следующие элементы:

1. Корпус, который является оболочкой для всех компонентов робота.
2. Электродвигатели, приводящие механические части робота в движение и позволяющие передвигаться по территории.
3. Исполнительные органы, предназначенные для выполнения функциональных задач, для которых проектировался робот.
4. Камеры и датчики, с помощью которых робот может получать информацию об окружающем мире.
5. Искусственный интеллект, являющийся неотделимой частью автономного робота. Он позволяет ориентироваться в пространстве, обходить препятствия и взаимодействовать с человеком, а также принимать решения в нестандартных ситуациях.

Помимо перечисленных выше компонентов могут использоваться и другие: индикаторы, экраны и т.д.

Городские роботы могут классифицироваться по следующим критериям:

- по конструкции (робот, может быть, компактных размеров или громоздких);
- по степени с взаимодействием с людьми (робот, который может взаимодействовать с ними или не может);

– по типу выполняемой функциональной задачи (уборщик, парильщик и т.д.).

В большинстве случаев роботы классифицируются по типу выполняемых функциональных задач. Рассмотрим следующие виды роботов:

1) Патрульный робот – это автономный робот, который поддерживает безопасность на отведенной ему территории. Такие роботы могут вести съёмку происходящего, фиксировать правонарушения и передавать информацию о них в ближайший отдел полиции. Данный тип роботов могут быть как наземного типа, так и надземного.

2) Робот-доставщик – это автономный робот для доставки груза заказчику, который может перемещаться по дорогам и тротуарам. Такие роботы взаимодействуют не только с людьми, но и анализируют дорожную ситуацию, выполняют правила дорожного движения.

3) Робот для экологического мониторинга – это автономный робот, который предназначен для сбора данных о состоянии окружающей среды в режиме реального времени. Такие роботы позволяют оценить экологическое состояние города.

4) Сервисные роботы – это роботы, предназначенные для обслуживания людей. Такие роботов используются в парках и торговых центрах, в кафе и т.д.

5) Робот-уборщик – это автономное устройство, которое предназначено для уборки городских территорий, в том числе тротуаров и дорожек. Кроме этого, такие роботы могут убирать и жилые территории, парковочные места и т.д.

Ниже рассмотрены примеры использования автономных роботов в городских условиях.

Робот-полицейский. Xavier – автономный робот-полицейский, который в 2021 году участвовал в экспериментах по контролю общественного порядка в Сингапуре. Данный робот оснащён камерой, имеющей угол обзора 360 градусов, а также функцию ночного зрения. Также у робота имеются сенсоры, позволяющие различать ему статичные и движущиеся объекты. Автономный робот-патрульный может развивать скорость до 5 км/ч и работать без подзарядки около 5 часов.

Робот может наблюдать за порядком в общественных местах и при обнаружении нарушения может отправить оповещение своим коллегам-полицейским. Xavier может сделать предупреждение человеку за курение в непредназначенных для этого местах, за незаконную парковку, за пренебрежение социальной дистанцией и скопление группами более пяти человек, за проезд механических транспортных средств в неположенных для этого местах. Он может транслировать заранее записанные аудиосообщения или же связываться с сотрудниками полиции, которые через громкую связь будут вести диалог с нарушителем [1, 2].

Внешний вид робота-полицейского Xavier представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Робот-полицейский Xavier

Имеется также отечественная разработка робота-полицейского, получившего кодовое наименование «Патрульный». Это городской робот, основными задачами которого являются патрулирование больших территорий в дневное и ночное время, поддержка условий безопасности, распознавание нештатных ситуаций, оказание помощи людям, в том числе маломобильным гражданам. Данный робот разрабатывался в расчете на климатические условия России и обладает большей проходимостью, чем рассмотренный выше китайский робот-

полицейский, при схожем с ним функционале [3]. Внешний вид робота «Патрульный» представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Робот-полицейский «Патрульный»

Робот-курьер (ровер) Яндекса – автономный робот, разработанный компанией «Яндекс» для доставки малогабаритных грузов, посылок и почты, который эксплуатируется с 2019 года.

Робот представляет собой небольшой вездеход с тремя парами колес. В контейнер робота упаковываются грузы и посылки весом до 20 кг. Робот оснащен множеством датчиков, камерами и лидаром, что обеспечивает ему высокую степень автономности. Ровер способен двигаться по различной местности, включая заснеженную, но все же предпочтительным является перемещение по дорогам. Робот способен обходить препятствия, людей и машины. В случае возникновения каких-либо проблем, например, столкновения с машиной или нападения хулиганов, робот посылает сигнал в ближайший пункт управления Яндекса. Вес робота составляет 70 кг, он развивает скорость до 8 км/ч. С начала использования робот модифицировался 5 раз. Каждая модификация повышала продолжительность работы, грузоподъемность и уровень автоматизации [4].

Принцип работы ровера заключается в следующем:

- Робот передвигается по городу, самостоятельно определяя оптимальный маршрут, обладает возможностями для преодоления ряда препятствий (например, невысоких бордюров).
- Робот способен пользоваться пешеходными переходами, распознает сигналы светофора, обеспечивает обзор 360°, идентифицирует приближающиеся объекты.

– Если на пути робота оказывается человек или какое-либо препятствие (например, ограждение), робот останавливается и предпринимает действия по его объезду.

– При сильном сближении с людьми, робот останавливается и ожидает, действий со стороны человека. Особую осторожность робот проявляет при сближении с детьми, при активных действиях ребёнка в отношении робота, он может связаться с оператором и запросить помощь [5].

Внешний вид ровера от Яндекса представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Ровер от Яндекса

Робот экологического мониторинга Т5 Экобот – это автономный передвижной комплекс для оперативного экологического мониторинга воздуха, воды и почвы в промышленных, урбанизированных и природных зонах. Данный робот разработан для круглосуточного применения в полевых условиях, где требуется точное измерение концентраций вредных веществ без участия человека. Робот обеспечивает выполнение функций лабораторного анализа, навигации и передачи данных.

Корпус робота выполнен из антикоррозионных материалов, которые обеспечивают надёжную защиту при температурных перепадах и воздействии агрессивной среды. Робот оснащен системой позиционирования и автономного передвижения, что позволяет проводить маршрутный отбор проб по заданным координатам.

Встроенный аналитический блок позволяет выполнить экспресс-обработку данных и передать результаты на сервер. Модульная конструкция робота позволяет легко адаптировать комплекс под разные задачи: экологический аудит, промышленный контроль, оценку влияния предприятий на окружающую среду. Робот может применяться в различных условиях для экологического мониторинга региона или предприятия [6].

Робот экологического контроля состояния атмосферы способен работать как днем, так и ночью, поскольку оснащен собственной инфракрасной подсветкой пути движения, так же может обходить препятствия [7].

Внешний вид робота T5 Экобот показан на рисунке 4.



Рисунок 4 – T5 Экобот

BellaBot Pro – робот-официант, который включает в себя функции доставки, взаимодействия с людьми и рекламной платформы. Данный робот предназначен для повышения эффективности обслуживания и привлечения внимания посетителей [8].

Особенности BellaBot Pro:

Автономная работа. Робот самостоятельно перемещается по залу и доставляет заказы на столики клиентов. Умные лотки автоматически распознают блюда и оповещают гостей о прибытии заказа.

Большой рекламный экран. Робот оснащен 18,5-дюймовым дисплеем на котором показывает рекламу и промо-материалы, привлекая посетителей.

Интерактивное общение. Робот приветствует гостей голосом, реагирует на прикосновения, выражает эмоции на экране и с помощью световой индикации.

Безопасность и стабильность. Система Omni-Sense с камерами, 3D-датчиками и лидаром гарантирует безопасное перемещение робота в пространстве [9].

Данный робот может применяться в парках, кафе и ресторанах, а также и в больницах. Внешний вид робота BellaBot Pro показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – BellaBot Pro

Пиксель – робот-уборщик, который может работать в парках и на улицах города. Разработчиком робота является московская компания «Автономика». Робот может работать как в автономном режиме, так и в ручном – с использованием пульта дистанционного управления [10].

Робот предназначен для работы с навесным оборудованием, что позволяет использовать его в любое время года. Кроме смены оборудования робот может использовать различные программы, обеспечивающие выполнение различных функций – от снегоуборщика до пылесоса. Размеры и мощность робота рассчитаны на московский климат, т.е. робот способен выдерживать как жару, так морозы. Возможно обучение робота с помощью цифрового двойника улиц города, что повышает его «топографические» способности.

Робот может развивать скорость до 10 км/ч и работать до 16 часов в сутки с промежуточными подзарядками, производя уборку до 2 гектаров территории. Робот оснащен многосенсорной системой навигации и компьютерным зрением, благодаря чему может без проблем ориентироваться в пространстве и избегать столкновений [11].

На рисунках 6 и 7 показано оснащение робота для использования в разные сезоны (лето/зима).



Рисунок 6 – Пиксель для использования летом



Рисунок 7 – Пиксель для использования зимой

Рассмотренные выше роботы различаются не только сферой деятельностью, но и степенью взаимодействия с городской средой, представленной живыми и неживыми объектами.

Рассмотрим основные возможности представленных роботов:

1. Роботы-полицейские Xavier и «Патрульный» могут взаимодействовать с людьми и обходить препятствия.

2. Ровер от Яндекса может взаимодействовать с людьми, обходить препятствия, а также соблюдать правила дорожного движения.

3. T5 Экобот может обходить препятствия. Информация о взаимодействии робота с людьми отсутствует.

4. BellaBot Pro может взаимодействовать с людьми и обходить препятствия.

5. «Пиксель» может обходить препятствия. При виде человека может корректировать свои действия.

На основе рассмотренных возможностей роботов можно выделить 4 ключевых критерия:

1. Мобильность и адаптация в городской среде

– Способность перемещаться по разным типам поверхностей (тротуар, снег, листва и грязь).

– Учет погодных условий (влагозащита, работа при морозах и в жару).

Пример: «Пиксель» работает и зимой, и летом; ровер от Яндекса может двигаться по снегу.

2. Навигационная автономность и безопасность

– Уровень объезда препятствий.

– Соблюдение правил населенного пункта (ПДД, пешеходные переходы, светофоры).

– Работа в темноте (фонари, инфракрасная подсветка, ночное зрение).

Пример: Xavier имеет обзор 360°; ровер от Яндекса распознает сигналы светофора.

3. Социальное взаимодействие (Человек-Робот)

– Способность распознавать людей и их действия (дети, нарушители).

– Наличие обратной связи (голосовое оповещение, экран, индикация, аудиосообщения).

– Реакция на нестандартное поведение человека (агрессия, просьба о помощи).

Пример: BellaBot Pro выражает эмоции; «Патрульный» помогает маломобильным людям.

4. Интеллектуальная обработка данных (ИИ)

- Способность к обучению в новых условиях (цифровые двойники).
- Принятие решений в нестандартных ситуациях.
- Связь с внешними системами (передача данных в участок, на сервер, оператору).

Пример: «Пиксель» обучается на цифровом двойнике; «Т5 Экобот» передает данные на сервер.

В городской среде очень важны «Безопасность» и «Социальное взаимодействие», так как робот находится среди людей. Интеллект важен для автономности, но является скорее инструментом для выполнения критериев 2 и 3. Мобильность – базовая необходимость, но уступает в приоритете безопасности.

Составим таблицу приоритеты критериев (К относительно Цели).

Таблица 1 – таблица приоритетов

Критерий	1	2	3	4	Вектор приоритетов
Мобильность	1	1/3	1/3	2	0.15
Навигация/Безопасность	3	1	2	3	0.44
Социальное взаимодействие	3	1/2	1	3	0.31
Интеллект (ИИ)	1/2	1/3	1/3	1	0.10
Сумма					1.00

Составим таблицу оценка роботов, по данным, которые уже имеются.

Таблица 2 – Экспертная оценка роботов

Робот	К1 (Мобильность)	К2 (Безопасность/Навигация)	К3 (Социальное)	К4 (ИИ/Аналитика)
Патрульный	7 (до 5 км/ч, ровные	9 (360° камера,	8 (аудиоопо-	7 (распознавание нару-

Робот	К1 (Мобильность)	К2 (Безопасность/Навигация)	К3 (Социальное)	К4 (ИИ/Аналитика)
(Xavier)	поверхности)	ночь, сенсоры)	вещение, связь с оператором)	шений)
Доставщик (Ровер)	8 (вездеход, 3 пары колес, снег)	10 (ПДД, светофоры, объезд людей)	6 (дистантное, связь при ЧП)	9 (обновления, оптимизация маршрута)
Эколог (T5)	6 (специализированное шасси)	8 (инфракрасное зрение, объезд)	2 (не предусмотрено статьей)	8 (анализ проб, передача данных)
Сервисный (BellaBot)	5 (помещения/парк, ровный пол)	7 (лидар, 3D-датчики)	10 (эмоции, экран, голос)	6 (распознавание блюд)
Уборщик (Пиксель)	9 (вездеход, смена навесного, климат)	8 (компьютерное зрение, избегание)	5 (корректировка при виде человека)	8 (обучение на двойнике)

В рассмотренных выше роботах за взаимодействия с окружающим миром отвечают различные датчики, лидары и камеры, но важнейшим элементом является программное обеспечение, чем оно совершеннее, тем роботы лучше взаимодействуют с людьми и другими объектами окружающего мира. Также для лучшего взаимодействия с городской средой используются не только компоненты для обработки поступающих данных об окружающем мире, но и компоненты для вывода информации в окружающую среду. С ее помощью можно уведомить человека о цели робота, не прибегая к длительному простоя и ожиданию команды оператора.

Для использования в мегаполисе с высокой плотностью населения оптимальным решением (согласно данным представленным в таблицах) является Ровер от Яндекса или модернизированный Патрульный с усиленной функцией социального ИИ.

В заключении отметим, что в настоящее время существует множество роботов для городской среды, которые могут выполнять различные задачи: от обслуживания человека до уборки территорий. Имеются роботы, которые не сильно взаимодействуют с людьми, но для выполнения их функциональных задач это не является необходимым. Однако появляется все больше разновидностей роботов, которые могут в полной мере общаться с человеком. Эти роботы имеют более сложное устройство, включая алгоритмы его работы.

Для городской среды предпочтительнее использовать роботы, которые могут достаточно полно взаимодействовать с городской средой, в частности, ориентироваться в городе, обходить препятствия и взаимодействовать с людьми. Такие роботы являются более универсальными и их можно будет использовать в различных целях.

Список литературы

1. Робот-полицейский начал патрулировать Сингапур // Skillbox. – URL: <https://skillbox.ru/media/business/robotpolitseyskiy-nachal-patrulirovat-singapur/?ysclid=mlxzshpmhe149997121> (дата обращения: 20.02.2026).
2. На улицах Сингапура появился робот-полицейский Xavier // РБК Тренды. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/613f04739a7947af25776881> (дата обращения: 20.02.2026).
3. Патрульный робот // Гумич-РТК : официальный сайт компании. – URL: <https://gumich-rtk.ru/roboty/patrulnyj/?ysclid=mly08dkeaj96048262> (дата обращения: 20.02.2026).
4. Робот-доставщик «Яндекса» // Википедия: свободная энциклопедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Робот-доставщик_«Яндекса» (дата обращения: 20.02.2026).
5. Робот-доставщик // Яндекс: официальный сайт. – URL: <https://autonomy.yandex.ru/products/robot> (дата обращения: 20.02.2026).
6. Мобильный роботизированный экопост Экобот-Лаборант // Газанализатор.ру. – URL: <https://gazoanalizator.ru/catalog/gazoanalizatory/mobilnyy-robotizirovannyu-ekopost-ekobot-laborant/> (дата обращения: 21.02.2026).
7. Робот экологического мониторинга загрязнения воздуха Т5 Экобот // Промвест: информационный портал. – URL: <https://promvest.info/ru/goods/robot-ekologicheskogo-monitoringa-zagryazneniya-vozduha-t5-ekobot/> (дата обращения: 21.02.2026).

8. BellaBot – робот-официант // ТЕХНОРОБОТ: официальный сайт компании. – URL: <https://xn--4-btb7b.xn--p1ai/bellabot> (дата обращения: 22.02.2026).
9. Робот-официант Pudu BellaBot PRO // TINVEST: интернет-магазин. – URL: <https://tnvst.ru/catalog/servisnye-roboty/robot-ofitsiant-pudu-bellabot-pro/> (дата обращения: 22.02.2026).
10. Пиксель (робот-уборщик) // Tadviser: [портал]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Пиксель_\(робот-уборщик\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Пиксель_(робот-уборщик)) (дата обращения: 22.02.2026).

References

1. A police robot has started patrolling Singapore // Skillbox. – URL: <https://skillbox.ru/media/business/robotpolitseyskiy-nachal-patrulirovat-singapur/?ysclid=mlxzshpmhe149997121> (date of conversion: 02/20/2026).
2. Xavier police robot appeared on the streets of Singapore // RBC Trends. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/613f04739a7947af25776881> (date of access: 02/20/2026).
3. Patrol robot // Gumich-RTK : the official website of the company. – URL: <https://gumich-rtk.ru/roboty/patrulnyj/?ysclid=mly08dkeaj96048262> (accessed: 02/20/2026).
4. The Yandex delivery robot // Wikipedia: a free encyclopedia. –URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Yandex_Delivery_robot_ (accessed: 02/20/2026).
5. Delivery robot // Yandex: the official website. – URL: <https://autonomy.yandex.ru/products/robot> (date of access: 02/20/2026).
6. Mobile robotic ecostat Ecobot-Laboratory assistant // <url> – URL: <https://gazoanalizator.ru/catalog/gazoanalizatory/mobilnyy-robotizirovanny-ekopost-ekobot-laborant/> (date of access: 02/21/2026).
7. Robot for environmental monitoring of air pollution T5 Ecobot // Promvest: information portal. – URL: <https://promvest.info/ru/goods/robot-ekologicheskogo-monitoringa-zagryazneniya-vozduha-t5-ekobot/> (date of access: 02/21/2026).
8. BellaBot robot waiter // TECHNOROBOT: the official website of the company. – URL: <https://xn--4-btb7b.xn--p1ai/bellabot> (date of conversion: 02/22/2026).
9. Pudu BellaBot PRO waiter robot // TINVEST: online store. – URL: <https://tnvst.ru/catalog/servisnye-roboty/robot-ofitsiant-pudu-bellabot-pro/> (date of access: 02/22/2026).
10. Pixel (cleaning robot) // Tadviser: [portal]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Product:Pixel_\(cleaning_robot\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Product:Pixel_(cleaning_robot)) (accessed: 02/22/2026).