

Belarusian National Technical University, Department «Technical operation of vehicles»; compiled by: A. S. Gursky, I. A. Serebryakov. – Minsk: BNTU, 2020.

9. Filippovich, A. I. BMS: measurement of analog indicators and transformation into digital ones / A. I. Filippovich, A. S. Gursky // Autotractor building and road transport: collection scientific works: in 2 volumes / Belarusian National Technical University, Automotive and Tractor Faculty; editorial board: D. V. Kapsky (responsible editor) [et al.]. – Minsk: BNTU, 2021. – V. 2. – P. 53–61.

10. The use of lithium-iron-phosphate batteries as part of operational DC systems at distribution substations and power plants. – Information and analytical journal «Energoexpert». – Moscow: Publishing House «Vsyta Elektrotehnika», 2016 – № 2. – P. 46–54.

11. Gursky, A. S. Improving the charging process of electric vehicle batteries / A. S. Gursky, V. M. Izoitko, K. V. Buikus // Inventor. – 2022. – № 1–2. – P. 21–24.

12. <https://probatareiki.ru/akkumulyatory/litij-zhelezo-fosfatnyj-akkumulyator-osobennosti-i-harakteristiki>.

УДК 629.113

ГОНЧАРОВА Е. А.,

ст. преп.

E-mail: hancharova@bntu.by

БОЙКОВ В. П., д-р техн. наук, проф.,

зав. каф. «Тракторы»

E-mail: trak_atf@bntu.by

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 07.07.2022

ЭТАПЫ ПЕРЕХОДА К БЕСПИЛОТНЫМ АВТОМОБИЛЯМ

Ожидается, что автономное вождение произведет революцию в дорожном движении, смягчив текущие внешние факторы, особенно аварии и заторы. Тем не менее, сомнения и проблемы, которые необходимо преодолеть, по-прежнему огромны, поскольку внедрение автономной среды вождения включает в себя не только сложные автомобильные технологии, но и поведение людей, этику, стратегии управления дорожным движением, политику, ответственность и т. д. С технической точки зрения однозначное обнаружение препятствий на высоких скоростях и на больших расстояниях является одной из самых больших трудностей. Что касается стратегий управления дорожным движением, все подходы разделяют представление о том, что транспортные средства должны вести себя сообща. Обсуждаются варианты общего сотрудничества V2V и взвода, оба с несколькими вариантами. С помощью моделирования разрабатываются и проверяются различные стратегии, построенные с разных точек зрения. В этой статье представлен обзор современного состояния дел в ключевых аспектах автономного вождения.

Ключевые слова: автономные транспортные средства, автомобильные технологии, совместное вождение, эффективность дорожного движения, влияние автоматизации транспортных средств.

Введение

Необходимость в новом продукте и его разработке возникает исходя из потребностей че-

ловека, которые представляются на потребительском рынке через соответствующий новый продукт.

Для того чтобы оценить и определить возможности создания такого продукта, как бы нам не хотелось ускорить его появление, мы должны четко представлять уровень развития мировой промышленности, включая технологии и разработки. Об этом нам говорит содержание того или иного мирового технологического уклада. Уклады сегодняшнего и завтрашнего дня – это 5-й и 6-й.

5-й технологический уклад (1990–2040): электронная промышленность, вычислительная техника и оптоволоконные технологии, программное обеспечение, цифровая экономика, телекоммуникации, роботостроение, автономные (беспилотные) транспортные средства.

6-й технологический уклад (2040–2090): биотехнология, искусственный интеллект, глобальные информационные сети, интегрированные высокоскоростные транспортные системы [1].

Поэтому нам, прежде всего, необходимо оценить необходимость такой разработки, а затем – технологические и производственные возможности ее реализации ориентируясь, естественно, только на перспективные методы, определяющие основу и суть одного из двух приведенных технологических укладов [2] (в нашем случае – беспилотники уже должны присутствовать на рынке в 5-м укладе).

Итак, чем же вызвана необходимость в беспилотных транспортных средствах?

Мир сегодня в рамках четвертой промышленной революции – Индустрия 4.0 и вот ее основные составляющие: материальный мир соединяется с виртуальным порождая новые кибер-физические системы (CPS), объединенные в одну цифровую экосистему; экономика переходит к новому технологическому укладу: технологии искусственного интеллекта, облачные вычисления и робототехнические системы; главная цель уклада: освобождение человека от скучного рутинного труда, повышение качества жизни, новый уровень организации производства и транспортных систем.

Эти составляющие четко иллюстрирует приведенная ниже схема (рисунок 1).



Рисунок 1 – Элементы Индустрии 4.0

Причины, побуждающие к созданию беспилотных транспортных средств

Основные причины, побуждающие к созданию беспилотных транспортных средств и организации инфраструктуры для их движения [3]:

– возросшие визуальные требования, предъявляемые к водителям из-за добавления большего количества встроенных систем;

– автомобиль – новый тип коммуникационной платформы: радио, мобильные устройства, телефон, Интернет, телевидение и социальные сети;

– визуальные когнитивные ресурсы водителя ограничены из-за большого объема или неправильно представленной информации и, как следствие, отсутствие должного контроля за дорожным движением и системой безопасности своего собственного транспортного средства.

Анализируя эти причины и уровень технологического мирового развития приходим к выводу, что для реализации нашей цели есть все основания, и технологии. Дело в том, что инструментарий, который будет пронизывать все отраслевые блоки в ближайшие 10 лет – это искусственный интеллект. А беспилотные технологии, развивающиеся с помощью этого инструментария – наиболее перспективная сфера в автомобильной отрасли. Сегодня над технологиями автономного вождения работают крупные технологические компании Мира. Беларусь не отстает в этом плане. Дело в том, что в нашей стране исторически сложилась довольно сильная школа искусственного интеллекта, результатами труда которой пользуются в различных странах мира.

Еще в 80-е и 90-е годы все более широкое развитие получают транспортные средства городского электрического транспорта, открываются новые троллейбусные и трамвайные маршруты в различных городах республики, появился и расширяется метрополитен в Минске. С 1994 года завод «Белкоммунмаш» уже стал производить такие транспортные средства на основе собственных разработок.

В связи с мировыми тенденциями обеспечения экологической безопасности планеты намечались серьезные изменения в мировой концепции развития транспортных средств и мобильных машин. Превалирующее развитие получают именно электрические транспортные средства. В Республике Беларусь сформирована Государственная программа по развитию электрического транспорта и соответствующей городской инфраструктуры [4].

Сегодня расширяется количество видов и моделей электрического транспорта – электромобили, электробусы, троллейбусы с автономным ходом, тракторы с электрической трансмиссией, беспилотные модификации транспортных средств и т. д.

Итак, главная задача беспилотника – провести пассажира по нужному ему маршруту безопасно. Эта задача может быть успешно решена путем разработки следующих блоков [3]:

- алгоритма объединения данных от нескольких установленных на машину датчиков, поступающих в режиме реального времени, с offline-картой с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути;
- технологии взаимодействия с инфраструктурой дороги (умный город);
- приборного обеспечения комплексной технологии беспилотного наземного транспорта.

Эти блоки объединяются в одну систему: «приборное обеспечение и автоматизация автомобиля – приборное обеспечение и автоматизация инфраструктуры дороги – технология и алгоритм взаимодействия с инфраструктурой дороги (умный город)». Для реализации этой системы в структуре алгоритма беспилотника необходимо пройти три стадии – автоматизацию авто, приборную цифровизацию дорожного пути или дорожной инфраструктуры и алгоритм принятия конечных решений, т. е. взаимодействия с инфраструктурой дороги (умный город).

Итак, автоматизация автомобиля. Суть алгоритма взаимодействия беспилотника с дорожной инфраструктурой в объединении данных от нескольких установленных на машину датчиков, поступающих в режиме реального времени, с offline-картой при одновременном контроле текущего местоположения и пройденного пути.

Автоматизированному вождению уделяется все больше внимания для всех видов транспорта. Наиболее часто приводимые доводы в пользу этой технологии включают повышение эффективности транспорта, что приводит к лучшему использованию производственных мощностей и меньшему негативному воздействию на окружающую среду.

Уровни автоматизации автономного транспорта

SAE International (Международное общество автомобильных инженеров) была представлена система классификации транспортных средств по степени их автоматизации, начиная от транспортных средств уровня 0, полностью управляемых человеком, и заканчивая автономными

транспортными средствами 5 уровня. Автомобили 2-го уровня, которые могут, например, автономно регулировать скорость и помогать управлять транспортным средством при определенных условиях, доступны уже сегодня, но водитель должен все время следить за дорогой. Автономные автомобили 3-го уровня, которые уже были протестированы в уличном движении, могут самостоятельно ездить по большинству нанесенных на карту дорог, однако они все еще требуют участия водителя. Он должен обратить внимание и принять на себя управление после получения соответствующего уведомления. Тем не менее, автомобильная промышленность не прекращает свои усилия в направлении выпуска автономного автомобиля уровня 4 всего через два года. Такой автомобиль передвигается самостоятельно, например, по магистралям автодорогам, без участия водителя. Водитель даже сможет поспать в своем сидении во время движения. Конечным этапом развития умного автомобиля должен стать 5-й уровень, который является полностью автономным, независимо от типа дороги, однако, возможность человека принять управление на себя, допускается [5].

Для достижения автономности автомобиля необходимо выполнить циклический процесс, показанный на рисунке 2. Сначала датчики фиксируют окружение и состояние автомобиля, затем восприятие и локализация определяют положение автомобиля по отношению к его препятствиям, чтобы можно было планировать путь и планирование движения. Желаемый маршрут будет рассчитан и отправлен на контроллер автомобиля. Это сгенерирует выходные данные, которые пойдут на исполнительные механизмы, чтобы автомобиль мог реагировать на окружающую среду [6].

В качестве датчиков для наземных беспилотников применяют стереокамеры, GPS, гиростабилизаторы, датчики одометрии, радары и лидары (лазерные сенсоры, измеряющие расстояние до объектов с помощью света). Вариант комплектации автомобиля, соответствующий необходимому уровню информации (автоматизации) представлен на рисунок 3.

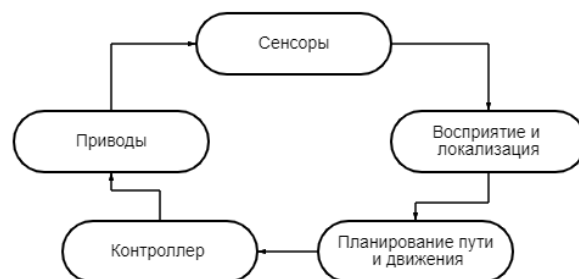
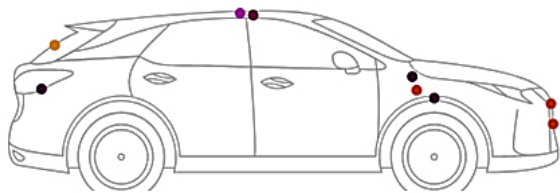


Рисунок 2 – Автономные шаги вождения



● радарные датчики; ● лидар; ● камеры;
● дополнительный лидар; ● основной компьютер в багажнике

Рисунок 3 – Вариант комплектации автоматизированного автомобиля

Приборная цифровизация дорожного пути или дорожной инфраструктуры

Для реализации технологии взаимодействия с инфраструктурой дороги (умный город) необходимо обеспечить выполнение следующих требований [7]:

1. Оптимальное использование данных о дорогах, дорожном движении и поездках.
2. Непрерывность перевозок и управление перевозками.
3. Применение информационных технологий и стандартов в области безопасности дорожного движения и обеспечения безопасности.
4. Связь транспортного средства с транспортной инфраструктурой.

Указанные требования можно выполнить за счет создания соответствующей цифровой инфраструктуры и организации взаимосвязи в системе «автомобиль-дорога».

В такой настраиваемой системе визуального внимания должны четко распознаваться различные объекты дорожной инфраструктуры, такие как дорожные знаки, светофоры, пешеходы, транспортные средства и полосы движения и даже целые схемы перекрестков (рисунок 4).

В частности, предлагаются следующие меры:

- предоставление сетей связи с низкой задержкой, таких как 5G, или беспроводных стандартов, таких как G5;
- подготовка решений с проблемой данных, генерируемых инфраструктурами V2I [8] (транспортное средство к инфраструктуре), чтобы они соответствовали национальному или международному законодательству;
- подготовка HD-карты соответствующей транспортной инфраструктуры;
- постоянный учет наиболее вероятного растущего спроса на ИТ-безопасность и ИТ-системы.



Рисунок 4 – Распознавание объектов в системе визуального понимания

Упомянутое здесь инфраструктура системы V2I (Vehicle-to-infrastructure или транспортное средство к инфраструктуре) – это коммуникационная модель, которая позволяет транспортным средствам обмениваться информацией с компонентами, поддерживающими систему автомобильных дорог страны. Связь V2I, как правило, беспроводная и двунаправленная: данные от компонентов инфраструктуры могут быть доставлены в автомобиль по специальной сети и наоборот [9].

В интеллектуальной транспортной системе датчики V2I выполняют следующие функции: сбор данных об инфраструктуре; предоставление путешественникам рекомендации в режиме реального времени о дорожных условиях, пробках на дорогах, авариях, зонах строительства и наличие парковки; использование данных об инфраструктуре и транспортных средствах для установки различных ограничений скорости и корректировки фазы и времени сигнала светофора (для повышения экономии топлива и увеличения транспортного потока).

Вершиной такого алгоритма будет технология, при которой автомобиль взаимодействует с инфраструктурой дороги (умный город), но пока это возможно только в ограниченном пространстве в маленьких экспериментальных городах (наподобие Иннополиса), поскольку масштабно этим заниматься пока еще долго и дорого [3].

То есть любой нюанс дороги, который может представлять опасность при движении по ней автомобиля, должен быть учтен системой. А значит, информация о дорожной сцене должна быть максимально точной. Качество (точность) этой информации зависит от качества датчиков, вернее, от того, что и как они умеют детектировать, а сама система и ее алгоритм, обеспечивая требуемое быстродействие (выше об этом говорилось), реализовывать правильные решения.

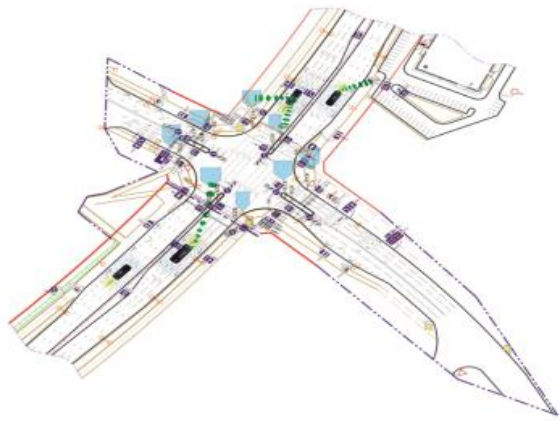


Рисунок 5 – Фрагмент инфраструктуры «умный город»

Технология и алгоритм взаимодействия с инфраструктурой дороги (умный город)

Алгоритм взаимодействия автомобиля с инфраструктурой дороги, так называемый искусственный интеллект (ИИ) автомобиля – это мозговой узел беспилотника. Он приводит машину в движение, задает скорость и прокладывает путь, а также способен управлять автомобилем в любых погодных условиях, распознавать дорожные знаки, сигнал светофора, пешеходов, животных, различные препятствия. ИИ может отличить «Скорую помощь» со спецсигналом от других автомобилей и уступить дорогу, спокойно переехать через «лежащего полицейского» и остановиться перед поваленным деревом.

Полученный анализ система беспилотника сравнивает с информацией из базы данных и действует по оптимальному варианту: снижает скорость; включает аварийное торможение; припарковывается. То есть машина не только перевозит пассажира из точки А в точку Б, но и принимает решение, как действовать в критических ситуациях. Весь цикл обработки информации укладывается в 140 миллисекунд. Это в 2–3 раза быстрее человека [10].

По уровню безопасности езды искусственный интеллект в несколько раз превосходит человека. Благодаря совершенству камер и датчиков он может двигаться в полной темноте и в условиях плохой видимости. Когда камеры бесполезны, например, во время ливня, снегопада или тумана, автомобиль получает информацию с радаров.

То есть ИИ не только усваивает информацию, которую разработчики заложили в базу данных, но и способен самообучаться на основе перспективных, но уже получивших признание самообучающихся нейросетей (системы компьютерного зрения для распознавания различных

объектов, например, номеров автомобилей или лиц).

Несмотря на то, что первый автономный автомобиль создан в США в 1984 – это были проекты Navlab и ALV [3] (проект автономного наземного транспортного средства), разработанные Университетом Карнеги-Меллон (CMU), тем не менее, развитие данного типа транспортных средств продвигается крайне медленно.

Помимо сложнейшей технологии и программного обеспечения в создании искусственного интеллекта беспилотника есть и другие тормозящие факторы. Кроме финансовой составляющей, главный из них – Законодательство – основная проблема, препятствующая массовому распространению беспилотных технологий. В каждой стране оно имеет различные оттенки.

Что касается Республики Беларусь, эта тема развивается крайне медленно, несмотря на уже начавшиеся системные работы в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси.

Так, в аналитическом докладе Евразийской экономической комиссии

«О существующих в государствах-членах Евразийского экономического союза интеллектуальных транспортных системах (ИТС), используемых в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства» (Москва 2019) [11], приведена характеристика существующих в государствах-членах интеллектуальных транспортных систем, используемых в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства.

При этом поставлены следующие задачи:

- развитие гармонизированной нормативной правовой базы, регулирующей ИТС в сфере автомобильного транспорта;
- развитие дорожной инфраструктуры на основе внедрения ИТС;
- взаимодействие ИТС и автономных транспортных средств (беспилотных автомобилей).

Так к 2020 году предполагалось сформировать интеллектуальную транспортную систему, интегрированную с транспортными системами ЕС и ЕАЭС, объединяющую автомобильный, железнодорожный, воздушный и водный транспорт на основе единого информационного транспортного пространства. Она должна была включать сеть мультимодальных транспортно-логистических центров, позволяющих на основе современных информационно-коммуникационных технологий оказывать услуги по доставке грузов по принципу «от двери к двери»,

а также создать условия для организации перевозок беспилотными транспортными средствами.

Также в г. Минске предусматривалась реализация проекта по созданию интеллектуальной транспортной системы, которая позволит повысить безопасность дорожного движения, оптимизировать транспортные потоки, снизить экологические, экономические и социальные потери в дорожном движении.

Однако, полной информации о результатах выполнения поставленных задач в доступных источниках не достаточно, тем более о развитии беспилотных транспортных средств.

Заключение

В статье объясняется, как беспилотники могут способствовать повышению эффективности, безопасности, чистоты и инклюзивности мобильности будущего. Однако также подчеркивает, что для достижения этой цели необходимо выполнить несколько достаточно непростых условий. В противном случае внедрение автономных транспортных средств в транспортные потоки не может принести желаемых результатов. Полностью беспилотные автомобили, в силу приведенных в материалах статьи результатов, не скоро появятся на рынке, в частности и в Республике Беларусь. Между тем, время, необходимое для преодоления технологических и интеллектуальных проблем, должно быть использовано для разработки совместных стратегий управления дорожным движением, которые гарантируют успех после их внедрения. Кроме того, особое внимание необходимо уделить юридическим и этическим вопросам, от которых будет зависеть, когда общество будет готово к будущей среде автономного вождения.

Литература

1. Технологический уклад [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Технологический_уклад](https://ru.wikipedia.org/wiki/Технологический_уклад). – Дата доступа: 12.06.2022.

2. Шесть технологических укладов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://>

[general-skokov.livejournal.com/ 24586. html](https://general-skokov.livejournal.com/24586.html) – Дата доступа: 12.06.2022.

3. Развитие технологий беспилотного наземного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://cognitivepilot.com/ autotransport1/razvitie-tehnologij-bespilotnogo-nazemnogo-transporta/](https://cognitivepilot.com/autotransport1/razvitie-tehnologij-bespilotnogo-nazemnogo-transporta/). – Дата доступа: 12.06.2022.

4. О Комплексной программе развития электро-транспорта на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100213>. – Дата доступа: 12.06.2022.

5. Беспилотные автомобили и автомобили высокой степени автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru / document/cons_doc_LAW_309650/ 7ca6bbd72c47de7ee559a27e7a3b01632cc08baf/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_309650/7ca6bbd72c47de7ee559a27e7a3b01632cc08baf/). – Дата доступа: 12.06.2022.

6. «Self-Driving Car Autonomous System Overview – Industrial Electronics Engineering», Universidad de Navarra, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dadun.unav.edu/handle/10171/59563?locale=es>. – Дата доступа: 12.06.2022.

7. Supervised Learning: Pooling, Stanford University, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ufldl.stanford.edu/tutorial/supervised/Pooling/>. – Дата доступа: 12.06.2022.

8. Managing lane-changing of algorithm-assisted drivers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X22000328>. – Дата доступа: 12.06.2022.

9. Автопилот. Беспилотный автомобиль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: tadviser.ru/index.php. – Дата доступа: 12.06.2022.

10. Беспилотные автомобили: сколько стоят, когда поступят в продажу и как ИИ справляется с бездорожьем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcs.mail.ru/blog/bespilotnye-avtomobili-skolko-stoat-kogda-postupat-v-prodazu>. – Дата доступа: 12.06.2022.

11. Доклад Евразийской экономической комиссии «О существующих в государствах-членах Евразийского экономического союза интеллектуальных транспортных системах (ИТС), используемых в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства». – Москва, 2019.

GONCHAROVA Katerina A.,
Senior Lecturer
E-mail: hancharovaea@bntu.by

BOYKOV Vladimir P., D. Sc. in Eng., Prof.,
head of the department «Tractors»
E-mail: trak_atf@bntu.by

Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Received 07 July 2022

STAGES OF TRANSITION TO SELF-DRIVING CARS

Autonomous driving is expected to revolutionize road traffic by mitigating current external factors, especially crashes and congestion. However, the doubts and challenges to overcome are still huge as the implementation of an autonomous driving environment includes not only sophisticated automotive technology, but also human behavior, ethics, traffic management strategies, politics, responsibility, etc. From a technical point of view, the unambiguous detection of obstacles at high speeds and over long distances is one of the greatest difficulties. As far as traffic management strategies are concerned, all approaches share the notion that vehicles should behave in a collaborative manner. Options for overall V2V and platoon collaboration are being discussed, both with multiple options. Simulations are used to develop and test different strategies from different perspectives. This article provides an overview of the current state of the art in key aspects of autonomous driving.

Keywords: *automotive vehicles, automotive technology, integrated driving, traffic efficiency, impact on vehicle safety.*

References

1. Technological mode/ Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Technological_mode. – Date of access: 06/12/2022 (in Russian).
2. Six technological modes. – Available at: <https://general-skokov.livejournal.com/24586.html>. – Access date: 06/12/2022. (in Russian).
3. Development of unmanned ground transport technologies. – Available at: <https://cognitivepilot.com/autotransport1/razvitie-tehnologij-bespilnogo-nazemnogo-transporta/>. – Access date: 06/12/2022. (in Russian).
4. Comprehensive Program for the Development of Electric Transport for 2021–2025. – Available at: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100213>. – Access date: 06/12/2022 (in Russian).
5. Unmanned vehicles and vehicles of a high degree of automation. – Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_309650/7ca6bbd72c47de7ee559a27e7a3b01632cc08baf/. – Access date: 06/12/2022 (in Russian).
6. Self-Driving Car Autonomous System Overview - Industrial Electronics Engineering», Universidad de Navarra. – Available at: <https://dadun.unav.edu/handle/10171/59563?locale=es>. – Access date: 12/06/2022.
7. Supervised Learning: Pooling, Stanford University. – Available at: <http://ufldl.stanford.edu/tutorial/supervised/Pooling/>. – Access date: 06/12/2022.
8. Managing lane-changing of algorithm-assisted drivers. – Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X22000328>. – Access date: 06/12/2022.
9. Autopilot. Unmanned vehicle. – Available at: tadviser.ru/index.php. – Access date: 06/12/2022.
10. Unmanned vehicles: how much they cost, when they go on sale and how AI copes with off-road. – Available at: <https://mcs.mail.ru/blog/bespilotnye-avtomobili-skolko-stoat-kogda-postupat-v-prodazu>. – Access date: 06/12/2022.
11. Report of the Eurasian Economic Commission «On the Intelligent Transport Systems (ITS) existing in the Member States of the Eurasian Economic Union used in the field of road transport and road infrastructure». – Moscow 2019. (in Russian).