



ЦЕНТР МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Тел.: 8-499-129-17-22, e-mail: mail@forecast.ru, <http://www.forecast.ru>, t.me/cmascf

Мониторинг и анализ технологического развития России и мира

Тема номера – «Беспилотные автомобили: технологии, общество, перспективы»

Содержание

1. **Технологические тренды в России**
 - I. **Технологический радар России**
 - II. **Мониторинг технологического развития в России**

2. **Технологические тренды в мире**
 - I. **Мировой технологический радар**
 - II. **Мониторинг технологического развития в мире**

3. **Тема номера: «Беспилотные автомобили: технологии, общество, перспективы»**

1. Технологические тренды в России

1.1. Технологический радар России



1.2.1. Мониторинг технологического развития в России:

энергетика

Атомная энергетика

- Специалисты АО «Государственный научный центр Российской Федерации - Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского» (ГНЦ РФ - ФЭИ, входит в Научный дивизион ГК «Росатом») разработали технологию переработки жидкого радиоактивного натриевого теплоносителя реакторов на «быстрых» нейтронах. В перспективе это позволит безопасно выводить такие реакторы из эксплуатации. Созданная разработчиками установка под названием «Минерал 100/150», работает по технологии твердофазного окисления: жидкий натрий превращается в твердый минералоподобный продукт, подходящий для финального захоронения. Ключевые преимущества установки - отсутствие газовых выбросов, взрыво- и пожаробезопасность, а также технологический процесс, состоящий всего из одной стадии. Применение новой технологии повысит привлекательность и эффективность реакторов на «быстрых» нейтронах и атомной энергетики в целом.
- В Государственном научном центре – Физико-энергетическом институте им. А.И. Лейпунского (ГК «Росатом») начались испытания для обоснования нейтронно-физических характеристик активной зоны перспективного реактора со спектральным регулированием ВВЭР-С. ВВЭР-С - это развитие линейки реакторов ВВЭР, но с использованием МОКС-топлива и дополнительной системой спектрального регулирования реакции деления в активной зоне. МОКС-топливо (англ. Mixed-Oxide fuel) состоит из смеси обедненного урана и плутония, т.е., в отличие от традиционного для АЭС обогащенного урана, сырьём для производства МОКС-топлива являются оксид плутония, наработанного в энергетических реакторах, и оксид обедненного урана. В настоящее время МОКС-топливо применяется только в реакторах на быстрых нейтронах (на нем работает самый мощный в мире «быстрый» реактор БН-800 на энергоблоке №4 Белоярской АЭС), тогда как реакторы ВВЭР работают на уран-плутониевом РЕМКС-топливе. Применение МОКС-топлива в реакторах ВВЭР позволит заметно повысить эффективность таких реакторов (использовать для получения топлива запасы обедненного урана) и позволит экономить природный уран.

Ветряная энергетика

- ГК «Росатом» разработала и планирует внедрить на Кармалиновской ветроэлектростанции (Ставропольский край) новую систему управления под названием «ЦПС». Ключевой элемент системы – ПАК «Кластер» - инновационное решение для защиты и управления электроустановками класса напряжения 6–750 кВ, первый российский проект, реализованный в соответствии со стандартами архитектуры 4+. ПАК «Кластер» позволяет автоматически перераспределять функции вычислительных блоков системы управления при сбоях, что повысит надежность и устойчивость системы («безлюдное» обслуживание систем управления).

1.2.2. Мониторинг технологического развития в России:

КОСМОС



- На предприятии «Электроприбор» (ГК «Ростех», г. Тамбов) разработали методику контроля очистки воздуха в герметичных объектах и на космических станциях. В основе разработки - тепловой контроль поглотительной способности хемосорбентов при регенерации воздуха, что позволит своевременно менять фильтрующе-поглощительные элементы. В современных установках регенерации воздуха, работающих на хемосорбентах, замена фильтрующе-поглощительных элементов (ФПЭ) проводится с определенной периодичностью. При этом не учитывается реальное состояние ФПЭ, что ведет к повышенному расходу хемосорбента или превышению концентрации вредных веществ в воздухе. Как следствие – к общему снижению эффективности воздухоочистительных систем. Разработка призвана обеспечить эффективный непрерывный воздухообмен при минимально необходимом расходе ФПЭ.
- В Троицком институте ГК «Росатом» (г. Троицк, Московская область) разработали водородный двигатель для межпланетных полетов. В основе разработки – магнитоплазменный ускоритель, способный разгонять заряженные электроны и протоны до скорости 100 км/с. Такая скорость позволит космическим аппаратам совершать межпланетные перелеты и выходить за пределы Солнечной системы за относительно короткое время. Так, полет до Марса займет 1-2 месяца (в настоящее время – не менее 6 месяцев). Источником энергии должен служить атомный реактор, а в качестве топлива используется водород: атомы вещества легки и обладают высокой скоростью истечения. Кроме того, водород - самый распространенный химический элемент во Вселенной, что позволит пополнять запасы топлива в прямо космосе, по ходу полета.
- НПО «Энергомаш» (ГК «Роскосмос») завершило доводочные испытания двигателя РД-191М, предназначенного для модернизированной ракеты-носителя «Ангара-А5М». РД-191М — усовершенствованная версия двигателя РД-191, работающего на кислороде и керосине – имеет тягу на 10% больше, что обеспечит повышение эффективности «Ангара-А5М». Успешные испытания позволяют начать производство лётных образцов двигателя.

1.2.3. Мониторинг технологического развития в России: транспорт

Автомобильный, авиа- и железнодорожный транспорт

- Ближнемагистральный самолет «Суперджет» (SJ-100) совершил первый полет с российскими двигателями ПД-8. До этого самолет, в котором заменили порядка 40 различных импортных систем и деталей, испытывался с российско-французскими двигателями SaM146. ПД-8 – отечественный двухконтурный турбовентиляторный двигатель тягой 8 т. производства Объединенной двигателестроительной корпорации. В ходе испытательного полета продолжительностью около 40 минут на скорости 500 км/ч и на высоте около 3 тыс. м двигатели продемонстрировали стабильную работу. Успешные испытания с отечественным двигателем – шаг в серийному производству полностью российского самолета, начало поставок которого планируются в 2026 г.
- Концерн «Радиоэлектронные технологии» (КРЭТ, ГК «Ростех») разработал автопилот для самолетов малой авиации. Автопилот АП-МВЛ включает цифровой пульт-вычислитель, а также исполнительные механизмы (сервоприводы), параллельно подключаемые в систему управления самолетом. При этом автопилот с помощью цифровых интерфейсов сопряжен с информационными системами, такими как курсовертикаль, системы воздушных сигналов и навигации, а также электромеханизмами триммирования. Разработка уже прошла испытания на легком самолете и показала простоту в эксплуатации и высокую надежность.
- Компания GS Nanotech (Калининградская область) выпустила пробную партию микросхем, предназначенных для автомобильной промышленности. Такие схемы предназначены для использования в системах управления, торможения и климат-контроля автомобилей. По данным компании, производство микросхем способно обеспечить до 80% потребностей АвтоВАЗа (около 175 млн. штук в год). В настоящее время доля отечественной электронной компонентной базы в автомобилях составляет 15-25%, поэтому новое производство – заметный шаг к достижению независимости от импортных комплектующих в российских автомобилях.
- Ученые из Сколковского института науки и технологий (Сколтех), Московского авиационного института (МАИ) и Национального исследовательского технологического университета МИСИС (НИТУ МИСИС) придумали новый способ проверки композитных материалов, применяемых в авиации. Особенность технологии в том, что для испытаний достаточно небольшого образца объемом 1 см³. Принцип метода – небольшой образец подвергают различным нагрузкам, после чего с помощью специального лабораторного комплекса, включающего электронный микроскоп, рассчитываются параметры настоящих деталей самолетов. Новый подход позволяет сделать испытания дешевле, и в то же время быстрее и проще, что повысит эффективность разработки новой и совершенствования существующей авиатехники.

1.2.4. Мониторинг технологического развития в России: роботы и машины

- Холдинг «Высокоточные комплексы» (ГК «Ростех») в ходе учений продемонстрировал возможности робота-пожарного Ант-1000ПМ: робот, дистанционно управляемый оператором, смог успешно справиться с пламенем. О характеристиках нового робота было объявлено в 2024 г. Робот имеет пожарный модуль с лафетным стволом и водопенной эжекторной насадкой. Подвижная стрела позволяет тушить огонь на расстоянии до 60 м. Робот-пожарный может также разбирать завалы с помощью специальных манипуляторов, что расширяет возможности аппарата по ликвидации огня и спасении людей. Система дистанционного управления и набор камер и датчиков обеспечивают контроль роботом на расстоянии до 1000 м. Применение такого робота снизит риски для пожарных, а также расширит возможности противопожарных служб в борьбе с огнем и в ликвидации последствий пожаров.
- Компания "Лаборатория будущего" (г. Москва, участник рынка НТИ "Аэронет") разработала гибридный комплекс из БПЛА и наземного гусеничного робота. Аппарат под названием "Грузовик-50" способен лететь со средней скоростью 40-50 км/ч, при этом максимальная грузоподъемность составляет 50 килограмм, время полета - 20 мин. Наземная платформа весом 50 кг имеет грузоподъемность 150 кг, способна передвигаться со скоростью 40-60 км/ч, время работы составляет порядка 40 мин. Одно из преимуществ разработки – комбинированная мобильность (платформа может доставить дрон до необходимой локации), а также возможность размещения на наземной платформе дополнительных батарей. Возможная сфера применения разработки – спасение людей при чрезвычайных ситуациях, разминирование местности, доставка грузов в труднодоступные районы.
- Станкостроительный холдинг «СТАН» (ГК «Ростех») выпустил полностью отечественный пятиосевой станок VMB 800 с ЧПУ для обработки литых корпусных деталей, используемых в авиа- и вертолетостроении. Станок оснащен высокоскоростным шпиндель-мотором, системой числового программного управления, безынерционным гидравлическим тормозом поворотных осей отечественного изготовления. VMB 800 обеспечивает качественную обработку кронштейнов для выпуска интерцепторов (уменьшают подъемную силу на крыле самолета), элементов силового каркаса хвостового оперения и других деталей для авиатехники, включая такие детали, которые требуют высокой точности исполнения (конструкция станка минимизирует вибрацию при обработке). Ранее такие станки в России не производились, поэтому разработка VMB 800 позволит повысить независимость отечественного авиастроения от импорта комплектующих.

1.2.5. Мониторинг технологического развития в России:

ИКТ

Телекоммуникационные технологии

- Московский институт электроники и математики (МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва) впервые в России продемонстрировал эффективную работу системы передачи данных 6-го поколения (6G). В эксперименте использовались частоты 141–148,5 и 151,5–164 ГГц, а скорость передачи данных достигла 12 Гбит/с. Такие показатели соответствуют требованиям, предъявляемым к каналам связи сетей 6G. Созданная система способна распределять сигнал в режиме реального времени. Если сигнал блокируется, система автоматически переключается на другую антенну, что делает связь устойчивой даже в условиях сложных помех. Созданная технология может применяться в высокоскоростных сетях связи, системах интернета вещей. В перспективе разработчики планируют использовать машинное обучение для улучшения распределения сигнала и защиты от помех.

Информационные технологии

- В Научно-исследовательском институте точного машиностроения (НИИТМ, входит в Группу компаний «Элемент», ГК «Ростех») создали первую в России кластерную установку для плазмохимического осаждения (ПХО) на кремниевых пластинах диаметром 300 мм. Прежде для выполнения этой операции использовали импортное оборудование, а отечественные машины, в большинстве своем, были рассчитаны на технологические процессы, ориентированные на 200-мм кремниевые подложки. При этом пластины диаметром 300 мм в настоящее время - фактически международный стандарт: по нему производится более 90% всех микросхем в мире. Такой размер позволяет увеличить количество чипов, производимых на одной подложке, тем самым снизив их стоимость. Разработка такого оборудования снижает зависимость России от импортного оборудования и способствует развитию технологической базы отечественной электроники.
- В Московском физико-техническом институте разработали первый в России квантовый процессор на 40 кубитах. Квантовый компьютер успешно прошел предварительные тесты. По сообщению разработчиков, «для последующей демонстрации работы схемы продолжатся испытания устройства при криогенных температурах с определением ключевых параметров и времён когерентности кубитов». Разработка 40-кубитной схемы процессора – очередной шаг в развитии отечественных квантовых технологий.

1.2.6. Мониторинг технологического развития в России:

новые материалы, нанотехнологии, оптика

Оптика

- Компания «Азимут» (ГК «Ростех», г. Москва) разработала первый в России программно-аппаратный комплекс (ПАК) биометрической идентификации личности по радужной оболочке глаза. Аппарат под названием «Взор» способен за несколько секунд бесконтактно распознать человека с надежностью определения личности практически на уровне анализа ДНК. В состав комплекса входит несколько модулей, в том числе устройство для записи шаблонов радужной оболочки глаза и считывающее устройство. При этом все компоненты, включая программное обеспечение, отечественного производства. В зависимости от комплектации система может идентифицировать от 40 до 90 человек в минуту. При этом распознавание происходит в движении, на расстоянии до полутора метров, без физического контакта с устройством. На точность определения не влияет наличие очков или линз. ПАК «Взор» уже прошел опытную эксплуатацию на промышленных объектах и в ряде силовых ведомств и в дальнейшем может применяться в системах безопасности и контроля доступа.

Новые материалы

- В Московском энергетическом институте (НИУ «МЭИ», г. Москва) разработали теплообменные каналы с комбинированными покрытиями стенок, которые позволяют повысить надежность и эффективность систем охлаждения для электроники. Особенность технологии заключается в комбинации гидрофильного покрытия на нижней стенке рабочего канала и супергидрофобного покрытия – на верхней. Совокупный технический эффект микроканала позволяет достигать критической тепловой нагрузки до 4 МВт/м² при массовой скорости пароводяного потока до 300 кг/м²·с. В системах охлаждения с использованием новых каналов могут быть использованы различные теплоносители, включая дистиллированную воду и изопропиловый спирт, что позволяет достигать требуемого сочетания технико-экономических характеристик разработки. Такая технология может применяться в радиотехнических системах, процессорах и других устройствах с высокой плотностью тепловыделения.
- В НИИ полимеров (г. Дзержинск, Нижегородская область, ГК «Ростех») разработали сверхпрочный клей «Анатерм-118», который можно использовать для герметизации и фиксации деталей из металлов и сплавов, используемых в аэрокосмической отрасли, судо- и приборостроении. Отличительная особенность клея - высокая конечная прочность, а также возможность применения во вал-втулочных соединениях из латуни. Новый клей призван заменить импортные аналоги, в настоящее время не поставляющиеся в Россию.

1.2.7. Мониторинг технологического развития в России:

медицина и биотехнологии

Медицина

- Национальный медицинский исследовательский центр (НМИЦ) гематологии Минздрава России сообщил об успешном завершении 1-го этапа клинических испытаний отечественного CAR-T-клеточного препарата «Утжефра» (непатентованное название препарата — гемагенлеклейцел) у первой пациентки с онкологическим заболеванием крови. Ранее новый препарат успешно прошел все стадии доклинических исследований. В декабре 2024 г. 59-летняя пациентка получила 2 дозы препарата, после чего у нее сформировался полный ответ на терапию без серьезных осложнений. Предполагается, что в клинических испытаниях «Утжефры» примут участие 60 пациентов с рецидивами В-клеточных злокачественных новообразований крови, имеющих на поверхности опухолевых клеток антиген CD19. После введения препарата пациенты в течение года будут проходить все необходимые обследования. Ранее, до конца 2024 г. в России был зарегистрирован только один препарат данного типа — Кимрая (тисагенлеклейцел) компании Novartis (Швейцария), предназначенный для лечения острого лимфобластного лейкоза и рефрактерной диффузной В-крупноклеточной лимфомы. При этом стоимость одного курса этого препарата составляет порядка 40 млн. руб.

Биотехнологии

- В федеральном исследовательском центре «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН» первыми в мире сумели получить потомство из эмбрионов, замороженных в период диапаузы. Диапауза — приостановка в развитии эмбриона, когда деление клеток продолжается, но все процессы замедляются. Диапауза происходит до имплантации зародыша в матку. При диапаузе процесс внедрения замедляется: обмен веществ падает, а экспрессия большинства генов снижается. Новый подход может быть использован для сохранения ряда вымирающих видов животных. До настоящего момента предпринимались попытки заморозки эмбрионов таких видов, однако при размораживании эмбрионы погибали. В данном случае ученым удалось совместить диапаузу, эмбриотрансфер и криозаморозку эмбрионов и избежать их гибели (в ходе проведенных экспериментов успешно получили потомство из 19 эмбрионов мышей). Кроме того, дальнейшее изучение таких эмбрионов может быть полезным в исследованиях процессов старения.

2. Технологические тренды в мире

2.1. Мировой технологический радар



2.2.1. Мониторинг технологического развития в мире:

энергетика

Электроэнергетика

- В Университете Огайо (США) разработали аккумуляторную батарею, которая работает на энергии ядерных отходов. В основе батареи - сцинтилляционные кристаллы и солнечные элементы, преобразующие излучение отходов в электричество. Разработчики провели эксперименты с двумя элементами – цезием-137 и кобальтом-60. В первом случае батарея произвела 288 нановатт электроэнергии, во втором – 1,5 микроватта, чего достаточно для работы небольшого датчика. С учетом того, что размер батареи всего 4 см³, такой элемент питания может использоваться в микроэлектронике, например, для космических исследований.
- Институтом науки и технологий Тэгу Кёнбук (Южная Корея) разработана технология применения нестабильных атомов углерода-14 в качестве источника электричества, способного производить электроэнергию в течение десятков лет без какой-либо опасности для человека и природы. Углерод-14 - нестабильная радиоактивная форма углерода, называемая радиоуглерод. Однако этот элемент излучает только бета-лучи (электроны) с низкой проникающей способностью, что позволяет легко решить проблему радиоактивности. При этом радиоуглерод дешев и доступен (один из побочных продуктов АЭС) и при необходимости легко перерабатывается. Существующие бета-вольтаические элементы — батареи, которые превращают энергию бета-распада (выделение электронов) в электричество – имеют низкий КПД, менее 1%. Южнокорейские специалисты смогли увеличить его до 3% за счет изменения конструкции батареи: углерод-14 в виде наночастиц и квантовых точек нанесли не только на анод (отрицательный полюс), но и на катод (положительный полюс), а также добавили краситель на основе рутения (помогает электронам лучше взаимодействовать с полюсами). Такая батарея может использоваться в устройствах, где важна автономность и безопасность – кардиостимуляторы, космические аппараты и т.д.

Термоядерный синтез

- В Китае экспериментальный усовершенствованный сверхпроводящий токамак (EAST), или китайское "искусственное Солнце", в рамках эксперимента установил новый рекорд по времени непрерывной работы плазмы при высокой температуре, обеспечив существование пучка плазмы в течение 1066 с. Это на 403 с превышает предыдущий рекорд, также установленный на EAST в 2023 г. Таким образом, время стабильного существования высокотемпературной плазмы в токамаке превысило 1000 с, что свидетельствует о прогрессе в исследованиях термоядерного синтеза.
- Комиссия по атомной энергии Франции (CEA) сообщила, что токамак WEST, расположенный на юге Франции, удерживал плазму в течение 1337 с (более 22 минут). Это превысило рекорд, установленный незадолго до того в Китае (предыдущий пункт), на 25%. В ближайших планах команды WEST - добиться удержания нескольких часов» с более высокими температурами.

2.2.2. Мониторинг технологического развития в мире:

КОСМОС

- Индийская организация космических исследований (ISRO) провела эксперимент Space Docking Experiment (SpaDeX) по беспилотной стыковке космических аппаратов. В ходе эксперимента два спутника - Target и Chaser - каждый весом по 220 кг, были запущены 30 декабря 2024 г. с космодрома Шрихарикота и разделились на орбите. После этого 7 и 9 января 2025 г. были предприняты 2 попытки их стыковки, которые оказались неудачными. Наконец, 16 января 2025 г. после серии маневров два аппарата успешно соединились друг с другом, после чего вновь отсоединились. Индия стала четвертой страной, которая смогла успешно завершить миссию по беспилотной стыковке. Ранее такую стыковку смогли осуществить Россия, США и Китай. Такая технология необходима для долгосрочного освоения космоса, включая обслуживание спутников на орбите, создание и эксплуатация орбитальной станции и т.д.
- На борту китайской орбитальной станции "Тяньгун" впервые получили кислород и ингредиенты для ракетного топлива с помощью технологии искусственного фотосинтеза. Была проведена серия из 12 экспериментов в замкнутом пространстве с использованием полупроводниковых катализаторов. Задачей экспериментов было преобразование углекислого газа и воды в кислород с получением этилена. Такая технология фактически имитирует процесс фотосинтеза растений, при этом работает при комнатной температуре и атмосферном давлении, что снижает требования к условиям и повышает энергетическую эффективность процесса. Новая технология имеет потенциал использования в долгосрочных космических полетах, например, на Луну и Марс.
- Ученые из Нанкинского университета (Китай) разработали новую технологию получения кислорода из углекислого газа. Растения при фотосинтезе используют для разложения углекислого газа водород. Китайские ученые для этих целей применили литий в качестве катализатора. CO_2 пропустили через электрохимическую ячейку с нанокатализатором из рутения и кобальта (RuCo), где он превратился в карбонат лития (Li_2CO_3), а затем — в углерод и оксид лития (Li_2O). Далее Li_2O разлагается, в результате выделяется кислород, а литий восстанавливается для повторного использования. При этом эффективность преобразования достигла 98%. Новая технология может использоваться при утилизации CO_2 в промышленности, подводных аппаратах и т.д. Однако наиболее перспективное направление – применение ее при освоении Марса, атмосфера которого на 96% состоит из углекислого газа.

2.2.3. Мониторинг технологического развития в мире: транспорт

Автомобильный, авиа- и железнодорожный транспорт

- Компания China National Railway Group (Китай) представила прототип электропоезда CR450, который рассчитан на движение с максимальной скоростью в 450 км/ч. По данным компании-разработчика, максимальная скорость при эксплуатации поезда - 400 км/ч. Его масса снижена на 10%, а сопротивление движению — на 22% по сравнению с разработанными в 2015 г. поездами CR400 Fuxing, эксплуатационная скорость которых 350 км/ч. При этом уровень шума в салоне CR450 снижен на два децибела, а пространство для размещения пассажиров увеличено на 4%. Отдельные подсистемы для новой модели поезда тестировались на испытательном поезде CR400BF-J. Два таких поезда в апреле 2022 г. установили мировой рекорд скорости при движении на встречных направлениях, достигнув скорости до 435 км/ч, а скорости сближения - до 870 км/ч. Планируется, что CR450 будет курсировать по новой линии Чэнду-Чунцин (высокоскоростная железная дорога протяженностью 292 км на юго-западе Китая). Строительство магистрали началось в 2021 г., ввод в эксплуатацию планируется в 2027 г.
- Компания Boom Supersonic (США) в январе 2025 г. провела первый сверхзвуковой полет прототипа XB-1 – сверхзвукового гражданского авиалайнера с низким уровнем шума. В ходе полета самолет поднялся на высоту в 10,7 км и разогнался до скорости более 1,2 тыс. км/ч. А в феврале 2025 г., в ходе очередного полета, XB-1 трижды преодолел звуковой барьер без звукового удара. Избежать обычного звукового удара, возникающего на скорости 1,1-1,3 Маха, удалось за счет использования особых условий в атмосфере. В 2012 г., во время испытаний F-18, было замечено, что при определённых перепадах температуры и давления в атмосфере формируются восходящие воздушные потоки, создающие барьер для звукового удара. Этот воздушный слой отражает звук акустического удара вверх, предотвращая его распространение к земной поверхности. Таким образом, XB-1 в действительности создает звуковой удар, однако фактически он не слышен на поверхности Земли. Задача разработчиков XB-1 в том, чтобы бортовое оборудование могло обнаруживать время и место таких условий и использовать их для преодоления звукового барьера.

2.2.4. Мониторинг технологического развития в мире: роботы и машины

- Стартап Robeaute (Франция) разработал микроробота для нейрохирургических операций. Робот имеет размер 1,8 мм (рисовое зернышко) и способен перемещаться между человеческими органами, в том числе в мозге. При этом робот способен выполнять 3 основные задачи: 1) имплантация - может носить на себе микрочипы и доставлять их в глубокие структуры мозга; такие чипы помогут врачам следить за развитием различных неврологических нарушений у пациентов, включая болезнь Паркинсона; 2) биопсия - робот способен проникать в нужный участок мозга и собирать образцы тканей для их дальнейшего исследования; 3) доставка - робот можно оснастить пилюлями с противораковыми лекарствами, которые робот доставит к труднодоступным опухолям мозга или к участкам, которые невозможно прооперировать. Разработка прошла испытания на трупах животных, в 2026 г. запланированы испытания на людях. Такой робот может стать эффективным инструментом при проведении нейрохирургических операций.
- В Китае Северо-западный политехнический университет (NWPU) совместно с Китайским центром аэродинамических исследований и разработок (CARDC) разработали беспилотник, способный плавать и летать. Аппарат может запускаться с подводной лодки, передвигаться в воде за счет специальных гребных винтов и взлетать за счет складных лопастей. После полета дрон возвращается на ту же подводную лодку. При этом аппарат за время полета способен несколько раз перемещаться между водной и воздушной средами, что повышает его маневренность и снижает заметность. Разработка может использоваться для различных видов разведки.
- В Университете Юты (США) разработали медицинского робота для операций на глазах. Особенность разработки – крайне высокая точность. Новый робот способен выполнять движения в микрометр, что меньше размера клетки человека. При этом он с помощью специального шлема крепится к голове пациента и компенсирует движение головы пациента. Развитие такой технологии позволит сделать операции на глазах более эффективными и безопасными.

2.2.5. Мониторинг технологического развития в мире:

ИКТ

Информационные технологии

- Специалисты Пекинского Университета и Пекинского университета почты и телекоммуникаций разработали транзистор, изготовленный из углеродных нанотрубок, без использования кремния. Отличие от кремниевых чипов новый транзистор использует троичную логику вместо традиционной двоичной системы, обрабатывая данные не только в единицах и нулях, но и в третьем состоянии. Такая троичная логическая система повышает эффективность передачи данных в пределах одного и того же физического пространства, позволяя выполнять вычисления быстрее и с меньшими затратами энергии. Архитектура нового транзистора основана на концепции транзисторов с затвором источника (source-gated transistors, SGT): регулируя напряжение затвора, транзистор может переключаться между тремя различными состояниями тока, тем самым создавая основу для троичных логических схем. Для проверки возможностей чипа разработчики создали нейросеть, испытания которой показали идеальную точность классификации рукописных цифр, а также большой потенциал машинного обучения. На данный момент чипы на основе углеродных нанотрубок уступают кремниевым по плотности интеграции (количество транзисторов на чипе). Однако дальнейшее развитие технологии обеспечит новые возможности с точки зрения скорости и энергетической эффективности вычислений.
- Финский центр технических исследований (VTT) и компаний IQM Quantum Computers (Финляндия) запустили первый в Европе 50-кубитный квантовый компьютер. Разработка характеризует прогресс Финляндии в квантовых технологиях: в 2023 г. в стране была создана 20-кубитная система вычислений. Таким образом, новая система, помимо непосредственно перспектив применения для вычислений (50-кубитный компьютер уже превосходит обычные компьютеры в сложных вычислениях), открывает возможности для дальнейшего развития квантовых технологий в Финляндии.

Коммуникационные технологии

- Университет Цинхуа и Северо-Китайский технологический университет (Китай) провели успешный эксперимент по достижению стабильной квантовой связи на большом расстоянии. В ходе эксперимента данные передавались на расстояние более 100 км в течение почти 170 часов. Для этого использовалось стандартный оптоволоконный канал связи длиной 104,8 км, скорость передачи составила 2,38 кбит/с. Основной проблемой для создания квантовой связи является ее высокая чувствительность к помехам внутри каналов передачи, что не позволяет обеспечить достаточную точность и скорость передачи данных. Разработчики решили ряд проблем с кодированием каналов связи с большим уровнем шума и потерь, увеличением емкости с маскированием, модуляцией и демодуляцией квантовых состояний с высокой скоростью. В совокупности это позволило достичь параметров квантовой связи, имеющих уже практическое значение.

2.2.6. Мониторинг технологического развития в мире:

новые материалы, нанотехнологии, оптика

3D-печать

- Исследователи Иллинойского университета (США) разработали метод 3D-печати, который позволяет создавать ультратонкие волокна, аналогичные природным структурам, таким как паутина или защитная слизь, вырабатываемая животными. При традиционной 3D-печати материал наносится слоями в воздухе, из-за чего могут возникать погрешности, чувствительные при создании микроструктур. Новый метод использует встроенную 3D-печать в геле, который стабилизирует получаемую форму и позволяет избежать разрушения тонких волокон под действием гравитации и поверхностного натяжения. Однако раньше даже встроенная печать имела ограничения: при диаметре волокна меньше 16 микрон оно быстро разрушалось. Для решения этой проблемы разработчики применили метод обмена растворителями. Гель и чернила для печати были модифицированы таким образом, что последние практически моментально затвердевают в геле. Это позволило печатать волокна толщиной 1,5 микрона (для сравнения: диаметр человеческого волоса составляет от 50 до 100 микрон, диаметр красных кровяных телец – эритроцитов – 7-8 микрон).

Новые материалы

- Специалисты Корейского технологического университета (Республика Корея) и Калифорнийского университета (США) разработали электронную ткань, которая сохраняет стабильность даже при значительном растяжении, сгибании и скручивании. В основе материала композит, состоящий из эластичного полимера Ecoflex (обеспечивает мягкость и гибкость), поверхностно-активного вещества (ПАВ) Triton X (снижает вязкость материала, улучшает его растяжимость и повышает способность удерживать электрический заряд) и неорганического фосфора (обеспечивает свечение: когда через материал проходит электричество, он испускает свет и создает звуковые колебания.). Также в состав ткани входят прозрачные ионгель-электроды и высокодиэлектрический слой, которые позволяют ткани эффективно проводить электричество и ярко светиться. Разработанный материал сохраняет стабильные свойства при растяжении до 200% от первоначального размера, обеспечивает яркость 319 кд/м² (кандела на квадратный метр, практически как у смартфонов с яркостью в 400-500 кд/м²) и генерирует звук с громкостью 73,7 дБ (соответствует обычному разговору). Таким образом решаются основные проблемы растяжимых дисплеев - ограниченная яркость и слабая растяжимость. По мнению разработчиков, новый материал может применяться в портативной электронике, а также для создания гибких экранов, например, интегрированных в одежду. На данный момент материал требует для работы высокого напряжения 400-500 В, что ограничивает его практическое применение, но разработчики надеются решить эту проблему.

2.2.7. Мониторинг технологического развития в мире:

медицина и биотехнологии

Медицинские технологии

- В США заявили о первом успешном пренатальном лечении спинальной мышечной атрофии (СМА). СМА поражает двигательные нейроны и вызывает прогрессирующее ослабление и атрофию мышц. Заболевание встречается примерно у 1 из 10000 новорожденных. СМА имеет генетический характер, обычно вызывается мутациями в гене SMN1 и SMN2. В результате организм не вырабатывает достаточно белка, необходимого для работы двигательных нейронов в спинном мозге и стволе мозга. Существующие препараты для лечения СМА использовались уже после рождения. Однако примерно половина детей с мутациями генов SMN1 и SMN2 рождаются уже с СМА. Идея начать лечение *in utero* — в утробе матери — принадлежала родителям больной девочки. Мать начала принимать препарат Рисдиплам (влияет на экспрессию гена SMN2 таким образом, чтобы вырабатывалось больше белка выживаемости мотонейронов SMN) с 32-й недели беременности, ребенок начал принимать препарат после первой недели (и будет принимать его пожизненно). В результате у девочки были более высокие уровни белка SMN в крови, чем у других детей с СМА, меньше повреждений нейронов и отсутствовали признаки мышечной слабости. В настоящее время девочке 3 года и СМА не привела к тяжелым последствиям, как это бывает обычно у детей с СМА к этому возрасту.
- Ученые Университета Фудань (г. Шанхай, Китай) разработали и успешно применили интерфейс «мозг-спинномозговая связь» (brain-spine interface, BSI) для возвращения двигательной активности людям с травмами позвоночника. Принцип BSI заключается в имплантации двух небольших электродов, одного в двигательную кору головного мозга, а другого в спинной мозг, соединенных системой искусственного интеллекта, которая интерпретирует нейронные сигналы и преобразует их в двигательные импульсы. Сначала намерение двигаться регистрируется в мозге, затем ИИ расшифровывает это намерение и посылает точные электрические импульсы в нервные узлы, которые остаются функциональными ниже места повреждения. Диаметр имплантата составляет всего 1 мм, а его установка осуществляется в ходе операции, которая длится всего четыре часа. Хирурги в г. Шанхае провели первую операцию, которая позволила парализованному человеку ходить. В головной и спинной мозг 34-летнего мужчины с полностью парализованными ногами хирурги имплантировали два электродных чипа, чтобы заменить разорванные нейронные связи "цифровым мостом". В течение 24 часов после операции с помощью ИИ пациент восстановил движение ног, а через 2 недели с посторонней помощью прошел первые 5 м.

тема номера:

3. Беспилотные автомобили: технологии, общество, перспективы

3.1. Введение

Тема номера посвящена анализу и систематизации развития технологий беспилотных легковых автомобилей, работающих в городских условиях.

Развитие технологий в области навигации, сенсорики (радары, лидары, видеокамеры), вычислений, искусственных нейросетей и искусственного интеллекта создаёт предпосылки для возникновения беспилотного транспорта.

С другой стороны, старение населения во всех развитых странах и **недостаток рабочих рук** предъявляет спрос на технические решения, позволяющие заменять и дополнять работников-людей, повышая производительность труда.

Можно выделить два этапа развития городского беспилотного транспорта:

- На ранних этапах развития, технологии беспилотного транспорта **дополняют водителя** (1-2 уровни автоматизации: ИИ-ассистенты, круиз-контроль), повышая безопасность движения и снижая нагрузку на человека.
- Более продвинутые системы предполагают **полную замену человека на ИИ** (4-5 уровни автоматизации). В настоящее время беспилотные автомобили 4 уровня автоматизации способны самостоятельно передвигаться по городу в хороших погодных условиях по районам, для которых доступны высокоточные карты.

Развитие вычислительной техники и сенсорики позволяет ожидать, что задача передвижения в более сложных условиях тоже будет решена в обозримом будущем.

Применение полностью автономных автомобилей потребует решения юридических и социальных вопросов, но позволит получить значительный экономический эффект за счёт замещения водителей-людей.

3.2. Уровни автоматизации

Выделяют **5 уровней автоматизации беспилотного транспорта** по классификации SAE International (Society of Automotive Engineers):

- **Уровень 0** — никакой автоматизации, водитель полностью контролирует управление транспортом.
 - **Уровень 1** — автомобиль может контролировать либо рулевое управление, либо ускорение/торможение, но не оба аспекта одновременно.
 - **Уровень 2** — автомобиль может одновременно контролировать и рулевое управление, и ускорение/торможение, но водитель должен постоянно контролировать ситуацию.
 - **Уровень 3** — автомобиль может контролировать все аспекты управления в определенных условиях, но водитель должен быть готов вмешаться по необходимости.
 - **Уровень 4** — автомобиль может контролировать все аспекты управления в большинстве условий, водитель может не вмешиваться, но автомобиль не может работать в любых условиях.
 - **Уровень 5** — полная автоматизация. Автомобиль может контролировать все аспекты управления в любых условиях, водитель не требуется. По состоянию на начало 2025 года ни одна система не достигла этого уровня.
- В США в 2021 году из 14,9 млн проданных автомобилей 4,9 млн автомобилей имели первый уровень автоматизации (**33%**) и 7,4 млн автомобилей имели второй уровень автоматизации (**50%**) и только **17%** не имели никаких систем помощи водителю. Ещё в 2020 году соотношение было другим: 49% - первый уровень автоматизации и 32% - второй уровень автоматизации*.
 - В Китае в 2024 году автопроизводители выпустили 22,9 млн легковых автомобилей, включая гибриды и электромобили. По прогнозам участников рынка, в 2025 году будет выпущено около 15 млн машин с системой помощи водителю второго уровня или **65,5%****.
 - При этом отмечается, что в 2024 году такие системы устанавливали в основном на автомобили дороже 20 тыс долл США. Ожидается, что в 2025 году системы помощи водителю второго уровня будут устанавливаться на более бюджетных автомобилях стоимостью от 15 тыс долл США**. Т.е. уровень автоматизации нарастает начиная с премиального сегмента и распространяясь на массовые автомобили.

* New Car and Light Truck Sales by Levels of Driving Automation. URL: <https://www.bts.gov/browse-statistical-products-and-data/national-transportation-statistics/new-car-and-light-truck>

** Около 15 млн новых машин с базовым автопилотом появится на дорогах Китая в этом году. URL: <https://3dnews.ru/1117652/na-dorogi-kitaya-v-etom-godu-viedet-okolo-15-mln-novih-avtomobiley-s-avtopilotom-vtorogo-urovnya>

3.3. Развитие технологий: сенсоры

В беспилотном транспорте для мониторинга дорожной обстановки используются три основных вида сенсоров: камеры, радары, лидары.

- **Камеры** работают в видимом спектре. Они позволяют получать картину окружающей дорожной обстановки вокруг машины, которая затем анализируется алгоритмами распознавания образов. Камеры – это единственный тип сенсоров, позволяющий беспилотному автомобилю распознавать сигналы светофоров, дорожные знаки и разметку. Но при помощи камер затруднительно определять точное расстояние и скорость движения объекта. Камера зависит от внешних источников освещённости, поэтому её эффективность снижается в тёмное время суток.
- **Радары** используют радиоволны миллиметрового диапазона. Они позволяют измерять расстояние до объектов и их скорость независимо от времени суток.
- **Лидары** (англ. - *light detection and ranging*) излучают лазерные лучи, которые отражаются от объектов и возвращаются к датчику. Зная время, за которое луч вернулся, рассчитывается точное расстояние до объекта. Лидары позволяют получить хорошо детализированную картину происходящего вокруг, определяют расстояния до объектов и их скорость. Обладают хорошей дальностью и высокой скоростью работы. Основной недостаток – высокая стоимость.
- Некоторые компании устанавливают дополнительно камеры инфракрасного диапазона и микрофоны, а также лидары, предназначенные для разного расстояния: ближнего, среднего, дальнего радиуса действия и лидары для контроля слепых зон.
- Развитие технологий приводит к удешевлению лидаров, пригодных для беспилотного транспорта. В 2017 году лидар в среднем стоил около \$70,000, а в 2024 году стоимость может варьироваться от \$500 до \$5,000 в зависимости от качества и применяемых технологий*. В конце 2024 года китайский производитель лидаров Hesai анонсирован снижение цены на лидар, предназначенный для беспилотных автомобилей до \$200**. Такое снижение цены важного дорогостоящего компонента повышает доступность беспилотных автомобилей.

* Лидары в автомобилях: Как они меняют дороги и что нас ждёт в будущем? URL: <https://dzen.ru/a/Z5vQtjDOJCy2tcHE>

** Exclusive: China's Hesai to halve lidar prices next year, sees wide adoption in electric cars. URL: <https://www.reuters.com/technology/chinas-hesai-halve-lidar-prices-next-year-sees-wide-adoption-electric-cars-2024-11-27/>

3.3. Развитие технологий: высокоточная локализация

Высокоточная локализация в пространстве нужна для того, чтобы облегчить задачу по динамической обработке информации, поступающей от сенсоров. Она позволяет решать задачи определения своего местонахождения и построения допустимых вариантов движения в пространстве.

Для её реализации необходимо иметь высокоточную карту местности. За пределами картографированных участков такой беспилотник самостоятельно передвигаться не сможет.

Для ориентирования в пространстве применяются следующие технологии:

- **GNSS** (*англ. – Global Navigation Satellite System*) – система навигации по спутникам: GPS, Глонасс и другие. Ошибка измерения может составлять несколько метров.
- **Одометрия** — использование данных о движении колёс для оценки перемещения автомобиля между получениями сигналов со спутников.
- **HD-карты** (*англ. – High-definition map*) – высокоточная карта, содержащая информацию о полосах дорожного движения, светофорах и других важных объектах.
- **GNSS RTK** (*англ. – Real Time Kinematic*) – навигация с использованием установленных возле дороги базовых станций, координаты которых известны с высокой точностью. Это позволяет ввести поправки к координатам, получаемым со спутников, и достичь точности навигации до нескольких см в реальном времени.
- **IMU** (*англ. – Inertial measurement unit*) – система устройств на основе гироскопов, магнетометров и акселерометров, позволяющая оценивать передвижение автомобиля между получениями сигнала со спутников. IMU точнее, чем одометрия т.к. на скользкой дороге колёса могут прокручиваться относительно гололёда.

Вычислительные методы для высокоточной локализации

- **Фильтр Калмана** – это вычислительный метод оценки местоположения автомобиля на основе агрегации большого количества источников.
- **Landmarks lokalisation** – метод уточнения координат GNSS с опорой на известные объекты на местности: обнаружение ориентира (дорожная разметка, дорожные знаки, столбы и т.д.), соотнесение его местонахождения в пространстве с картой, уточнения своего местоположения с точностью до 1 см.
- **ICP** (*англ. – Iterative closest point*) – сопоставление облака точек, полученных с лидара, с облаком точек, хранящемся в карте с целью уточнения своего местоположения.
- **Image-based camera localization** – определение своего местоположения на основе сопоставления фотографий, которые делает камера, с фотографиями, хранящимися в базе данных. Используется при отсутствии или низком качестве сигнала спутниковой навигации.

3.3. Развитие технологий: управление

- Для управления беспилотным транспортом используются **высокопроизводительные вычислительные платформы**. Аппаратная часть, на которой проводятся вычисления, часто располагается на самом беспилотном автомобиле, чтобы не зависеть от устойчивости связи.
- Например, платформа Nvidia Drive – это комплексная платформа для создания полностью автономных транспортных средств с использованием искусственного интеллекта, глубокого обучения и производительных вычислений. Она разрабатывается с целью обеспечить создание систем 4-5 уровней автономности, т.е. вплоть до полного невмешательства человека в работу транспортного средства.
- **Алгоритмы компьютерного зрения** применяются для идентификации объектов в окружающем пространстве.
- **Алгоритмы поиска пути** (A, RRT, Hybrid A*) позволяют построить оптимальный маршрут движения транспортного средства.
- Прогнозирование передвижений других участников дорожного движения.
- **V2X** (англ. – *Vehicle-to-Everything*) — технология, которая позволяет транспортным средствам обмениваться информацией с другими транспортными средствами и с дорожной инфраструктурой в режиме реального времени.

Графический процессор является одним из дорогостоящих компонентов вычислительных систем, на которых работает ИИ. Развитие вычислительных технологий и снижение стоимости графических процессоров будет расширять возможности по повышению качества беспилотных автомобилей и снижению их стоимости.

В 2010-23 годах **ключевые показатели графических процессоров, используемых для ИИ, удваивались каждые 2-3 года**: вычислительная производительность [FLOP/s], удваивалась каждые 2,3 года как для ML, так и для обычных GPU; соотношение цены и производительности вычислений [FLOP/\$], удваивалось каждые 2,1 года для ML GPU и 2,5 года для обычных GPU; и энергоэффективность [FLOP/s на 1 Ватт], удваивалась каждые 3,0 года для ML GPU и 2,7 года для обычных GPU*. Если развитие вычислительных мощностей продолжится по экспоненте, то будут стремительно расти возможности развития систем ИИ, отвечающих за работу беспилотного транспорта.

*Trends in Machine Learning Hardware. URL: <https://epoch.ai/blog/trends-in-machine-learning-hardware>

3.4. Беспилотный транспорт: Россия

- Научно-производственное объединение «**СтарЛайн**» входит в группу компаний УльтраСтар, занимающихся разработкой систем безопасности с 1988 года. В 2019 году легковой беспилотный автомобиль StarLine выиграл конкурс «Зимний город», показав наилучший результат в ходе заезда по макету города в зимних условиях. В настоящее время **StarLine** разрабатывает грузовые беспилотные автомобили.
- Компания **Cognitive Technologies** разрабатывала беспилотный автомобиль в партнёрстве с КАМАЗом с 2015 года. В настоящее время компания **Cognitive Pilot** разрабатывает сельскохозяйственный беспилотный транспорт и беспилотный трамвай.
- Компания **Navio** (бывш. **SberAutoTech**) разрабатывает технологии беспилотного легкового и грузового транспорта.
- С 2017 года разработкой беспилотного транспорта занялся Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (**МАДИ**).
- С 2017 года беспилотные автомобили разрабатывает **Яндекс**.
- В 2020 году была создана отдельная компания Yandex Self-Driving Group (Yandex SDG), испытывавшая беспилотные автомобили в России, Израиле и США. В 2022 году зарубежная часть бизнеса продолжила работу под брендом Avride.
- С апреля 2022 года по ноябрь 2024 года в России роботакси совершили 92 тысячи поездок: 70 тысяч — в Сириусе, 20 тысяч — в Иннополисе, 2000 — в Москве. За это время они проехали 8 млн км. Почти всегда за рулём был водитель, контролирующий действия ИИ. В небольшом количестве случаев контроль осуществлялся дистанционно.
- Было зафиксировано 36 ДТП, из которых два произошли по вине беспилотника. Т.е. беспилотник стал причиной аварии в 0,25 случаев на 1 млн км, что сопоставимо с результатом американской компании Waymo (см. п. 3.5).
- В апреле 2025 года сообщалось, что беспилотные автомобили Яндекса проехали 28 млн км в автономном режиме.
- Экспериментальный правовой режим по тестированию беспилотных автомобилей решено продлить до 2028 года.

3.4. Беспилотный транспорт: Китай

В КНР несколько ИТ компаний-разработчиков технологий беспилотного вождения сотрудничают с несколькими компаниями-производителями автомобилей. При этом, одна ИТ компания может одновременно сотрудничать с несколькими автопроизводителями и наоборот. Такая высококонкурентная среда стимулирует разработки новых технологий.

Время от времени публикуются новости о тестировании или о начале производства автомобилей 4 уровня автономности (т.е. человек как правило не вмешивается в работу ИИ-водителя, но имеет возможность вмешаться в любой момент).

В настоящее время автомобили 4 уровня автономности в Китае в основном тестируются и имеют ограниченное практическое применение.

- В апреле 2022 года китайская компания WeRide запустила полностью автономный парк санитарно-технических транспортных средств в Китае. Электромобили с 4 уровнем автономности самостоятельно убирают улицы, заправляются водой и выгружают отходы*.
- В начале 2023 года WeRide начала испытания беспилотных микроавтобусов 4 уровня автономности в Пекине **.
- В 2022 году Apollo Go (Baidu) в отдельных районах городов Чунцин и Ухань запустил коммерческие поездки на беспилотных такси без присутствия водителя в салоне. За четвёртый квартал 2024 года было совершено 1,1 млн коммерческих поездок в разных городах Китая.
- На сайте компании Apollo Go сообщается о массовом использовании технологий второго уровня автономности в серийных автомобилях (например, беспилотная парковка) и тестовой эксплуатации технологий 4 уровня автономности на автомобилях автопроизводителей-партнёров****.

* WeRide Launched Fully Autonomous Sanitation Vehicle Fleet In China. URL: <https://carnewschina.com/2022/04/30/weride-launched-fully-autonomous-sanitation-vehicle-fleet-in-china/>

** WeRide's L4 Autonomous Minibus Obtains Beijing's First Road Test License. URL: <https://carnewschina.com/2023/01/18/werides-l4-autonomous-minibus-obtains-beijings-first-road-test-license/>

*** Baidu begins offering fully unmanned self-driving ride-hailing services in China. URL: <https://cnevpost.com/2022/08/08/baidu-expands-self-driving-ride-hailing-service-without-safety-officers-to-more-cities/>

**** Apollo Navigation Pilot. URL: <https://en.apollo.auto/anp>

3.4. Беспилотный транспорт: Китай

- В 2023 году компания с китайскими корнями Pony.ai начала тестирование беспилотных автомобилей 4 уровня автономности в выделенных зонах города Гуанчжоу (КНР).
- В 2024 году было создано совместное предприятие Pony.ai и Toyota. Ближайшие планы – создание флота из нескольких тысяч беспилотных такси, работающих в нескольких городах Китая*.
- В 2025 году китайские компании GAC Aion (дочерняя компания автоконцерна Guangzhou Automobile Group) и DiDi (агрегатор такси) объявили о **начале производства автомобилей такси 4 уровня автономности** к концу 2025 года**. Их совместное предприятие Guangzhou Andi Technology Co., Ltd. в марте 2025 года представило свой первый автомобиль – кроссовер SUV, созданный на базе электрической платформы AEP 3.0 от GAC Aion с применением платформы беспилотного вождения DiDi Autonomous Driving.
- Аппаратная платформа DiDi использует 33 датчика, включая LiDAR, камеры, 4D-радар миллиметрового диапазона, инфракрасные камеры и звуковые датчики, разработанные для всепогодного восприятия на 360 градусов с использованием методов слияния нескольких датчиков.
- В центральной вычислительной платформе установлен графический процессор (GPU), производительностью более 2000 TOPS и 48-ядерный центральный процессор.
- Сообщается, что автомобиль соответствует как китайским, так и европейским стандартам безопасности.
- В ближайших планах – производство десятков тысяч единиц автомобилей 4 уровня автономности и их интеграция в сервис такси DiDi.
- Одновременно GAC Group сообщает, что в 2026 году представит **новые модели машин с 3 уровнем автономности**. Вероятно, это означает, что современные технологии 4 уровня автономности требуют доработок, прежде чем смогут получить более широкое распространение.
- Есть и отрицательные примеры. В 2024 году китайская компания Jiuye (совместное предприятие ИТ компании Baidu и автоконцерна Geely) представила седан Jiuye 07, владельцы которого могли опционально докупить или оформить временную подписку на автопилот 4 уровня автономности. Однако, уже через 3 месяца компания прекратила своё существование, продав всего 13 834 автомобилей.

* <https://www.pony.ai/business?lang=en>

** GAC Aion and DiDi target late 2025 for mass production of jointly developed L4 robotaxi. URL: <https://carnewschina.com/2025/04/14/gac-aion-and-didi-target-late-2025-for-mass-production-of-jointly-developed-l4-robotaxi/>

3.4. Беспилотный транспорт: США

- В США в 1990х предпринимались первые попытки создать беспилотный автомобиль силами научных работников. В 2000х годах этой темой начал заниматься бизнес.
- С 2022 года компания Waymo (Alphabet) осуществляет коммерческую эксплуатацию беспилотных такси четвёртого уровня автономности в Лос-Анджелесе, Сан-Франциско и Финиксе. В 2024 году компания достигла 200 000 коммерческих поездок в неделю*.
- В 2022 году компания Cruise (General Motors) начала тестировать беспилотные такси в США. Однако, уже в 2023 году из-за частых аварий разрешение было отозвано и компания прекратила своё существование.
- В апреле 2025 года компания Tesla представила новую систему беспилотного вождения Full Self-Driving (FSD), для которой не обязательно присутствие человека за рулём. На опубликованном видеоролике автомобили самостоятельно съезжают с конвейера, покидают сборочный цех и паркуются на стоянке.
- Компания Zoox (Amazon) разрабатывает беспилотный автомобиль, не имеющий водительского места. С 2023 года он тестируется на дорогах общего пользования. В 2025 году было объявлено о скором начале коммерческой эксплуатации в Лас-Вегасе, Сан-Франциско, Остине и Майями**.

* Waymo has doubled its weekly robotaxi rides in less than a year. URL: <https://techcrunch.com/2025/02/27/waymo-has-doubled-its-weekly-robotaxi-rides-in-less-than-a-year/?gucounter=1>

** Las Vegas, let's ride. URL: <https://zoox.com/journal/las-vegas/>

3.5. Безопасность беспилотного транспорта

По результатам испытаний беспилотных автомобилей компании Waymo (дочерняя компания Alphabet) без присутствия человека на водительском месте беспилотники показали значительно меньшую аварийность, чем водители-люди*. Однако, есть вопросы к условиям эксплуатации беспилотных автомобилей.

Сравниваются три категории транспортных средств:

- полностью автономные автомобили Waymo без человека на водительском месте;
- human-driven vehicles (HDV) - транспортное средство, управляемое человеком;
- latest-generation HDV - транспортное средство современных моделей, управляемое человеком.

Оцениваются два типа аварий в расчёте на 1 млн миль пробега:

- аварии, повлекшие только материальный ущерб,
- аварии, в которых пострадали люди.

Методологические особенности:

- Для оценки количества аварий используются данные страховых компаний по количеству претензий о возмещении ущерба за 2017-22 годы.
- Для оценки пробега беспилотных автомобилей использованы фактические данные компании Waymo.
- Для оценки пробега автомобилей, управляемых людьми, используются средние данные по штату.
- В статистику аварий включаются автомобили, которые зарегистрированы в городах, в которых проходили тестирования беспилотники.
- За 2018-22 годы водители-люди получили 80 000 претензий и преодолели более 40 миллиардов миль пробега.
- За 25,3 млн миль пробега компания-владелец беспилотных автомобилей получила 10 претензий: 2 о компенсации телесных повреждений и 9 о компенсации материального ущерба.

Do Autonomous Vehicles Outperform Latest-Generation Human-Driven Vehicles? A Comparison to Waymo's Auto Liability Insurance Claims at 25 Million Miles. URL: <https://storage.googleapis.com/waymo-uploads/files/documents/safety/Comparison%20of%20Waymo%20and%20Human-Driven%20Vehicles%20at%2025M%20miles.pdf>

3.5. Безопасность беспилотного транспорта

- На графике сравнивается аварийность машин, управляемых людьми, с беспилотными автомобилями Waymo.
- Левый график показывает количество исков о возмещении материального ущерба для водителей-людей в среднем (синий цвет), водителей-людей, управляющих машинами новых марок (красный цвет) и беспилотных автомобилей Waymo (зелёный цвет).
- Waymo получила в среднем 0.36 претензий о возмещении материального ущерба на 1 млн миль пробега беспилотных автомобилей. Водители современных автомобилей получили 2.49 претензий на 1 млн миль пробега.
- Правый график показывает количество исков о компенсации за телесные повреждения для водителей-людей в среднем (синий цвет), водителей-людей, управляющих машинами новых марок (красный цвет) и беспилотных автомобилей Waymo (зелёный цвет).

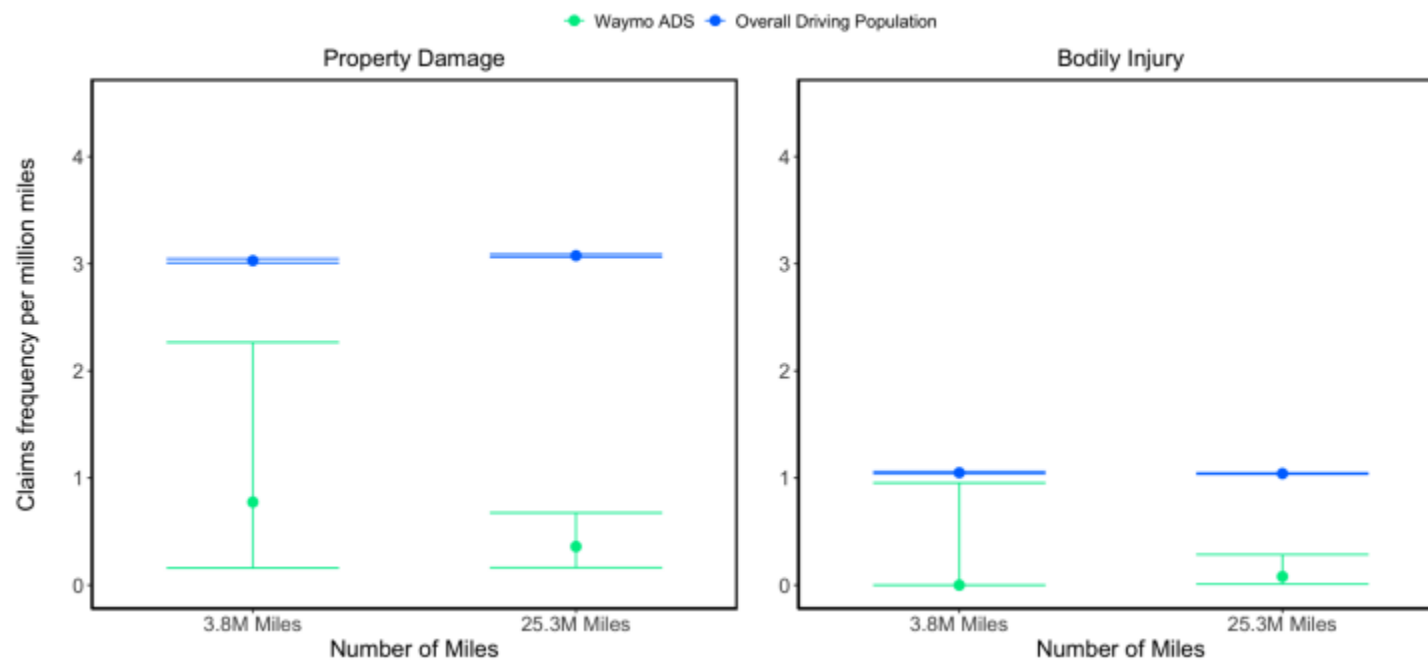


Waymo получила 0.08 претензий о компенсации телесных повреждений на 1 млн миль пробега. Водители современных автомобилей получили 0.82 претензии на 1 млн миль пробега.

Беспилотные автомобили оказались в 7 раз безопаснее с точки зрения материального ущерба и в 10 раз безопаснее с точки зрения ущерба здоровью людей.

3.5. Безопасность беспилотного транспорта

- На графике показан прогресс повышения безопасности беспилотных автомобилей.
- На левом графике показано количество исков о возмещении материального ущерба для водителей-людей (синий цвет) и беспилотников Waymo (зелёный цвет). Левая половина графика показывает аварийность беспилотников Waymo по итогам первых 3,8 млн миль пробега, правая половина графика показывает аварийность беспилотников по итогам 25,3 млн миль пробега. Видно снижение среднего значения аварийности по мере развития беспилотного транспорта.
- На правом графике показано количество исков о компенсации вреда здоровью для водителей-людей (синий цвет) и беспилотников Waymo (зелёный цвет). Левая половина графика показывает аварийность беспилотников Waymo по итогам первых 3,8 млн миль пробега, правая половина графика показывает аварийность беспилотников по итогам 25,3 млн миль пробега. Видно снижение среднего количества аварий с причинением вреда здоровью людей по мере развития беспилотного транспорта.



3.5. Безопасность беспилотного транспорта

Критика представленного исследования

- Главный вопрос – в статье не учитываются погодные условия, в которых эксплуатировались беспилотники Waymo. Дождь снижает способности лидаров строить 3D модель окружающего пространства. Скользкое дорожное покрытие (гололёд, нерасчищенный снег и др.) вносит неопределённость и усложняет управление автомобилем. Беспилотные автомобили Waymo останавливаются, если погодные условия недостаточно хорошие*. Если беспилотные автомобили тестируются только в хороших погодных условиях, то это занижает их аварийность по сравнению с водителями-людьми, которые ездят в т.ч. в неблагоприятных погодных условиях.
- Для тестирования беспилотников выбраны города с мягким климатом: Сан-Франциско, Финикс (Аризона), Лос-Анджелесе и Остин (Техас), в которых нет снега и гололёда. Выбор городов показывает ограниченные способности беспилотников передвигаться в сложных погодных условиях.
- В 2017 году компания Waymo проводила тестирование беспилотных автомобилей в снежную погоду в штате Мичиган**. Однако, эти результаты не вошли в статью.
- Возможно, для работы беспилотных автомобилей были выделены отдельные улицы с относительно удобным для беспилотников движением. Об этом в статье прямо не говорится, но это тоже могло повлиять на результаты.
- Компания Waymo обладает более сильной юридической службой, чем средний водитель, а так же беспилотный автомобиль более тщательно фиксирует обстоятельства аварии, что позволяет компании более качественно защищать свои интересы, чем это может сделать средний водитель.

Вывод об уровне безопасности беспилотников Waymo

- Указанные замечания, вероятно, занижают аварийность беспилотников Waymo по сравнению с водителями-людьми, с которыми сравниваются беспилотники.
- Тем не менее, тестирование беспилотников без человека на водительском месте даже с учётом перечисленных оговорок показывает принципиальную способность беспилотников передвигаться по дорогам общего пользования с умеренным уровнем аварийности в хороших погодных условиях.
- Обучение беспилотников для езды в плохих погодных условиях – следующий этап развития технологий беспилотного вождения.

*Safety at Waymo | Waymo and the Weather. URL: <https://waymo.com/blog/2019/08/waymo-and-weather>

**Michigan is Waymo's winter wonderland. URL: <https://waymo.com/blog/2017/10/michigan-is-waymos-winter-wonderland>

3.6. Сильные стороны беспилотного транспорта

Выгоды ИИ

- **Более продвинутая сенсорная система по сравнению с возможностями человека.** ИИ может одновременно «смотреть» во все стороны несколькими видами сенсоров, в то время как человек может одновременно держать в поле зрения небольшую зону дорожной обстановки. Например, беспилотный автомобиль Яндекса оснащён 8 камерами, 6 радарными и 4 лидарными датчиками. Камеры собирают информацию в видимом спектре, как его видит человек. В дополнение к этому, радары позволяют определять место нахождения других автомобилей и оценивать их скорость независимо от освещённости, а лидары позволяют формировать трёхмерную картину окружающего мира. Кроме того, за счёт расположения в разных частях машины сенсоры могут «увидеть» то, что не доступно для зрения человека, находящегося на водительском месте.
- **Лучшая скорость реакции.** Скорость реакции человека на резкое торможение едущего впереди автомобиля составляет 0,5 сек, если человек был сосредоточен на нём, и достигает 1,5 сек, если внимание человека было расфокусировано или сосредоточено на другом объекте, например если человек смотрел на дорожный знак или на карту в навигаторе. ИИ способен обнаружить резкое торможение и начать тормозить за 0,3 сек. Для сравнения, при скорости 50 км/ч за 1 сек автомобиль проезжает 14 м.
- **Более подробный учёт дорожной обстановки** за счёт использования высокоточной карты и способности одновременно обрабатывать информацию о большем количестве объектов, чем это способен делать человек.
- **Высокая точность** определения местоположения и скорости движения объектов позволяет более точно планировать свою траекторию движения, избегая «соприкосновений» с другими объектами.
- **ИИ не отвлекается** от мониторинга дорожной обстановки, в отличие от человека, который может слушать радио, продумывать свои планы или разговаривать с пассажирами.
- **ИИ обучается по гораздо большему количеству млн км, чем самый опытный водитель.** И, в отличие от человека, ИИ «помнит» весь свой «опыт». Кроме того, для обучения ИИ можно использовать симулятор – «переиграть» дорожную ситуацию несколькими способами, обучая ИИ-водителя действовать в сложных ситуациях.
- **ИИ не нарушает ПДД.** Разработчики могут прописать в ИИ задачу строгого соблюдения правил безопасности, что позволяет избегать человеческого фактора.

3.7. Слабые стороны беспилотного транспорта

Недостатки ИИ

- **Необходимость компенсировать несовершенство сенсорных систем.** Например, лидары плохо «видят» автомобили и иные предметы чёрного цвета, а так же лужи и иные отражающие объекты, зато фиксируют снег как «шум». Частота видеосъёмки камерой может совпасть с частотой мигания лампочки светофора (фликеринг), что затруднит распознавание сигнала. Выхлопные газы иногда ошибочно принимаются искусственным интеллектом за пешеходов. Сенсоры могут забиваться грязью, что снижает их эффективность. Частично это компенсируется одновременным анализом информации, поступающей с нескольких видов сенсоров.
- В отличие от ИИ, **водитель-человек может при необходимости остановиться и помыть лобовое стекло и зеркала заднего вида или подкачать спустившее колесо.** В случае с беспилотными автомобилями это потребует либо участия пассажиров в обслуживании машины, либо дополнительной инфраструктуры по обслуживанию автомобилей, особенно грузовых на междугородних перевозках.
- В отличие от ИИ, **человек использует весь свой жизненный (в т.ч. социальный) опыт** для распознавания объектов и прогнозирования их движений. Для ИИ предсказание действий других участников дорожного движения, особенно с учётом влияния на них его собственного поведения, – отдельная сложная задача. Редко встречающиеся объекты (например, дикие животные, перебегающие дорогу на трассе или разбитый автомобиль, буксируемый эвакуатором) могут быть не правильно распознаны искусственным интеллектом с неправильными выводами для коррекции своего движения.

Регуляторные проблемы

- Остаётся открытым вопрос, кто должен нести **ответственность в случае гибели или тяжёлых увечий человека** по вине ИИ-водителя. Возможный ответ на вопрос – определение величины денежной компенсации и страхование ответственности.
- Не проработан вопрос о том, какие эвристики должны быть заложены в ИИ для действий в ситуациях морального выбора. Возможны ситуации, когда, с точки зрения минимизации ущерба, беспилотник должен будет пожертвовать пассажиром для спасения других людей, что не добавит доверия этой технологии. Кроме того, принятие таких решений потребует отдельного модуля для оценки последствий действий ИИ-водителя для здоровья человека.

Социальные последствия

- Первым очевидным последствием замещения труда водителей на ИИ станет **необходимость профессиональной переподготовки** миллионов занятых в этой сфере. Учитывая, что профессия водителя является одной из самых массовых в России, трудоустроить такое количество людей в других профессиональных сферах без потерь для бывших водителей будет не просто.
- Могут возникать, особенно первое время, конфликтные ситуации между ИИ-водителями и людьми, которые водители-люди решают на основе всего своего социального опыта, а искусственный интеллект может допускать ошибки. Проблема может решаться за счёт применения больших языковых моделей в качестве посредника между пользователем и машиной.

3.8. Выводы и перспективы

- В настоящее время **получили широкое распространение системы помощи водителю**, соответствующие 1 и 2 уровням автоматизации. Такие системы постепенно дешевеют и устанавливаются на автомобили более дешёвых сегментов рынка.
- Опыт **тестирования беспилотников 4 уровня** автоматизации выявляет проблемы, связанные со сложными погодными условиями и нестандартными дорожными ситуациями, которые человек решает за счёт своего социального опыта, а ИИ иногда теряет и принимает неверные решения.
- **Стремительное развитие технической базы** (сенсорики, вычислительных мощностей и др.) позволяет надеяться на успешное развитие технологий беспилотного транспорта в будущем.
- Помимо технических задач, для широкого распространения беспилотников 4-5 уровней автоматизации **должны быть решены правовые и социально-экономические вопросы**: об ответственности участников дорожного движения, о профессиональной переподготовке водителей и другие.

Использованные источники

Тема номера:

- Беспилотные автомобили в России. URL: <https://habr.com/ru/companies/onlinepatent/articles/735260/>
- Лидары в беспилотных автомобилях. URL: <https://vc.ru/transport/61028-lidary-v-bespilotnyh-avtomobilyah?ysclid=m92wdqs8fi525781122>
- Что нового у беспилотников: второй митап и советы по тестовой задаче. URL: <https://habr.com/ru/companies/yandex/news/578344/?ref=vc.ru>
- Подразделение беспилотников Cruise из GM привлекло \$1,35 млрд и запустило тестирование такси без водителя в США. URL: <https://vc.ru/transport/358030-podrazdelenie-bespilotnikov-cruise-iz-gm-privleklo-135-mlrd-i-zapustilo-testirovanie-taksi-bez-voditelya-v-ssha?ysclid=m9ldww13nq707036343>
- Сервис беспилотного такси Cruise уволит 900 сотрудников — 24% штата. <https://vc.ru/hr/954292-servis-bespilotnogo-taksi-cruise-uvolit-900-sotrudnikov-24-shtata>
- Электромобили Tesla научились сами сходить с конвейера. URL: <https://lenta.ru/news/2025/04/14/tesla-self/?ysclid=m9le36u229511494125>
- Минэк подвёл итоги эксперимента по тестированию беспилотных автомобилей: из 36 происшествий два произошли по вине беспилотника. URL: <https://vc.ru/transport/1795936-minek-podvel-itogi-eksperimenta-po-testirovaniyu-bespilotnyh-avtomobilei-iz-36-proisshestvii-dva-proizoshli-po-vine-bespilotnika?ysclid=m9llazm5t9618530944>



ЦЕНТР МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Тел.: 8-499-129-17-22, e-mail: mail@forecast.ru, <http://www.forecast.ru>

Авторы обзора

Роман Волков, ведущий эксперт ЦМАКП, к.э.н.

Email: rvolkov@forecast.ru

Владимир Артёменко, эксперт ЦМАКП.

Email: avg@forecast.ru

Следите за новыми выпусками мониторингов ЦМАКП

Официальный сайт: forecast.ru

Telegram-канал: [ctmasf](https://t.me/ctmasf)