

# Кто хочет стать миллионером?

Вопрос на сто семьдесят пять миллионов рублей. Можете создать автомобиль, способный проехать в беспилотном режиме 50 километров? Зимой, в городском трафике, по заснеженным улицам — и, конечно, соблюдая ПДД.

Константин СОРОКИН, фото автора и команд-участниц

Это условия технологического конкурса «Зимний город», который организовали Российская венчурная компания, фонд Сколково и Агентство стратегических инициатив. Конкурс сугубо российский, ориентированный на наши дорожные реалии

и призванный найти решения, помогающие беспилотным машинам ездить в «информационном вакууме», когда датчики покрыты льдом, разметку под снегом не видно — и свое положение на проезжей части робомобиль может вычислить только очень приблизительно.

Эксперты уверены, что рано или поздно проблема метеозависимости машинного зрения будет решена аппаратно, с помощью новых адаптивных датчиков, а вернее, их симбиоза. Но создадут их, скорее всего, не в России, да и в целом всепогодная технология затронет отрасли, которые развиты у нас слабо.

Так вот, конкурс «Зимний город» — это попытка найти альтернативный (если хотите, народно-авантюрный) способ распознавания «мутной» дорожной сцены, причем усилиями людей, еще не испорченных отраслевым мышлением. И ведь подобный подход приносит плоды! В XVIII веке в результате технологического конкурса, проведенного в 2004 году студенческими командами DaGRA Grand Challenge дало толчок развитию беспилотных технологий, а молодежная программа XPrize положила начало частной космонавтике.

Задание для российского «Зимнего города» было разработано при технологической поддержке компании Яндекс. Оно включает проезд регули-

руемого перекрестка с пропуском пешеходов, круговое движение, пробочный режим «старт-стоп», парковку по разметке, распознавание сигналов светофоров и внезапных помех, выезд на трассу со второстепенной дороги и объезд неподвижного препятствия с элементами слалома — за выполнение каждого из этих упражнений командам начисляется по одному очку.

Площадку для соревнований предоставил Дмитровский автополигон НАМИ, где пару лет назад построили городок для испытательных беспилотников. В отличие от технопарков Сколково или татарского Иннополиса, эта трасса позволяет имитировать разнообразные климатические помехи (дождь, снег, туман), причем в любое время года, а гонять беспилотные автомобили можно не только на небольшой территории городка с опорной инфраструктурой (с сетями Wi-Fi, 5G и т.д.), но и по всем дорогам полигона.

Поначалу претендентов на сколковские миллионы оказалось более тридцати, однако в финал, который состоялся в декабре 2019 года, по результатам квалификационных заездов прошли лишь пять команд. Прямое соперничество между ними конкурс «Зимний город» не предусматривает: автомобилям нужно преодолеть так называемый технологический барьер, то есть автономно в дневное и ночное время намотать сквозь снега и метели пятьдесят зачетных километров, выполнив «водитель-



Квалификационная трасса «Зимнего города» выглядела весенним оазисом: видимость — «миллион на миллион», асфальт чистый, разметка контрастная. Единственным «климатически проблемным местом» была позиция со снежно-водяной пушкой

## Авто-РТК, Ростов-на-Дону, Таганрог и Курск

Команда Авто-РТК, созданная специально для участия в конкурсе «Зимний город», использует потенциал трех научно-исследовательских организаций и интеллектуальные ресурсы двух российских университетов. Автомобиль Kia Soul — это передвижная лаборатория для отработки беспилотных задач разного профиля, и именно поэтому машина оснащена «навесной» системой управления, которая получает информацию не с датчиков АБС и CAN-шины, а с внешнего одометра. Он, в свою очередь, объединен с инерциальной навигационной системой. Трансмиссией управляют с помощью простого механического актуатора, закрепленного на селекторе коробки передач.

Объекты в видимом спектре робо-Soul выявляет двумя видеокameraми, работающими как в режиме стереопары, так и автономно. Еще две камеры перекрывают инфракрасный диапазон. Многолучевой лидар установлен на крыше, а узконаправленные — в передних крыльях и бампере (обзор дальней зоны и боковых секторов), и еще один лидар распознает препятствия при движении задним ходом. В условиях плохой видимости (а этому и посвящен конкурс) машина едет при поддержке фронтального радара миллиметрового диапазона.

За планирование траектории, построение «модели проходимости», машинное обучение и обработку данных от электронного зрения отвечают несколько компьютеров, установленных в багажном отсеке. Синхронизацию обеспечивают сетевой коммутатор и сервер точного времени. Посредником между вычислительным центром и «железом» автомобиля служит блок управления шасси (он передает команды в CAN-шину), ну а энергосистема беспилотника включает в себя два аккумулятора общей емкостью 600 ампер-часов.

По результатам квалификационных заездов команда Авто-РТК набрала четыре балла из восьми.



Внешний одометр установлен на одном из ведомых колес — чтобы исключить погрешность из-за возможной пробуксовки



У Kia — один из самых маленьких багажников, но его как раз хватило на размещение аппаратуры автономного вождения. Энергосистема расположена в нише запасного колеса — это два аккумулятора суммарной емкостью 600 А·ч, которые заряжаются от сети 220 В. Этажерка над аккумуляторами состоит из блоков обработки данных от лидаров и камер, планирования траектории, построения «модели проходимости» и машинного обучения

# НГТУ, Нижний Новгород



Жутковатое зрелище — движущийся автобус, но без водителя и пассажиров

Нижегородская команда объединяет специалистов инженерного центра группы ГАЗ и сотрудников Нижегородского технического университета им. Р. Е. Алексеева. В основе — электромобиль Газель Next, а навигационная система сплунена с использованием высокоточных спутниковых модулей российского производства («Ориент Системс»). Карта, необходимая для ориентирования на дороге, рисуется по данным лидаров, радаров и фронтальных видеокамер с суммарным углом обзора 360 градусов. А образы на дорожной сцене распознаются с помощью нейронных сетей — по словам нижегородцев, на нынешнем этапе для них это самая сложная задача. Тем не менее попутные и встречные транспортные средства машина идентифицирует на расстоянии до 250 м, пешеходов — до 100 м, а дорожные знаки и светофоры — до 80 м. Чтобы экономить аппаратные ресурсы, частота опроса датчиков беспилотника меняется в зависимости от скорости движения, наличия помех, погодных и дорожных условий.

По результатам квалификационных заездов команда НГТУ набрала семь баллов из восьми.

# StarLine, Санкт-Петербург

Платформой для комплекса автономного вождения была выбрана Skoda Superb — автомобиль с электроусилителем руля, электронным управлением трансмиссией и активными ездовыми ассистентами. В 2018 году машина участвовала в испытаниях беспилотников на участке трассы Новороссийск — Керчь и тогда же проехала от Санкт-Петербурга до Казани, преодолев в автономном режиме в общей сложности 2500 км. Команда StarLine исповедует традиционный подход: автомобиль использует данные с лидаров, камер и микроволновых датчиков (радаров). Свою геопозицию беспилотник определяет по высокоточным спутниковым данным, инерциальной навигации, одометрии и картографической технологии SLAM, позволяющей синтезировать лидарные карты на борту. Всеми органами управления командует сертифицированный промышленный вычислитель, а обработка данных, детектирование объектов, локализация (точное позиционирование с привязкой к дорожной инфраструктуре) и планирование пути производится на двух автономных компьютерах. Еще один процессор выполняет функции бортового самописца, собирая информацию о работе всех систем беспилотника.

Чтобы «прокормить» эту аппаратуру, на машину установлено два дополнительных аккумулятора. У беспилотного автомобиля StarLine есть виртуальный двойник, загруженный в симулятор Gazebo. С его помощью моделируется поведение машины в реальной дорожной ситуации и шлифуются алгоритмы автономного вождения.

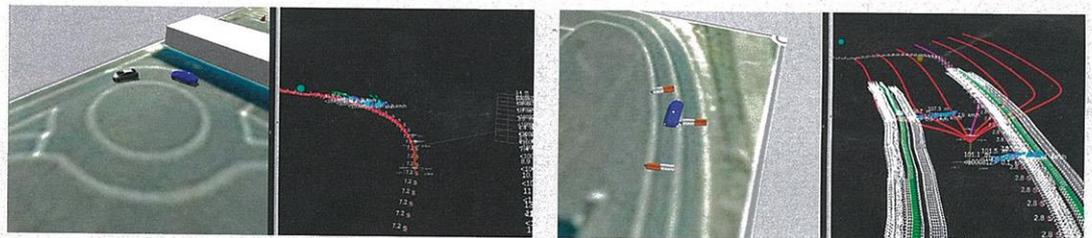
Езда по полигону «Зимнего города» тоже оттачивалась с помощью виртуальной модели, а самым сложным упражнением, по словам разработчиков, стало маневрирование на змейке во время «залпов» снежной пушки.

Сейчас в системе автономного вождения StarLine реализовано полное восприятие дорожной обстановки, создан комплекс автоматического управления автомобилем и отработана

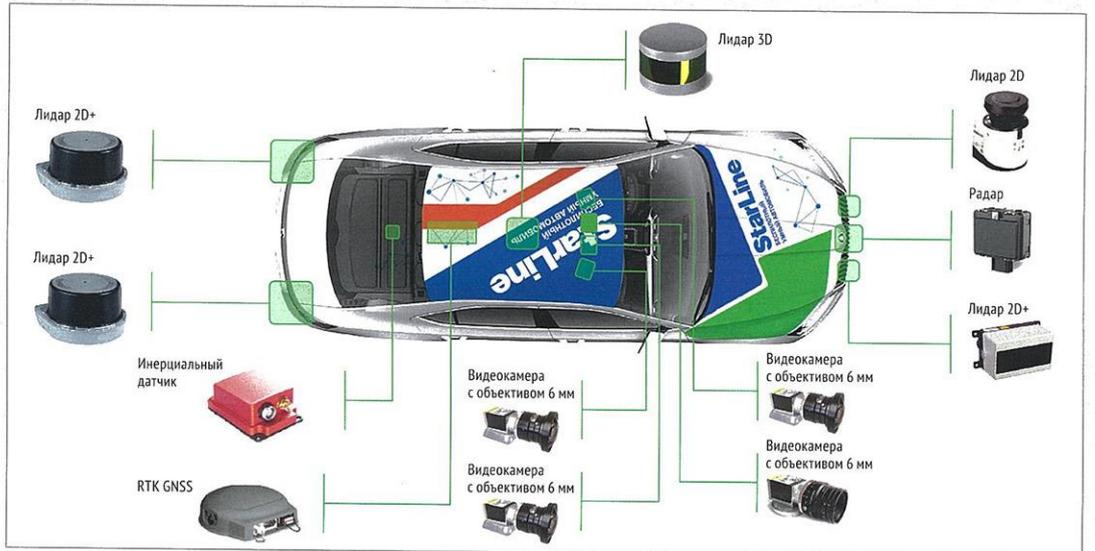
функция обучения — с динамическим построением маршрута, автопилотом для пробок, локализацией (с разметкой и без), распознаванием знаков, объездом препятствий и информиро-

ванием других робомобилей о своих намерениях.

По результатам квалификационных заездов команда StarLine набрала семь баллов из восьми.



Подобно летчикам, шлифующим свои навыки на тренажерах, беспилотный автомобиль команды StarLine изучал трассу «Зимнего города» с помощью компьютерного симулятора



ские» задания, — суммарно на это отводится три часа. Если у кого-то и правда получится, то...

Разумеется, фатальное отставание от зарубежных роботостроителей мы едва ли сократим, но шанс удивить мир каким-нибудь остроумным технологическим решением все же есть. А у преодолевших барьер, в свою очередь, появится возможность реализовать амбиции. Благо у некоторых участников их хватает.

Московская команда BaseTrack, разработавшая «локальный» беспилотник на основе собственных геоинформационных технологий, намерена продавать свой программный пакет всего за \$1000, а затем получать прибыль от клиентских подключений к виртуальному рельсу — опорному треку, по которому движется автомобиль. Цель консорциума Авто-РТК (Ростов-на-Дону, Таганрог, Курск) — создание собственного исследовательского центра, предлагающего решения для интеллектуальных транспортных систем. А вот питерская команда StarLine пока отказывается от какой-либо монетизации, называя свой беспилотный проект инициативным научным экспериментом и предлагая всем желающим опробовать свои алгоритмы на автомобиле, уже оснащенном системой автономного вождения.

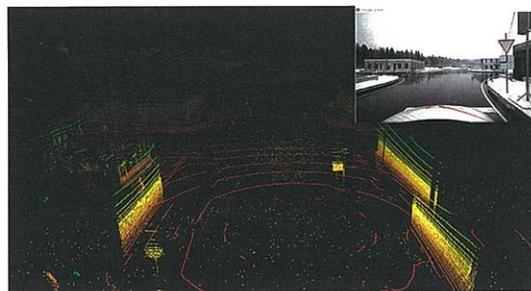
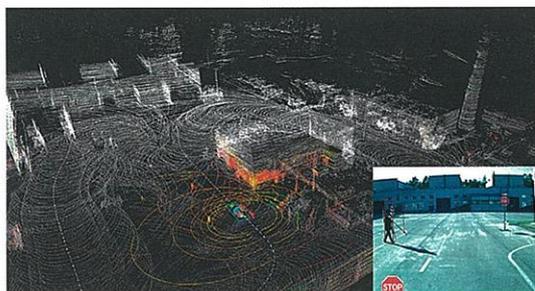
Что представляют собой машины, выступающие в российском «климатическом» конкурсе? Конечно, выбор оборудования ограничен командным бюджетом, наличием профильных партнеров и щедростью спонсоров. Однако без импортных лазерных датчиков

и других узкопрофильных комплектующих молодым роботостроителям не обойтись. На самом деле кое-что в России все же производят, но для армии, авиации и метеорологических служб. А на вооружении у энтузиастов — импортные лидары (Velodyne, Sick), видеокамеры (Basler, Axis), микроволновые извещатели Bosch и Continental, серверы Intel, видеоускорители Nvidia. Для ориентира: оценочная стоимость беспилотника StarLine в его нынешнем виде — примерно 6,5 млн рублей — это цена автомобиля-платформы и оборудования для автономного вождения.

И все же доля отечественной аппаратуры и алгоритмического софта «developed in Russia» в машинах конкурсантов заметна! Это системы высокоточного позиционирования (РИПВ, «Ориент Систем»), инерциальная навигация Лаборатории микроприборов и МИЭТ. Ис-



Приблизительно так трасса «Зимнего города» выглядит в интерпретации системы лидарного зрения



На основном фоне — мгновенный скан с установленного на крыше лидара. Рябь и «шумы» — это осадки, которые комплекс машинного зрения должен отфильтровать. В углу — та же картинка, но с фронтальной видеокамеры

## Зимний город МАДИ, Москва



Команда Московского автомобильно-дорожного государственного университета (МАДИ) — это, пожалуй, старейший «беспилотный» коллектив: первые эксперименты с автономным вождением начались еще в семидесятых годах прошлого века.

Конкурсный автомобиль МАДИ — Ford Focus второго поколения. Самостоятельной езде машина обучается с 2016 года и сейчас может ехать в беспилотном режиме со скоростью до 90 км/ч. Органы чувств робо-Фокуса — это каме-

ры высокого разрешения, лидар кругового обзора и ультразвуковые датчики ближнего радиуса действия. На очереди — установка радаров и твердотельных hi-res-лидаров.

Данные с извещателей поступают на аппаратный комплекс, состоящий из установленных в багажнике нескольких серверов и видеоускорителей. В пространстве беспилотный Focus ориентируется с использованием отечественной технологии высокоточного позиционирования, инерциальной навигации, алго-



Слалом возле позиции снежно-водяной пушки оказался для команд одним из самых сложных заданий. И дело здесь не столько в плохой видимости, сколько в «модели проходимости» участка: некоторым беспилотникам не хватало навыков прогрессивного руления — и они задевали препятствия

ритмов распознавания дорожной сцены на основе лидарных данных, позиционирования по лазерной картинке, цифровой модели дороги и технического стереозрения, работающего по аналогии с человеческим восприятием. Большинство из этих алгоритмов — разработки МАДИ.

В арсенале команды есть предсказательно-прогнозная модель движения (15 секунд в полностью автономном режиме и до 15 минут при поддержке цифровой дорожной инфраструктуры) и технология

защиты от неадекватных действий «каналоговых» водителей при движении в смешанном транспортном потоке.

А еще это пока единственный из участников конкурса, заявивший о кибербезопасности своего робомобиля: система управления беспилотного Фокуса имеет защиту от несанкционированного доступа, работающую по авторской модели угроз и матрицы рисков.

По результатам квалификационных заездов команда МАДИ набрала семь баллов из восьми.