

УДК 629.3.02

Конструктивные особенности автономных транспортных средств

Бережнов Максим Константинович

mkberezhnov@navio.auto

SPIN-код: 6930-5436

ООО «Автотех», Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено решение инженерных проблем, возникающих при разработке автономных транспортных средств. Рассмотрены методы снижения энергозатрат бортового оборудования, включая использование нейронных сетей, CFD-анализ и разработку оптимальной формы кузова для уменьшения аэродинамического сопротивления. Предложены подходы к созданию алгоритмов автоматического контроля температуры, влажности и концентрации CO₂ внутри салона электрических автономных ТС с целью повышения комфорта пассажиров и эффективности использования электроэнергии. Разработан механизм резервирования тормозной системы. Доклад иллюстрирует применение методов компьютерного моделирования (1D-расчеты).

Ключевые слова: автономные транспортные средства, энергопотребление, аэродинамическое сопротивление, климат-контроль, тормозная система, нейронные сети, моделирование (1D-расчеты), энергоэффективность

Design features of autonomous vehicles

Berezhnov Maksim Berezhnov

mkberezhnov@navio.auto

SPIN-code: 6930-5436

Avtotech LLC, Moscow, Russia

Abstract. The solution of engineering problems arising in the development of autonomous vehicles is considered. Methods of reducing the energy consumption of on-board equipment are considered, including the use of neural networks, CFD analysis and the development of an optimal body shape to reduce aerodynamic drag. Approaches to the creation of algorithms for automatic control of temperature, humidity and CO₂ concentration inside the cabin of electric autonomous vehicles are proposed in order to increase passenger comfort and energy efficiency. A mechanism for reserving the braking system has been developed. The report illustrates the application of computer modeling methods (1D calculations).

Keywords: autonomous vehicles, energy consumption, aerodynamic drag, climate control, braking system, neural networks, modeling (1D calculations), energy efficiency

Введение. Navio — разработчик универсальной технологии автономного вождения на базе ИИ, включающей Software и Hardware компоненты, R&D, уникальный процесс тестирования и экосистему сервисов для обработки данных и управления флотом автономного транспорта.

Разработка и проектирование современного автономного транспорта — серьезный вызов сразу в двух наукоемких областях — Automotive и IT, поэтому задачи данного рода на сегодняшний день решает очень небольшое

количество компаний и специалистов как со стороны Automotive, так и со стороны классического IT.

Компания Navio является одной из таких компаний, которая не только создает софт, способный управлять автомобилем без вмешательства человека, но и проектирует собственные транспортные средства, одно из которых можно увидеть на рис. 1.

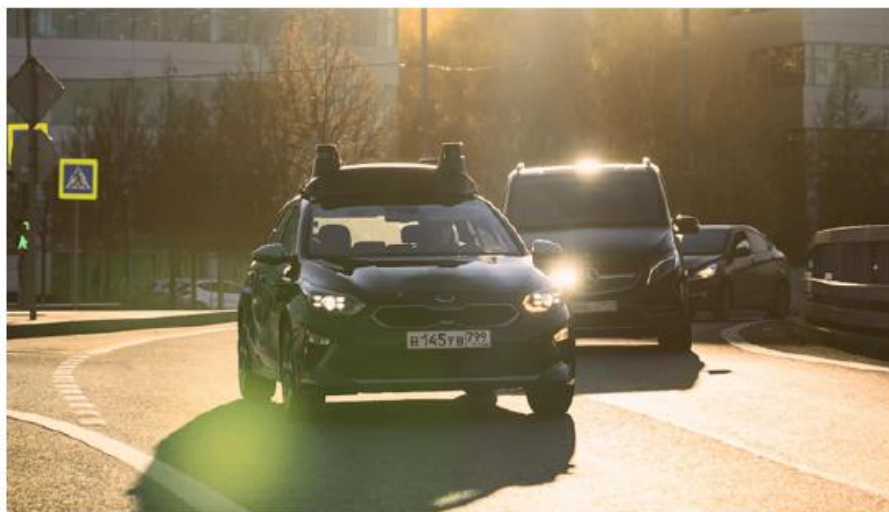


Рис. 1. Автономный автомобиль компании Navio

Материалы и методы. Инженеры компании при создании автономного автомобиля сталкиваемся с достаточным количеством трудностей. Но отсутствие водителя не только усложняет процесс разработки и проектирования, но и позволяет применять инновационные решения.

На борту автомобилей Navio стоят компьютеры, использующие нейросети, которые потребляют большое количество энергии. Вопрос энергопотребления крайне важен, поэтому приходится задумываться о его оптимизации, в ходе которой применяется математическое моделирование, а именно 1D-расчеты.

Результаты. На сегодняшний день большинство тягачей выглядят, как показано на рис. 2, в передней части у них находится кабина, в которой сидит водитель и пассажир или второй водитель.

В компании дорабатывают грузовики необходимым образом, чтобы они могли ездить без помощи водителя, и кабина начинает выглядеть как на рис. 3. Видно, что на них установлены камеры, лидары, а также системы очистки, позволяющие сохранять чистоту даже в плохих погодных условиях. И подобные грузовики уже способны доезжать без водителя из Санкт-Петербурга до Казани за 24 часа [2].

В отличие от обычных тягачей в автономных не будут сидеть люди, а значит инженеры свободны в формообразовании его кабины. Поэтому чтобы уменьшить расход топлива автомобиля, компанией был разработан свой тягач L5 (рис. 4), кабина которого снизит аэродинамическое сопротивление.



Рис. 2. Грузовой автомобиль производителя Sitrak [1]



Рис. 3. Грузовой автомобиль с доработками Navio



Рис. 4. Тягач L5

Полный отказ от кабины невозможен, потому что если ее не будет, то воздушный поток будет сразу приходить в полуприцеп, у которого крайне плохая аэродинамика.

Чтобы определить зависимость расхода топлива от коэффициента аэродинамического сопротивления, была создана модель динамики нашего тягача (1D-расчет), изображенная на рис. 5 [3, 4].

Truck model

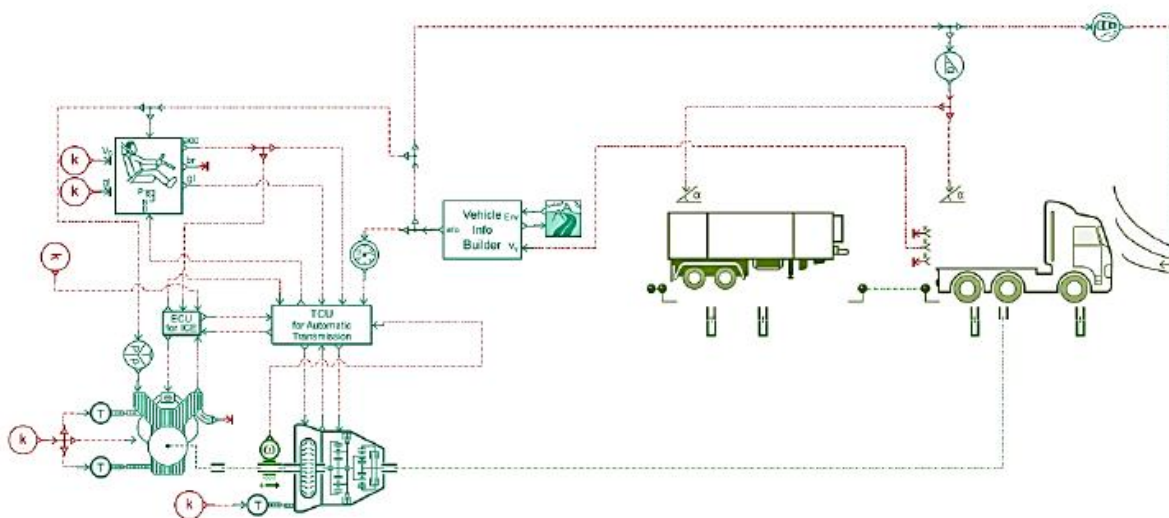


Рис. 5. 1D-модель динамики автомобиля

Исходя из полученной зависимости и вычисленной стоимости одного километра, было определено, насколько целесообразно улучшать аэродинамику транспортного средства. Помимо расхода топлива эта модель позволяет оценивать максимальную скорость, время разгона и угол преодолеваемого уклона.

После вычисления оптимального значения коэффициента настала стадия разработки формы кабины при помощи итерационных CFD-расчетов (рис. 6), в результате которых и была получена форма, которую можно видеть сейчас [5].

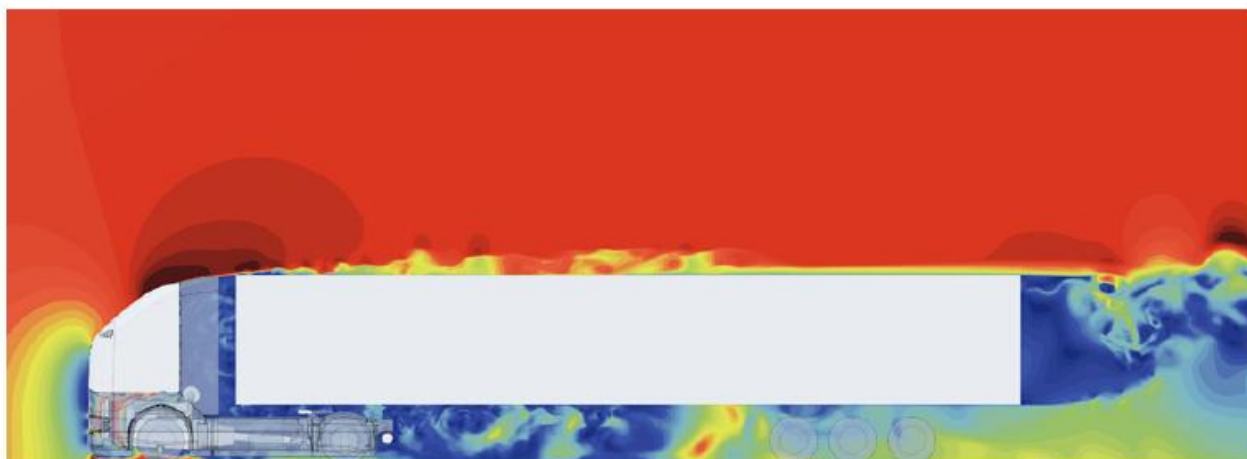


Рис. 6. Визуализация CFD-расчета тягача L5

В случае с пассажирским транспортом помимо энергопотребления на движение транспортного средства потребляется электроэнергия на климатическую установку. Так как водителя, который бы смог регулировать оптимальную работу кондиционера в машине нет, приходится работать над алгоритмами, которые будут делать это грамотно вместо него.

Существуют оптимальные климатические параметров, полученных на основании международных норм и испытаний. В классических транспортных средствах эти параметры регулирует человек, но если мы высаживаем водителя, то перед нами встает задача управления климатом автономно. Для достижения поставленной цели необходимо:

- снять параметры климатической установки (грамотно расположить датчики по салону, которые будут измерять температуру, влажность и концентрацию углекислого газа в соответствующих местах);
- создать алгоритмы управления (определить зависимости, по которым будет осуществляться управление и способ реализации);
- применить правильные, с точки зрения энергоэффективности, действия для получения целевых параметров (мы работаем с электрическими автомобилями, а это значит, что нужно не только прогреть салон зимой и охладить его летом, но и сделать это с минимальными потерями заряда батареи).

Чтобы решить поставленные задачи была разработана модель климатической установки в автомобиле (1D-расчет). Она позволяет получать параметры в салоне в ходе симуляции различных наружных условий и работы системы (рис. 7).

Car cabin

Global definitions

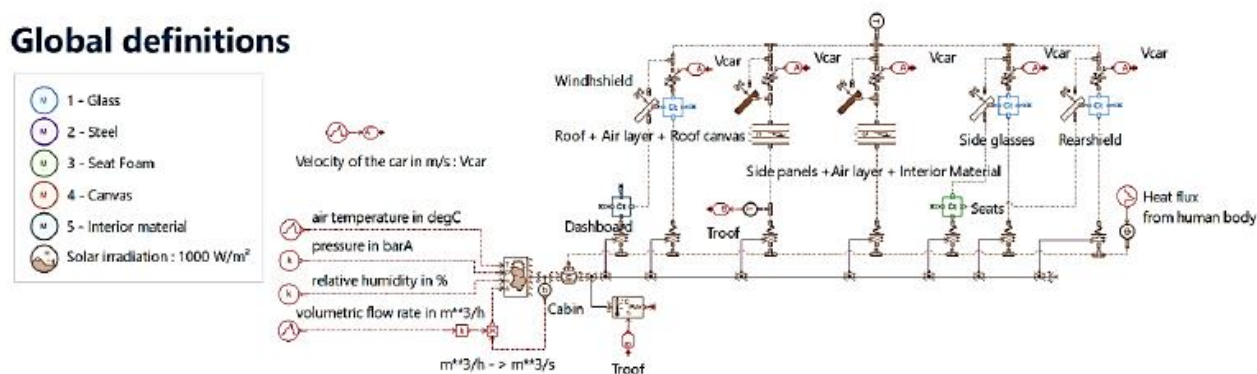


Рис. 7. 1D-модель климатической установки

Данная модель учитывает теплопотери через стенки и стекла, позволяет определить их температуры и смоделировать нагрев автомобиля на солнце. Благодаря этому можно моделировать различные температурные режимы снаружи автомобиля, смотреть насколько быстро прогревается или охлаждается салон, до каких температур нагреваются кресла и определять наиболее эффективные алгоритмы работы HVAC. Модель также дает возможность

оценить влияние толщины стекол, атермальной пленки и утеплителя на энергоэффективность транспортного средства.

Кроме резервирования софта и резервирования вычислителя система экстренного торможения тоже резервируется.

К автономным транспортным средствам есть требования функциональной безопасности в виде мировых стандартов.

Технология компании находится на стадии развития, и готовых решений ASIL D пока еще нет. Поэтому на этапе испытаний и доводки используются дополнительные системы экстренного торможения, чтобы обеспечить безопасность на тестовых поездках и быстрее достичь уровня зрелости технологий, к которому мы стремимся. Были выделены несколько сценариев, в которых резервный тормозной механизм автомобиля обеспечит дополнительную безопасность.

Резервный механизм управления должен быть интегрирован в существующую тормозную систему донора без нарушения ее основного функционала. Как следствие, необходимо разработать механизм, который сможет выполнять данную задачу. Для этого были разработаны две 1D-модели, одна из которых отвечает за электрическую часть (рис. 8), а вторая за механическую (рис. 9).

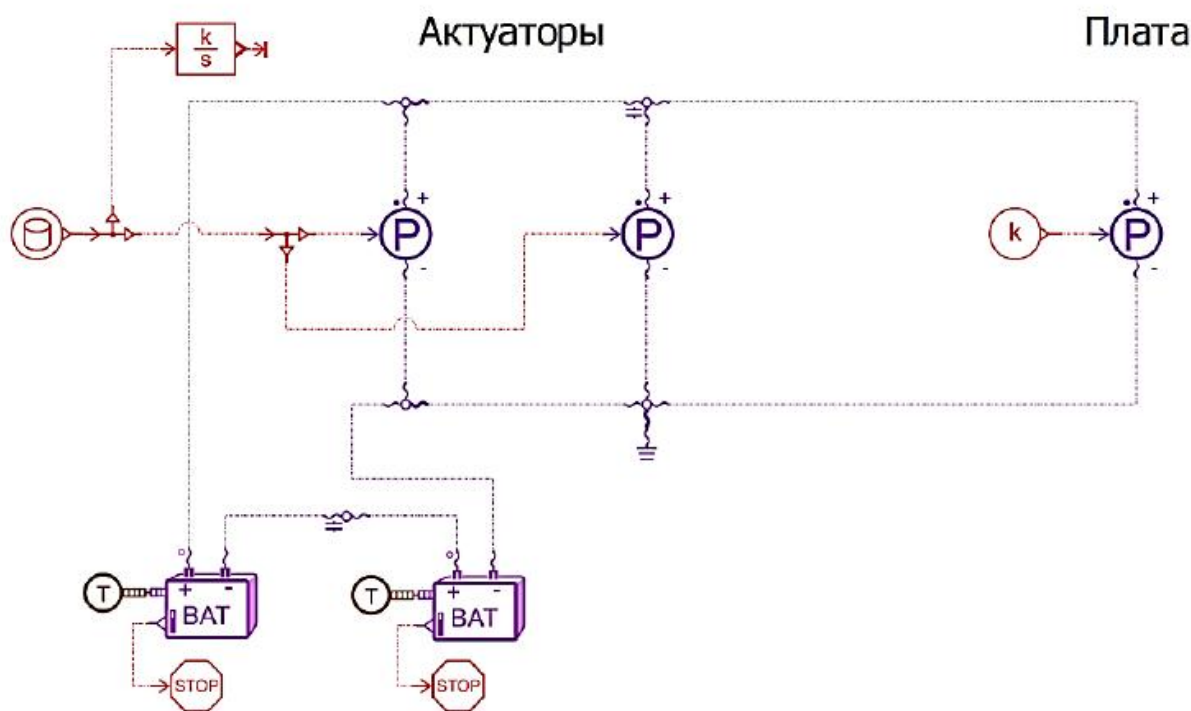


Рис. 8. Модель электрики резервной системы торможения

Первая позволяет определить, какой источник питания необходимо подобрать, чтобы система обеспечивала безопасность во время всего маршрута, а вторая помогает оценить механику работы, а именно осуществляется ли необходимые перемещения и достаточно ли быстро они совершаются.

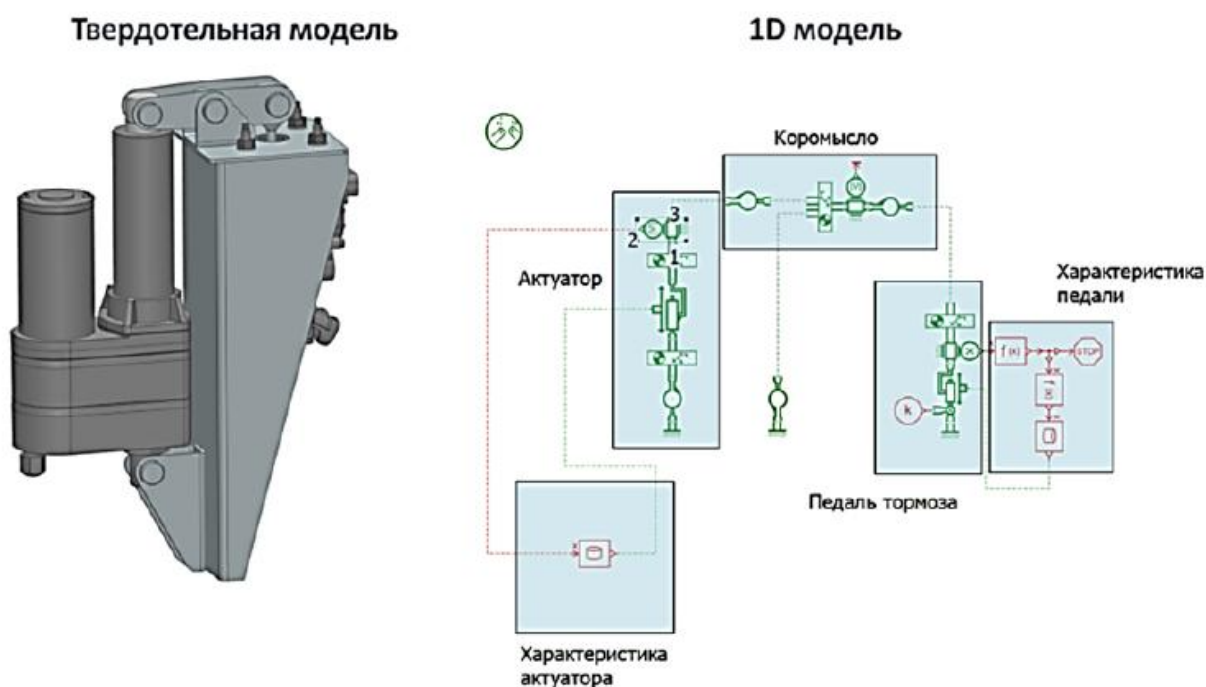


Рис. 9. Модель механики резервной системы торможения

Заклучение. Были рассмотрены инженерные проблемы, возникающие при разработке автономных транспортных средств, и предложены пути их эффективного решения. Были проанализированы три основных направления исследований.

1. Оптимизация энергопотребления. Использование нейронных сетей и проведение CFD-анализа позволили создать оптимальный дизайн корпуса автомобиля, существенно уменьшив коэффициент аэродинамического сопротивления и, соответственно, снизить потребление энергии.

2. Автоматический контроль микроклимата салона. Разработанные алгоритмы позволяют автоматически поддерживать комфортные условия в салоне электрического автономного транспортного средства, учитывая необходимость экономии заряда аккумулятора.

3. Обеспечение функциональной безопасности. Предложенная система резервирования тормозной системы, обеспечивающая высокий уровень надежности.

Таким образом, проведенные исследования вносят значительный вклад в развитие автономных транспортных средств, предлагая практические решения, направленные на повышение энергоэффективности, комфорта и безопасности эксплуатации таких машин.

Список источников

- [1] *Изображение грузового автомобиля.* URL: <https://www.rbauto.ru/articles/tyagach-sitrak-c7h-obzort> (дата обращения 28.02.2024).
- [2] *Автономный тягач доехал от Санкт-Петербурга до Казани без водителя.* URL: <https://tass.ru/proisshestviya/24770659> (дата обращения 13.08.2025).

- [3] Афанасьев Б.А., Жеглов Л.Ф., Зузов В.Н., Котиев Г.О., Полунгян А.А., Фоминых А.Б. *Проектирование полноприводных колесных машин*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008, 528 с.
- [4] Ларин В.В. *Теория движения полноприводных колесных машин*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, 391 с.
- [5] Бондарев Е.Н., Дубасов В.Т., Рыжов Ю.А. *Аэрогидромеханика*. Москва, Машиностроение, 1993, 608 с.