

## Цифровой двойник и система *CML-Bench* помогли уменьшить массу кузова внедорожника на 7.5%

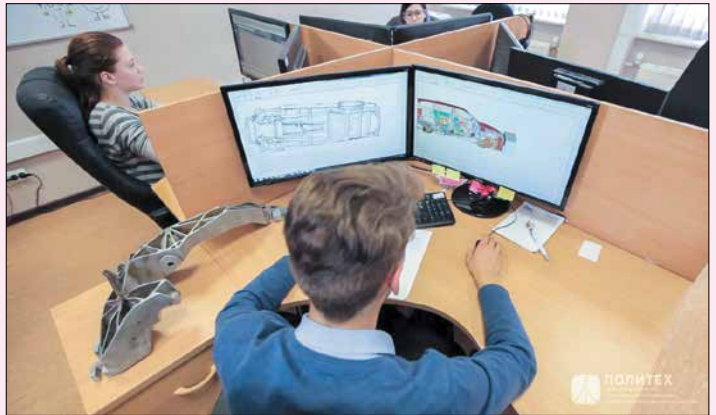
В марте 2020 года на сайте издательства *Springer* была опубликована статья “Оптимизация массы кузова в контексте краш-теста автомобиля класса внедорожник” (“*Optimization of Frame Mass in Crash Testing of Off-Road Vehicles*”), подготовленная совместно сотрудниками Центра компетенций НТИ СПбПУ “Новые производственные технологии” (Центр НТИ СПбПУ), представителями китайской автомобильной корпорации *BAIC Group* и Чунцинского университета автоинжиниринга. Первоначально этот материал на русском языке опубликовал “Вестник машиностроения” – старейший в России рецензируемый научно-технический журнал, входящий в перечень ВАК РФ и индексируемый базой данных *Scopus*.

В статье подробно рассказывается о том, как использование цифрового двойника (*Digital Twin*) позволило в рекордные сроки реализовать проект по уменьшению массы внедорожника *BAIC Group* (коротко об этом проекте сообщалось 22.01.2019 года на странице <http://fea.ru/news/6849>).

**BAIC Group** (*Beijing Automotive Industry Holding Co., Ltd.*) – крупнейшая государственная автомобильная корпорация Китая, основанная в 1958 году, занимает 137-е место в рейтинге *2017 Fortune 500 Global List*, её годовая выручка составляет 62 млрд. долларов.

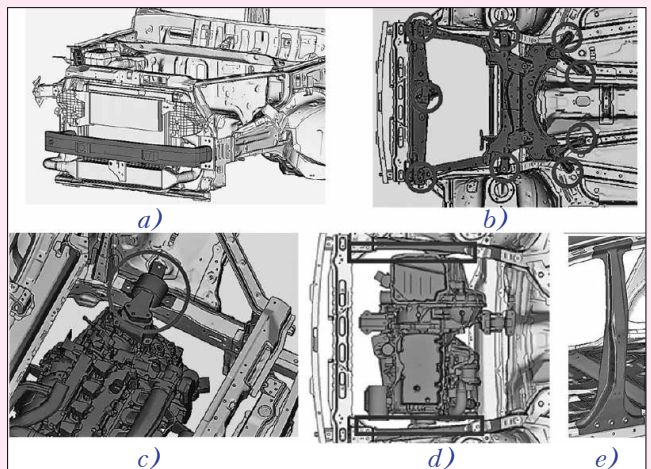
Работа была выполнена инженерами Центра НТИ СПбПУ совместно с китайскими коллегами и национальным чемпионом – группой высокотехнологичных инжиниринговых компаний *CompMechLab*. Изначальная масса кузова внедорожника составляла 400 кг. Перед инженерами была поставлена задача снизить этот показатель на 6÷7%, то есть добиться уменьшения массы на 24÷28 кг. Авторы статьи отмечают, что наиболее часто для подобных целей конструкторы выбирают такие решения, как замена материалов и уменьшение толщин стенок отдельных узлов конструкции. Главный недостаток такого подхода – потребуются большие затраты времени и финансов.

В данном случае проектная команда предложила использовать метод топологической оптимизации распределения материала. Его задача заключается в поиске оптимального распределения материала в заданной области для заданных нагрузок и граничных условий, соответствующих определенному набору целевых показателей.



“Принципиальная новизна <...> подхода состоит в реализации комплексной стратегии снижения массы кузова автомобиля (*Body in White*) путем одновременного изменения топологии и параметрической многовариантной оптимизации конструкции”, – отмечено в статье.

Для достижения поставленных целей инженеры использовали систему ***CML-Bench*** – разработку инжинирингового центра “Центр компьютерного инжиниринга” (*CompMechLab*) СПбПУ. Эта цифровая платформа предназначена для разработки цифровых двойников



Примеры технических, стилистических и компоновочных ограничений:

- a) передок;
- b) передний подрамник и жесткие точки (в кружках);
- c) опоры двигателя (в кружке);
- d) поперечные сечения передних лонжеронов (в прямоугольниках);
- e) стойка Б

(*Digital Twin*) и управления деятельностью в области цифрового проектирования, математического моделирования и компьютерного инжиниринга (*Smart Design & Engineering*). Система *CML-Bench* позволяет автоматизировать проведение инженерных расчетов, сбор и обработку больших массивов данных (*Smart Big Data*), каталогизацию моделей расчетных вариантов, подготовку сборочных файлов, обработку и отображение результатов вычислений.

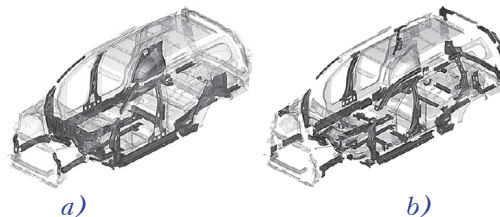
Разработанный инженерами “умный” цифровой двойник внедорожника содержал в себе сведения о каждом узле механизмов автомобиля (двигатель, подвески, капот, крышка багажника, стеклоподъемники и пр.). Данные о кинематических, динамических и прочностных особенностях узлов позволяли оценить качество функционирования этих механизмов. Параллельно с оптимизацией конструкций инженеры проводили краш-тесты, виброакустический и прочностной анализы. Влияние каждого изменения проверялось для всех расчетных случаев.

“Опыт, получаемый в процессах разработки и краш-тестов, аккумулируется в системах больших данных (*Smart Big Data*) и закладывает основу для работы интеллектуальных помощников (*AI assistants*) инженеров-разработчиков. Такая интеллектуализация и автоматизация процесса разработки позволяет выйти на принципиально новый уровень проектирования, учитывать в многоуровневой матрице целей и ограничений проекта до 40 000 целевых показателей и ресурсных ограничений на изделие, создавать решения, выходящие за рамки интуиции главного конструктора”, – рассказывают авторы статьи.

При создании “умного” цифрового двойника внедорожника были использованы результаты более 1500 виртуальных испытаний, в ходе которых удалось фактически “запрограммировать” поведение каждого элемента конструкции в эксплуатационных и аварийных условиях. Древообразная структура ветвления решений позволяла отделять и развивать самые перспективные из них с точки зрения достижения целевых показателей.

После завершения всех циклов оптимизации и выполнения краш-тестов, анализа виброакустических и прочностных характеристик, оказалось, что выбранная стратегия обеспечила уменьшение массы на 30 кг (7.5%). Материалы для 51 детали кузова были заменены на более прочные, а у 98 деталей была изменена толщина. Среднее улучшение результатов краш-тестов с точки зрения смещений внутрь салона составило порядка 30%.

Несмотря на то, что участники проекта находились под воздействием целого ряда временных,



*Изменения в кузове:*

*a) пятьдесят одна деталь с измененным материалом;*

*b) девяносто восемь деталей с измененной толщиной*

технологических и производственных ограничений, российские и китайские специалисты смогли завершить работу в рекордный для отрасли автомобилестроения срок – за 2.5 месяца.

Авторы статьи отметили следующие преимущества использования “умного” цифрового двойника для реализации проекта по уменьшению массы кузова автомобиля:

- оперативное управление изменениями и обеспечение непрерывного характера разработки;
- учет поведения до 200 различных материалов, среди которых металлы, сплавы, полимеры, композиционные материалы, метаматериалы с оптимальной микроструктурой;
- учет способов сопряжения между собой элементов конструкции кузова (сварные точки и швы, клеевые соединения), для каждого из которых характерна своя модель поведения при различных воздействиях;
- сокращение объема натурных испытаний в 25 раз;
- сокращение на порядок срока разработки. 🧐

#### **Авторский коллектив**

- Олег Клявин – заместитель руководителя Центра НТИ СПбПУ, главный конструктор Инжинирингового центра “Центр компьютерного инжиниринга” (*CompMechLab*) СПбПУ;
- Михаил Алешин – руководитель проектного офиса Инжинирингового центра “Центр компьютерного инжиниринга” (*CompMechLab*) СПбПУ;
- Артемий Коростелкин – ведущий инженер департамента “Компьютерный инжиниринг в автомобилестроении” Инжинирингового центра “Центр компьютерного инжиниринга” (*CompMechLab*) СПбПУ;
- Ван Годун – представитель *BAIC YinXiang Automobile Co. Ltd.* (Китай);
- Ван Суйфэн – представитель *BAIC YinXiang Automobile Co. Ltd.* (Китай);
- Лю Цзини – представитель Чунцинского университета автоинжиниринга (Китай).