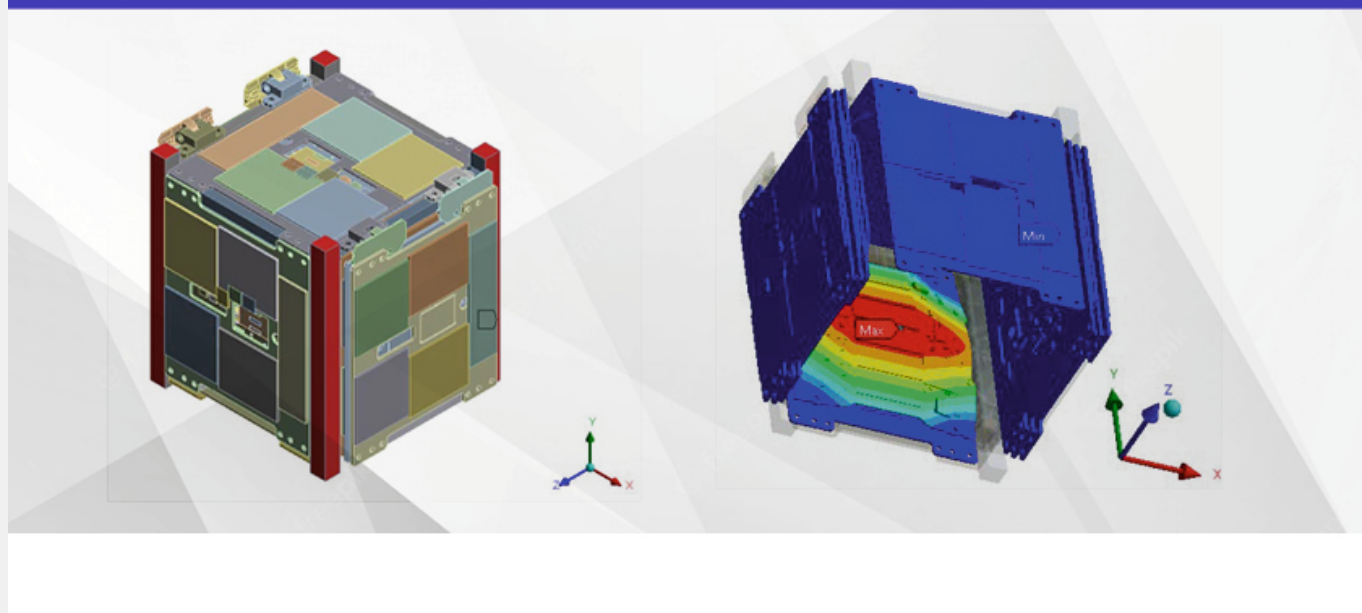


Снизить стоимость, сократить сроки: инженер Центра компьютерного инжиниринга СПбПУ Дмитрий Журавлев рассказал о применении виртуальных испытательных стендов в проектировании малых космических аппаратов

Автоматизированная система виртуальных испытательных стендов для проектирования, испытаний и моделирования полётов малых космических аппаратов (МКА) на основе технологии цифровых двойников



Специалисты [Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» \(CompMechLab®\)](#) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) завершили разработку автоматизированной системы виртуальных испытательных стендов (ВИС) для проектирования, испытаний и моделирования полётов малых космических аппаратов (МКА) на основе технологии цифровых двойников.

В рамках НИОКР при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям – ФСИ) разработано семейство ВИС и методических основ их рационального использования, позволяющих выполнить моделирование предполетных испытаний МКА, оценить воздействие на спутник в процессе вывода на орбиту и дальнейшее функционирование в космическом пространстве.

Подробнее о проекте и перспективах применения ВИС при проектировании и

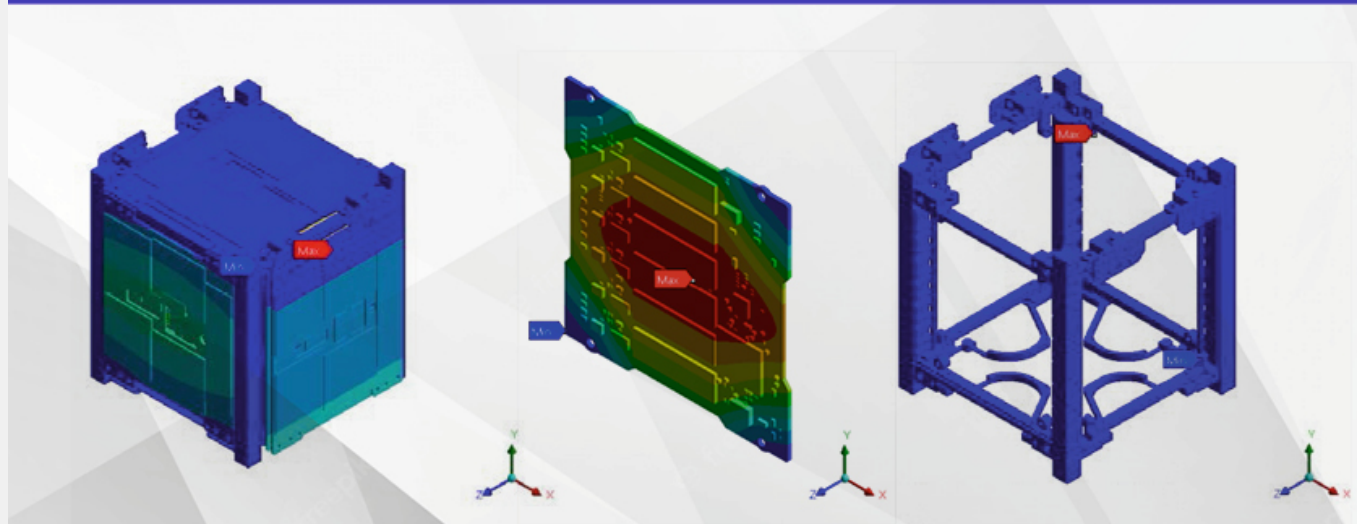
разработке МКА рассказал инженер-исследователь отдела системного инжиниринга Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ **Дмитрий Журавлев**.

Как пояснил **Дмитрий**, стояла задача – разработать комплексную автоматизированную систему ВИС на базе технологии цифровых двойников для тестирования множества конфигураций цифровых прототипов МКА, сверхмалых космических аппаратов (СМКА), наноспутников для расчётного сопровождения проектирования, испытаний и моделирования различных сценариев орбитального полета с учетом внешних воздействующих факторов (ВВФ). К таким относятся перегрузки, микроускорения, вибрации, тепловое воздействие, радиация и другие.

Проект приобретает особую актуальность в свете быстрого развития рынка МКА. Согласно рыночному исследованию, проведенному BIS Research «Global Small Satellites Market, Analysis & Forecast, 2017-2021», среднегодовой темп роста рынка МКА составляет 31,9 %. Основными факторами роста являются уменьшение массы и стоимости создаваемых спутников. Данные аппараты постоянно эволюционируют, становясь гибким инструментом для проведения научных, образовательных и технологических экспериментов в космическом пространстве.

«Разработанные виртуальные испытательные стенды позволяют сократить материальные затраты при создании МКА различных конфигураций путём снижения числа натурных испытаний и сокращения числа прототипов и вероятных доработок при создании новых аппаратов, повысить надёжность и гарантированный эксплуатационный ресурс МКА за счёт моделирования широкого спектра видов нагружения (в том числе критических)», – отметил **Дмитрий Журавлев**.

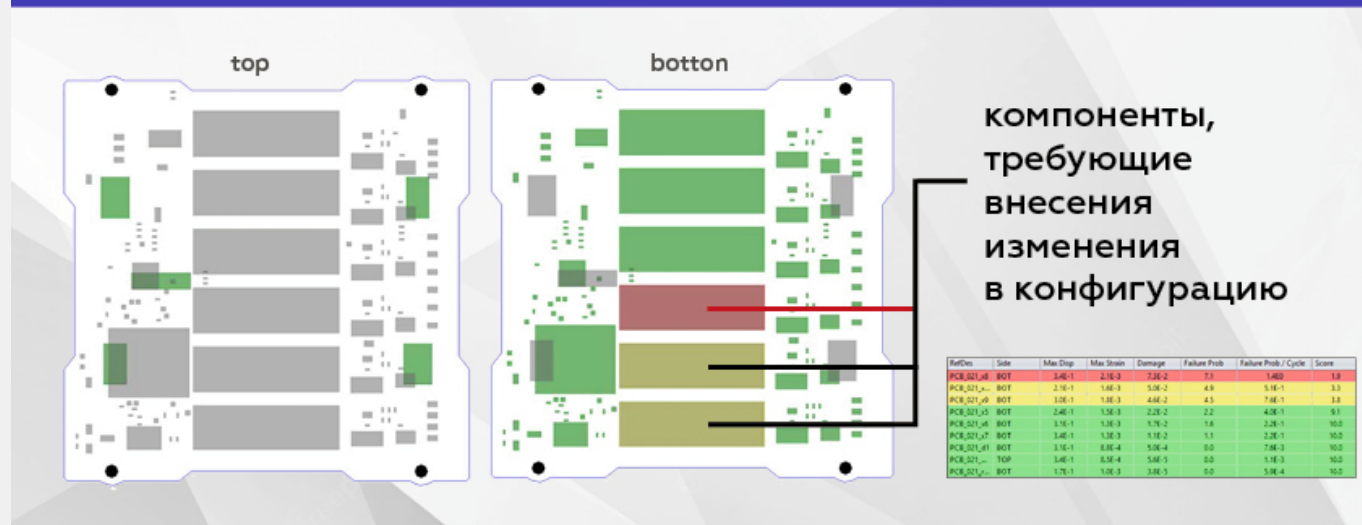
Визуализация результатов работы виртуальных испытательных стендов



Иными словами, разработанная автоматизированная система виртуальных испытаний позволяет:

- в два и более раза сократить количество натурных испытаний при сохранении высокой точности моделирования (погрешность не более 5%). Эффект достигается за счет использования методологии ВИС и набора валидированных расчетных случаев, выбранных специально для задач проектирования МКА;
- сократить количество прототипов и доработок при создании новых продуктов за счет возможности точной оценки отклонений эксплуатационных характеристик изделий при кастомизации конструкции и системы управления МКА;
- снизить стоимость разработки новых продуктов за счет сокращения цикла проектирования и рационального использования вычислительных ресурсов;
- использовать возможности по моделированию типовых условий эксплуатации МКА;
- создавать конкурентоспособный продукт.

Результаты работы виртуальных испытательных стендов



«Результатами являются разработанные конструкторская и техническая документация, технологии изготовления и сборки ВИС, методики испытаний для стендов "Вибрационные испытания", "Ударные испытания", "Термовакуумные испытания", проведена верификация разработанных ВИС», – заключил эксперт.

Он добавил, что основным преимуществом разработанного продукта является его способность с высокой точностью решать практические задачи в области разработки СМКА без необходимости привлечения высокоспециализированных и дорогостоящих материальных ресурсов (вибростенд, термовакuumная камера, прототипы изделий, суперкомпьютеры и специализированное ПО) и специалистов.

Дмитрий Журавлев также напомнил, что [Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии»](#) является лидером цифровой трансформации промышленности на основе цифровых двойников. Аэрокосмическая отрасль входит в число высокотехнологичных отраслей, в которых сосредоточены ключевые проекты и разработки Центра НТИ и Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ. Для аэрокосмической отрасли разработка и внедрение микро- и наноспутников относится к числу перспективных направлений техники и технологий.

Результаты проекта призваны сократить временной разрыв между разработкой и постановкой на производство МКА/СМКА, что вносит вклад в реализацию дорожной карты «Аэронет» НТИ. Также проект соответствует целевым показателям [Дорожной карты «Технет»](#) (передовые производственные технологии) НТИ.

«О возможных масштабах применения виртуальных испытаний МКА можно судить по росту числа запусков наноспутников: в середине 2021 года на орбите было около полутора тысяч аппаратов из 74 стран мира, доля РФ при этом составляла всего 1,5%», – подчеркнул **Дмитрий Журавлев**.

Возрастает и количество запущенных спутников формата Cubesat. По прогнозу на ближайшие 6 лет будет запущено около 2500 новых СМКА. Объемы прогнозируемых разработок, испытаний и запусков СМКА увеличатся на 30-100%.

9 августа 2022 года ракета-носитель «Союз-2.1б» с разгонным блоком «Фрегат», стартовавшая с Байконура, вывела на орбиту иранский спутник «Хайям» и 16 малых космических аппаратов, созданных ведущими вузами, коммерческими компаниями и некоммерческими организациями. Среди них – два кубсата (сверхмалые искусственные спутники для исследования космоса) [Polytech Universe-1](#), [Polytech Universe-2](#), разработанных в СПбПУ в рамках образовательного проекта Space Pi. Запуск космических аппаратов состоялся при поддержке и непосредственном участии Госкорпорации «Роскосмос».

Проект Space Pi создан на основе программы «Дежурный по планете» Фонда содействия инновациям, в которой участвуют победители конкурса Российского движения школьников «Открытый космос». Проект реализован на отечественной платформе с использованием исключительно российского программного обеспечения.

СПБПУ и его структурные подразделения являются активными участниками проекта Space Pi. Так, в январе 2022 года представители Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab[®]) СПбПУ в сотрудничестве с Центром технологических проектов СПбПУ провели научно-образовательный интенсив и практикум [«Введение в технологию разработки и применения цифровых двойников изделий \(на примере цифрового двойника сверхмалого космического аппарата\)»](#). В нем приняли участие школьники разного уровня подготовки из образовательных учреждений Санкт-Петербурга, Казани, Самары и Новочебоксарска.

Выведенные в космос кубсаты будут использованы для изучения уровня электромагнитного излучения на поверхности Земли в различных частотных диапазонах. За одни сутки наноспутники выполнят 30 витков вокруг нашей планеты и зарегистрируют электромагнитное излучение на ее поверхности в диапазоне от 0,3 до 18 ГГц.

Всего в течение ближайших лет ГК «Роскосмос» планирует отправить на околоземную орбиту более 100 кубсатов.

[Видео](#) пуска ракеты-носителя «Союз-2.1б» с космодрома Байконур.