

Н. В. КОЧЕТОВ, канд.техн.наук, доц.

О. Л. МИРАНОВИЧ, канд.техн.наук, доц.

Д. А. ТИМОШУК

ОАО «Приборостроительный завод Оптрон» (Минск, Беларусь)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДВУХКОЛЁСНОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Аннотация. Показан процесс создания измерительного оборудования, необходимого для тестирования опытных образцов двухколёсных электрических транспортных средств. В перспективе стенд будет использован для формирования цифровых двойников создаваемых объектов.

Ключевые слова: электрический транспорт, измерительный стенд, динамические нагрузки, вибрации

Программа развития электротранспорта в Республике Беларусь получила своё развитие после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС. В стране появились электромобили, началась разработка отечественного двухколёсного электротранспорта индивидуального пользования и электромобиля тоже.

ОАО «Приборостроительный завод Оптрон», с учётом положительной тенденции развития экологичного электротранспорта, приступил к работе по созданию электромотоцикла. Анализ задачи показал, что работа складывается из нескольких подзадач, куда входят проектирование и создание транспортных средств, разработка оборудования для исследований и испытаний, создание научного комплекса по формированию системы цифровых двойников с целью прогнозирования динамики характеристик транспортных средств в процессе эксплуатации для повышения надёжности.

Введение многочисленных санкционных ограничений обострило проблему импортозамещения, заставив расширить собственное производство компонентов и даже технологического оснащения. Изучение вопроса показало, что зарубежные производители освещают характеристики своего оборудования, но особенности производства, используемые технологии и подходы не раскрывают.

Было решено создать собственный испытательный стенд для двухколёсного электротранспорта с учётом особенностей поставленной задачи. Характеристики проектируемого устройства приведены ниже:

скорость при испытаниях транспортного средства: 0-120 км/ч;

количество осей приложения нагрузки: 3 оси;

грузоподъёмность: от 0 до не менее 250 кг;

масса стенда: не более 700 кг;

диапазон частоты вибраций и ударов: 0-300 Гц;

диапазон измерений датчика крутящего момента: 0-300 Н*м;

диапазон регулировки колесной базы: 800 - 1500 мм;
диапазон измерения СКЗ виброускорения: 0.5 - 300 м\с²;
диапазон измерения СКЗ виброскорости: 0.5 - 200 мм\с;
диапазон измерения размаха виброперемещения: 1 - 1000 мкм;

диапазон рабочих частот при измерении:

- виброускорения 2 - 10000 Гц;
- виброскорости 10 -2000 Гц;
- виброперемещения 10 – 1000 Гц.

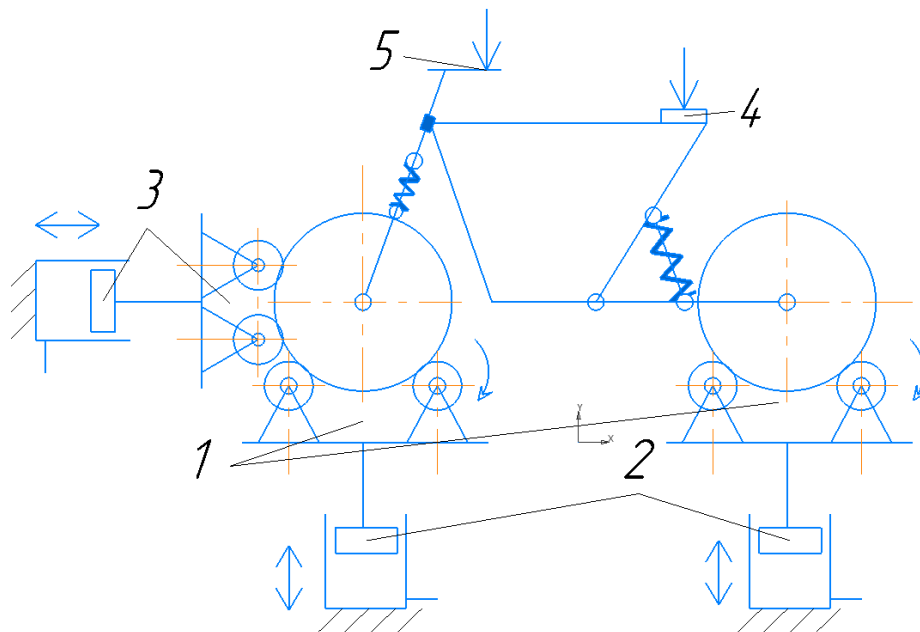
количество аналоговых каналов измерения 4;

одновременное измерение шума и трехкомпонентной вибрации;

одновременное измерение спектров по 4 каналам в диапазоне частот до 10 кГц;

измерение вибрации одновременно в 4 точках в диапазоне частот до 10 кГц.

Компоновочное решение конструкции было выбрано на основании опыта эксплуатации зарубежных аналогов, рис. 1.



1 - система имитации динамической нагрузки; 2 - тензодатчики (платформенные весы) для калибровки и измерения нагрузок; 3 - устройство вертикальной динамической нагрузки с тензодатчиком на переднее колесо; 4 - точка нагрузки (вес имитации человека); 5- точка измерения усилия нажатия на тормоз (тензодатчик).

Рис. 1. Упрощённая эскизная схема стэнда

Система имитации динамической нагрузки 1 представлена в виде системы валов, приводимыми в действие электродвигателями, а также пневмосистемой с пружинами управляемая программным обеспечением при помощи пульта управления стэндом. Тензодатчики (платформенные весы) 2 для калибровки и измерения нагрузок на колёсную базу и раму подключены к регистрирующему устройству пульта управления, в котором производится запись и анализ показателей.

Устройство имитации препятствий 3 представлено в виде пневматических цилиндров и тензодатчика для снятия показаний динамической нагрузки на рулевое управление и переднее колесо. Управляется с пульта управления с одновременным проведением анализа динамической нагрузки.

Точка нагрузки 4 равна весу объекта имитирующего тело человека см. рис. 3, давящего на сиденье и раму сверху. В качестве веса используется равномерно-распределённый груз в виде блинов с определённой массой, заложенный в манекен. Точка управляемой нагрузки на тормоз 5, для валидации тормозной системы заявленным требованиям. Оценка работоспособности тормозной системы осуществляется посредством анализа динамической нагрузки на нажатие тормоза.

Система управления позволяет осуществить весь комплекс динамических нагрузок и записать показания датчиков на накопитель памяти. После чего результаты измерений подвергаются тщательному анализу. Производится доработка и улучшение опытного образца, совершенствование технологичности.

В основе рамных элементов были выбраны отечественные профили. Для рамной конструкции было принято решение использовать алюминиевый конструкционный профиль AlMg0,7Si 6063 T6 по ГОСТ 22233-2025 так как он соответствует необходимой жёсткости, прочности и простоты сборки. Согласно заложенной при разработке конструкции, рассматривались два варианта сечения с выбором оптимального варианта для разработки: 40x40 мм и 50x50 мм, сечение профиля показано на рис. 2.

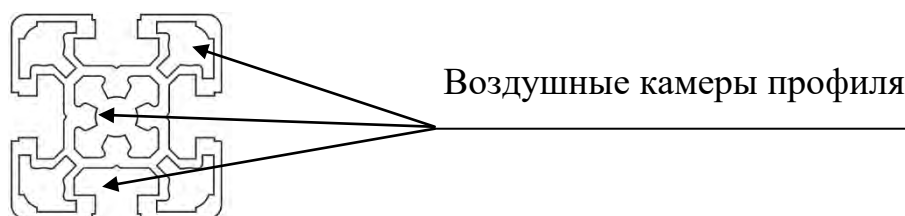


Рис. 2. Сечение профиля рамной конструкции

Преимущества алюминиевого конструкционного профиля:

- высокая прочность и несущая способность благодаря особому внутреннему строению с ребрами жесткости;
- минимальный вес благодаря материалу изготовления и пустотам, которые остаются внутри;
- уменьшенная теплопроводность благодаря воздушным камерам, расположенным внутри профиля;
- неподверженность коррозии и воздействию агрессивных веществ.

Наиболее важным преимуществом алюминиевого конструкционного профиля, является возможность оперативного внесения изменений в конструкцию. Это позволяет легко менять конструкцию оборудования на любой стадии разработки проекта, не затрагивая при этом конструкцию оборудования в целом.

Расчёты прочности алюминиевого конструкционного профиля произведены в программной среде SolidWorks, для рам с сечением профиля 40x40 мм без усиления конструкции и с использованием раскосов в качестве усиления конструкции при использовании профиля сечением 40x40 мм, а также с использованием профиля 50x50 мм без усиления конструкции. Впоследствии после изготовления рамная конструкция подвергалась испытанию под нагрузкой. Измерения показали близкие к расчётам результаты. Однако были внесены некоторые изменения, которые позволили гарантированно достигнуть требуемых параметров деформаций конструкции под нагрузкой.

Шкала отображения запаса прочности конструкции, смещения при воздействии вращающего момента и статической вертикальной нагрузки показана ниже на рисунках 3, 4, 5. Основные точки нагрузки и движения обозначены областями и представлены на рисунке стрелками.

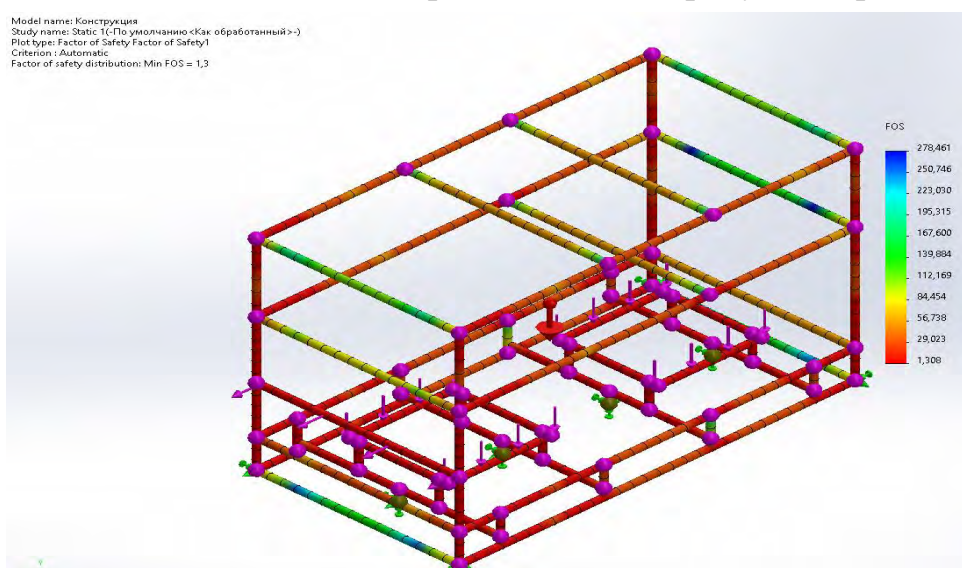


Рис. 3. Шкала отображения запаса прочности конструкции

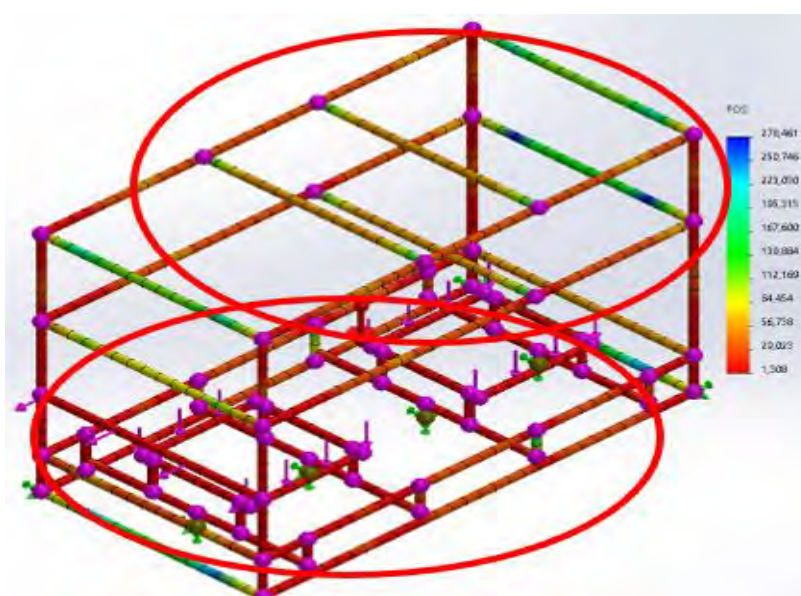


Рис. 4. Направления смещения при воздействии вращающего момента

Model name: Конструкция
Study name: Static 1(-По умолчанию «Как обработанный»-)
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion : Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 1,3

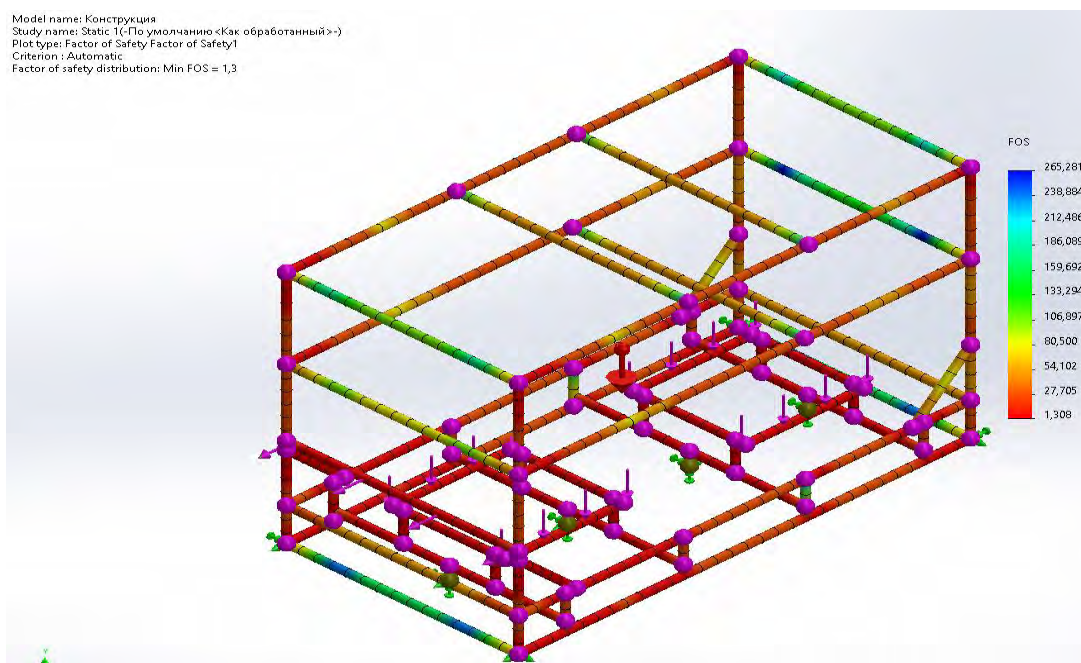


Рис. 5. Направление смещения рамной конструкции с использованием профиля сечением 50x50 мм в статическом режиме под воздействием вертикальной нагрузки.

Согласно приведённым расчётам, можно сделать вывод, использование алюминиевого конструкционного профиля сечением 50x50 мм отвечает всем необходимым требованиям, заложенным при разработке и проектировании, что будет намного эффективнее, чем использование профиля 40x40 мм без укрепления и с использованием раскосов в конструкции рамы.

Для разработки стенда использовались стандартизированные и унифицированные изделия, прошедшие сертификацию и/или декларирование на территории Республики Беларусь.

Заключение

В результате работы будет разработан стенд для имитации динамической модели поведения двухколесных электрических транспортных средств как в условиях трассового покрытия, так и в условиях пересеченной местности с электронным управлением и возможностью воспроизведения трасс с соответствующими телеметрическими данными о модулях и углах приложения основных нагрузок на рамную конструкцию.

Стенд позволит ввести в эксплуатацию любой тип мотоцикла с электроприводом. Как показывает анализ предложений, на рынке отсутствуют стенды для имитации реальных комплексных условий эксплуатации внедорожной мототехники.

Контакты:

nick1252@vk.com (Кочетов Николай Владимирович);

nio@optron.by (Миранович Олег Леонидович, Тимошук Денис Александрович)