

УДК 629.73: 517.958

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ И ВИБРОАКТИВНОСТИ МАШИН ДЛЯ ВИБРОУДАРНОГО УПРОЧНЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.П. Задорожный

Научный руководитель - д.т.н., профессор С.Н. Шевцов
Донской государственной технической университет

Проектирование вибрационных технологических машин (применяемых, в частности, для виброударного упрочнения ответственных деталей авиационных конструкций) кроме обязательных проектных работ требует выполнения комплекса работ по моделированию динамики машины. Существующие методы расчета, основанные на эмпирических рекомендациях и простейших моделях, делают обязательным испытание натурной конструкции во всем используемом диапазоне частот и нагрузок. Неизбежные при этом конструктивные доработки машины увеличивают ее стоимость и не всегда позволяют добиться желаемого результата – перемещения технологической среды по требуемому закону с нужной стабильной скоростью. Проектирование таких машин является областью, где технология SDPD (simulation driven product development) – разработки продукции, управляемой имитационным моделированием, приносит наиболее ощутимые результаты.

Согласно этой концепции, разработанная методика и аппарат проектирования начинаются с создания 3D модели машины в одной из современных CAD-систем (отработка системы велась в Compass 3D). Его результатом являются модели станины, упругих элементов (пружин), дебалансного вибровозбудителя и рабочего органа – контейнера с автоматическим расчетом всех массоинерционных характеристик.

Основные эксплуатационные характеристики, в том числе виброактивность, машины зависят от пространственного распределения масс конструкции, жесткости упругих элементов, силовых характеристик и мощности вибропривода. Расчет жесткостей цилиндрических пружин выполняется конечноэлементным модулем в FEMLAB; после чего пружины заменяются эквивалентными брусами, имеющими ту же матрицу жесткостей.

Далее построение динамической модели машины выполняется в системе Simulink MATLAB с использованием модулей SimMechanics (трехмерная динамика системы твердых тел) и SimPowerSystem (электромеханические системы и двигатели). Конструктивные элементы машины моделируются твердыми телами с найденными в 3D CAD значениями тензоров инерции. Упругие элементы моделируют соединениями (Joint) с требуемыми степенями свободы, сенсорами величин деформации и актуаторами (источниками упругих сил). Средства SimPowerSystem позволяют учесть зависимости момента от частоты вращения ротора и ограниченность мощности асинхронного электродвигателя введением прямой (от угла поворота ротора к углу поворота дебалансного вала) и обратной (от момента сопротивления к скорости вращения ротора) связей. В связи с тем, что значения параметров Simulink-модели легко изменяются в интерактивном режиме, структуры имитационных моделей вибрационных машин типизированы, а элементы конструкции в CAD-системе параметризованы, изменение любого конструктивного параметра машины может быть исследовано на динамической модели в течение примерно часа. Разработанная методика использована при проектировании вибростанка для упрочнения лонжерона рулевого винта вертолета МИ-24.