

УДК 629.7.08

Определение параметров затухающих колебаний подвижных конструкций технологических средств наземных комплексов модифицированным обобщенным методом Прони

Игрицкая Анна Юрьевна

aigri@bmstu.ru
SPIN-код: 9733-5682

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Одним из перспективных методов мониторинга состояния подвижных конструкции (ПК) технологических средств наземных комплексов ракетно-космической техники является анализ видеозаписей их движения. В работе приводятся особенности модификации и использования обобщенного метода Прони для определения по результатам анализа видеозаписей движения ПК параметров свободных затухающих колебаний, являющихся диагностическими признаками состояния этих ПК. Предложенная методика позволяет использовать для уточнения параметров колебаний информацию по всем точкам, для которых определяются перемещения, со всех видеозаписей, что существенно уменьшает погрешности определения этих параметров.

Ключевые слова: стартовый комплекс, технологическое оборудование ракетных комплексов, колебания конструкций, диагностика конструкций, обобщенный метод Прони

Введение. Для ответственных подвижных конструкции (ПК) технологических средств наземных комплексов (ТСНК) ракетно-космической техники требуется организация системы мониторинга их состояния. Одним из перспективных методов диагностики и мониторинга их состояния является анализ параметров колебаний, возбуждаемых при движении этих конструкций, поскольку изменение частот, форм и коэффициентов демпфирования колебаний, а также появление новых мод колебаний может свидетельствовать о наличии тех или иных повреждений ПК. При этом определение этих параметров может выполняться по видеозаписи колебаний конструкции. Наиболее простым такой анализ является для свободных затухающих колебаний, возникающих после начала движения и после остановки конструкции. Эти колебания при отсутствии нелинейных связей, характерном для большинства неповрежденных ПК, имеют вид суммы произведений экспонент на имеющие сдвиг по фазе синусоиды, что позволяет использовать для их выявления по набору данных измерений обобщенный метод Прони (ОМП) [1]. В работе рассматриваются особенности применения модифицированного ОМП для определения параметров затухающих колебаний ПК ТСНК по результатам анализа видеозаписей их движения.

Методы и материалы; результаты. Проведенный анализ показал, что из-за особенностей экспоненциального анализа, который на ограниченном интервале может давать существенные погрешности [2], анализ колебаний

после завершения движения ПК, как правило, будет наиболее рациональным. Это обусловлено тем, что при анализе колебаний, возникающих после начала движения ПК, возникают трудности как с выделением колебаний на фоне общего движения ПК, так, как правило, и с ограничением времени, в течение которого на ПК не производится других воздействий.

Особенностями данных по колебаниям ПК, получаемым с помощью видеорегистрации, являются возможность получения информации о положении сразу большого числа точек ПК, но только в плоскости поля зрения видеокамеры. При этом возможна съемка с помощью нескольких видеокамер, в том числе с разным разрешением и частотой кадров.

Особенностью ОМП является разделение анализа на два этапа, в ходе первого из которых определяются частоты и коэффициенты демпфирования свободных затухающих колебаний, а в ходе второго — амплитуды и фазы этих колебаний. Это разделение позволяет, выполнив первый этап анализа по отдельности для перемещений в плоскости изображения большого числа точек конструкции по всем используемым видеокамерам, взвешенно осреднить полученные частоты и коэффициенты демпфирования с коэффициентами влияния, зависящими от ожидаемой погрешности каждого из измерений. Такое модифицирование ОМП позволяет существенно уменьшить погрешности определения частот и коэффициентов демпфирования, изменения которых являются диагностическими признаками состояния ПК.

На втором этапе с использованием полученных параметров возможно определение амплитуд и фаз колебаний каждой из видимых камерами точек конструкции, что позволяет частично определить формы колебаний, изменение которых может быть использовано для локализации возможных мест повреждения ПК.

Заключение. Использование взвешенного осреднения частот и коэффициентов демпфирования, полученных в результате первого этапа анализа ОМП по всем точкам ПК, перемещения которых определяются по видеозаписям, позволяет существенно уменьшить погрешности определения этих диагностических параметров. При этом полученные результаты могут быть использованы для определения на втором этапе анализа ОМП форм колебаний, анализ изменения которых может быть использован для локализации повреждений ПК.

Список источников

- [1] Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. Москва, Мир, 1990. 584 с.
- [2] Ибряева О.Л. Задача экспоненциального анализа — применения, методы, проблемы. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»*, 2024, т. 24, № 4, с. 31–42. <https://doi.org/10.14529/ctcr240403>