

случае 4-х датчиков) и времени приходов сигналов из точки удара до датчиков с последующим уточнением места удара с помощью соответствующей аппаратуры, используемой как внутри отсека КА так и вне его. Зона ударного воздействия является источником акустических колебаний.

Для определения координат места удара частиц о поверхность КА необходимо знать время прихода акустической волны к каждому датчику, скорость распространения акустической волны, а значит расстояние от места удара до каждого из датчиков и координаты их расположения.

Использование информации от первых трех датчиков может быть осуществлено двумя способами:

1. Временной (учитывается только первые три временных запаздывания).
2. Амплитудный (учитывается только первые три максимальные амплитуды).

Степень точности такого метода зависит от вида и шага сетки. Ниже будет рассматриваться шаг «треугольной сетки». На практике предпочтительнее первый способ (временной) измерения. Дело в том, что поверхность КА неоднородна, то есть имеются различные рода ребра жесткости, люки, разъемы и т. д., и это неизбежно приведет к появлению сложной интерференционной картины. Возникшие при ударе акустические волны, отражаясь от каких-либо неоднородности конструкции, придут на два или более датчиков с очень близким временным запаздыванием. Однако аппаратно (или программно) эти два запаздывания можно различить.

Теоретически задача определения местонахождения зоны ударного воздействия частиц на поверхность КА решается с помощью трех датчиков.

Практически для решения задачи необходимо использовать четвертый датчик начала отсчета времени. По трем из них однозначно определяются координаты зоны удара частиц.

## **ПОСТРОЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ СЛОЖНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АКТИВНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

В.Н. Нестеров, К.В. Жеребятьев

Самарский государственный технический университет, г. Самара

В процессе диагностики сложных механических систем, таких как, например, турбомашин, газотурбинные двигатели, манипуляторы универсальных промышленных роботов и т.п., вследствие сложности самих объектов, режимов их функционирования и большого числа взаимовлияющих

факторов возникает проблема постановки измерительного эксперимента, обеспечивающего воспроизводимость и достоверность получаемых результатов. Проблема осложняется тем, что сходные значения тех или иных параметров, характеризующих состояния и режимы таких объектов, могут быть получены при различных условиях эксперимента. При этом сами режимы и состояния диагностируемого объекта формируют комплекс условий, оказывающих непосредственное влияние на диагностические параметры. Примером может служить задача определения газодинамических параметров лопаточных и турбомашин, в которой для воспроизводимости результатов на диагностируемый объект оказывается управляющее воздействие, приводящее к стабилизации режима и соответствующей компенсации его влияния на получаемый результат. Другой пример связан с задачей измерительного контроля параметров процесса калибровки шестизвенного манипулятора универсального промышленного робота, целью и результатом которого является минимизация погрешностей воспроизводства запрограммированных контурных траекторий характеристической точки, расположенной на выходном звене манипулятора, инвариантных относительно положений звеньев манипулятора.

Приведенные примеры объединены характерной особенностью в организации процедуры измерений, которая кроме совокупности измерительных операций включает в себя оказание специальных управляющих воздействий на объект измерения. И в одном, и в другом случае совмещение измерения с управлением создает комплекс условий, существенно повышающих качество получаемой информации. Опираясь на приведенные аргументы и проводя аналогию с теорией планирования эксперимента, такого рода измерения назовем активными, а метод измерения – методом активных измерений.

Свяжем множество условий измерительного эксперимента  $\Theta$  с  $\xi$ :  $\Theta(\xi)$ , где  $\xi \in \Xi$ ,  $\Xi$  - множество управляющих воздействий на объект. Если множество  $\Xi$  не пустое, а качество измерительной информации, например, погрешности, информативность, достоверность и т.д., зависит от  $\xi$ , то выполнение условия  $\Theta(\xi)$  является признаком активных измерений.

Рассмотрим реализацию метода применительно к задаче измерительного контроля параметров процесса калибровки универсальных промышленных роботов, построенных на базе шестизвенных шарнирных манипуляторов.

В общем случае промышленный робот представляет собой универсальный манипулятор, состоящий из последовательно соединенных вращательными или поступательными сочленениями твердых звеньев и управляемый на основе имеющейся математической модели манипулятора и

соответствующего алгоритма цифровой системой управления. В идеальной модели робота при изменении углов Эйлера положение характеристической точки конца инструмента не должно изменяться. Однако на практике имеют место погрешности, являющиеся результатом несовпадения идеальной модели и реального робота.

Измерительный контроль параметров калибровки универсального манипулятора, вместе с калибровкой обеспечивающий минимизацию названных погрешностей, состоит в определении величин отклонений положения характеристической точки ТСР конца инструмента, программно позиционируемой в определенной точке рабочего пространства, в процессе управляемого изменения положения звеньев манипулятора.

Контроль перемещений робота путем измерения отклонений положения центра шарика калибровочного инструмента от заданных декартовых координат при изменении его ориентации даст однозначный ответ о способности робота точно воспроизводить запрограммированные контурные траектории.

Результаты работы используются в Производстве технологического оборудования ОАО «АВТОВАЗ» при производстве и доводке универсальных промышленных роботов с манипуляторами шарнирного типа.

## **СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В ОКРЕСТНОСТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

Е.Ю. Барышев, Н.Д. Семкин

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Проблема влияния пылевых частиц размером несколько микрометров встает очень остро при проведении исследований дальнего космоса. Эти частицы создают реальную помеху для работы высокочувствительных оптических приборов, создавая световой поток, превышающий светимость дальних звезд. В связи с этим необходимо проводить исследования параметров частиц собственной внешней атмосферы (СВА) космических аппаратов с целью выяснения уровня помех, который они могут создать в том или ином эксперименте, а также снижения запыленности ответственных приборов.

В данной работе создана модель движения частиц, оторвавшихся от космического аппарата. Эта модель представляет собой уравнения механики космического полета с учетом атмосферного торможения. Движение происходит под действием сопротивления верхних слоев атмосферы и также оказывает влияние зарядка аппарата и частиц, в частности заряженные частицы взаимодействуют с магнитным полем Земли, изменяя свою