

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МАШИНЫ

Беда И.И., доцент, канд. техн. наук, СумГУ

Беда А.И., студ. гр. ДМ-61, СумГУ

Опыт эксплуатации высоконапорных центробежных насосов и компрессоров показывает, что основным источником их вибраций является неуравновешенный ротор. Поэтому для современного насосо- и компрессоростроения изучение колебаний роторов приобретают исключительно важное значение.

Исследования колебаний роторов с учетом целевых уплотнений является трудной задачей. К сожалению, до сих пор теоретические и экспериментальные результаты, позволяющие провести анализ влияния гидродинамических процессов в щелевых уплотнениях на динамические характеристики ротора в общем виде, получены только для одномассовых моделей роторов, которые, как правило, представляет собой массивные диски с невесомым двухопорным или консольным валом. Рассматривая такие модели, исследователи отмечают, что хотя такая упрощенная модель и не соответствует реальной роторной системе центробежной машины, она все-таки сохраняет их важнейшие динамические свойства и дает возможность оценить влияние уплотнений на динамику ротора. Однако во многих случаях (многоступенчатые насосы с гибкими роторами, с существенно податливыми статорными элементами и т.п.) одномассовая модель является уже недопустимо грубым приближением. В связи с чем возникает вопрос о том, в какой степени выводы, полученные при рассмотрении упрощенной одномассовой модели ротора, справедливы для более сложных моделей. В общем случае ответить на этот вопрос без получения точного решения задачи невозможно.

Учитывая практическую значимость рассматриваемой задачи, в данной работе изложены теоретические исследования влияния щелевых уплотнений на динамические характеристики многомассового ротора с распределенными параметрами, имеющего один неконсервативный элемент, на основании анализа которых предложены некоторые способы стабилизации роторов.

Рассмотрим ротор насоса с одним или несколькими рабочими колесами, расположенными на сравнительно небольшом его участке. В этом случае неконсервативные (демпфирующие, циркуляционные, гироскопические) гидродинамические силы, действующие во всех щелевых уплотнениях, можно сосредоточить в одном сечении, а консервативные силы (упругие, инерционные) могут оставаться в местах расположения уплотняющих зазоров. После этого выделим участок вала бесконечно малой

Секція математичного моделювання

длины, содержащий сечение, на которое действуют неконсервативные силы. При этом противоположно направленные усилия в сечениях разреза обозначим через Q и M , а смещение элемента — y , θ . Слева и справа от элемента могут быть какие угодно участки вала, упруго-массовые опоры, податливые элементу корпуса; необходимо лишь, чтобы все эти элементы можно было считать консервативными.

При этом условия параметры в плоскости yOz для сечений I и II, связаны с параметрами в граничных сечениях $0, n$ переходными матрицами

$$\Pi_I = A_1 \Pi_0; \quad \Pi_0 = A_1^{-1} \Pi_I; \quad \Pi_n = A_2 \Pi_{II}, \quad \text{где } A_1 \text{ и } A_2 -$$

переходные матрицы левой и правой частей вала; A_1^{-1} — матрица, обратная к A_1 ; $\Pi_i = (y_i, \theta_i, M_i, Q_i)^T$ — матрица — столбец параметров i -го сечения, представляющая собой амплитуду прогиба сечения y , угол его поворота θ , а также поперечную силу Q и изгибающий момент M .

Условие равенства изгибающих моментов M_1 и M_2 , действующих на выделенный участок бесконечно малой длины (ввиду малости элемента его инерцией поворота можно пренебречь), позволяет исключить параметр θ и представить поперечные силы в виде:

$$Q_1 = R_1 y; \quad Q_2 = R_2 y,$$

В этом случае на основании теоремы об изменении количества движения точки уравнения поперечных колебаний рассматриваемого неконсервативного элемента ротора массы m_c в проекциях на неподвижные оси x, y имеют вид:

$$m_c \ddot{x} = -(R_1 - R_2)x + F_x + m_c e_c w^2 \cos wt;$$

$$m_c \ddot{y} = -(R_1 - R_2)y + F_y + m_c e_c w^2 \sin wt,$$

где F_x, F_y — проекции приведенных к точке С гидродинамических сил; e_c — эксцентриситет центра массы выделенного элемента.

Принципиальное отличие полученной системы от аналогичных уравнений движения одномассового ротора заключается в том, что действующие со стороны отбрасываемых частей ротора силы определяются не только упругими свойствами последнего, но и инерцией его распределенной и сосредоточенных масс, что обуславливает зависимость коэффициентов полученного дифференциального уравнения от частоты прецессии ротора.

Таким образом, система (4.3) представляет собой уравнения движения многомассовой роторной системы с одним неконсервативным элементом.

Секція математичного моделювання

анализ которых позволяет подучить все основные данные по ее динамике: критические частоты и формы колебаний, амплитуды вынужденных колебаний и границы устойчивости вращения.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАЗМЕННО-ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПУЧКАМИ

*Кравченко Ю.А., асист., канд. ф.-м. наук, СумДУ
Скляр М., уч. 10 кл., шк. № 17*

Важным фактором, определяющим длительность работы различных деталей, являются физико-механические свойства их поверхности. Одним из эффективных направлений модификации свойств выступает применение газотермических технологий для осаждения порошков из твердых, жаро- и коррозионностойких материалов. На базе плазменного и детонационного методов разработано сравнительно новое направление, позволяющее формировать защитные покрытия из порошков тугоплавких материалов – плазменно-детонационное осаждение. Эта технология основана на электромагнитном ускорении продуктов сгорания газовых смесей и характеризуется получением высокоскоростной ($v=600-8000$ м/с) высокотемпературной ($2 \times 10^3 - 3 \times 10^4$ К) плазменной струи. Попадая в плазменно-детонационный поток, частицы порошка нагреваются (подобно плазменной технологии) и ускоряются (подобно детонационной). Пропускание через плазменную струю электрического тока приводит к дополнительному притоку энергии в двухфазный газовый поток, что обеспечивает достаточную степень проплавления материала в условиях высокоскоростного осаждения, которое также сопровождается термоупрочнением поверхности подложки потоками импульсной плазмы.

Предполагаемые жесткие условия работы поверхности выдвигают ряд требований, касающихся пористости формируемых покрытий и их адгезионных свойств к поверхности подложки. Одним из эффективных способов решения данной проблемы является применение электронно-лучевой обработки поверхности, которая сопровождается частичным или полным переплавлением участка "покрытие-подложка", а также стимулированием процессов массопереноса элементов покрытия в матрицу подложки и наоборот. Однако экспериментальный поиск эффективных режимов обработки защитного слоя является дорогостоящим, что обуславливает необходимость теоретического моделирования процесса и прогнозирования условий получения требуемого результата.