

К ОЦЕНКЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНОЙ ОПОРЫ ОСЕВОГО ВРАЩЕНИЯ С РАДИАЛЬНЫМ НАГРУЖЕНИЕМ КОНСОЛИ

*Пыриков П.Г.
Брянск*

Ключевые слова: вал, втулка, резонанс, опора, металл-полимерные материалы, демпфирование, работоспособность.

Аннотация. Предложен принцип оценки работоспособности опор валов с консольным нагружением по анализу спектра колебаний (вибраций) при различных материалах втулки. При этом рассматриваются материалы органической и неорганической природы с выраженными диссипативными свойствами. Предложено оценивать максимальные отклики резонаторов-составляющих системы в формате ударного спектра.

TOWARD PERFORMANCE EVALUATION OF METAL-POLYMER SUPPORT OF AXIAL ROTATION WITH RADIAL LOADING OF THE CANTILEVER

*Pyrikov P.G.
Bryansk*

Keywords: shaft, bushing, resonance, support, metal-polymer materials, damping, serviceability.

Abstract. The principle of estimation of serviceability of shaft supports with cantilever loading by analyzing the spectrum of vibrations (vibration) at different materials of the bushing is proposed. Materials of organic and inorganic nature with pronounced dissipative properties are considered. It is proposed to estimate the maximum responses of the resonator-components of the system in the format of the shock spectrum.

Наряду с традиционно используемыми чугунами и баббитами, в качестве антифрикционного материала в узлах машин применяются биметаллические и триметаллические композиты (сталь-органоволокнит, олово-медь-алюминий; олово-цинк-свинец, капролон (или зелаид)-фторопласт-эпоксидная смола-сталь, политетрафторэтилен-медь, бронза-тефлон-свинец, углерод-керамические композиты, а также композиты на основе медь-олово-графит, медь олово-хром-никель), свинцово-оловянистые бронзы, фторопласт, серые или антифрикционные чугуны, а также разного рода покрытия (дисульфид молибдена, бронза и т.д.).

Технологические свойства указанных материалов позволяют обеспечить эксплуатацию в весьма широком диапазоне температурного (от -70 до +600⁰С) и механического (до 1000 кг/см²) нагружения при окружных скоростях порядка 100 м/с. При этом следует отметить ограниченный объем информации, касающийся аспекта проектирования антифрикционных металл-полимерных материалов по критерию демпфирования и динамической стабильности [1].

Очевидны перспективы использования в качестве конструкционного материала втулок и вкладышей органических полимеров, в том числе растительного происхождения как натуральном, так и в модифицированном состояниях [2]. При этом решение задачи обеспечения их долговечности

представляется на основе учета диссипативных явлений на макро-, микро- и субмикро- уровнях.

Анализ диссипативных механизмов, по мнению ряда исследователей, позволяет представить их взаимосвязь с работоспособностью узла [3, 4]. Это в полной мере может быть отнесено и к многокомпонентным полиструктурным композиционным материалам в узлах трения.

В металл-полимерных композитах полимерная составляющая представлена органическими, неорганическими и смешанными полимерами. К первым относятся древесина, пластические массы (полиэтилены, полипропилены, поликарбонаты, полиимиды, эпоксидные смолы, фторопласты); ко вторым – сера, селен, диоксид кремния, силикаты (кварц, тальк, асбест), а также силикатные стекла, цемент, каолин, цеолит.

Полидисперсная металлическая фаза представлена металлами и сплавами в виде элементов, имплантированными в матрицу, с антифрикционными, теплопроводящими и коррозионностойкими свойствами [5].

Задача оценки состояния системы «вал-втулка» представляется с учетом реологических процессов, в частности изменяющих демпфирующие свойства опоры.

Предложенный подход основан на анализе ударного спектра, представляющего собой зависимость изменяющихся значений максимального отклика в системе с одной степенью свободы, представленную рядом собственных частот резонаторов. В качестве резонаторов принимаются вал, втулка и корпус опоры, опертый на жесткое основание. Нагружение вала производится сосредоточенной силой P заданной величины со стороны консоли на установленном от опоры расстоянии l с определенной частотой (рис. 1).

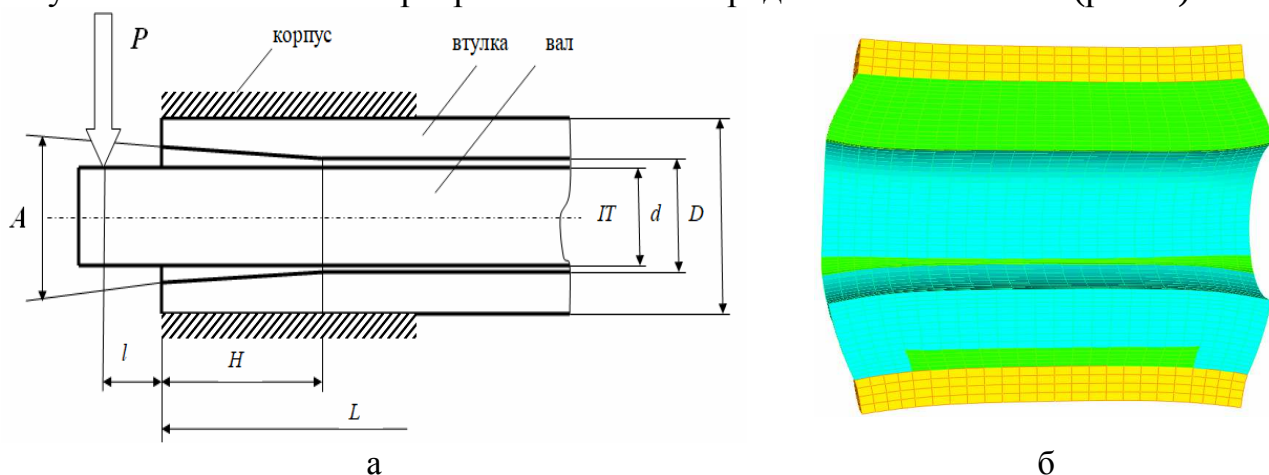


Рис. 1. Схема нагружения втулки опоры вала (а); эпюра перемещений в продольном сечении втулки (б)

Каждый из резонаторов системы характеризуется собственной и резонансной частотами. Допускается, что в случае дискретного (импульсного) приложения внешней нагрузки диссипация энергии удара реализуется в виде затухающих колебаний с декрементом, зависящим, главным образом, от реологических характеристик материала втулки. При этом резонансная частота системы не имеет зависимости от возмущающей силы, а определяется в принятой модели моментом инерции сечения втулки и свойствами материалов.

Критерием наработки является снижение стабилизирующей функции опоры, выраженной в интенсификации колебательных процессов, что может быть оценено инструментально. Под действием возмущающей силы определяемая максимальная амплитуда колебаний является максимальным откликом. Если упорядочить значения максимальных откликов по возрастанию собственных частот соответствующих резонаторов (допуская изменение моментов инерции сечения втулки и вала в ходе изнашивания), то полученная зависимость будет являться ударным спектром, характерным для конструкции опоры данного типа (рис. 2).

Принцип основан на том, что по мере изнашивания втулки, длина консольной части вала увеличивается; следовательно, изменяется момент инерции цилиндра ею образуемого.

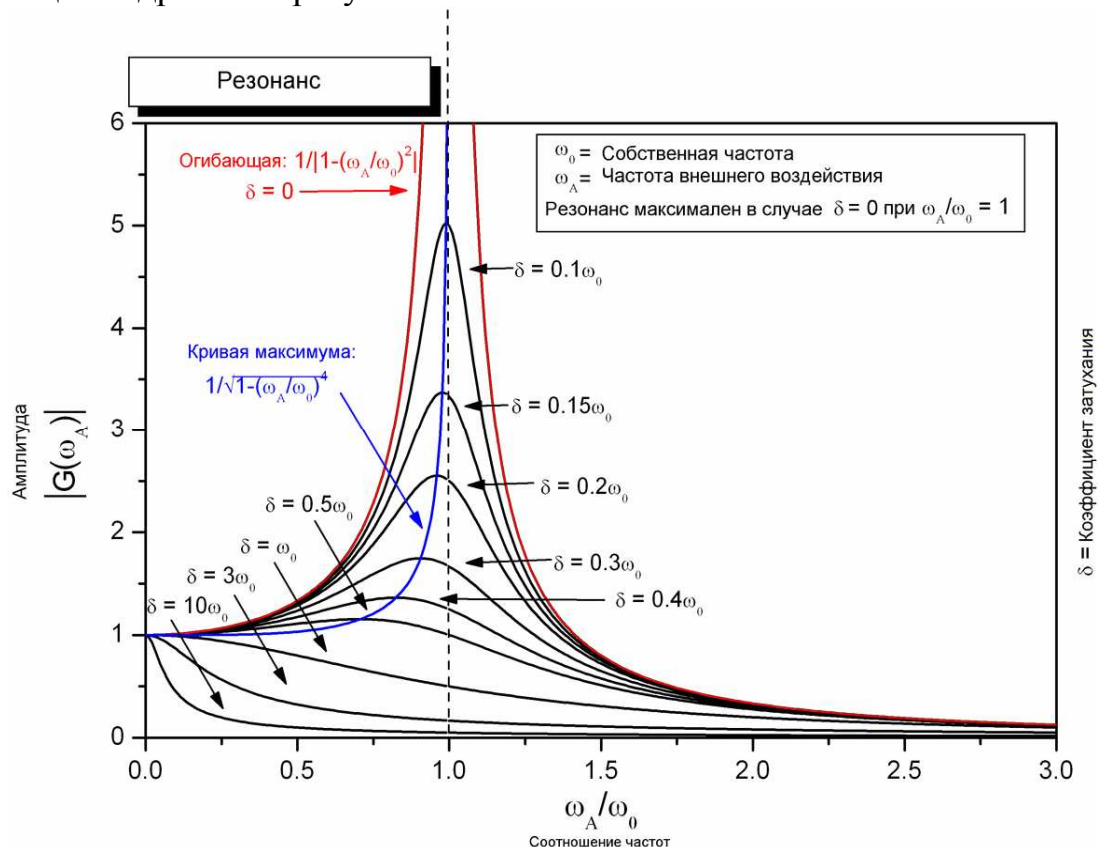


Рис. 2. Зависимость амплитуды вынужденных колебаний от соотношения вынужденных и собственных частот при различных коэффициентах затухания (декременте колебаний)

Максимальный отклик некоторых резонаторов может проявляться не при максимуме мгновенного значения силы, а в некоторый другой момент. Этот момент зависит от гармоник, присутствующих в сигнале, и от их длительности. Максимального по амплитуде колебаний отклика достигнет резонатор с собственной частотой наиболее близкой к частоте колебаний. Для регистрации величины износа втулки по амплитуде колебаний вала, принимая в качестве регистрируемого сигнала состояние резонанса на валу, параметры материалов остальных составляющих конструкции подбираются из соображения их нахождения в этот момент в дорезонансной зоне; амплитуда отклика для них интенсивно падает с уменьшением собственной частоты.

Таким образом, следует считать, что величина износа втулки коррелирует с демпфирующей способностью и добротностью системы, что может быть учтено на стадии проектирования.

Список литературы

1. Любимый Н.С., Романович М.А., Тихонов А.А., Бабкин М.А. Исследование температуры поверхности металл-металлополимерной детали при механической обработке плоским шлифованием // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2020. – № 10. – С. 72-83.
2. Машков Ю.К., Чемисенко О.В., Малий О.В. Разработка износостойких нанокомпозитов для экстремальных условий эксплуатации в металлополимерных трибосистемах // Журнал технической физики. – 2018. – Т. 88, №1. – С. 42-45.
3. Мышкин Н.К., Горячева И.Г., Григорьев А.Я., Ковалева И.Н., Маховская Ю.Ю. Контактное взаимодействие в прецизионных трибосистемах // Трение и износ. – 2020. – Т. 41, №3. – С. 263-271.
4. Резван В.Б. Прогнозирование устойчивого теплового режима подшипников скольжения, работающих на ньютоновской смазке // Технология, наука, управление: кадры для цифровой экономики: сборник материалов Международной научно-студенческой конференции. – Ростов-на-Дону: Донской казачий государственный институт пищевых технологий и бизнеса (филиал) ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», 2020. – С. 213-216.
5. Камерова Э.А. Идентификация триботехнических характеристик металлополимерных трибосистем в жидких смазочных средах: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Ростов-на-Дону, 2016. – 22 с.

Сведения об авторе:

Пыриков Павел Геннадьевич – д.т.н., доцент.