

2. Соломахо Д.В., Нифагин В.А. Использование кубических параметрических сплайнов в решении задач теории координатных измерений // Вести Белорусской Инженерной академии. — 2004. — №2. — С.118-121
3. В.А. Нифагин, Д.В. Соломахо. Методика аналитического моделирования реальных профилей при их координатном контроле. Респ. Межведомственный сб. науч. тр. конференции «Современные методы проектирования машин» / Белорусский национальный технический университет. Минск, 2004. — Т.2. — С.38—41.
4. J.W. Schmidt. Univariate strip interpolations by nonlinear parametric splines // Computing. — 2000. — Vol. 65. — P.323—337.

УДК 534.1+534-8

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ В ВИБРОУДАРНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКОМ ДВИЖЕНИИ ОГРАНИЧИТЕЛЯ

Д.В. Мачихо, В.Н. Сакевич

В процессе ремонта машин возникают проблемы с рассоединением узлов машины на отдельные детали, связанные с образованием коррозии между соприкасающимися поверхностями деталей в процессе эксплуатации. Прогрессивным способом рассоединения изделия на составные элементы и эффективной очистки их внутренних и наружных поверхностей от нерастворимых загрязнений или, например, от солей после закалки является способ, когда между колеблющейся поверхностью ультразвукового источника колебаний и изделием механическое контактное взаимодействие осуществляют в стохастическом виброударном режиме [1]. Поэтому важной задачей синтеза колебательных систем целевого технологического назначения является анализ влияния параметров колебательной системы на спектральные характеристики виброударных режимов взаимодействия [2].

В работе рассматривается динамическая модель: масса m на пружине жесткости c и плоскость, движущаяся по гармоническому закону с частотой ω намного большей собственной частоты массы на пружине. В состоянии статического равновесия масса может быть расположена по отношению к плоскости с натягом, либо с зазором, либо с нулевым натягом.

В рамках такой же модели в случае, когда масса расположена по отношению к плоскости с натягом в работе [2] исследовано влияние параметров колебательной системы на спектральные характеристики стохастических режимов.

В настоящей работе исследовано влияние параметров колебательной системы на спектральные характеристики стохастических режимов для системы, установленной с зазором, либо с нулевым натягом.

Уравнения движения рассматриваемой системы имеют вид:
в случае установки с зазором

$$m\ddot{x} + cx - G = 0; Z = a \cos \omega(t + t_0), \quad (1)$$

и в случае установки с нулевым натягом

$$m\ddot{x} + cx = 0; Z = a \cos \omega(t + t_0) \quad (2)$$

где G - сила, которая отжимает массу от плоскости, a и ω амплитуда, и частота колебаний плоскости, X и Z - координаты, описывающие движение соответственно массы и плоскости.

Удар массы о плоскость считается мгновенным и описывается уравнением:

$$v - \dot{z} = -R(u - \dot{z}), \quad (3)$$

где u и v - скорость массы до и после соударения с плоскостью соответственно, R - коэффициент восстановления, \dot{z} - скорость плоскости в момент удара. Вводя безразмерные величины в случае установки с зазором

$$y = cx/G; \quad \tau = \sqrt{k/m}t; \quad W = \omega/\Omega; \quad A = ca/G; \quad \Delta = cz/G,$$

где $\Omega = \sqrt{k/m}$ - собственная частота колебаний массы на пружине, запишем уравнение (1) в виде:

$$\ddot{y} + y - 1 = 0; \quad \Delta = A \cos W(\tau + \tau_0), \quad (4)$$

и вводя безразмерные величины в случае установки с нулевым натягом $y = x/a; \tau = \sqrt{k/m}t; W = \omega/\Omega; \Delta = z/a$, запишем уравнение (2) в виде:

$$\ddot{y} + y = 0; \quad \Delta = \cos W(\tau + \tau_0) \quad (5)$$

Спектры строятся по уравнениям (4) и (5) следующим образом: задается количество ударов и подсчитывается время между ударами, а затем массив данных со временами обрабатывается и строится гистограмма в координатах - время между ударами и количество ударов попадающих в данный временной интервал.

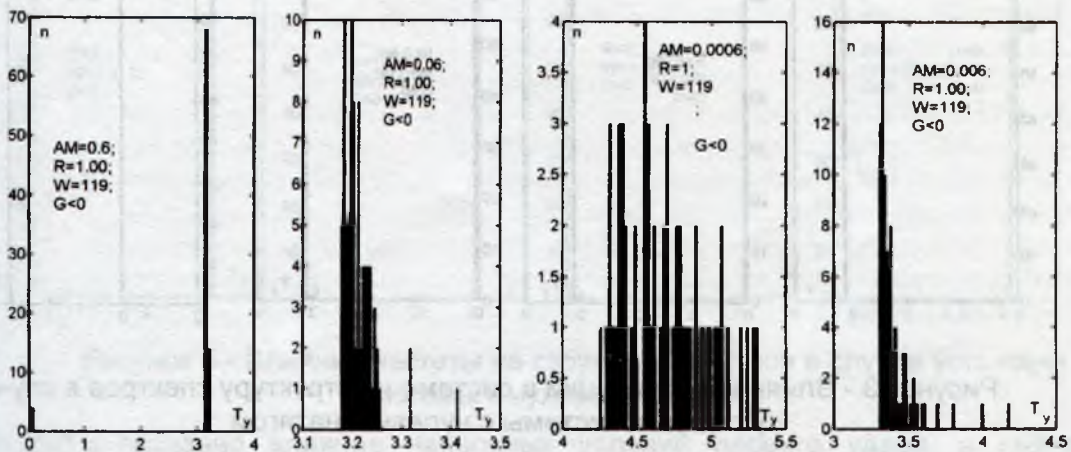


Рисунок 1 - Структура спектров при различных амплитудах колебаний плоскости в случае установки системы с зазором

В результате анализа спектров установили, что для получения спектра стационарных режимов достаточно 20 ударов. Все спектры, приведенные в данной работе, построены при 100 ударах и более. Начальные условия для первого удара при различных параметрах колебательной системы во всех экспериментах фиксированы.

Изменение спектра в зависимости от амплитуды колебаний плоскости показано на рис.1. Как видно из рис.1 в случае установки системы с зазором с уменьшением амплитуды спектр виброударных колебаний смещается в низкочастотную область, т. е. реализуются более интенсивные режимы. Для системы с нулевым натягом структура спектров согласно уравнениям (5) от амплитуды не зависит.

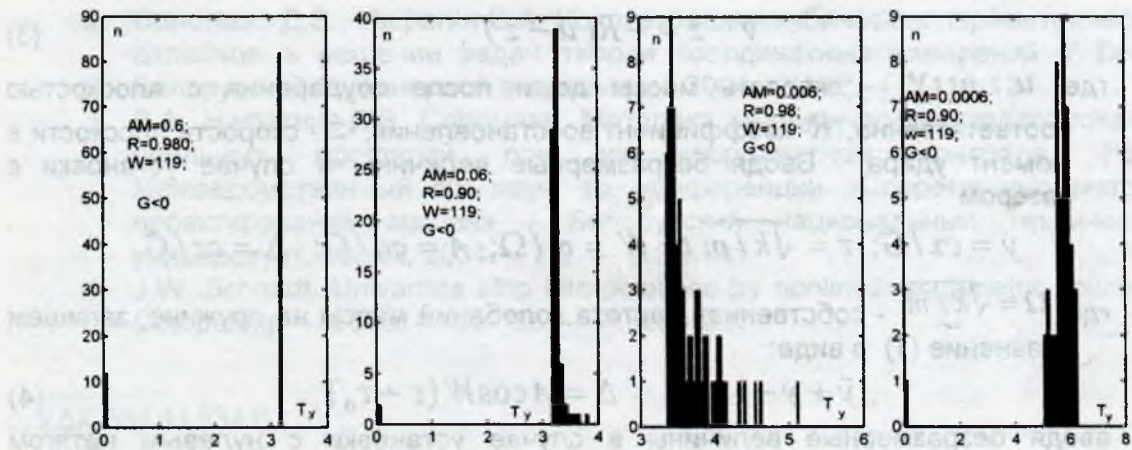


Рисунок 2 - Влияние диссипации в системе на структуру спектров в случае установки системы с зазором

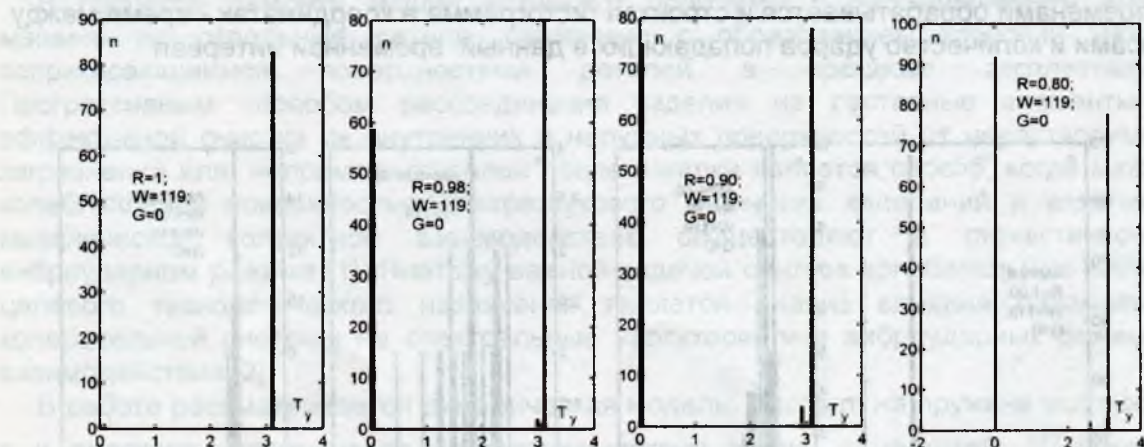


Рисунок 3 - Влияние диссипации в системе на структуру спектров в случае установки системы с нулевым натягом

Влияние диссипации на структуру спектра виброударных колебаний в случае установки системы с зазором показано на рис.2. Диссипация смещает спектр в низкочастотную область. На рис.3 показано влияние диссипации для системы с нулевым натягом. Как видно из рис.3 увеличение диссипации в системе приводит к нескольким ударам за период колебаний плоскости и чем выше диссипация в системе, тем чаще осуществляются удары с периодом меньшим, чем период колебаний плоскости. На рис.3 это иллюстрируется появлением гармоник близкой к началу координат, влияние которой на стационарные режимы усиливается с увеличением диссипации.

Влияние частоты W на структуру спектра виброударных колебаний в случае установки системы с зазором показано на рис.4, а с нулевым натягом - на рис.5. Как видно из рис.4 и рис.5 изменение частоты колебаний плоскости W в небольших пределах практически не влияет на структуру спектра.

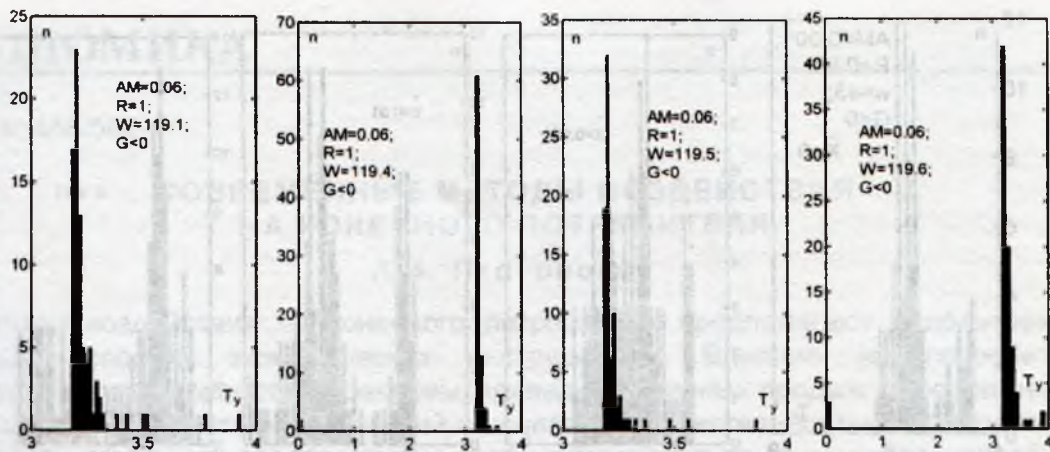


Рисунок 4 - Влияние частоты на структуру спектров в случае установки системы с зазором

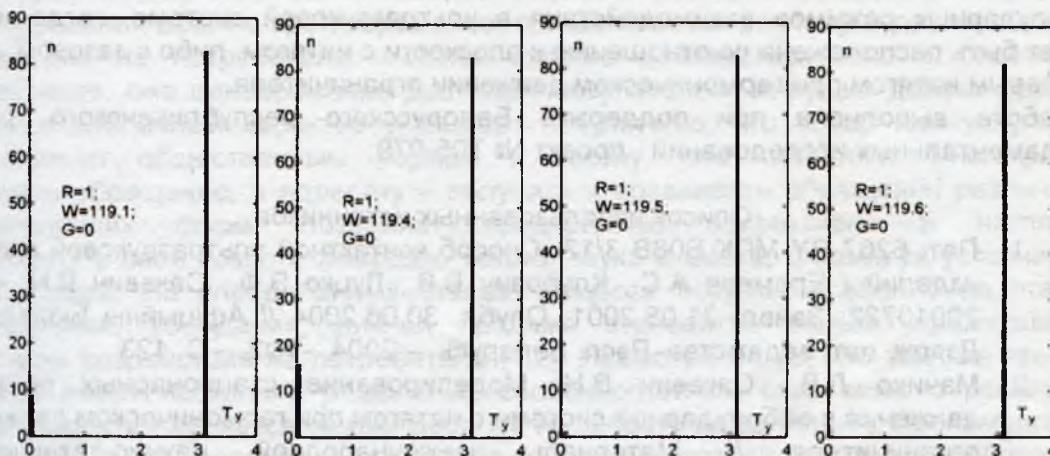


Рисунок 5 - Влияние частоты на структуру спектров в случае установки системы с нулевым натягом

На рис.6 показано влияние начальных условий первого удара, а именно, начальной скорости при фиксированной координате на структуру спектра при виброударных колебаниях системы в случае установки системы с зазором. Начальные условия практически не меняют ширину спектра, но они влияют на интенсивность различных гармоник. В случае установки системы с нулевым натягом начальные условия первого удара на структуру спектра не влияют.

Анализ показал, что в случае установки системы с нулевым натягом наиболее сильно проявляются субгармонические колебания, а область параметров стохастических колебаний отсутствует.

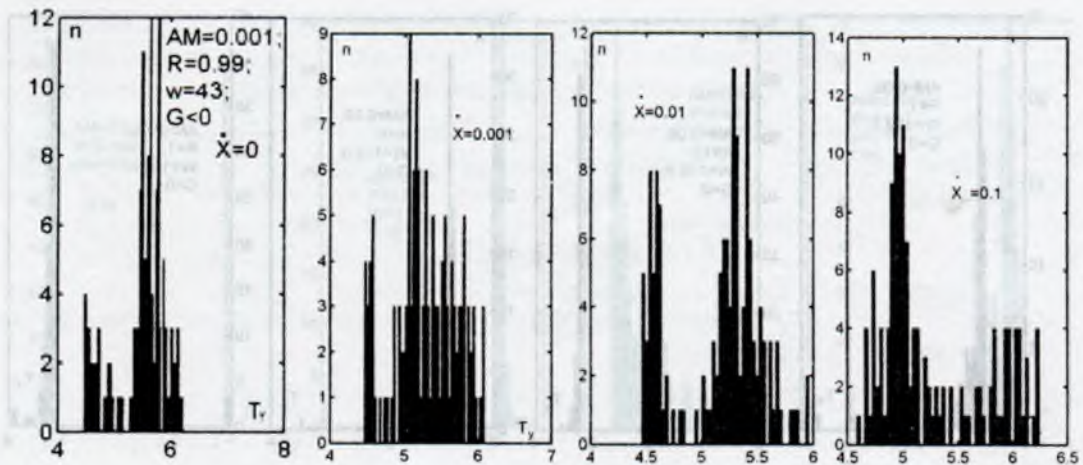


Рисунок 6 - Зависимость параметров спектра от начальных условий первого соударения в случае установки системы с зазором

В заключение отметим, что разработана программа, позволяющая моделировать стационарные режимы движения и строить спектральные характеристики виброударных режимов взаимодействия в ультразвуковой системе, когда масса может быть расположена по отношению к плоскости с натягом, либо с зазором, либо с нулевым натягом при гармоническом движении ограничителя.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований - проект № Т05-079.

Список использованных источников

1. Пат. 6267 ВУ МПК В08В 3/12 Способ контактной ультразвуковой очистки изделий / Еремеев А.С., Клубович В.В., Луцко В.Ф., Сакевич В.Н. - № 20010722; Заявл. 21.08.2001; Оpubл. 30.06.2004 // Афіцыйны Бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. - 2004. - №2. - С. 123.
2. Мачихо Д.В., Сакевич В.Н. Моделирование стационарных режимов движения в виброударной системе с натягом при гармоническом движении ограничителя // Материалы международной научно-технической конференции «Ресурсо-и энергосберегающие технологии промышленного производства», Витебск, ноябрь 2003 г. С.62-67.

SUMMARY

In the paper the attraction regions of possible steady-state regimes are constructed by point mapping method. Topology of these regions with changes of the parameters is investigated.