



Рис. 2. Расчётная модель

Разработанная схема позволяет также с достаточной точностью рассчитать остаточные напряжения на дне надреза и по толщине наименьшего сечения, необходимые для прогнозирования предела

выносливости упрочнённых образцов и деталей.

По результатам расчётов получено значение осевых остаточных напряжений на дне надреза $\sigma_z = -704$ МПа, что хорошо согласуется с полученным в работе значением -712 МПа. Глубина смены знака остаточных напряжений составляет $a = 0,593$ мм, что опять согласуется с полученной ранее $a = 0,595$ мм.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект 2.1.1/13944).

УДК 621.01

АНАЛОГИИ ПРИ СОЗДАНИИ БЕЗРЕЗОНАНСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, БЕЗКРИТИЧЕСКИХ РОТОРОВ И СТЕРЖНЕЙ, НЕ ТЕРЯЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ СЖАТИИ

Ройзман В. П.

Хмельницкий национальный университет, Украина

ANALOGY BY CREATING NON-RESONANCE STRUCTURES, NON-CRITICAL ROTORS, AND RODS STABLE UNDER COMPRESSION

Royzman V. P. The paper deals with analogy in processes of losing stability on compressing long rods and reaching critical rotation frequencies of flexible rotors, and also possibility for applying and mutual using practice preventing these dangerous conditions. Here are shown the ways for creating non-critical rotors and non-resonance structures and rods stable under compression.

Сравним в линейной постановке решения задач о нахождении критических сил продольно-сжатого упругого стержня-вала постоянного по длине круглого поперечного сечения, опирающегося по концам на шарнирные опоры и критических частот вращения этого же стержня-вала или равных им собственных частот поперечных (изгибных) колебаний. И в том и в другом случае используются интегро-дифференциальные зависимости теории изгиба [1, 2].

В обоих случаях мы имеем задачу о собственных значениях, в обоих случаях приходим к одинаковому условию

нахождения ряда критических сил и ряда критических частот вращения через одинаковые выражения $k_1 = k_2 = \frac{n\rho}{l}$.

Поэтому в общем виде

$$P_{кр}(w_{кр}) = \frac{n^2 p^2}{l^2} \cdot d_{1(2)},$$

где $d_{1(2)}$ - коэффициенты, зависящие от длины, жесткости и массы;

$$d_1 = EI_{oc}, \quad d_2 = \sqrt{\frac{EI_{oc}}{m}}.$$

Уравнение упругой линии стержня-вала и в том и в другом случае имеет вид

$y = B \sin kz$. Следовательно, в обоих случаях форма изогнутой оси вала при его вращении на критической скорости и такого же продольно-сжатого стержня при действии критической силы соответствуют синусоиде.

Аналогия при выводе формулы Эйлера и критической скорости вращения стержня-вала, сходство полученных формул для значений критических сил и скоростей (отличия лишь в численных значениях коэффициентов при $\frac{n^2 p^2}{l^2}$), идентичность форм потери устойчивости позволяют предположить, что и методы борьбы, с опасными критическими состояниями, методы недопущения этих состояний должны быть аналогичными и могут заимствоваться и взаимноиспользоваться из практики эксплуатации конструкций, могущих терять устойчивость.

В целом, идея создания стержня, не имеющего на практике критических сил, то есть не теряющего устойчивости от продольной сжимающей силы и такого же как стержень, вращающегося вала, не имеющего критических скоростей, основана на автоматических изменениях жесткости системы стержень (вал)-опора, например, изменении длины стержня-вала между опорами при приближении к значениям критических сил или критических частот вращения, а после прохода-возвращения к прежнему значению, что дает возможность устранить потерю устойчивости при разгоне вала до рабочих частот вращения или при росте сжимающей силы до максимально-допустимого значения, определяемого из условия прочности. При этом для устранения критических состояний стержня-вала по одной, двум, трем и т.д. собственным формам потери устойчивости опоры-ограничители прогиба в виде легких подшипников с радиальным зазором, равным допустимому прогибу, следует устанавливать в местах максимальных прогибов (пучностей) соответствующих форм. Если необходимо устранить потерю устойчивости по всем критическим формам, то устанавливают одну такую опору – ограничитель прогиба по всей длине стержня-вала [3].

При приближении значения сжимающей силы к очередному критическому значению или частоты вращения к очередной критической скорости в соответствующих сечениях стержня-вала начнут возрастать прогибы. При выборе зазора стержень-вал соприкоснется с ограничителями прогиба, установленными, в указанных сечениях, и таким образом получит дополнительные опоры, укорачивающие его длину между опорами, что изменяет (увеличивает) значение критической силы и критической частоты вращения. Следовательно, стержень-вал уже не будет находиться в состоянии безразличного равновесия, означающего потерю устойчивости, и сможет безболезненно перенести прохождение через значение сжимающей силы или частоты вращения, которые теперь, при касании об опоры, уже не являются критическими. При приближении частоты вращения или значения сжимающей силы к следующему критическому значению другие сечения стержня-вала коснутся ограничителя прогиба и произойдет изменение жесткости системы, аналогичное описанному выше, и эти значения уже не будут критическими и не приведут к потере устойчивости.

Для двух - трех вальных роторов газотурбинных двигателей эта идея может быть реализована, например, установкой в местах пучностей колебаний межвальных роликовых подшипников с радиальным зазором, равным допустимому прогибу валов.

Обобщая изложенное, можно прийти к общей идее создания конструкций, которые бы не теряли устойчивость, т.е. не имели бы резонансов, критических сил, скоростей и других состояний безразличного равновесия.

Все такие конструкции должны обладать возможностью изменять свои свойства (параметры) при приближении к состоянию безразличного равновесия, а после его прохождения – возвращаться к исходным свойствам. Эти параметры конструкции могут в заданный момент изменять свои численные значения автоматически или принудительно по команде оператора путем изменения жесткостей, масс, длин,

количества опор и других факторов, определяющих численные значения параметров состояний безразличного равновесия, например, в моменты достижений максимально-допустимых деформаций элементов конструкции.

В докладе приведены примеры безкритического ротора, стержня, не имеющего критических сжимающих сил, и безрезонансной конструкции.

Библиографический список

1. Писаренко, С.С. Сопротивление материалов / Под ред. акад. С.С. Писаренко - «Техника», Киев, 1967. – 791 с.
2. Ройзман, В. П. Прикладна механіка. Опір матеріалів / В.П. Ройзман // «Центр навчальної літератури. - Киев, 2004. - 116 с.
3. Авторское свидетельство № 1229621 Опора- ограничитель прогиба вала / В.П. Ройзман, Л.Д. Вайнгортин. 1996.

УДК: 621.431.75(075)+ББКЧ48

О КОНТЕНТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ДИНАМИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИДРО- И ПНЕВМОСИСТЕМ»

Гимадиев А.Г., Быстров Н.Д., Крючков А.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет

ON CONTENT OF DISCIPLINE «DYNAMICS AND CONTROL OF HYDRO-AND PNEUMATIC SYSTEMS»

Gimadiev A.G. , Bystrov N.D., Kruchkov A.N. Composed of educational-methodical material on the subject «Dinamika and regulation of hydraulic and pneumatic systems», designed for students majoring 121100» Hydraulic machines, hydraulic and Hydro, and several other specialties», which include the study of hydraulic and pneumatic systems for the preparation of examinations, laboratory and of course work and the protection of graduation projects. Can also be used for training of masters on direction "Technological machinery and equipment, 151000.62, opened in Samara State Aerospace University in 2011. Consists of four parts: the lecture notes on the dynamics and management of hydraulic and pneumatic systems, laboratory course, which consists of six labs, the course project on the calculation of the dynamic behavior of an autonomous hydraulic servo steering gear with throttle control and checklists for the current and final control of the degree of assimilation material.

Контент по дисциплине «Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем» состоит из четырех частей: конспекта лекций по динамике и регулированию гидро- и пневмосистем, лабораторного практикума, состоящего из шести лабораторных работ, курсового проекта по расчету динамических процессов в автономном гидравлическом следящем рулевом приводе с дроссельным регулированием и списка контрольных вопросов для текущего и заключительного контроля усвоения материала.

В материале «Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Конспект лекций / А.Г. Гимадиев, Н.Д. Быстров.-

Самарский государственный аэрокосмический университет, Самара, 2010.- 179 с.» - изложены основы построения математических моделей пневмогидравлических систем различных машин и аппаратов, современные методы анализа и расчета их динамических характеристик. Для расчета переходных и колебательных процессов в пневмогидро-системах применены универсальные программы для ПК. Конспект лекций предназначен для студентов специальности 121100 «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» и ряду других специальностей, в которых предусмотрено