

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

В. А. СМЕРНОВ, К. Б. ЩЕРВИНА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ И ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИНОК МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Проблеме колебаний пластинок посвящено большое количество работ, однако, для решения ряда конкретных задач, связанных, например, с расчетами частот высших порядков и форм собственных колебаний пластинок сложного очертания со сложными условиями опирания по контуру, современные аналитические методы не дают достаточно точных и достоверных результатов. Поэтому наряду с теоретическими исследованиями целесообразно широко применять современные экспериментальные методы изучения проблемы колебаний [1].

В настоящее время наиболее перспективным является метод голографической интерферометрии, который с высокой информативностью, точностью и наглядностью позволяет регистрировать частоты и формы собственных колебаний, при этом автоматически учитывается влияние всех жесткостных характеристик и факторов внутреннего трения, т. е. исследуемая модель может быть изготовлена из того же материала, что и реальный объект. Геометрия модели и условия опирания по контуру также могут с большой точностью имитировать соответствующие параметры реального объекта.

В настоящей работе в качестве объекта исследования выбрана квадратная пластинка со стороной 100 мм и толщиной 1,06 мм, изготовленная из алюминиевого сплава с модулем упругости $E = 70000$ МПа и коэффициентом Пуассона $\mu = 0,3$.

Условия опирания выполнены в двух вариантах. По первому варианту пластинка жестко закреплена по двум прогибоподложным сторонам и свободна по двум другим. Во втором случае пластинка с теми же условиями опирания имеет дополнительную жесткую точечную опору, расположенную в середине левой свободной кромки.

При проведении эксперимента пластинку раскачивали электромагнитом, на который подавали переменный ток, частоту которого плавно изменяли в широких пределах [2, 3]. Для этого к ней в зоне электромагнита была жестко закреплена шайба, изготовленная из намагниченной стали, массой 2 г и диаметром 4 мм. Зазор между сердечником электромагнита и шайбой составлял 0,2 мм, что позволяло пластинке

совершать колебания с достаточной для регистрации амплитудой. Эксперимент проводился при двух схемах расположения стальной шайбы и электромагнита: в центре пластинки и середине правой свободной кромки.

Голограмму вибрирующего объекта записывали при частотах колебаний пластинки в момент ее прохождения через резонанс. Восстановленная в рассеянном луче лазера голограмма поверхности вибрирующей пластинки оказывалась покрытой системой светлых и темных интерференционных полос, характеризующих деформации объекта при его колебаниях. Наиболее яркими выглядят полосы в той части поверхности пластинки, которая соответствует так называемым узловым линиям. Картина этих ярких полос и характеризует форму колебаний исследуемого объекта.

Голографические интерферограммы колеблющихся пластинок были записаны на различных частотах с образованием разных форм колебаний.

На рис. 1 и 2 показаны фотографии некоторых из зарегистрированных форм резонансных колебаний, исследуемой пластинки.

Проведен некоторый анализ движения массы, присоединенной к левой свободной кромке из сопоставления изображенных форм колебаний, показанных в двух колонках рис. 1. На рис. 1а, г, ж, к показаны формы колебаний без дополнительной массы, а на рис. 1б, д, з, л—формы колебаний пластинки с присоединенными массами. На первой форме дополнительная масса изменяет характер деформации пластинки при колебаниях. На рис. 1а интерференционные полосы расположены горизонтально и пластинка деформируется по цилиндрической поверхности. На рис. 1б полосы искривлены и пластинка колеблется с изгибом в двух направлениях. Аналогичная картина наблюдается с присоединением массы в середине правой кромки (рис. 1в). При колебаниях на более высоких частотах масса оказывает демпфирующее влияние и узловые линии сдвигаются влево (рис. 1д, з), а частоты уменьшаются на 12–13%.

На рисунках 1к, л, м показаны формы колебаний пластинки без массы (к), с дополнительной массой (л) и имеющей дополнительную опору (м). В этом случае формы и частоты колебаний практически совпадают. Это объясняется тем, что и масса и дополнительная опора расположены вблизи нулевой линии.

На рисунках 2ж, з, и показаны формы колебания пластинки на частотах 2745, 3685 и 4565 Гц с массой 2 г, присоединенной к середине правой кромки.

Отметим, что на частоте 2745 Гц пластинка с присоединенной массой колеблется по форме, резко отличающейся от формы колебаний пластинки без присоединенной массы (рис. 2д, ж).

На рис. 2к, л, м показаны формы колебаний пластинки соответственно на частотах 2490, 2935 и 4520 Гц, имеющей дополнительную опору.

Аналитически вычислить высшие формы колебаний пластинки с достаточной точностью сложно. Если решать задачу вариационными методами, то формы колебаний получаются с регулярно расположенными узловыми линиями, параллельными сторонам прямоугольной пластинки. При численных методах решения подобной задачи для получения высших форм колебаний необходимо находить собственные векторы матриц высоких порядков, что связано с большим объемом вычислений и потерей точности решения.

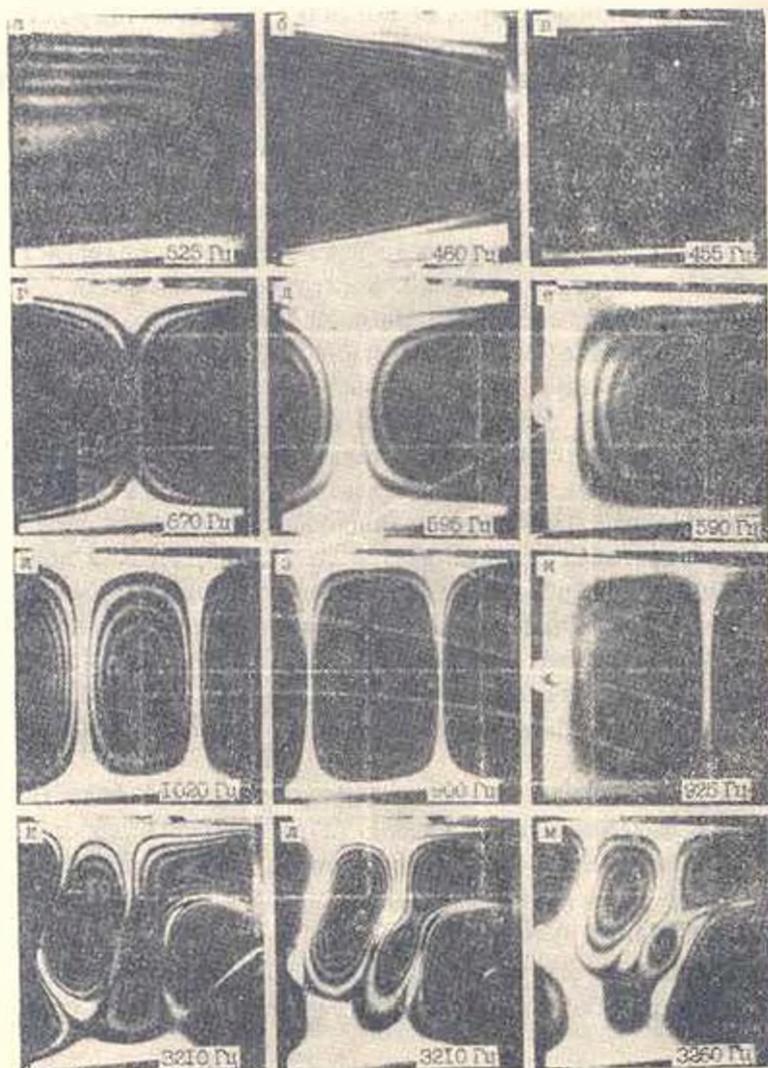


Рис. 1. Голографические интерферограммы некоторых форм резонансных колебаний квадратной пластинки: а, г, ж, к — с пластиничекой шайбой массой 2 г в середине пластинки; б, в, з, л — с дополнительной массой 2 г (б) и 4 г (в, з, л) в середине левой свободной кромки; е — с шайбой массой 2 г в середине правой кромки; г, и, м — с точечной опорой в середине левой кромки.

Метод голографической интерферометрии позволяет получать формы колебаний при резонансах на любых частотах от действия возбуждающей нагрузки любого характера, приложенной в любом месте исследуемого объекта.

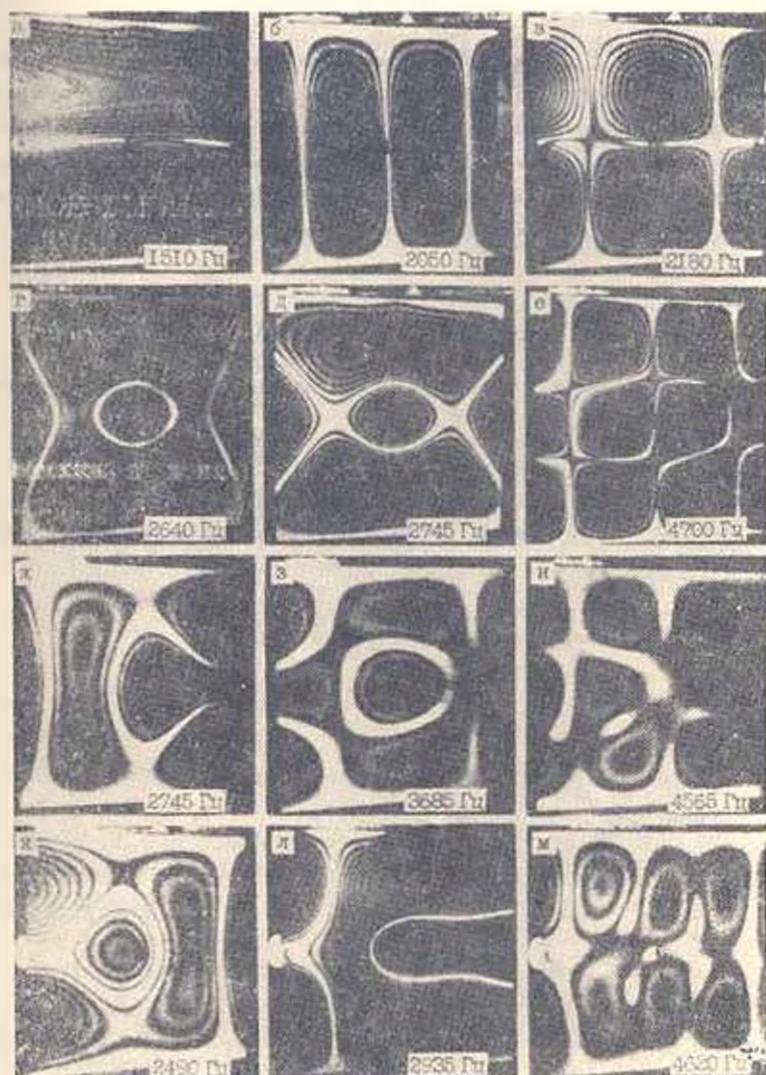


Рис. 2. Голографические интерферограммы некоторых форм резонансных колебаний квадратной пластинки: а — е — с шаблоном массой 2 г в середине пластинки; ж — к — с шаблоном массой 2 г в середине правой кромки; л — м — с точечной опорой в середине левой кромки.

ՈՒՂՂԱԿՅՈՒՆ ԹԻԹԵՂԻ ՏԱՏԱՆՄԱՆ ՉԵՎԻ ԵՎ ՀԱՃԱՆԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ
ՌՐՈՇՈՒՄԸ ԳՈՂՈԳՐԱՅԻԿԱԿԱՆ ԽՆՏԵՐՖԵՐՈՄԵՏՐԱՅԻՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

Ա մ փ ո փ ո Վ

Իացահայտված է գոլոգրաֆիկական ինտերֆերոմետրային հղանակի կիրառման հնարավորությունը երկու հանդիսակաց կողմերը կոշտ ամրակցված, իսկ մյուս երկուսը ազատ, ինչպես նաև ձախ ազատ նզրում լրացուցիչ կոշտ հենարան ունեցող ուղղանկյուն թիթեղի սեփական տատանումների հետազոտման համար: Բերված են գոլոգրամներ, որոնք բնութագրում են տատանումների սեփական ձևը տարբեր հաճախականությունների ժամանակ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. С. Вольмир. Оболочки в потоке жидкости и газа. Задачи гидроупругости.— М.: Наука, 1979.— 318 с.
2. Овакимян Р. И. Имитация внешней нагрузки электромагнитным способом. В межвуз. сб.: Механика, Ереван, ЕГУ, 1982, № 2, с. 81—85.
3. Андроси Л. И. и др. Неравномерное нагружение оболочек с помощью пандемоторных сил.— В кн.: Проблемы прочности. Киев, Наукова Думка, 1983, № 2, с. 24—26.