

УДК 539.1

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОСТОЯННОГО  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВЫНУЖДЕННЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ  
ПЛАСТИН**

Ванцян А.А., Григорян Н.К., Сафарян Ю.С.

Ա.Ա.Վանցյան, Ն.Կ.Գրիգորյան, Յու.Ս.Սաֆարյան

Սալի ընդլայնական նարկադրական տատանումների վրա հաստատուն մագնիսական դաշտերի ազդեցության փորձարարական ուսումնասիրությունը

Փորձարարական ճանապարհով ուսումնասիրված է ինչպես երկայնական, այնպես էլ ընդլայնական հաստատուն մագնիսական դաշտերի ազդեցությունը հաղորդիչ սալերի տատանումների սեղագոյնման, արագության և արագացման վրա: Յույ՞ք է տրված, որ համեմատաբար ոչ շատ մեծ՝ 0,05 Տլ երկայնական և 0,5 Տլ ընդլայնական դաշտերի դեպքում տեղի է ունենալ լայնությունի եղանակով մեծացում:

A.A. Vantsian, N.Kh. Grigorian, Yu.S. Safarian

**The experimental investigation of influence of direct magnetic field on the forced of transversal vibrations of plates**

Экспериментально изучается влияние как продольных так и поперечных постоянных магнитных полей на амплитуды, перемещения, скорости и ускорения колебания электропроводящих пластин. Показано, что при сравнительно небольших полях порядка 0,05 Тл для продольного и порядка 0,5 Тл для поперечного поля имеет место значительное увеличение амплитуд.

Изучению влияния магнитных полей (МП) на колебания электропроводящей пластинки посвящены ряд работ [1-5]. [1] посвящена исследованию поведения оболочек и пластин, изготовленных из электропроводящих материалов и находящихся в поле действия электромагнитных сил. Рассматриваются как общие вопросы теории, так и решения многочисленных задач, представляющих большой интерес с точки зрения приложений. В частности, исследуются вопросы колебаний и устойчивости различных типов оболочек и пластин, изготовленных из материалов конечной проводимости. В [2] рассматриваются магнитоупругие вынужденные колебания проводящей, шарнирно опертой по краям пластинки-полосы, вызванные нестационарными внешними силами неэлектромагнитного происхождения. Теоретически показано, что варьируя напряженность внешнего постоянного МП, можно исключить возможность появления опасных резонансных колебаний обычного типа, либо вызывать бурные колебания в тех случаях, когда при отсутствии МП система находилась вне области резонанса. Показано, что наличие продольного постоянного МП существенно увеличивает амплитуду вынужденных колебаний, если частота вынуждающей силы больше частоты собственных колебаний пластинки в отсутствие МП. Если же имеет место обратное соотношение между собственной частотой и частотой вынуждающей механической силы, то при помощи МП можно в несколько сот раз уменьшать амплитуду колебаний.

В [3] теоретически и экспериментально показана возможность возбуждения резонансных колебаний в пластине при помощи

нестационарного гармонического МП. Установлено, что бурное увеличение амплитуды колебаний происходит как вблизи частоты внешнего МП, равной собственной частоте магнитоупругих колебаний пластинки, так и при других частотах. В [4] на основе экспериментального исследования и теоретического анализа показано, что постоянное МП приводит к сдвигу собственной частоты консольной пластинки-полосы. Показано также, что, хотя изменение резонансной частоты в сторону увеличения для продольного и в сторону уменьшения для поперечного поля незначительны — 2-3%, тем не менее имеет место значительное увеличение амплитуды.

В [5] экспериментально изучены некоторые особенности колебания тонких медных пластин в продольном МП—1,6 Тл в случае жесткого заземления одной из кромок, а именно приведены временные зависимости амплитуды колебаний свободного конца тонкой медной пластины в магнитном поле и без него. Показано, что имеет место значительное изменение характера кривой колебаний при наличии магнитного поля, в частности указано, что логарифмический декремент затухания при отсутствии магнитного поля уменьшается с увеличением толщины пластины, и что эти отличия существенно возрастают с увеличением индукции магнитного поля.

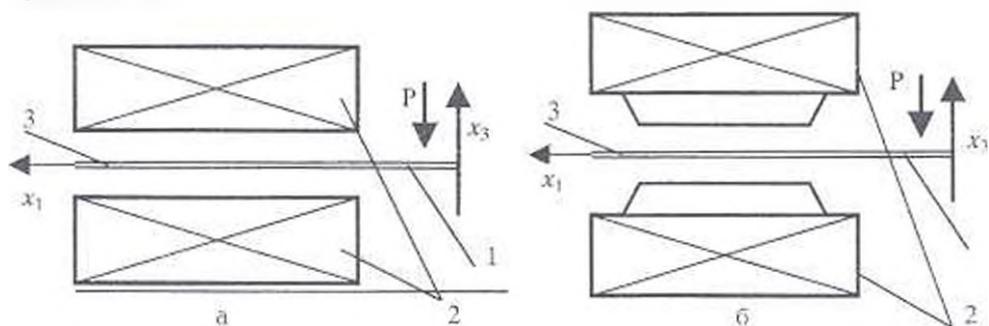
Цель настоящей работы заключается в экспериментальном изучении влияния как продольных, так и поперечных МП на амплитуды перемещения, скорости и ускорения колебания медных и алюминиевых пластин. Выяснено, что при сравнительно небольших полях, а именно для продольного поля — 0,05 Тл и для поперечного поля — 0,5 Тл имеет место значительное увеличение амплитуд. Показано, что явления, происходящие за счет влияния МП, имеют место как для любых, так и для резонансных частот. Следовательно, ожидаемые эффекты при колебании пластины в МП можно изучать при резонансных частотах, имея при этом достаточно маленькие поля по сравнению с полями, указанными в [1,2,5]. Следует также отметить, что в настоящей работе эксперименты были проведены с пластинами, имеющими достаточно большие по сравнению с [5] размеры, что облегчает проведение экспериментов.

**Экспериментальное исследование вынужденных колебаний проводящих консольных пластинок в продольном и поперечном постоянном по времени МП.**

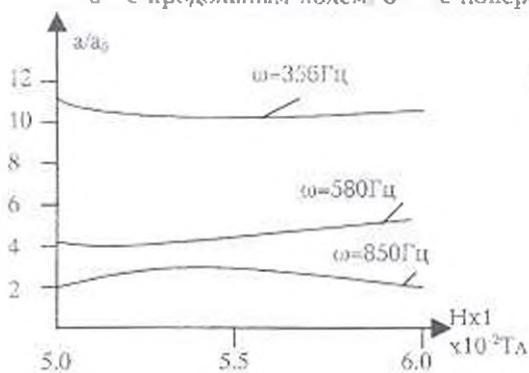
Эксперимент был проведен по схеме, приведенной на фиг.1. Консольная пластинка 1 находилась в постоянном продольном поле  $H_{11}$  (фиг.1а) и поперечном поле  $H_{12}$  (фиг.1б), создаваемыми соленоидом 2. Пластинке сообщалось вынужденное колебательное движение в виде  $P = P_0 \sin(\omega t)$ . Регулирование частоты вынуждающей силы проводилось с помощью генератора Гб-26. Сигналы от датчика 3, закрепленного на пластинке, подавались на вход осциллографа, на основании чего определялись частоты, в том числе резонансные, пластинки. Эксперименты проводились для пластинок из алюминия длиной  $l = 3,4 \cdot 10^{-2}$  м, толщиной  $2h = 5 \cdot 10^{-4}$  м, для одной и  $l = 3,4 \cdot 10^{-2}$  м,  $2h = 9 \cdot 10^{-4}$  м для другой пластинки, а также для пластинок из латуни длиной  $l = 3,2 \cdot 10^{-2}$  м, толщиной  $2h = 2 \cdot 10^{-4}$  м для одной и  $l = 3,2 \cdot 10^{-2}$  м,  $2h = 10^{-4}$  м для другой пластинки.

Измерение амплитуд перемещения, скорости и ускорения проводились в точке закрепления датчика. Следует отметить, что масса датчика была намного меньше массы пластинки, так, что датчик не мог вызвать

побочных эффектов. Для каждой пластинки эксперименты проводились при одинаковых частотах как при отсутствии МП, так и при наличии МП. Измерения перемещений, скоростей и ускорений проводились не только для резонансных частот, но и для всего плавно меняющегося диапазона. Измерения при одних и тех же параметрах пластинки и магнитного поля проводились многократно. Необходимо отметить, что при этом показания приборов при различных измерениях одного и того же параметра отличались на величину второго или третьего знака после запятой (в зависимости от частоты колебания). Измерение МП проводилось магнитометром Ш1-1.

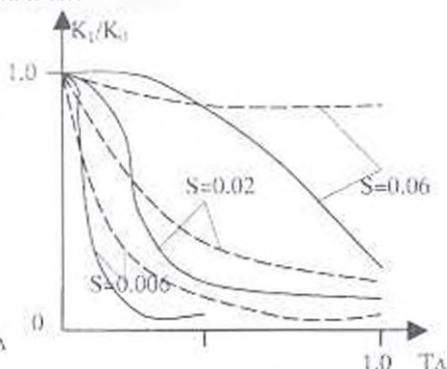


Фиг. 1. Принципиальная схема проведения эксперимента, а — с продольным полем, б — с поперечным полем.



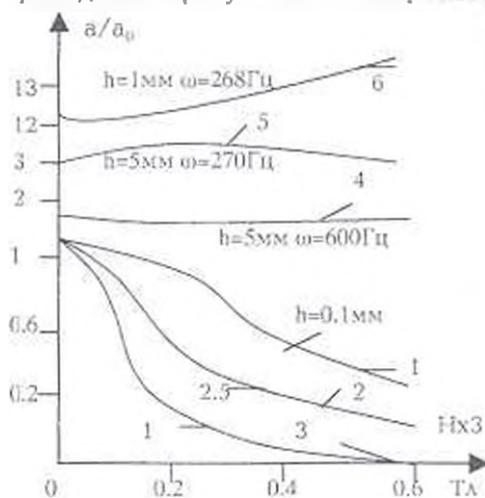
Фиг. 2а. Теоретическая зависимость динамического коэффициента от продольного МП.

На фиг. 2а приведены для консольной пластинки результаты экспериментов зависимости относительного изменения амплитуды перемещения от продольного МП. ( $a_0$  — амплитуда перемещения без МП,  $a$  — при наличии МП). На фиг. 2б приведены теоретические [2] зависимости для динамического коэффициента от МП. Штриховые линии соответствуют случаю  $\theta^2 = 0,9$ , а сплошные линии — случаю  $\theta^2 = 1$  (случай резонанса в отсутствие МП), где  $\theta = \omega / \Omega_{01}$ ,  $\omega$  — частота вынуждающей силы,  $\Omega_{01}$  — частота собственных колебаний пластинки в отсутствие МП  $S = \mu / l$ . Как видно из фиг. 2б, при наличии МП амплитуда вынужденных колебаний существенно уменьшается (в несколько сотен раз), и это влияние намного усиливается в случае резонансных колебаний



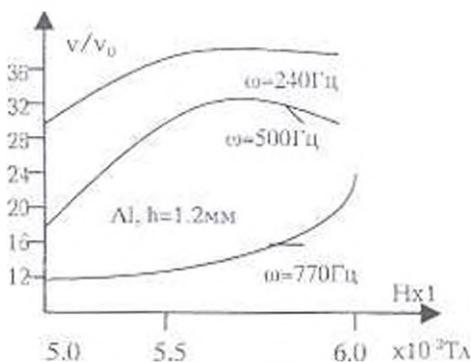
Фиг. 2б. Экспериментальная зависимость относительного изменения амплитуды перемещения от продольного МП.

( $\theta^2 = 1$ ). Однако, как показывают результаты экспериментов (фиг. 2а), при наличии МП происходит резкое увеличение амплитуды колебания пластинки, и это увеличение не зависит от того, пластинка колеблется до ( $\theta^2 < 1$ ), при ( $\theta^2 = 1$ ), или после ( $\theta^2 > 1$ ) резонансной частоты. На фиг. 2б приведены результаты теоретического изучения для идеального проводника. В [2] рассмотрены также аналогичные вопросы в случае, когда пластинка изготовлена из конечнопроводящего материала, где отмечено, что зависимость амплитуды вынужденных колебаний от напряженности МП для конечнопроводящего материала имеет качественно аналогичную картину, как и в случае идеального проводника. На фиг. 3 приведены результаты теоретических (кривые 1, 2, 3) и экспериментальных (кривые 4, 5, 6) исследований из [2] и результаты экспериментального изучения (кривые 4, 5, 6) колебания пластинки в поперечном МП. Как отмечено в [2] и экспериментально подтверждено в настоящей работе, поперечное МП относительно слабо влияет на колебание пластинки. В частности, эксперименты показали, что эффект увеличения амплитуды для

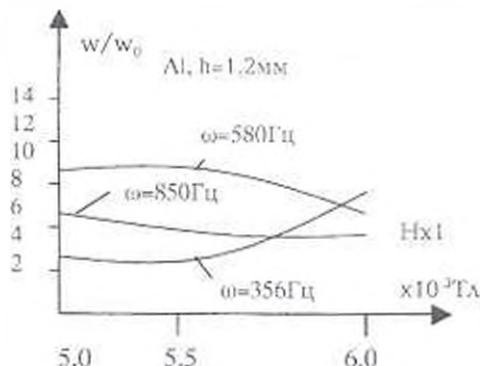


Фиг. 3 Теоретические (кривые 1, 2, 3) и экспериментальные (кривые 4, 5, 6) зависимости относительного изменения амплитуды перемещения от поперечного МП

поперечного поля  $-8+10$  раз меньше, чем для продольного поля той же величины.



Фиг. 4 Экспериментальная зависимость относительного изменения скорости от продольного МП.



Фиг. 5 Экспериментальная зависимость относительного изменения ускорения от продольного МП.

В настоящей работе проведены также изучения вопросов по выяснению влияния как продольного, так и поперечного МП на изменение скорости и ускорения колебания пластинки. На фиг. 4 и 5 приведены графики изменения скорости и ускорения для продольного и поперечного

поля, соответственно. Как видно из фиг. 5, МП приводит к существенно-му увеличению скорости и ускорения.

В качестве основного результата настоящей работы следует также отметить, что для наблюдения указанных в [5] эффектов нет необходимости иметь поля  $\sim 1$ Тл, а эти явления можно наблюдать и при полях  $10^{-2} \cdot 10^{-3}$  Тл, что существенно облегчает проведение экспериментов. Следует также отметить, что эксперименты можно проводить на пластинках, размеры которых намного больше размеров пластин, указанных в [5], что, в свою очередь, упрощает эксперимент и снижает уровень погрешностей измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Е., Белубекян М.В. Магнитоупругость тонких оболочек и пластин. М.: Наука, 1977. 272 с.
2. Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Е. Электропроводящие пластинки и оболочки в магнитном поле. М.: Изд. физ. мат. лит. 1996. 173 с.
3. Багдасарян Г.Е., Вацян А.А. Теоретическое и экспериментальное исследование колебаний проводящей пластинки в нестационарном магнитном поле // Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1990.
4. Багдоев А.Г., Вацян А.А., Сафарян Ю.С. Теоретическое и экспериментальное исследования изгибных волн в пластинах в магнитном поле для пространственной и осредненной постановки // Сб. "Информационные технологии и управление". Ереван: "Энциклопедия-Арменика", 2001, №1, С. 155-173.
5. Нариманян С.М., Оксюзян К.А., Саркисян Г.М. Экспериментальные исследования колебаний тонких медных пластин в продольном магнитном поле // Докл. АН Арм. ССР, 1989, №4, С. 177-180.

Институт механики  
НАН Армении

Поступила в редакцию  
30.11.2001