

3. Д. Уайт. Преобразователь с запирающим слоем и другие высокочастотные преобразователи, работающие на основной частоте. В кн. «Физическая акустика», т. I, ч. Б, М., «Мир», 1967, 303—338.
4. А. И. Морозов, В. В. Проклов. Об использовании акустоэлектрического эффекта для исследования ультразвуковых преобразователей. Радиотехн. и электрон., 1966, 11, 5, 952—954.
5. У. Мезон. Пьезоэлектрические кристаллы и их применение в ультразвуке. М., ИЛ, 1952, 62.

Всесоюзный н.-и. институт
монокристаллов
Харьков

Поступило в редакцию
30 марта 1970 г.

УДК 534.26

ВЛИЯНИЕ РЕАКЦИИ ЖИДКОСТИ НА ИЗЛУЧЕНИЕ T-ОБРАЗНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПЛАСТИН

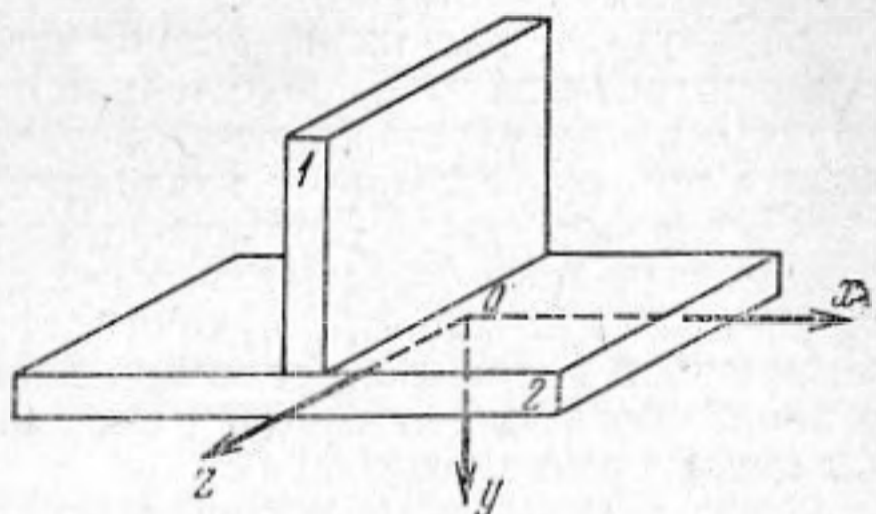
В. Н. Романов

В работе [1] были определены вклады изгибных и продольных волн в излучение T-образного соединения пластин, у которого пластина 2 была полностью погружена в жидкость (фиг. 1), в пластине 1 создавалось поле изгибных волн.

Рассмотрим теперь излучение этого же соединения пластин, у которого пластина 2 соприкасается с жидкостью лишь одной стороной. Отличие этих задач состоит в следующем. В первом случае звуковое давление в жидкости и смещение на границе жидкость — пластина можно было представить в виде четной и нечетной частей. Первая обусловлена излучением пластины 2 за счет наличия в ней продольных волн, а вторая — за счет изгибных. В этом случае в пластине 2 отсутствует какая-либо трансформация изгибных волн в продольные и наоборот за счет реакции жидкости. Во втором случае уже нельзя разбить общую задачу на две частные, в каждой из которых рассматривался бы лишь один из видов волн в пластине.

Теперь на границе жидкость — пластина 2 должно выполняться следующее условие непрерывности нормальных смещений, отличное по форме от условий работы [1]:

$$u_y^{\text{II}} + w_2 = \frac{1}{\omega^2 \rho} \frac{\partial p}{\partial y},$$



Фиг. 1

где ω — круговая частота, ρ — плотность жидкости, p — давление в жидкости, w_2 и u_y^{II} — изгибное смещение и поперечное смещение, обусловленное продольными волнами, соответственно. Остальные условия, которым должно удовлетворять искомое решение, одинаковы в обеих задачах и поэтому их здесь не приводим.

Решение задачи мы будем искать в виде интегралов Фурье:

$$p = \frac{1}{2\pi} \exp(ik_1 z \sin \varphi_1) \int_{-\infty}^{+\infty} p(\lambda) \exp(i\lambda x - y \sqrt{\lambda^2 - k^2 + k_1^2 \sin^2 \varphi_1}) d\lambda,$$

$$u_y^{\text{II}} = \frac{1}{2\pi} \exp(ik_1 z \sin \varphi_1) \int_{-\infty}^{+\infty} U_y^{\text{II}}(\lambda) \exp(i\lambda x) d\lambda,$$

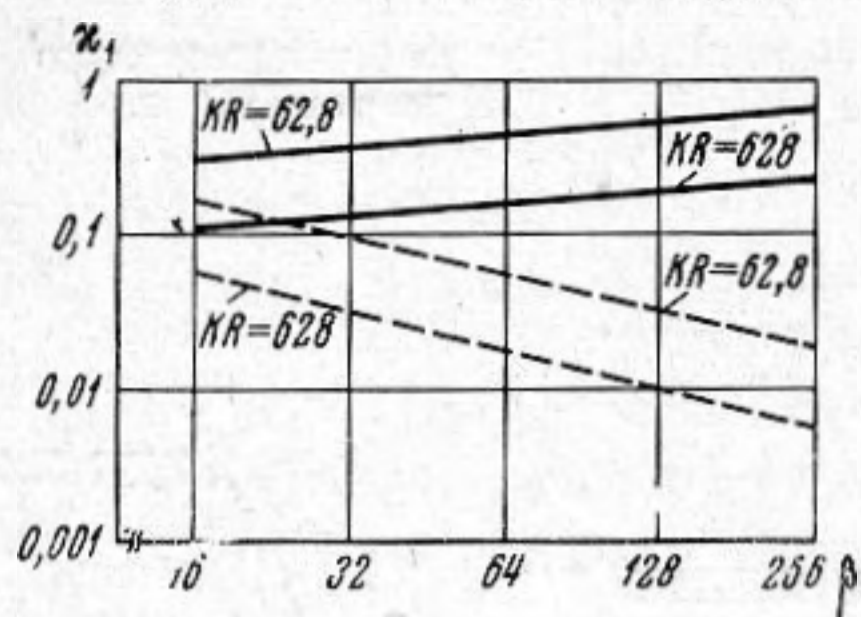
$$w_2 = \frac{1}{2\pi} \exp(ik_1 z \sin \varphi_1) \int_{-\infty}^{+\infty} w_2(\lambda) \exp(i\lambda x) d\lambda.$$

Основные обозначения здесь сохранены такими же, как в работе [1], и поэтому не объясняются.

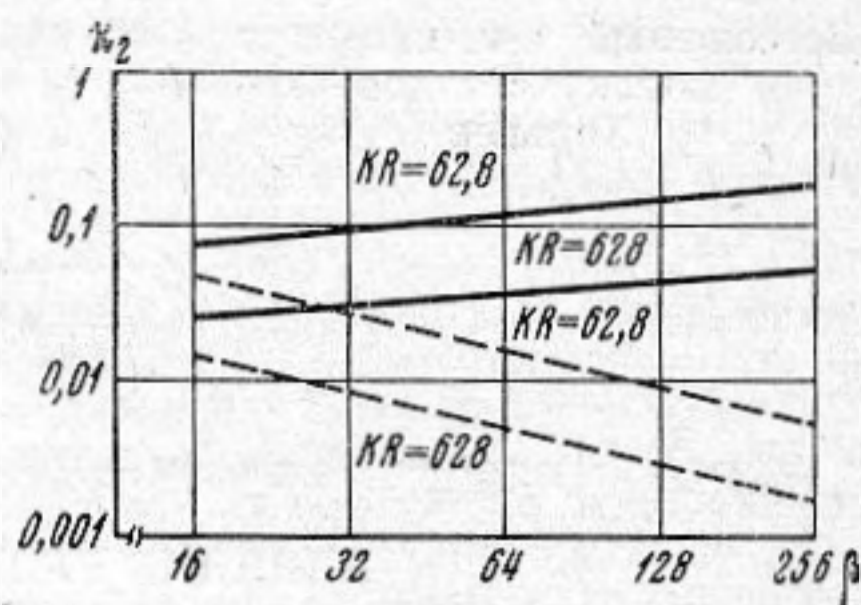
Следуя работе [1], накладываем на решения граничные и контактные условия и учитываем непрерывность решения. В результате получим при оговоренных в работе [1] допущениях выражение для звукового давления в жидкости, обусловленного

излучением звука пластиной 2, в виде $p = p_F + p_N$. Из-за громоздкости в развернутом виде эти выражения здесь не приводятся.

Из анализа полюсов слагаемого p_F следует, что это слагаемое определяется как изгибными, так и продольными волнами, однако вклад продольных волн в величину этого слагаемого на низких частотах, т. е. при $\beta \gg 1$, $\beta_0 \ll 1$ и $\mu \ll 1$ существенно больше вклада изгибных волн. Поэтому мы будем считать, что первое слагаемое определяет величину звукового давления в жидкости, обусловленного продольными волнами (p_F). Из анализа полюсов второго слагаемого следует, что при $\mu \ll 1$ это



Фиг. 2



Фиг. 3

слагаемое практически полностью определяет вклад изгибных волн в излучение пластины 2 (p_N).

То обстоятельство, что перерезывающая сила, действующая со стороны пластины 1 на пластину 2, обуславливает возникновение в пластине 2 не только продольных, но и изгибных волн, связано с тем, что пластина соприкасается с жидкостью лишь одной стороной и реакция на колебание пластины имеет наряду с симметричной (четной) составляющей и антисимметричную (нечетную) составляющую, что приводит к возбуждению в пластине 2 изгибных волн. Аналогичное явление имеет место и при возбуждении через реакцию жидкости продольных волн в пластине 2 изгибающим моментом, действующим со стороны пластины 1 на пластину 2. Следует обратить внимание, что при двухстороннем соприкосновении пластины 2 с жидкостью эти явления отсутствуют.

При указанных выше допущениях выражение для p_N тождественно совпадает с выражением для $p_{изг}$, полученном в работе [1] (при этом надо учесть, что коэффициент b при двухстороннем излучении в два раза больше соответственного коэффициента при одностороннем излучении T -образного соединения пластин).

Выражение для p_F , определенное при $kR \gg 1$, отличается на низких частотах от соответствующего выражения $p_{пр}$ работы [1] наличием в знаменателе множителя $b\beta(1 - \beta_0^2)$. Вследствие наличия этого множителя, который на низких частотах значительно превышает единицу, вклад продольных волн при одностороннем излучении T -образного соединения пластин оказывается значительно меньше, чем в случае двухстороннего излучения.

Этот результат объясняется возникновением в пластине 2 при одностороннем соприкосновении с жидкостью, вследствие реакции жидкости, изгибной волны, которая обуславливает частичную компенсацию излучения, возникающего за счет продольной волны в пластине 2.

Следуя работе [1], рассмотрим соотношение между величинами давлений излучения p_N и p_F при наличии диффузного поля изгибных волн в пластине 1 для двух случаев: 1. Изгибная волна переходит из толстой пластины 1 в тонкую пластину 2 (обозначим отношение давлений $|p_N| / |p_F|$ через κ_1). 2. Изгибная волна переходит из тонкой пластины в толстую (κ_2). Результаты расчета κ_1 и κ_2 для стальных пластин с отношением толщин 8 и 0,125 представлены на фиг. 2 и 3.

Сплошной линией обозначены результаты расчета при одностороннем соприкосновении пластины 2 T -образного соединения пластин с жидкостью, а штрих-пунктирной — при двухстороннем [1]. Из фигур следует, что реакция жидкости при одностороннем излучении существенно уменьшает вклад продольных волн в излучение T -образного соединения пластин.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Романов. Излучение T -образного соединения пластин при наличии диффузного поля изгибных волн. Акуст. ж., 1969, 15, 2, 275—283.

Ленинград

Поступило в редакцию
13 декабря 1969