

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ПЕРЕДАЧУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛА

© 2024 г. Анна Викторовна Костерина^{1*}, А. В. Теплякова^{1**}

¹ – Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 197022 Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5
литера Ф

* - Anna.VKosterina@gmail.com; ** - smaest@mail.ru

Акустический метод неразрушающего контроля является перспективным направлением в дефектоскопии, поэтому исследование его применимости для контроля различных объектов представляет собой актуальную задачу. Целью работы является анализ влияния ослабления крепежа во фланцевых соединениях сосудов, работающих под давлением, на параметры ультразвуковых волн.

Оценить зависимость амплитуды ультразвукового сигнала от приложенного контактного давления возможно с помощью пружинной модели, описанной в работе [1]. Она позволяет через межфазную жесткость перейти от давления, действующего на элементы фланцевого соединения, к коэффициенту отражения ультразвуковой волны:

$$|R| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2K}{\omega z}\right)^2}} \quad (1)$$

где z — акустический импеданс через границу раздела сред, ω — угловая частота ультразвуковой волны.

Жесткость K , выраженная на единицу площади, определяется как изменение номинального контактного давления P_{nom} , необходимого для того, чтобы вызвать единичное сближение средних линий поверхностей:

$$K = \frac{dP_{nom}}{dU}, \quad (2)$$

где U — расстояние между средними линиями шероховатости двух поверхностей.

Зависимость амплитуды прошедшего сигнала через границу раздела двух стальных пластин от приложенного внешнего давления показана на рис. 1.

Как видно из рис. 1, амплитуда прошедшего сигнала при увеличении контактного давления возрастает, при этом зависимость имеет нелинейный характер.

Для экспериментальной проверки полученной теоретической зависимости использовался теневой метод ультразвукового контроля. Результаты измерений представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, наиболее резкое изменение сигнала наблюдается на низких частотах при меньших давлениях, также на низких частотах происходит максимальное

изменение амплитуды. При этом амплитуда импульсов изменяется до определенного уровня и достигает насыщения. Эксперименты показали, что теньевым методом акустического контроля возможно определять ослабление контакта во фланцевом соединении.

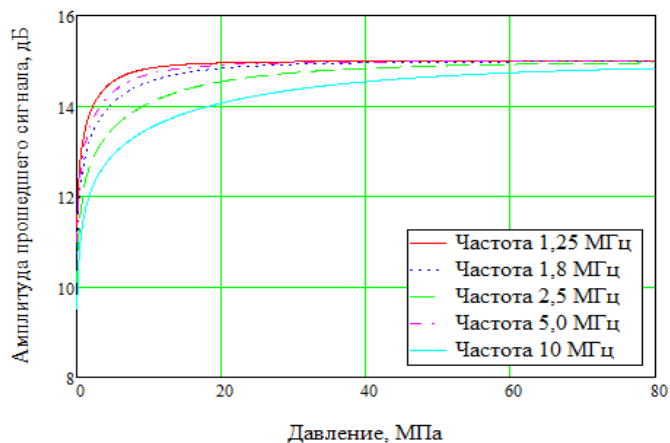


Рис. 1. Нормированная амплитуда прошедшего сигнала на различных частотах при увеличении давления на поверхности.

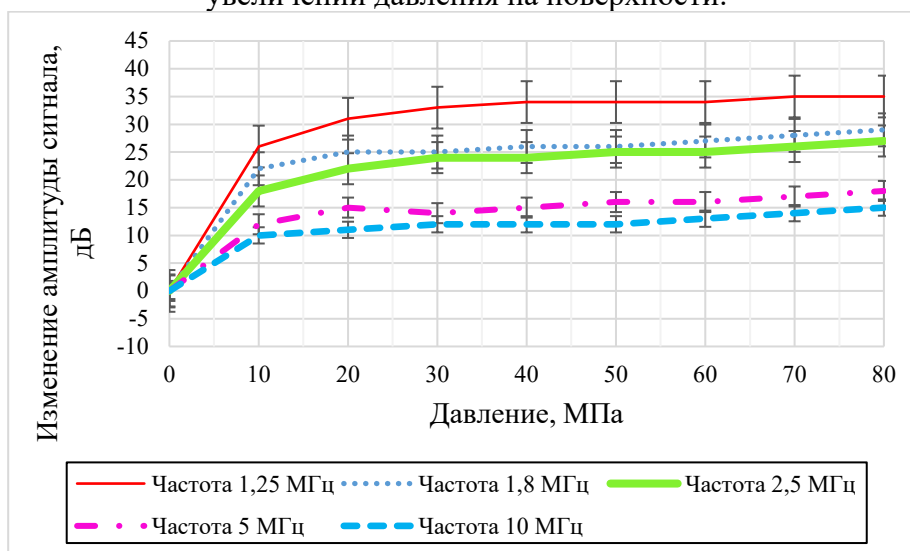


Рис. 2. Изменение амплитуды сигнала, прошедшего через границу сталь-сталь, на разных частотах при увеличении давления на поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Marshall M.B., Lewis R., Howard T., Brunskill H. Ultrasonic measurement of self-loosening in bolted joints // ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part C. Journal of Mechanical Engineering Science. 2012. V. 226(7). P. 1869—1884.
2. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. М.: Наука, 1973. 343 с.
3. Kendal K., Tabor D. An ultrasonic study of the area of contact between stationary and sliding surfaces // ProcR Soc Ser A. 1971. P. 321—340.
4. Drinkwater B.W., Dwyer-Joyce R.S., Cawley P. A study of the interaction between ultrasound and a partially contacting solid-solid interface // Proc. R. Soc. Ser. A. 1996. P. 2613—2628.