

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПЕРЕХОДНЫХ УЧАСТКОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТУПЕНЧАТЫХ ВОЛНОВОДОВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТРОМБОЭКТОМИИ

Студенты гр. 11307216 Роговцова А. С., Муха И. М.,
студент гр. 11307116 Жуков В. И.

Кандидат техн. наук, доцент Степаненко Д. А.
Белорусский национальный технический университет

Одним из применений ультразвука в медицине является восстановление проходимости артерий при тромбозах путем кавитационного разрушения тромбов – ультразвуковая тромбоэктомия. Данная операция осуществляется с помощью ступенчатых волноводов, ступени которых соединяются между собой плавными переходными участками. Форма переходных участков запатентована производителем волноводов и, по данным производителя, описывается многочленами Фурье. В данной работе предложено уравнение, описывающее форму переходных участков волновода, и исследовано влияние входящего в это уравнение параметра на характеристики волновода, в частности, коэффициент усиления колебаний по амплитуде и максимальную амплитуду механических напряжений. Уравнение переходного участка описывается многочленом Фурье и имеет вид:

$$d(x) = A(1 - \cos(2\pi x/L)) + 0,5(d_1 - d_2)\cos(\pi x/L) + 0,5(d_1 + d_2)\cos(2\pi x/L),$$

где d – диаметр; A – параметр, определяющий форму участка; L – длина участка; d_1, d_2 – начальное и конечное значения диаметра.

Функция $d(x)$ является убывающей при условии $0,375d_1 + 0,625d_2 \leq A \leq 0,625d_1 + 0,375d_2$, причем переходный участок с минимальным значением параметра A имеет наименьшую массу. Для серийно выпускаемых волноводов с $d_1 = 2$ мм и $d_2 = 0,9$ мм было получено значение $A = 1,389$ мм, близкое к минимальному значению $A_{\min} = 1,312$ мм, а для волноводов с $d_1 = 0,9$ мм и $d_2 = 0,5$ мм – значение $A = 0,667$ мм, близкое к минимальному значению $A_{\min} = 0,65$ мм. По сравнению со случаем ступенчатого волновода без переходного участка коэффициент усиления снижается на $0,3..0,7$ %, а максимальная амплитуда напряжений снижается примерно на $1,0..1,1$ %. Таким образом, наличие переходного участка и его параметры незначительно влияют на коэффициент усиления колебаний и максимальную амплитуду напряжений. Для используемых на практике волноводов значение параметра A близко к минимальному значению A_{\min} , что обеспечивает минимальную массу переходного участка и минимальную скорость изменения амплитуды напряжений по координате x вблизи опасного сечения.