

Влияние вязких возмущений пограничного слоя на флаттер упругих пластин

Научный руководитель – Веденеев Василий Владимирович

Бондарев Всеволод Олегович

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра гидромеханики, Москва, Россия
E-mail: bondarev.vsevolod@yandex.ru

Изучается устойчивость упругой пластины в сверхзвуковом потоке газа. Эта задача изучалась в ряде работ по панельному флаттеру, где поток считается однородным без пограничного слоя. В данной работе учитывается наличие пограничного слоя и исследуется его влияние на устойчивость упругой пластины.

Исследуется устойчивость бегущих волн на поверхности упругой пластины, обтекаемой с одной стороны плоскопараллельным сверхзвуковым потоком сверхзвукового вязкого совершенного газа. На поверхности имеется пограничный слой с полем скорости и температуры, которые считаются заданными. Задача решается в плоской постановке. Течение считается ламинарным.

Уравнение движения пластины описывается уравнением Кирхгофа-Лява для случая малых прогибов пластины.

В первой части работы исследуются невязкие возмущения, т.е. число Рейнольдса считается бесконечно большим. Такие возмущения описываются уравнением Рэлея. Пластина имеет вид бесконечной плоскости.

Во второй и основной части работы аналитически исследуется влияние вязких возмущений пограничного слоя на устойчивость упругой пластины, в случае больших, но конечных чисел Рейнольдса. Для получения дисперсионного уравнения используется метод ВКБ-решений.

В случае невязких возмущений вычислены зависимости скорости роста возмущений от толщины пограничного слоя для различных длин волн для обобщенно-выпуклого профиля скорости и для профиля скорости с обобщенной точкой перегиба. Для обобщенно-выпуклых профилей пограничного слоя увеличение толщин пограничного слоя ведет к увеличению частот растущих возмущений и уменьшению их скорости роста возмущений.

Для профилей скорости с обобщенной точкой перегиба увеличение толщины пограничного слоя ведет сначала к увеличению скорости роста возмущений, причем увеличивается диапазон частот, при которых происходит рост возмущений. При дальнейшем увеличении толщины пограничного слоя скорость роста возмущений стремится к нулю, однако, все равно остается положительной.

В случае вязких возмущений при больших числах Рейнольдса получено дисперсионное уравнение, описывающее поведение возмущений. Аналитически исследовано поведение возмущений в случае малых толщин пограничного слоя и длинноволновых возмущений при произвольной толщине пограничного слоя для различных значений фазовых скоростей. Для растущих длин волн (в невязком случае), когда $\theta < c < M - 1$, где c - фазовая скорость, M - число Маха, при малых толщинах пограничного слоя вязкие возмущения всегда оказывают дестабилизирующий эффект. Однако, при больших толщинах пограничного слоя вязкие возмущения могут оказывать как стабилизирующий, так и дестабилизирующий эффект, в зависимости от параметров течения.

Работа поддержана грантом МК-5514.2016.1.