

Определение внешней и внутренней присоединенной массы трубопровода¹

Шакирянов М.М., Юлмухаметов А.А.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, Уфа

Рассматривается ускоренное поступательное движение бесконечно длинного недеформируемого трубопровода с заключенной в нем несжимаемой газожидкостной средой. Транспортируемая среда в трубопроводе состоит из несжимаемых газовой и жидкой фаз с известными плотностями. Круговая труба окружена несжимаемой сплошной средой, плотность которой также известна. Предполагается, что течение газа в осевом направлении происходит внутри жидкой круговой цилиндрической области. Изменениями формы и толщины цилиндрического слоя из-за веса газожидкостной среды пренебрегается. Это может быть приемлемо, когда труба располагается вертикально или в условиях невесомости и малой гравитации. При равномерном движении трубопровода суммарная сила сопротивления внешней и внутренней сред равна нулю. При этом указанные силы принято учитывать путем прибавления к массе трубопровода внешней и внутренней присоединенных масс сред [1-3]. Величины присоединенных масс определяются решениями краевых задач взаимодействия трубы с возмущенными ее ускоренным движением средами.

Возмущенные движения внутренних газовой, жидкой и внешней сплошной сред, вызванные ускорением трубопровода, описываются уравнениями Лапласа. Граничные условия формулируются на внутренней и внешней цилиндрических поверхностях трубы и на контактной поверхности между газовой и жидкой средами. В результате решения задачи получены формулы, определяющие возмущения давления в областях с жидкой фазой газожидкостной и обтекающей трубу сплошной средах.

Числовые расчеты были проведены для конкретных значений входных параметров. Из результатов вычислений можно отметить следующие выводы.

Отношение присоединенных масс жидкости с учетом и без учета перетекания частиц газожидкостной среды в поперечных сечениях является функцией плотностей сред и геометрических размеров трубы.

С увеличением плотности газовой фазы внутренней среды функция отношения присоединенных масс увеличивается. При равенстве плотностей газовой и жидкой фаз суммарная присоединенная масса не изменяется.

Увеличение плотности жидкой фазы внутренней среды приводит к большему уменьшению функции отношения присоединенных масс. При этом минимумы функции сдвигаются в сторону уменьшения толщины жидкого слоя.

При пренебрежимо малых значениях отношения плотностей внешней и внутренней жидкой сред приближенно можно считать, что эффективная присоединенная масса полностью определяется перетеканием частиц транспортируемого продукта в поперечных сечениях трубопровода.

Список литературы:

- [1] Ильгамов М. А. Колебания упругих оболочек, содержащих жидкость и газ. М.: Наука, 1969. 180 с.
- [2] Седов Л. И. Механика сплошной среды. Т. 2. М.: Наука, 1970. 568 с.
- [3] Ильгамов М. А. Введение в нелинейную гидроупругость. М.: Наука, 1991. 200 с.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-01-00150)