

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ГИБКОЙ БАЛКОЙ И ОБТЕКАЮЩИМ ЕЕ НЕСЖИМАЕМЫМ ВЯЗКИМ ЛАМИНАРНЫМ ПОТОКОМ

Бурное развитие вычислительной техники открыло новые перспективы для классической механики. В результате многие сложные инженерные задачи, зависящие от экспериментальных подходов, теперь могут быть решены численно. Более того, традиционная классификация различных отраслей механики постепенно размывается, и связанные задачи, включающие две или более дисциплины, все чаще встречаются в инженерной практике. Одна из таких «взаимодействующих» дисциплин — это моделирование взаимодействия жидких сред и элементов конструкций (Fluid-Structure Interaction, FSI). Один из видов FSI задач включает обтекание потоком жидкости (газа) поверхностей конструкций и учитывает как нормальные (давление), так и касательные (сдвиг) усилия. Деформации и движение конструкции изменяют область течения, которое в свою очередь изменяет усилия, действующие на конструкцию.

В данной работе исследовалось взаимодействие между гибкой балкой и обтекающим ее несжимаемым вязким ламинарным потоком. Для этой задачи можно построить аналитическое решение [1]. Основные уравнения для закрепленной с одного конца балки выводятся исходя из допущения о малых деформациях и с учетом давления текучей среды и вязкостных сил. Численное решение данной задачи для конкретных значений параметров системы получено с помощью программных комплексов ANSYS Multiphysics и ANSYS/CFX.

Рассматривалось течение в сужающемся канале с балкой. Для того чтобы сосредоточиться на взаимодействии жидкой среды с элементом конструкции, рассматривался только статический отклик конструкции под действием стационарного потока. Расчетная область (рис. 1) образована двумя каналами с высотами  $H_1(x)$  и  $H_2(x)$ , где  $x$  — осевая координата. Каналы разделены гибкой стенкой — балкой.

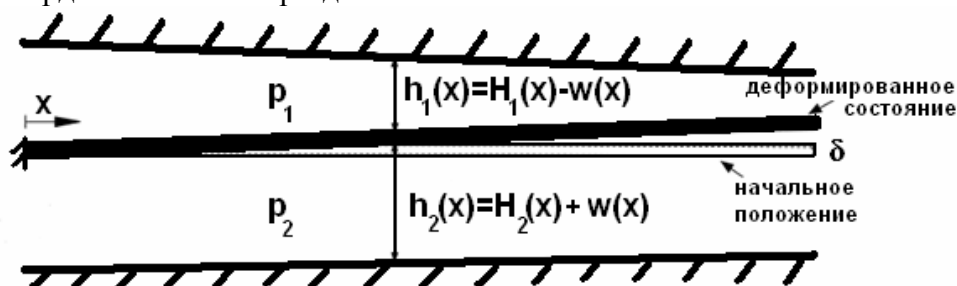


Рис. 1. Расчетная область

Скорость потока на входе в первый и второй каналы различна, что приводит к возникновению разницы давлений снизу и сверху от балки, которая вызывает перемещение балки в направлении более низкого давления. Балка постоянной толщины  $\delta$  закреплена на одном конце ( $x=0$ ) и свободна на другом ( $x=L$ ). Рассматривался частный случай данной задачи. Геометрические размеры каналов:  $H_1=0.02$  м,  $H_2=0.04$  м; длина балки  $L=0.75$  м; высота балки  $\delta=0.01$  м. Упругие свойства материала балки: модуль Юнга  $E=2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>, коэффициент Пуассона  $\nu=0.3$ . Закрепленная с одного конца балка обтекается потоком воды. Плотность воды  $\rho=997$  кг/м<sup>3</sup> и вязкость  $\mu=889.9 \cdot 10^{-6}$  кг/(м·с). Число Рейнольдса для верхнего канала  $Re_1=177$ , для нижнего канала  $Re_2=354$ .

Задача решалась в два этапа. На первом этапе методами вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics) определялись характеристики потоков в каналах. Расчеты проведены с помощью программного комплекса ANSYS/CFX. На втором

этапе определялось напряженно-деформированное состояние конструкции с учетом давления текучей среды и вязкостных сил. Расчеты выполнены с помощью системы конечно-элементного анализа ANSYS. При проведении CFD анализа на входе в каждый канал задавался профиль скорости, соответствующий полностью развитому ламинарному течению (с учетом положения начала координат) [2].

На рис. 2 представлено распределение давлений в каналах, полученное в результате численного решения. Максимальное давление достигается на входе в верхний канал. Перепад давления в верхнем канале больше, чем в нижнем. Поэтому балка должна прогнуться вниз.



Рис. 2. Давление в каналах

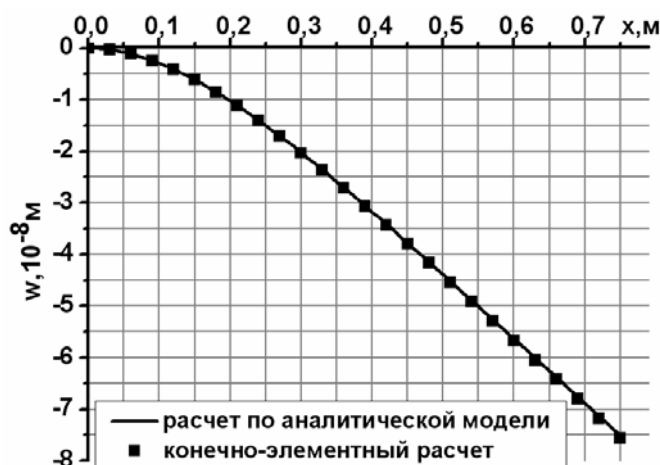


Рис. 3. Прогиб балки

Сила, действующая на поверхности балки со стороны жидкости, передавалась из ANSYS/CFX в ANSYS Multiphysics и прикладывалась в качестве нагрузки. Для построения конечно-элементной модели использовался квадратичный изопараметрический пространственный КЭ SOLID186. На рис.3 показан прогиб балки, полученный в результате численного моделирования и расчета по аналитической модели. Следует отметить хорошую корреляцию результатов численного и аналитического подходов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Wang X. Computers and Structures. 199. #72. P. 423-433.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа, М., 1987.