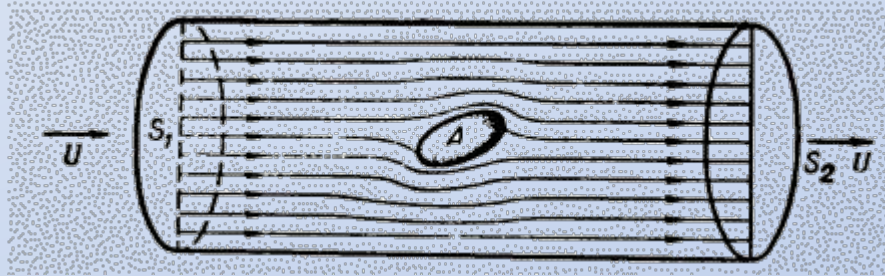


Парадокс Даламбера. Разрывные течения

Подготовил студент
3 курса
Мелихов Сергей

Парадокс Даламбера — утверждение в гидродинамике идеальной жидкости, согласно которому при стационарном обтекании твёрдого тела безграничным поступательным прямолинейным потоком невязкой жидкости, при условии выравнивания параметров далеко впереди и позади тела, сила сопротивления равна нулю.

Доказательство



Возьмём длинную прямую трубку, по которой течет невязкая жидкость с постоянной скоростью U , и поместим в середину трубки препятствие A (S_1 и S_2 - поперечные сечения). По теореме Эйлера, результирующая всех давлений на жидкость равняется сумме

$$-p_1 S_1 + p_2 S_2 + \rho S_1 U^2 - \rho S_2 U^2$$

которая обращается в нуль, так как $S_1 = S_2$.

По теореме Бернулли, давление p_1 в сечении S_1 , равно давлению p_2 в сечении S_2 . Тогда из уравнения

$$p_1 S_1 - p_2 S_2 - F = 0$$

получим требуемое равенство

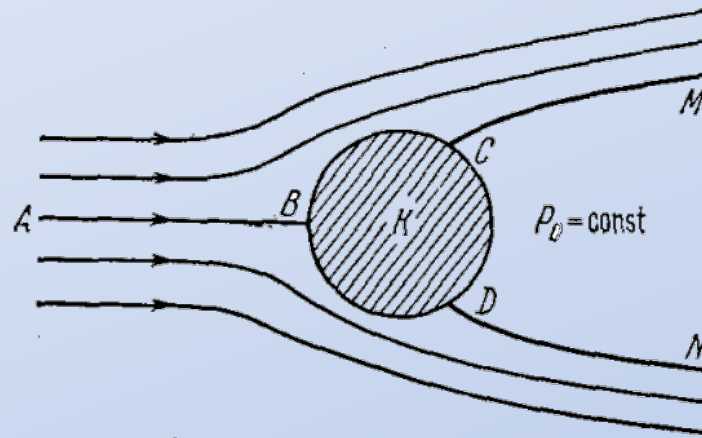
$$F = 0.$$

Случаи нарушения парадокса Даламбера

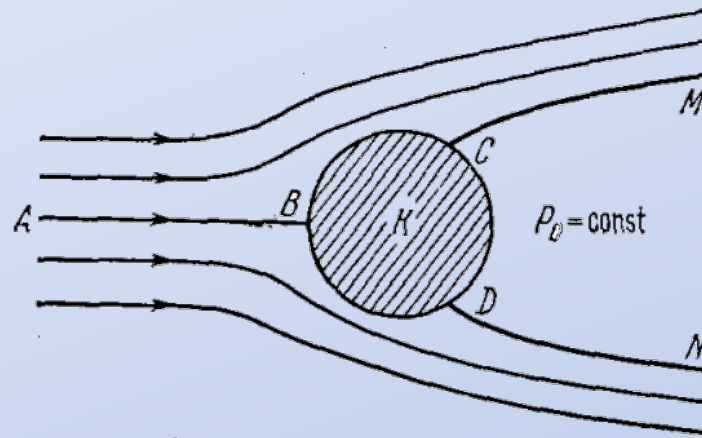
- если жидкость не является идеальной
- если движение тела в жидкости не является стационарным
- если течение не является непрерывным
- если жидкость не занимает всё пространство вокруг тела
- если параметры потока далеко впереди и позади тела не выравниваются

Разрывные течения

Во всем изложенном предполагалось, что поток из жидкости является непрерывным. Однако уравнения гидродинамики допускают и такие стационарные течения, в которых скорость жидкости претерпевает разрыв непрерывности.



К телу K прикреплена бесконечно тонкая эластичная перегородка $MCDN$. Пространство ограниченное этой перегородкой, заполнено неподвижной жидкостью находящейся под постоянным давлением p_0 . Пусть эту систему тел обтекает идеальная несжимаемая жидкость. Тогда при стационарном течении граница $MCDN$ будет вести себя как поверхность твердого тела, и часть линий тока расположится вдоль этой поверхности. Ширина бесконечно тонких трубок тока в окрестности поверхности $MCDN$ будет изменяться по такому закону, чтобы обеспечить постоянство скорости жидкости вдоль всей поверхности $MCDN$. Тогда, согласно уравнению Бернулли, будет постоянно и давление жидкости на этой поверхности.



Если убрать эластичную перегородку, то характер течения жидкости не изменится. Действительно, поверхность MCDN останется поверхностью постоянного нормального давления, а тангенциальные силы появиться не могут из-за идеальности жидкости. Получилось стационарное течение жидкости с тангенциальным разрывом на поверхности MCDN. Давление в области застоя, очевидно, равно давлению на линии отрыва CD. Последнее же меньше давления в критической точке B. Это приводит к тому, что равнодействующая сил давления, действующих на переднюю поверхность тела, превышает соответствующую силу, действующую на заднюю сторону его. В результате. Появляется лобовое сопротивление.