ВИДЫ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Установившееся (стационарное) движение – это такое движение, при котором скорость частиц в каждой точке объёма потока с течением времени не изменяется:

$$w = f(x, y, z) \text{ и } w \neq f(\tau), \text{ т.е. } \frac{\partial w}{\partial \tau} = 0$$

Неустановившееся (нестационарное) движение - это такое движение, при котором скорость частиц в каждой точке объёма потока изменяется с течением времени:

$$w = f(x, y, z, \tau) \text{ и } w = f(\tau), \text{ т.е. } \frac{\partial w}{\partial \tau} \neq 0.$$

Постановка задачи. Одной из основных теоретических задач гидростатики является вопрос о характере распределения давления в объеме жидкости, которая в самом общем случае может находиться в абсолютном или относительном покое.

Абсолютный покой. Если жидкость находится в покое (скорость движения равна нулю, т.е. w=0) относительно системы координат, жестко связанной с Землей, такой покой называется абсолютным. Например, жидкость, находящаяся в покое в любом аппарате или емкости (резервуаре), которые в свою очередь находятся в неподвижном состоянии относительно Земли.

Относительный покой. Если жидкость находится в покое (скорость движения равна нулю, т.е. w=0) относительно системы координат, которая движется относительно Земли, такой покой называется абсолютным. Например, жидкость, находящаяся в покое в любом аппарате или емкости (резервуаре), которые свою очередь находятся в движении относительно Земли. При этом, движение может быть равноускоренным или с постоянной скоростью.

Состояние покоя в некоторой степени можно рассматривать частным случаем движения жидкости, но при этом скорость ее движения приравнивается нулю. Тогда, закон распределение сил давления в объеме жидкости, в соответствии с законом сохранения импульса (количества движения), который в свою очередь является общим выражением первого закона термодинамики (что внутренняя энергия изолированной от внешней среды системы постоянна, т.е. U= const), не должен зависеть от вида покоя.

МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ

1. Метод Лагранжа

При лагранжевом подходе непрерывный поток жидкости рассматривается как движение множества жидких частиц. Для описания перемещения в пространстве отдельной жидкой частицы ее рассматривают как материальную точку, положение которой в данный момент времени t может быть выражено в координатной форме:

$$x=x(t),\ y=y(t),\ z=z(t).$$

$$x=x(t,a,b,c),\ y=y(t,a,b,c),\ z=z(t,a,b,c).$$

Параметры a, b, c называются переменными Лагранжа.

Мгновенная скорость в жидкости может быть
представлена
в декартовой

$$u = \frac{\partial x}{\partial t}, \; v = \frac{\partial y}{\partial t}, \; w = \frac{\partial z}{\partial t}.$$

Абсолютная величина (модуль) скорости при этом определяется как

$$V = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}.$$

2. Метод Эйлера

Проекции скорости могут быть представлены:

$$u = u(x, y, z, t), \; v = v(x, y, z, t), \; w = w(x, y, z, t).$$

Ускорение жидкой части может быть представлено комбинацией методов Эйлера и Лагранжа

$$\dot{\boldsymbol{V}} \equiv \frac{d\boldsymbol{V}}{dt} = \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t} + \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial z}\frac{\partial z}{\partial t} =$$

$$= \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t} + u\frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial x} + v\frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial y} + w\frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial z} = \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t} + (\boldsymbol{V}\nabla)\boldsymbol{V},$$

где $\nabla = \frac{\partial}{\partial x}\boldsymbol{i} + \frac{\partial}{\partial y}\boldsymbol{j} + \frac{\partial}{\partial z}\boldsymbol{k}$ – оператор Гамильтона или набла-оператор.

вектор $\frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t}$ называется локальным ускорением, а вектор $(\boldsymbol{V}\nabla)\boldsymbol{V}$ – конвективным ускорением.

В скалярной форме составляющие вектора ускорения $\dot{V}$ по осям декартовой системы координат имеют вид

$$\dot{u} \equiv \frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z},$$

$$\dot{v} \equiv \frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z},$$

$$\dot{w} \equiv \frac{dw}{dt} = \frac{\partial w}{\partial t} + u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y} + w\frac{\partial w}{\partial z}.$$