

Крестин Евгений Александрович,

Кандидат технических наук,
доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции,
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры,
Россия, г. Самара

Ляшенко Дарья Олеговна, студентка 2 курса,
факультет инженерных систем и природоохранного строительства,
направление: гидротехническое строительство, группа 23-ФИСПОС-105
Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
Россия, г. Самара

ИСТОРИЯ РЕЙНОЛЬДСА

Аннотация: В данной статье рассматривается жизнь и научная деятельность одного из самых влиятельных физиков и инженеров XIX века – Осборна Рейнольдса. Особое внимание уделяется его вкладам в развитие гидравлики. Статья исследует ключевые открытия в области гидравлики и эксперименты, проводимые Рейнольдсом. Кроме того, анализируются последствия его работ для последующих исследований в области физики и инженерии, а также их практическое применение в современных технологиях. В заключение подчеркивается значимость наследия Рейнольдса в контексте истории науки и его влияние на развитие современных научных дисциплин.

Ключевые слова: гидравлика, открытия, эксперименты, число Рейнольдса.

Родился великий английский физик в Белфасте 23 августа 1842 в семье священнослужителя. С 18 лет работал в механической мастерской, затем поступил в Кембриджский университет, где изучал математику и механику. Окончил университет в 1867. С 1868 по 1905 – профессор кафедры строительной механики Манчестерского университета. С 1888 возглавлял Витвортовскую инженерную лабораторию, в этом же году был награждён медалью лондонского королевского общества. Работы Рейнольдса посвящены механике, гидродинамике, теплоте, электричеству, магнетизму, но в основном – теории турбулентности, теории динамического подобия течения вязкой жидкости и теории смазки. Умер Рейнольдс в Уотчете (графство Сомерсет) 21 февраля 1912.

Открытия. Рейнольдсу удалось обнаружить безразмерное число, описывающее характер потока вязкой жидкости. Сам ученый получил его экспериментально, проведя изнурительную серию опытов с различными жидкостями, однако вскоре было показано, что его можно вывести и теоретически из законов механики Ньютона и уравнений классической гидродинамики. Это число, которое теперь называют числом Рейнольдса и обозначают Re , характеризует поток и равно:

$$Re = \frac{V \cdot R}{\nu} \quad (1)$$

Где ν – кинематическая вязкость жидкости, V – скорость потока, а R – гидравлический радиус канала.

Рейнольдсу удалось выяснить, что при значении этого числа 2000–3000 поток становится полностью турбулентным, а при значении Re меньше нескольких сотен – поток полностью ламинарный (то есть не содержит завихрений). Между двумя этими значениями поток носит промежуточный характер.



Можно, конечно, считать число Рейнольдса чисто экспериментальным результатом, однако его можно интерпретировать и с позиции законов Ньютона. Жидкость в потоке обладает импульсом, или, как иногда говорят теоретики, «инерционной силой». По сути, это означает, что движущаяся жидкость стремится продолжить свое движение с прежней скоростью. В вязкой жидкости этому препятствуют силы внутреннего трения между слоями жидкости, стремящиеся затормозить поток. Число Рейнольдса как раз и отражает соотношение между двумя этими силами – инерции и вязкости. Высокие значения числа Рейнольдса описывают ситуацию, когда силы вязкости относительно малы и не способны сгладить турбулентные завихрения потока. Малые значения числа Рейнольдса соответствуют ситуации, когда силы вязкости гасят турбулентность, делая поток ламинарным.

Ламинарное течение – течение, при котором жидкость перемещается слоями без перемешивания и пульсаций, то есть без беспорядочных быстрых изменений скорости и давления.

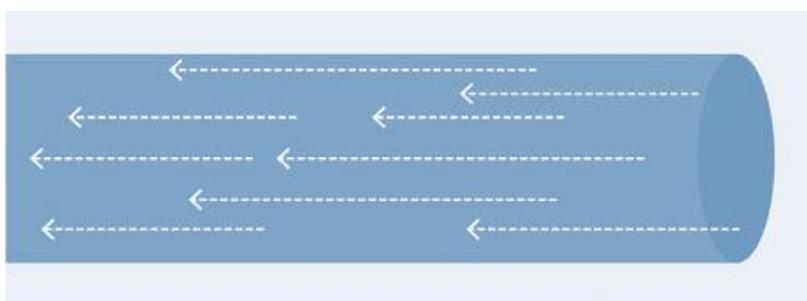


Рисунок 1. Ламинарный поток.

Турбулентный поток – поток, при котором слои жидкости совершают неупорядоченные движения по сложным траекториям, что приводит к интенсивному перемещению и значительным потерям энергии на внутреннее трение.

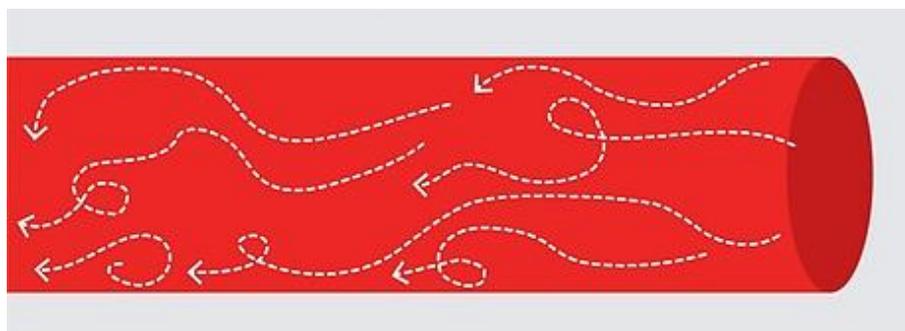


Рисунок 2. Турбулентный поток.

Эксперименты. Эксперименты Рейнольдса показали, что при движении жидкости, она теряет определенное количество энергии. Эти потери зависят от особенностей движения частиц жидкости в потоке и от самого режима течения. Опыты проводились на специальном лабораторном стенде, который представлял собой заполненный водой бак Б, к которому в нижней части присоединена стеклянная трубка Т. На конце трубки установлен кран К для регулирования расхода жидкости. Расход измеряется с помощью секундомера и мерного бочка М. Бак Б постоянно заполняется водой. Над баком Б расположена ёмкость с краской С. По тонкой трубочке Т₁ краска попадает в жидкость, движущуюся в трубке Т. Подачу краски регулирует кран Р.



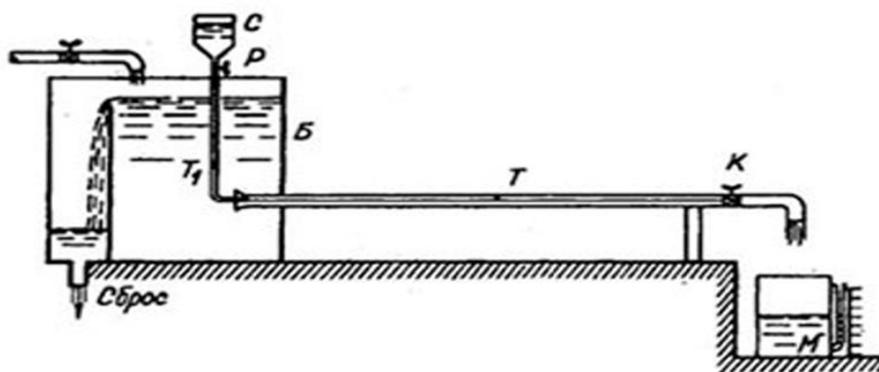


Рисунок 3. Опытная установка.

Опыт №1. Немного приоткрываем кран К. При этом в трубке Т начинается движение жидкости. Открываем кран Р и добавляем в жидкость краску. При небольшой скорости движения в трубке Т краска становится прямолинейной и резко выделяющейся в потоке воды цветной струйкой. Эта струйка не перемешивается с остальной жидкостью. Если ввести в жидкость краску несколькими струйками, то они так и будут двигаться, не перемешиваясь с остальной водой.

Движение жидкости, наблюдаемое при малых скоростях, при котором отдельные струйки жидкости движутся параллельно друг другу и оси потока, называют ламинарным (от латинского ламина – слой) или струйчатым движением (режимом). Ламинарное движение может рассматриваться как движение отдельных слоев жидкости, происходящее без перемешивания частиц.

Опыт №2. При намного большем открытии крана струйка краски начинает искривляться и становится волнообразной. Открывая кран ещё больше и увеличивая скорость потока, было видно, что струйка краски распадается на отдельные вихри и перемешивается с остальной массой воды. Движение жидкости, которое наблюдается при больших скоростях, называется турбулентным (от латинского турбулентус – вихревой) движением (режимом). В этом случае в движении жидкости нет видимой закономерности. Отдельные частицы перемешиваются между собой и движутся по самым причудливым, все время меняющимся траекториям весьма сложной формы. Поэтому такое движение называется беспорядочным.

Заключение. Рейнольдс внёс большой вклад в гидравлику, гидродинамику и механику. Он представил дифференциальные уравнения осреднённого движения жидкости, учитывающие турбулентные напряжения, создал труды по теории смазки, определил критерий подобия двух различных течений, исследовал явления кавитации на примере винтовой лопасти, модернизировал устройство центробежных насосов.

Вклад Рейнольдса в механику жидкости не был упущен конструкторами кораблей («корабельными архитекторами»). Способность создать мелкомасштабную модель корабля и извлечь полезные прогнозные данные относительно полноразмерного корабля напрямую зависит от экспериментатора, применяющего принципы турбулентности Рейнольдса для вычислений сопротивления трению, наряду с надлежащим применением «Теории Фруда об энергии и распространении гравитационных волн». Сам Рейнольдс опубликовал ряд статей о дизайне кораблей в «Труды Института военно-морских архитекторов».



Список литературы:

1. Справочник по гидравлическим расчетам. Под с 74 ред. П. Г. Киселева. Изд. 5-е. М., «Энергия», 1974.
2. Чертоусов М.Д. Специальный курс гидравлики [Учеб. пособие для гидротехн. специальностей высш. учеб. заведений]. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Ленинград, Москва: Госэнергоиздат, 1949. – 408 с., 4 отд. л. граф. черт.; 27.
3. <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/096/245.htm>.

