

**Селиверстов Владимир Александрович,**  
к.т.н., доцент кафедры  
«Природоохранное и гидротехническое строительство»  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
г. Самара

**Селиверстов Михаил Владимирович,**  
студент 2 курса профиля подготовки  
«Природоохранное и гидротехническое строительство»,  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
г. Самара

## ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДСА

**Аннотация:** В данной статье анализируется жизнь и научная деятельность одного из самых значительных физиков и инженеров XIX века – Осборна Рейнольдса. Особое внимание акцентируется на его вкладе в развитие гидравлических наук. Статья исследует ключевые открытия в области гидравлики и эксперименты, осуществляемые Рейнольдсом. Кроме того, рассматриваются последствия его исследований для будущих работ в физике и инженерии, а также их практическое применение в современных технологиях. В завершение подчеркивается важность наследия Рейнольдса в контексте истории науки и его воздействие на развитие актуальных научных дисциплин.

**Ключевые слова:** гидравлика, формула, поток, число Рейнольдса.

Великий английский физик родился в Белфасте 23 августа 1842 года в семье священнослужителя. С 18 лет он трудился в механической мастерской, затем поступил в Кембриджский университет, где изучал математику и механику. Университет он окончил в 1867 году. С 1868 по 1905 годы занимал должность профессора кафедры строительной механики Манчестерского университета. С 1888 года руководил Витвортовской инженерной лабораторией, и в том же году был удостоен медали Лондонского королевского общества. Исследования Рейнольдса охватывают механику, гидродинамику, теплоту, электричество, магнетизм, но в основном сосредоточены на теории турбулентности, динамическом подобии течения вязкой жидкости и теории смазки. Рейнольдс скончался в Уотчете (графство Сомерсет) 21 февраля 1912 года.

**Открытие.** 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  $\nu$  – кинематическая вязкость жидкости,  $V$  – скорость потока, а  $R$  – гидравлический радиус канала.

Рейнольдсу удалось установить, что при значении этого числа от 2000 до 3000 поток становится полностью турбулентным, в то время как при значении  $Re$  менее нескольких сотен поток остается полностью ламинарным (то есть не содержит вихрей). Между этими двумя показателями поток имеет промежуточный характер.



Можно, конечно, рассматривать число Рейнольдса как исключительно экспериментальный результат, однако его также можно интерпретировать с точки зрения законов Ньютона. Жидкость в потоке обладает импульсом, или, как иногда утверждают теоретики, «инерционной силой». По сути, это означает, что движущаяся жидкость стремится сохранить свое движение с прежней скоростью. В вязкой жидкости этому препятствуют силы внутреннего трения между слоями жидкости, которые пытаются замедлить поток. Число Рейнольдса именно и отображает соотношение между этими двумя силами – инерции и вязкости. Высокие значения числа Рейнольдса описывают ситуацию, когда силы вязкости относительно невелики и не способны сгладить турбулентные вихри потока. Низкие значения числа Рейнольдса соответствуют ситуации, когда силы вязкости подавляют турбулентность, превращая поток в ламинарный.

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

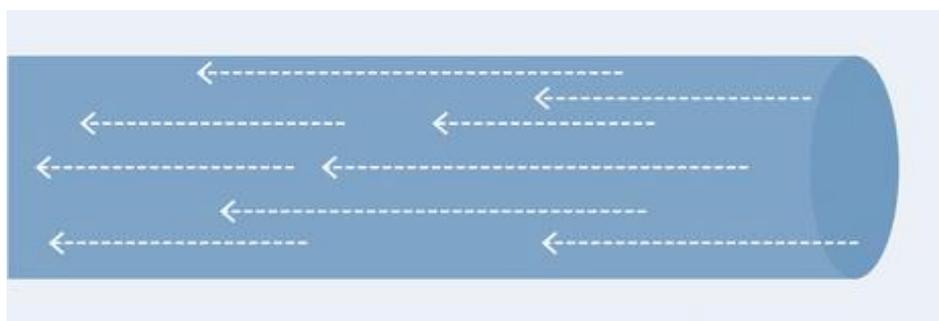


Рисунок 1. Ламинарный поток.

**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.

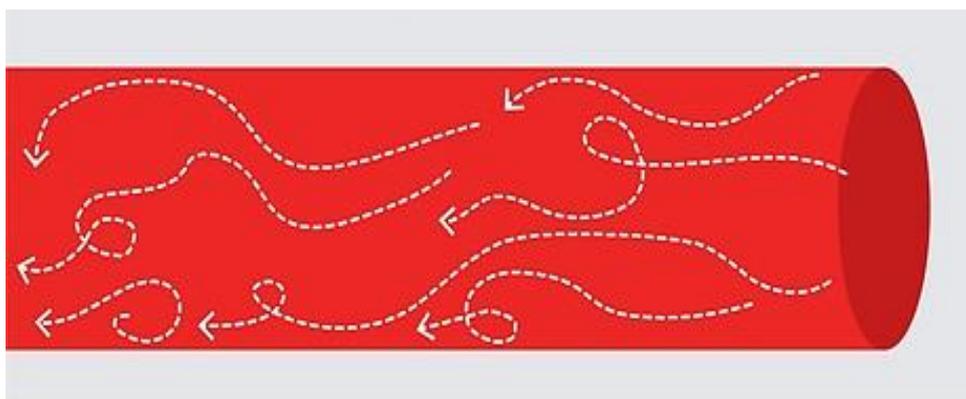


Рисунок 2. Турбулентный поток.

**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 Т<sub>1</sub> краска попадает в жидкость, движущуюся в трубке Т. Подачу краски регулирует кран Р. Подача краски регулирует кран Р.

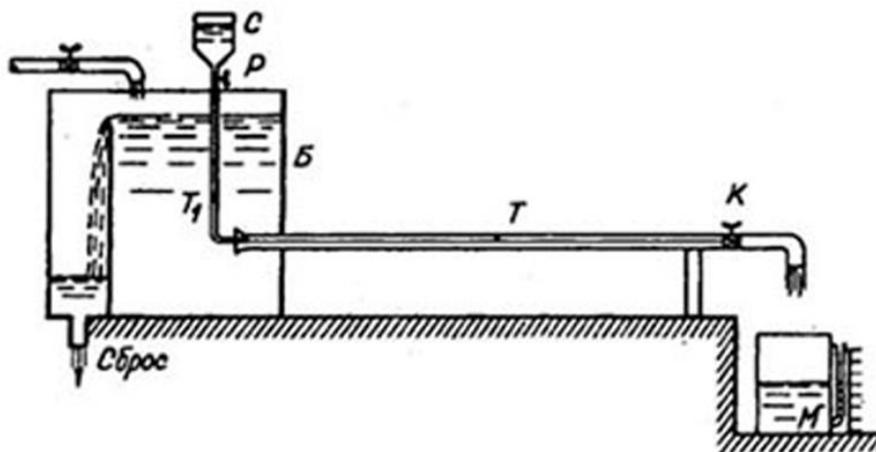


Рисунок 3. Опытная установка.

**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 сделал значительный вклад в области гидравлики, гидродинамики и механики. Он предложил дифференциальные уравнения усреднённого движения жидкости, учитывающие турбулентные напряжения, разработал исследования по теории смазочных материалов, установил критерий подобия для двух различных потоков, изучил явления кавитации на примере винтовой лопасти и усовершенствовал конструкции центробежных насосов.



Вклад Рейнольдса в механику жидкости не остался незамеченным среди проектировщиков судов («корабельных архитекторов»). Возможность создать уменьшенную модель судна и получить ценные прогнозные данные относительно полноразмерного корабля напрямую зависит от экспериментатора, который использует принципы турбулентности Рейнольдса для расчёта сопротивления трению, а также корректного применения «Теории Фруда о энергии и распространении гравитационных волн». Сам Рейнольдс опубликовал ряд работ о проектировании судов в «Трудах 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>.
4. <https://www.hydrootvet.ru/blogs/info/148>.

