

## **Элементы медицинской реологии.**

Работа: Определение коэффициента вязкости вискозиметрами.

### **Реология, её разделы и основные понятия.**

Реология – это наука о течении и деформации твёрдых, жидких и газообразных сред, их механическом поведении в процессе течения.

#### Разделы реологии:

- 1) Техническая.
- 2) Строительная.
- 3) Реология пищевых продуктов.
- 4) Биореология..
- 5) Медицинская реология.

Медицинская реология изучает течение жидких сред организма человека, особенности их течения в норме и при различных заболеваниях.

По виду исследуемой среды реологию делят также на реологию газов, реологию жидкостей и реологию твёрдых тел. Кроме того, реология подразделяется на общую, частную реологию, реологический анализ и реометрию.

Например, к реологическому анализу относятся методы и приёмы получения результатов и выводов о структуре дисперсионных систем, а к реометрии – методы измерения свойств жидкостей (методы вискозиметрии).

#### Основные понятия реологии:

- 1) Деформация.
- 2) Течение.
- 3) Пластичность.
- 4) Ползучесть.
- 5) Вязкость.
- 6) Напряжения сдвига.
- 7) Скорость сдвига.

Деформация – это явление смещения условных частиц среды относительно друг друга без нарушения целостности и непрерывности этой среды.

Причина деформации – действие извне приложенных сил, сил реакции опоры или объёмных сил (вес, инерция, центробежная сила).

#### Виды деформации:

- 1) Пластическая деформация – (неупругая, необратимая), это деформация, которая не исчезает после снятия действия силы. Например, деформация шарика из пластилина.
- 2) Непластическая деформация – (упругая, обратимая), это такая деформация, которая исчезает после снятия действия силы. Например, деформация рессоры, надутого футбольного мяча.

#### По характеру действия силы деформация делится на:

- 1) Деформацию растяжения.
- 2) Деформацию сжатия.
- 3) Деформацию изгиба.
- 4) Деформацию кручения.

### 5) Деформацию сдвига.

Кроме того различают продольную и поперечную деформацию, абсолютную и относительную, а также полную, неполную и остаточную.

Течение – это такой вид деформации, которая продолжается непрерывно при действии силы, и с определённой скоростью, которая называется скоростью течения.

Пластичность – это свойство деформироваться как при быстром (удар), так и при медленном (постепенное сжатие) действии деформирующей силы. Например, деформация шарика из пластилина.

Ползучесть – это свойство деформироваться только при медленном действии силы.

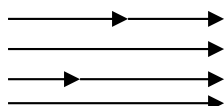
Если действие силы будет быстрым, ударным, то вместо деформации произойдёт разрушение среды на части (куски).

Например, битум при медленном действии силы тяжести меняет свою первоначальную форму, а при быстром – раскалывается на куски.

### **Течение жидкости и его оценка. Виды и режимы течения. Уравнение неразрывности струи. Число Рейнольдса и его практический смысл.**

Течение жидкости – это явление перемещения её условных частиц относительно друг друга и тел отсчёта.

Основным условием течения является действие сил, вызывающих разность давления. Текущую жидкость называют поток, а воображаемые линии, по которым движутся частицы жидкости в потоке, называются линии тока. Линии тока характеризуют направление вектора скорости частиц жидкости и графически изображаются линиями со стрелками.



#### Виды потоков:

Стационарный – (установившийся), это такой поток в котором его параметры (давление, скорость, плотность) не меняются с течением времени.

Нестационарный – (неустановившийся), это такой поток, в котором с течением времени хотя бы один параметр (например, скорость) изменяется. Условная трубчатая поверхность, выделенная в потоке, называется трубкой тока.

Количественно поток характеризуют сечением, объёмным и массовым расходом. Сечение потока – это условная площадь, выделенная в потоке перпендикулярно к направлению течения жидкости. Сечение обозначают символом «S». Главная единица измерения – м<sup>2</sup>.

Объёмный расход – величина, измеряемая отношением объёма жидкости, протекающей через сечение потока в единицу времени. Обозначается символом «Q» и вычисляется по формуле:

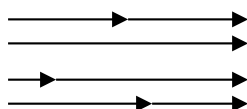
$$Q = V/t \quad [M^3/c].$$

Массовый расход – величина, измеряемая отношением массы жидкости, протекающей через сечение, ко времени. Обозначается символом «М» и вычисляется по формуле:

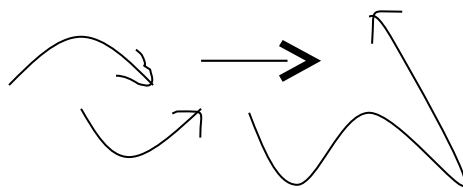
$$M = \frac{m}{t} \quad [\text{кг/с}]$$

Ламинарное и турбулентное течение – это два крайних режима течения, установленных опытным путём английским физиком О. Рейнольдсом в конце 19 века.

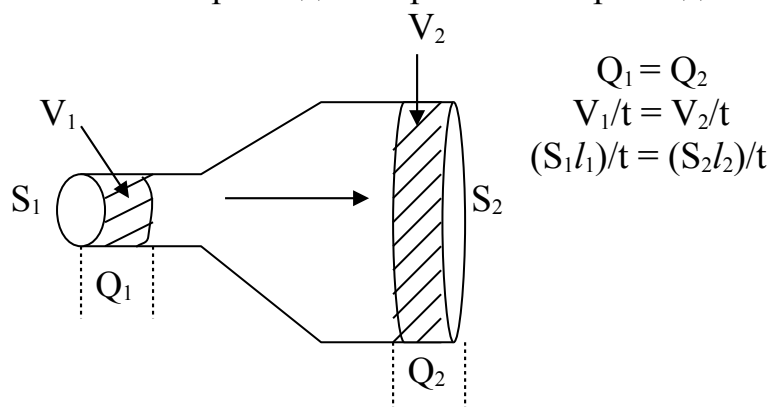
Ламинарное течение – это такое течение, при котором условные слои жидкости в потоке не перемешиваются друг с другом. При этом в трубке тока постоянного сечения линии тока остаются параллельными друг другу.



Турбулентное течение – это такое течение, при котором условные слои жидкости в потоке перемешиваются и образуют завихрения (турбулентности). При этом линии тока в трубке тока постоянного сечения не будут параллельными. Завихрения вызваны поперечными смещениями условных слоёв жидкости.



Уравнение неразрывности струи характеризует взаимоотношения сечений и линейных скоростей течения жидкости в трубке потока. Экспериментально установлено, что стационарный поток жидкости в трубке тока с разными сечениями  $S_1$  и  $S_2$  характеризуется равенством объёмных расходов  $Q_1$  и  $Q_2$  в этих сечениях. Если графически изобразить трубку тока с сечениями  $S_1$  и  $S_2$  и площадями сечений, соответственно равными площадям круга, то на основе формулы объёмного расхода и равенства расходов в сечениях можно написать:



Представляя объёмные расходы через объёмы жидкостей ( $V$ ), протекающие через сечения за время ( $t$ ), и представляя сами объёмы через произведения сечений ( $S$ ) на длину ( $l$ ), занимаемую объёмом в данном сечении можно:

$$S_1 l_1 = S_2 l_2$$

$\overline{t}$                        $\overline{t}$

В этом соотношении длина  $l_1$  и  $l_2$  представляет расстояние, которое проходят частицы жидкости за время « $t$ » в данном сечении. Пройденное расстояние « $l$ » за время « $t$ » является линейной скоростью « $U$ », с которой частицы жидкости в объёме « $V$ » перемещаются в сечении « $S$ ». Заменяя отношение  $l:t$  линейными скоростями  $U$  получим формулу уравнения неразрывности струи:

$$S_1 U_1 = S_2 U_2$$

Из формулы следует, что в стационарном потоке линейные скорости течения обратно пропорциональны площадям сечения трубки тока. Это означает, что скорость течения жидкости будет больше там, где сечение меньше.

### **Число Рейнольдса ( $R_e$ ).**

Это безразмерный комплекс (показатель), который в условиях ламинарного течения характеризует взаимоотношения диаметра трубки тока ( $D$ ), плотности ( $\rho$ ) и коэффициента абсолютной (динамической) вязкости жидкости ( $\eta$ ), а также линейной скорости её течения ( $U$ ). Число Рейнольдса можно подсчитать по формуле:

$$R_e = \frac{UDS}{\eta}$$

Из формулы следует, что число Рейнольдса возрастает с увеличением скорости течения жидкости, её плотности и диаметра трубки тока, и уменьшается с увеличением коэффициента абсолютной вязкости жидкости.

### **Практическое значение числа Рейнольдса:**

Практическое значение числа Рейнольдса состоит в том, что оно определяет для данной жидкости режим её течения. То значение числа, при котором ламинарное течение переходит в турбулентное называется критическим значением числа Рейнольдса и обозначается символом « $R_{e\text{кр}}$ ».

При  $R_e < R_{e\text{кр}}$  течение жидкости будет ламинарным.

При  $R_e > R_{e\text{кр}}$  течение жидкости будет турбулентным.

При  $R_e = R_{e\text{кр}}$  течение жидкости будет неустойчивым, переходным.

Практически также важно, что при ламинарном течении силы сопротивления сопротивлению частиц жидкости пропорциональны первой степени линейной скорости течения, а при турбулентном режиме – более высоким степеням (обычно от 1,75 до 2,00).