

**ЛЕКЦИЯ 3.**  
**РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ С**  
**ХАРАКТЕРИСТИКАМИ,**  
**НЕ ЗАВИСЯЩИМИ ОТ ВРЕМЕНИ**  
**И ПРЕДЫСТОРИИ ТЕЧЕНИЯ**

**Лектор:** Березовская  
Ирина Эдуардовна  
PhD, старший  
преподаватель

# ВОПРОСЫ К ЛЕКЦИИ 2:

1. Классифицируйте материалы по реологическому поведению.
2. Дайте определение «Неньютоновской жидкости».
3. Приведите примеры жидкостей Шведова-Бингэма.
4. Дайте определение статическому предельному напряжению сдвига.
5. Объясните понятие «динамический предел текучести».

**Псевдопластичные или  
квазипластичные  
жидкости**

**Пластик  
Шведова–  
Бингэма**

$\dot{\gamma} = f(\tau)$   
Реологические  
жидкости с  
характеристиками,  
не зависящими от  
времени

**Дилатантные  
жидкости**

## *Псевдопластики*

Псевдопластичные жидкости не обнаруживают предела текучести.

Течение жидкости начинается при самом незначительном напряжении сдвига, при котором начинается разрушение структуры.

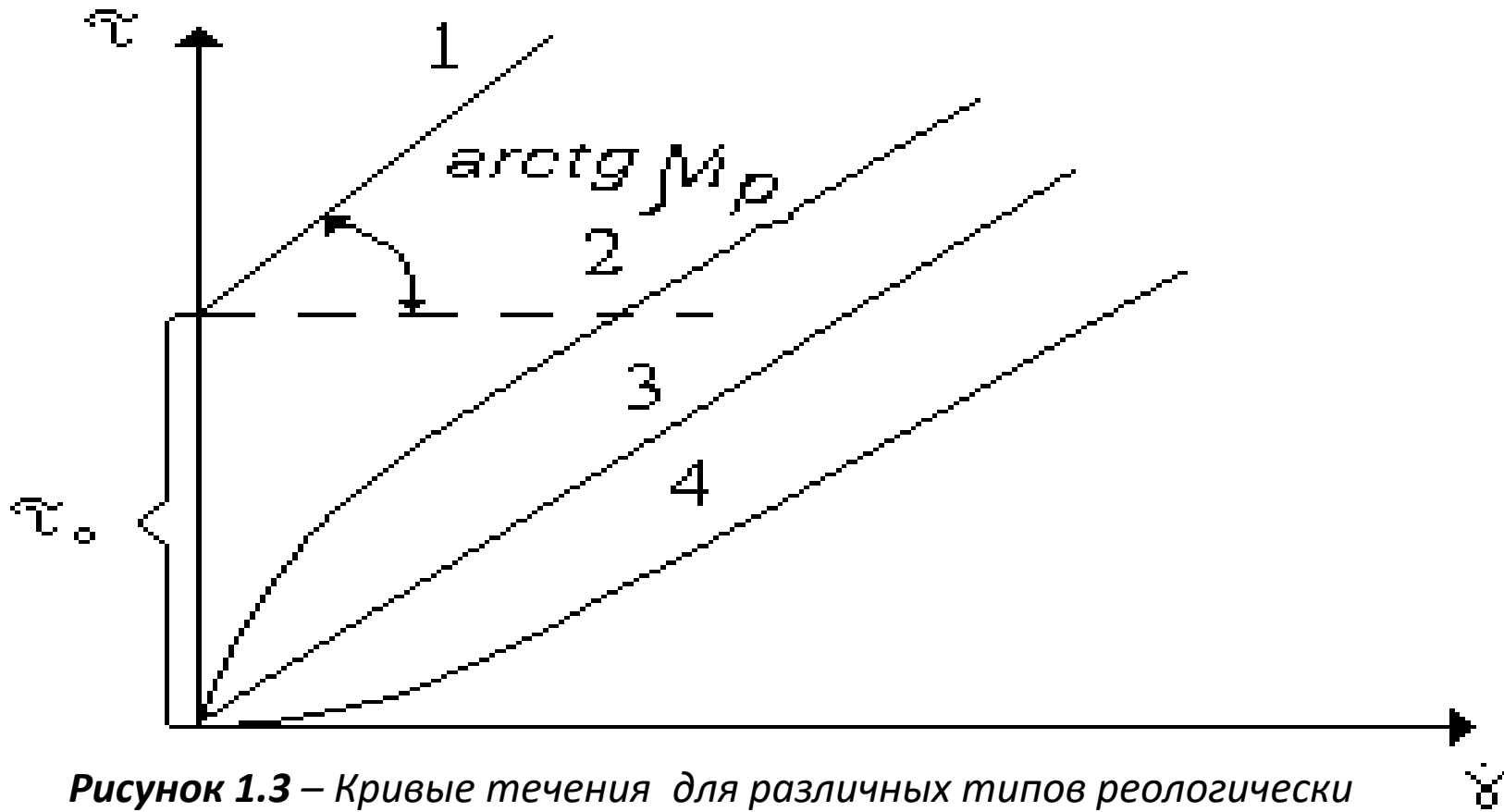
С увеличением прилагаемого напряжения сдвига структура все больше разрушается и вязкость уменьшается.

# ПСЕВДОПЛАСТИЧНЫЕ ЖИДКОСТИ

- растворы полимеров;
- суспензии;
- **целлюлозы** (полиэтилен, полиамиды, полиакрилаты, полистирол, виниловые полимеры и др.

с асимметричной структурой частиц, вытянутые молекулы которых перепутываются и при малых напряжениях тормозят течение.

Кривая течения у них показывает, что отношение напряжения сдвига к скорости сдвига, т.е. кажущаяся вязкость  $\mu_a$ , постепенно понижается с ростом скорости сдвига (кривая 2 на рисунке 1.3).



**Рисунок 1.3** – Кривые течения для различных типов реологически стационарных неньютоновских жидкостей:

1 – пластик Шведова–Бингэма, 2 – псевдопластичная,  
3 – ньютоновская, 4 - дилатантная.

**Зависимость между напряжением сдвига и его скоростью в логарифмических координатах у псевдопластичных материалов зачастую оказывается линейной.**

**Тогда для описания жидкостей рассмотренного типа можно установить эмпирическую функциональную зависимость в виде степенного закона.**

**Такая зависимость впервые предложенная Оствальдом и затем усовершенствованная Рейнером, может быть записана в виде:**

$$\tau = k |\dot{\gamma}|^{n-1} \dot{\gamma} \quad (1.1.5)$$

где  $k$  и  $n$  являются постоянными для данной жидкости:

**$k$**  – мера консистенции жидкости – чем выше вязкость жидкости, тем больше  $k$ ;

**$n$**  – характеризует степень неньютоновского поведения материала, чем больше  $n$  отличается от единицы, тем отчетливее проявляются его неньютоновские свойства.



Кажущуюся вязкость  $\mu_a$  для степенного закона можно представить в виде:

$$\mu_a = k|\dot{\gamma}|^n - 1 \quad (1.1.6)$$

Откуда следует, что поскольку для псевдопластических материалов  $n < 1$ , то кажущаяся вязкость убывает с возрастанием скорости сдвига.

# НЕДОСТАТКИ И ОГРАНИЧЕНИЯ СТЕПЕННОГО РЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКОНА

Размерности  $\dot{\gamma}$  и  $\tau$  фиксированы. Следовательно, для материалов с различными  $n$  параметр  $k$  изменяется не только количественно, но и, как уже отмечалось ранее, качественно, т.е. по своей размерности. Отсюда вытекает, что степенное уравнение не есть единый физический закон, а является эмпирической формулой

*Поэтому взамен степенного уравнения были предложены многие другие:*

Прандтлем: 
$$\tau = A \arcsin\left(\frac{\dot{\gamma}}{C}\right)$$

Эйрингом: 
$$\tau = \frac{\dot{\gamma}}{B} + C \sin\left(\frac{\tau}{A}\right)$$

Уильямсоном: 
$$\tau = \frac{A\dot{\gamma}}{B + \dot{\gamma}} + \mu_{\infty}\dot{\gamma}$$

Здесь  $A, B, C$  – постоянные, характеризующие свойства конкретной жидкости.

# ДИЛАТАНТНЫЕ ЖИДКОСТИ

Менее распространены, нежели псевдопластичные и Шведова -Бингэма.

**Дилатантные жидкости** сходны с псевдопластичными тем, что *в них также отсутствует предел текучести,*

*однако их кажущаяся вязкость повышается с возрастанием скорости сдвига.*

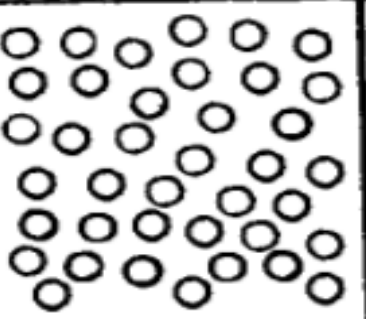
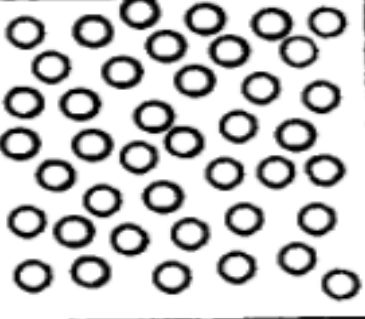
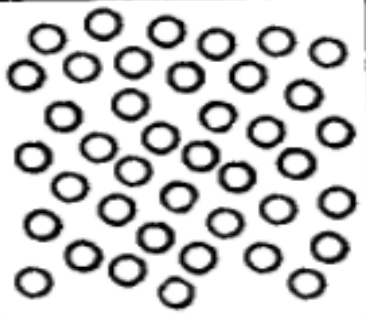
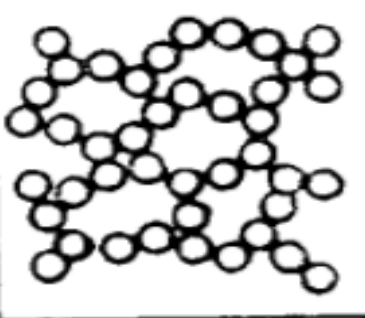
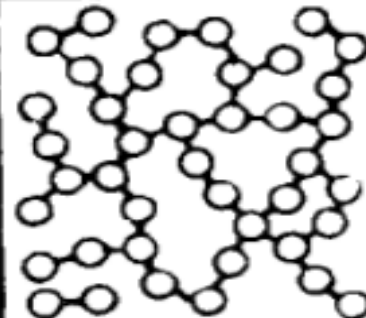
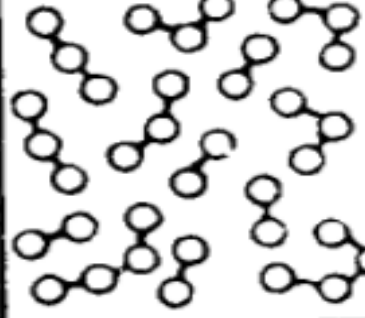
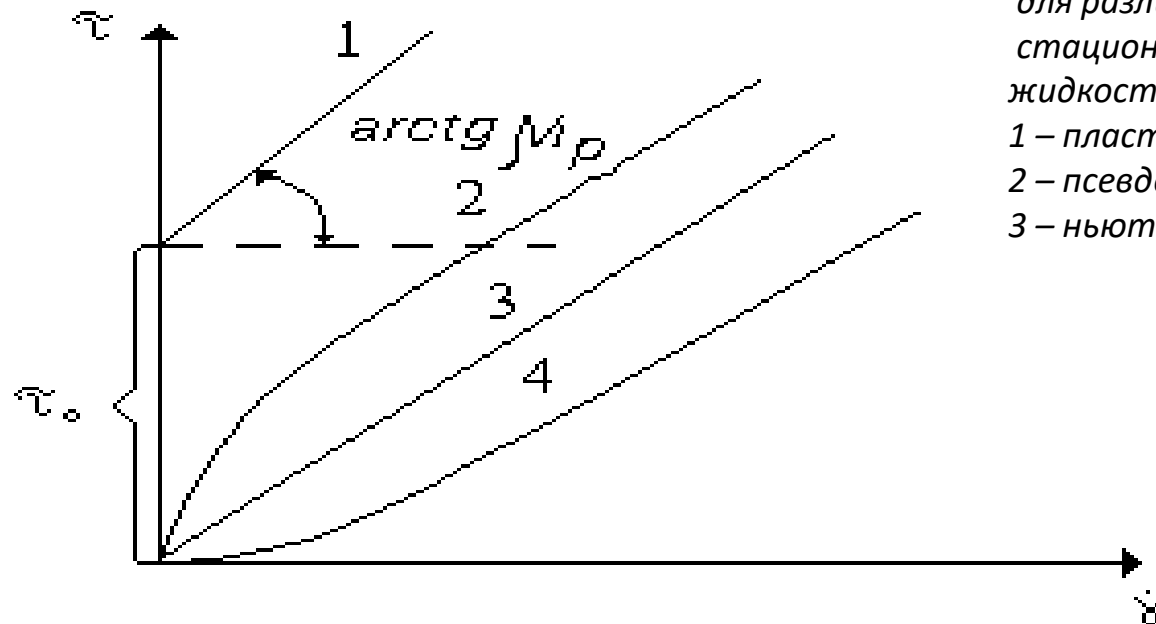
	В состоянии покоя	В движении
Ньютоновская жидкость		
Дилатантная жидкость		
Пластичная и пиксотропная жидкость		

Рис. 1-6. Схема, поясняющая поведение неньютоновских жидкостей.

# ДИЛАТАНТНЫЕ ЖИДКОСТИ

Степенной закон и в данном случае зачастую оказывается пригодным, но показатель степени  $n$  уже будет превышать единицу (кривая 4 на рисунке 1.3).



*Рисунок 1.3 – Кривые течения для различных типов реологически стационарных неньютоновских жидкостей:  
1 – пластик Шведова–Бингэма,  
2 – псевдопластичная,  
3 – ньютоновская, 4- дилатантная.*

Дилатансию проявляют высококонцентрированные водные суспензии порошков двуокиси титана, железа, слюды, кварца, крахмала, водные растворы гуммиарабика, мокрый речной песок и др.