



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 μ_a , постепенно понижается с ростом скорости сдвига (кривая 2 на рисунке 1.3).

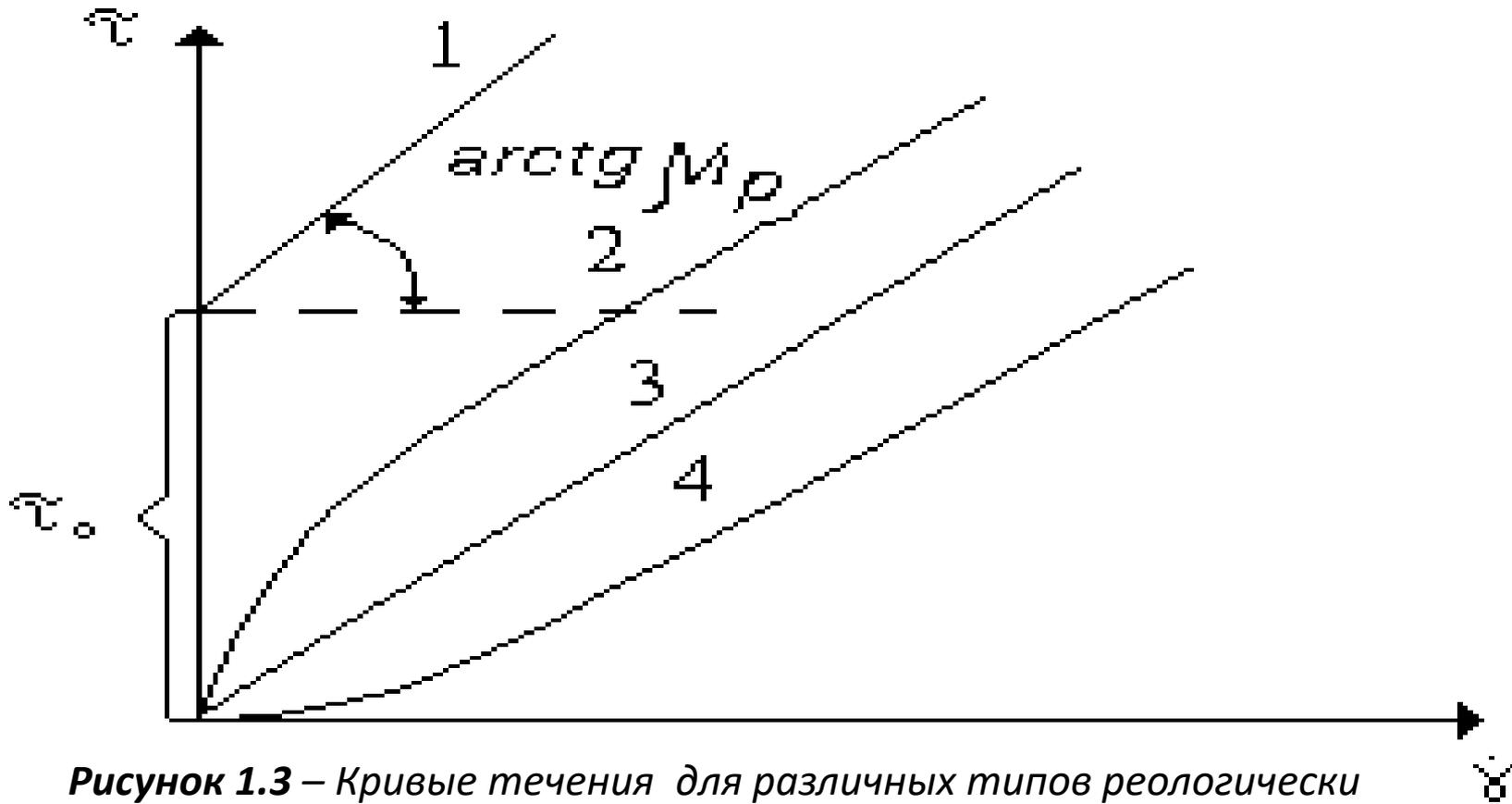


Рисунок 1.3 – Кривые течения для различных типов реологически стационарных неньютоновских жидкостей:

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 μ_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 τ 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.

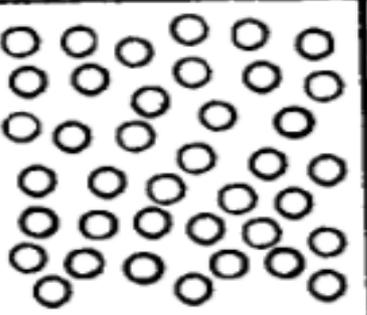
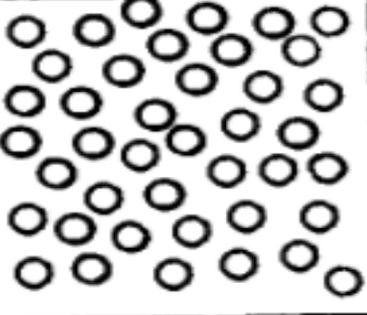
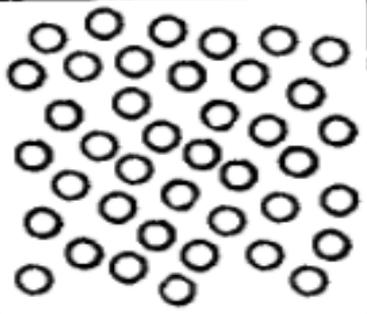
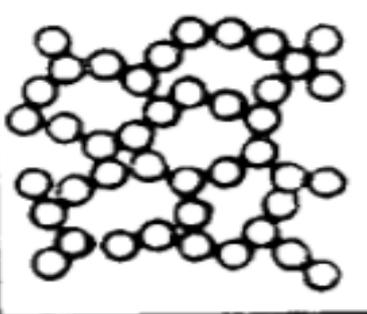
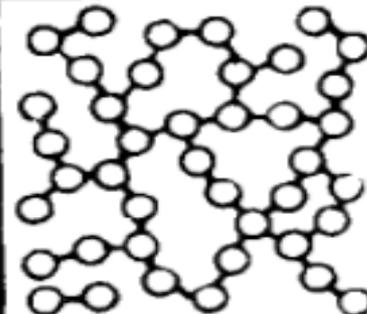
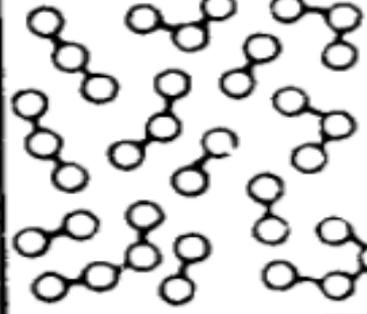
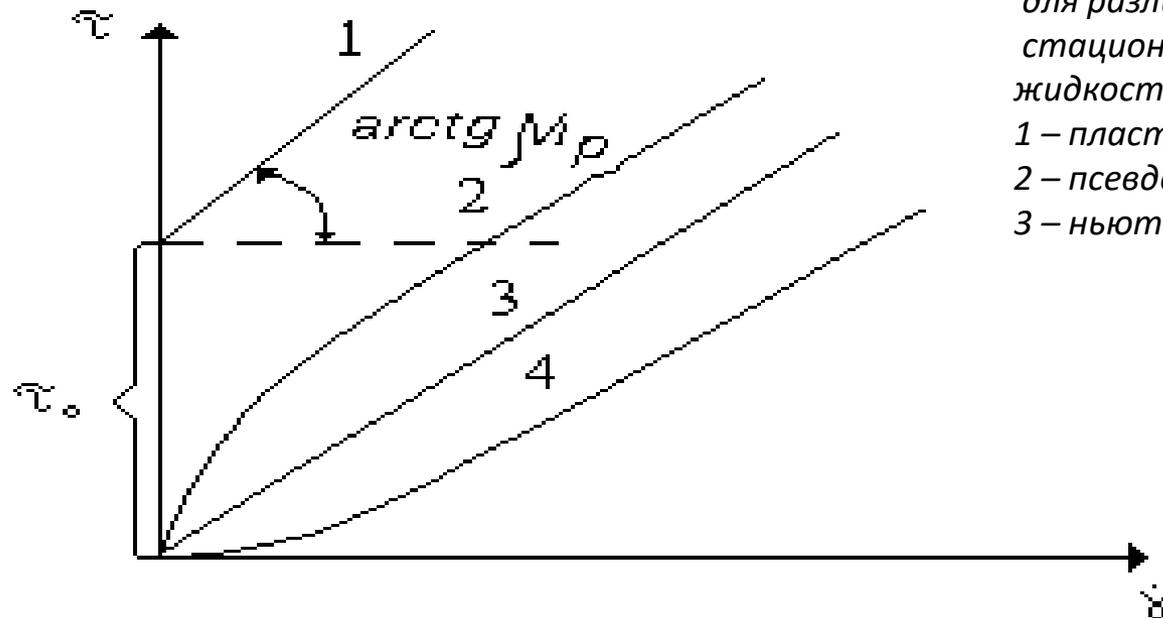
	В состоянии покоя	В движении
Ньютоновская жидкость		
Дилатантная жидкость		
Пластичная и пиксотропная жидкость		

Рис. I-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.