

ЛЕКЦИЯ 2.

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

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

1.1 НЕНЬЮТОНОВСКИЕ ЖИДКОСТИ С РЕОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ, НЕ ЗАВИСЯЩИМИ ОТ ВРЕМЕНИ

Системы первого типа, свойства которых не зависят от времени (такие жидкости иногда называют **реологически стационарными или реостабильными**), могут быть описаны реологическим уравнением:

$$\dot{\gamma} = f(\tau) \quad (1.1.1)$$

из которого следует, что скорость сдвига в каждой точке жидкости является функцией только напряжения сдвига в этой же точке.

Такие вещества называются неньютоновскими вязкими жидкостями (или нелинейно-вязкими жидкостями).

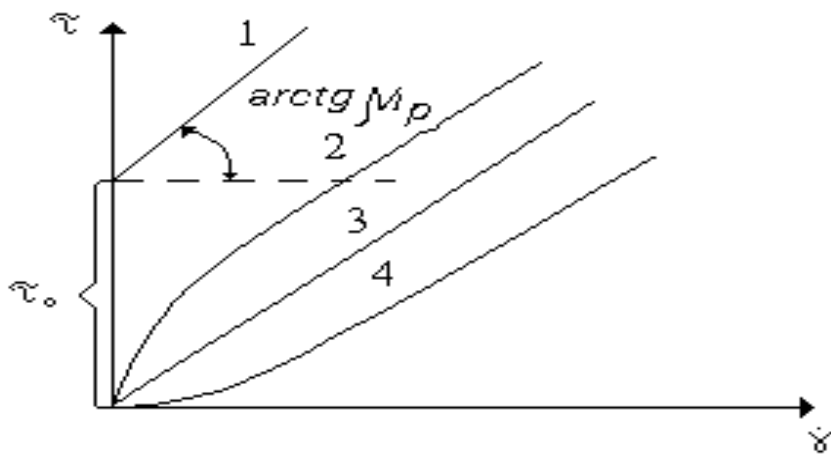


Рисунок 1.3 – Кривые течения для различных типов реологически стационарных неньютоновских жидкостей:
1 – пластик Шведова–Бингэма,
2 – псевдопластичная,
3 – ньютоновская, 4- дилатантная.

Их удобно подразделить на три группы в зависимости от вида функции $f(\tau)$ в уравнении (1.1.1):

- пластичные жидкости (пластики) Шведова-Бингэма;
- псевдопластичные жидкости (псевдопластики);
- дилатантные жидкости.

Кривые течения, характерные для этих трех групп жидкостей, приведены на рисунке 1.3; для сравнения приведены также линейные зависимости для ньютоновских жидкостей.

ПОНЯТИЕ ИДЕАЛИЗИРОВАННОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЛА ШВЕДОВА-БИНГЭМА

- шламы, (мелкий продукт дробления при обогащении руды или угля),
- пульпы (тонко измельченные руды, разжиженные водой или жидкими растворителями для извлечения металлов или для обогащения),
- буровые растворы,
- масляные краски,
- зубную пасту,
- сточные грязи,
- концентрированные смазки,
- ракетные топлива,
- кровь,
- торфяные массы и водные суспензии ядерного топлива.

А) ПЛАСТИКИ ШВЕДОВА-БИНГЭМА

Кривая течения для этих материалов представляет прямую линию, пересекающую ось напряжения сдвига на расстоянии τ_0 от ее начала. (Величина τ_0 характеризует пластические свойства среды)

Реологическое уравнение для пластиков Шведова-Бингэма (которые называют также вязкопластичными материалами) можно записать в виде:

$$\tau - \tau_0 = \mu \rho \dot{\gamma} \quad (\tau > \tau_0) \quad (1.1.2)$$

А) ПЛАСТИКИ ШВЕДОВА-БИНГЭМА

где μ_p – **пластическая вязкость** или **коэффициент жесткости при сдвиге**, численно равный тангенсу угла наклона кривой течения к оси $\dot{\gamma}$.

Эта величина характеризует подвижность жидкости.

Поэтому пластические жидкости, удовлетворяющие уравнению (1.1.2), называют жидкостями Шведова-Бингэма.

А) ПЛАСТИКИ ШВЕДОВА-БИНГЭМА

Введем по аналогии с ньютоновской жидкостью понятие вязкости, как отношения сдвигового напряжения к скорости сдвига:

$$\mu_a = \frac{\tau}{|\dot{\gamma}|} \quad (1.1.3)$$

Величина μ_a называется кажущейся или эффективной вязкостью неньютоновской жидкости.

В случае вязкопластичной жидкости:

$$\mu_a = \mu_p + \frac{\tau_0}{|\dot{\gamma}|} \quad (1.1.4)$$

Отсюда следует, что кажущаяся и пластическая вязкости не совпадают друг с другом, хотя и имеют одинаковые размерности.

Они могут сильно различаться между собой при малых и умеренных скоростях сдвига (особенно для больших значений τ_0). При $\dot{\gamma} \rightarrow 0$ приходим к нереальному результату: $\mu_a \rightarrow \infty$. Такое свойство можно приписать только абсолютно твердому телу. Если же скорость сдвига $\dot{\gamma} \rightarrow \infty$, то имеем совпадение μ_a и μ_p ($\mu_a = \mu_p$). Следовательно, фактическая текучесть вязкопластичных сред переменна и не является характеристикой вещества, а сильно зависит от скорости его деформирования, причем зависимость μ_a от $\dot{\gamma}$ имеет убывающий характер. Из сказанного следует также, что формула (1.1.4) справедлива в ограниченном интервале изменения $\dot{\gamma}$.

Несколько слов относительно второй реологической характеристики вязкопластичных жидкостей – предела текучести τ_0 . Если детально исследовать зависимость τ от $\dot{\gamma}$, то в области небольших значений $\dot{\gamma}$ она оказывается нелинейной (рисунок 1.4.). Поэтому различают **статическое τ_c** и **динамическое τ_0** предельные напряжения сдвига.

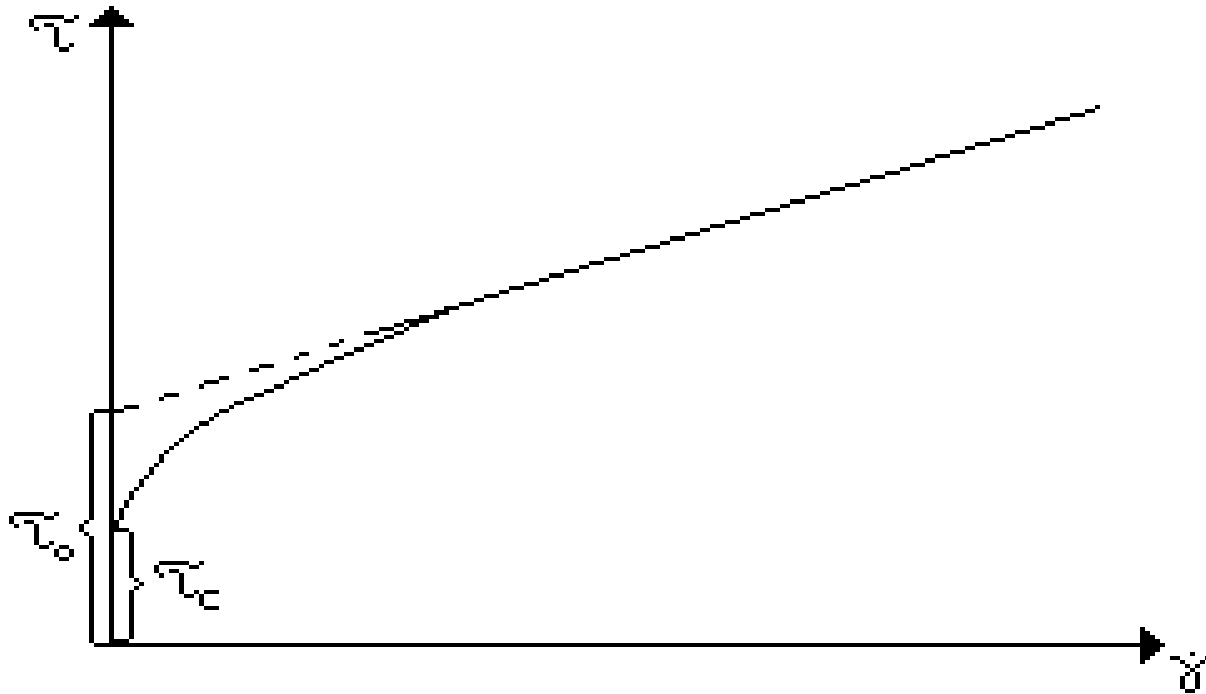


Рисунок 1.4 – Динамическое и статическое предельные напряжения сдвига.

Статическое предельное напряжение сдвига характеризует прочность внутренней структуры материала и численно равно тому напряжению сдвига, при котором жидкость начинает течение из положения равновесия.

Таким образом, реологическому параметру τ_c придается смысл физической или, вернее, физико-химической структурной характеристики

Позже выяснилось, что в диапазоне малых скоростей сдвига зависимость $\tau(\dot{\gamma})$ оказалась нелинейной. Такой ход действительной кривой течения противоречил духу же вошедшей в расчетную практику линейной модели Шведова-Бингэма. По этой причине было предложено игнорировать искривленность начального участка и экстраполировать прямолинейную часть зависимости $\tau(\dot{\gamma})$ на нулевую скорость сдвига.

Тогда на оси напряжений отсекается некоторый отрезок τ_0 – **динамический предел текучести**. Следовательно, величина τ_0 в отличие от τ_c является условной, чисто расчетной характеристикой, не поддающейся непосредственному измерению.

