

**КГКП «Павлодарский химико-механический колледж»**

**Тема: Расчет физических свойств  
нефтепродуктов**

**Дисциплина: Химия и технология нефти и газа**

**Преподаватель Ганиева О.Д.**

## Цель урока:

1. изучить основные физические свойства нефти и нефтепродуктов
2. освоить методы расчета нефти и нефтепродуктов
3. изучить значение основных физических свойств нефти.

# Плотность

Это один из важнейших и широко употребляемых показателей качества нефтей и нефтепродуктов. Плотность определяется как масса единицы объема при определенной температуре и измеряется в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $\text{г}/\text{см}^3$  или  $\text{г}/\text{мл}$ . На практике имеют дело чаще с безразмерной величиной — относительной плотностью.

**Относительной плотностью** ( $\rho_{t_{\text{СТ}}}^{t_{\text{опр}}}$ ) нефти или нефтепродукта называется отношение их массы при температуре определения ( $t_{\text{опр}}$ ) к массе чистой воды при стандартной температуре ( $t_{\text{СТ}}$ ), взятой в том же объеме. В качестве стандартных температур для воды и нефтепродукта в США и Англии приняты  $t_{\text{СТ}} = 15,6 \text{ }^\circ\text{C}$  (60 F), в других странах, в том числе и в России, приняты стандартная температура  $t_{\text{СТ}} = +4 \text{ }^\circ\text{C}$ , а температура определения  $t_{\text{опр}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Относительная плотность обозначается  $\rho_4^{20}$ .

# Плотность

Для большинства нефтей и нефтяных фракций, особенно в небольших интервалах температур (от 0 до 50 °С) для нефтепродуктов, содержащих относительно небольшие количества твердых парафинов и ароматических углеводородов, зависимость плотности от температуры имеет линейный характер, что выражается формулой

$$\rho_2 = \rho_1 - \gamma(t_2 - t_1),$$

где  $t_1$ , — начальная температура измерения, °С;  $t_2$  — конечная температура измерения, °С;  $\gamma$  — температурная поправка изменения плотности на 1 °С при  $t_2 - t_1 = 1$ ;  $\rho_1$  и  $\rho_2$  — плотность вещества при температуре  $t_1$ , и  $t_2$  соответственно.

Значение поправок для нефтепродуктов можно вычислить по формуле:

$$\gamma = 0,000903 - 0,00132(\rho_4^{20} - 0,7).$$

# Плотность

Если определение ведется при температуре  $t$ , то, пользуясь той же формулой, можно рассчитать  $\rho_4^{20}$ :

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \gamma(t - 20),$$

где  $\rho_4^t$  — плотность нефтепродукта при заданной температуре;  $\rho_4^{20}$  — плотность нефтепродукта при стандартных температурах;

# Характеризующий фактор

Это условный параметр, представляющий собой функцию плотности и средней молярной температуры кипения нефтепродукта ( $T_{\text{ср.м}}$ , К), отражающий его химическую природу:

$$K = 1,216 \frac{\sqrt[3]{T_{\text{ср.м.}}}}{\rho_{15}^{15}}$$

где  $K$  — характеризующий фактор;  $T_{\text{ср.м}}$  — средняя молярная температура кипения нефтепродукта, К;  
 $\rho_{15}^{15}$  — относительная плотность воды и нефтепродукта при температуре 15 °С.

# Молекулярная масса

Нефть и нефтепродукты представляют собой смеси индивидуальных углеводородов и других соединений, поэтому они характеризуются средней молекулярной массой. Средняя молекулярная масса многих нефтей 250—300 кг/кмоль. Молекулярная масса тем больше, чем больше средняя температура кипения фракции.

Молекулярные массы фракций с одинаковыми пределами кипения, но выделенные из разных нефтей, близки между собой. Поэтому во многих случаях можно определять молекулярную массу по формуле Б. П. Воинова:

$$M_{\text{ср}} = 60 + 0,3T_{\text{ср.м.}} + 0,001T_{\text{ср.м.}}^2$$

где  $M_{\text{ср}}$  — молекулярная масса фракции;  $T_{\text{ср.м}}$  — средняя молярная температура кипения светлых нефтяных дистиллятов, определяемая экспериментально и по специальным графикам, К.

# Молекулярная масса

Молекулярная масса смеси нефтяных фракций рассчитывается по правилу аддитивности (от лат. *additivus* — прибавляемый) исходя из известного их состава и молекулярных масс:

$$M_{\text{ср}} = \sum M_j x_j \quad \text{или} \quad M_{\text{ср}} = \frac{1}{\sum (x_j^m / M_j)}$$

где  $x_j$ ,  $x_j^m$  — мольная и массовая доля нефтяных фракций соответственно;  $M_j$  — молекулярная масса одной фракции, кг/кмоль



# Вязкость

Различают динамическую ( $\mu$ ), кинематическую ( $\nu$ ) и условную (ВУ) вязкости.

*Условной вязкостью* называется отношение времени истечения из вискозиметра 200 мл испытуемого нефтепродукта при температуре испытания ко времени истечения 200 мл дистиллированной воды при 20 °С. Условная вязкость — величина относительная, безразмерная и выражается в условных градусах.

# Вязкость

Динамическая вязкость зависит от физических свойств жидкости. В нефтепереработке наиболее широко пользуются кинематической вязкостью, численно равной отношению динамической вязкости нефтепродукта к его плотности  $\nu = \mu/\rho$ . Единица измерения динамической вязкости — пуаз (П) или в СИ — Па • с, где с — время в секундах, Па — Паскаль (Па = н/м<sup>2</sup>, где н - Ньютон, м<sup>2</sup> — сечение капилляра прибора). Соотношение между ними: 1П = 10<sup>-1</sup>Па • с. Единица измерения кинематической вязкости — стокс (Ст) или в СИ — м<sup>2</sup>/с. Соотношение между ними: 1 Ст= 10<sup>-4</sup> м<sup>2</sup>/с. Между величинами условной (ВУ) и кинематической вязкости ( $\nu$ ) выведена следующая эмпирическая зависимость:

Для  $\nu$  от 1 до 120 сСт

# Вязкость

Для  $\nu$  от 1 до 120 сСт

$$\nu_t = 7,24 \nu_{t_1} - \frac{6,25}{\nu_{t_1}}$$

Для  $\nu > 120$  сСт

$$\nu_t = 7,4 \nu_{t_1} \text{ или } \nu_{t_1} = 0,135 \nu_t$$

где  $t$  — температура испытания нефтепродукта, °С;  $\nu$ , — кинематическая вязкость при температуре испытания нефтепродукта, сСт (1 сСт =  $10^{-2}$ Ст).

# Задание

Необходимо в тетрадь записать основные понятия и расчетные формулы. Решить следующие задачи (смотреть презентацию). Для решения использовать расчетные формулы, записанные в теоретической части занятия, также можно использовать учебник – Сарданашвили А.Г. Примера и задачи по технологии переработки нефти и газа, - М.: Химия, 1980 г.:

- 1) Определить относительную плотность нефтепродукта  $d_4^{20}$ , если его  $d_4^{15} = 0,7586$ .
- 2) Определить относительную плотность нефтепродукта  $d_4^{20}$ , если его  $d_4^{40} = 0,872$ .
- 3) Относительная плотность бензиновой фракции  $d_4^{20} = 0,7560$ . Какова относительная плотность этой фракции при 50 °С?
- 4) Плотность нефтяной фракции  $d_4^{20} = 0,870$ , определить для этой фракции значение  $d_{20}^{20}$ .
- 5) Определить относительную плотность  $d_4^{20}$  нефтепродукта, если для него  $d_{20}^{20} = 0,824$ .

# Задачи

- 9) Определить молекулярную массу нефтяных фракций, средняя температура кипения которых 110, 130 и 150 °С.
- 10) Смесь состоит из двух компонентов. Масса каждого компонента 1500 кг; молекулярная масса  $M_1 = 100$ ,  $M_2 = 150$ . Определить среднюю молекулярную массу смеси.
- 11) Смесь состоит из 60 кг н-пентана, 40 кг н-гексана и 20 кг н-гептана. Определить среднюю молекулярную массу смеси.
- 12) Определить среднюю молекулярную массу широкой фракции, состоящей из 20% бензина с  $M = 110$ , 40% лигроина с  $M = 150$ , 20% керосина с  $M = 200$  и 20% газойля с  $M = 250$ .
- 13) Определить среднюю молекулярную массу узкой фракции прямой перегонки плотностью  $d_{15}^{15} = 0,758$ .
- 14) Определить среднюю молекулярную массу нефтепродукта, имеющего среднюю температуру кипения 100°C и характеристический фактор  $K = 11,8$ .
- 15) Определить среднюю молекулярную массу фракции, имеющей плотность  $d_{15}^{15} = 0,785$ .
- 16) Определить среднюю молекулярную массу нефтепродукта, имеющего плотность  $d_4^{20} = 0,856$ .