

## Индивидуальные задания к лабораторной работе №1

**1.3.1** Плотность нефти при температуре 20 °С равна 845 кг/м<sup>3</sup>. Вычислить плотность той же нефти при температуре 5 °С. (Использовать формулы (1.5) и (1.7)).

Ответ. 855,5 кг/м<sup>3</sup>.

**1.3.2** Плотность нефти при температуре 5 °С составляет 875 кг/м<sup>3</sup>. Вычислить плотность той же нефти при температуре 20 °С. (Использовать формулы (1.5) и (1.7)).

Решение

Согласно (1.6) имеем уравнение:

$$875 = \rho_{20} \cdot \left[ +\xi \left( 20 - 5 \right) \right]$$

Коэффициент  $\xi$  полагаем сначала соответствующим плотности нефти при  $T = 5$  °С:  $\xi = 0,000782$  (табл. 1.9). Тогда:

$$\rho_{20} = \frac{875}{\left( + 0,000782 \cdot 15 \right)} = 864,9 \text{ кг/м}^3.$$

Поскольку найденное значение плотности  $\rho_{20}$  принадлежит тому же интервалу, для которого принято значение коэффициента  $\xi$ , то полученный результат в дальнейшем уточнении не нуждается.

Ответ. 864,9 кг/м<sup>3</sup>.

**1.3.3** Плотность зимнего дизельного топлива при температуре 12 °С составляет 840 кг/м<sup>3</sup>. Какова будет его плотность при температуре 18 °С?

Решение

Согласно (1.5) имеем

$$840 = \rho_{20} \cdot \left[ +\xi \left( 20 - 12 \right) \right] \quad \rho_{18} = \rho_{20} \cdot \left[ +\xi \left( 20 - 18 \right) \right]$$

Отсюда получаем:

$$\frac{840}{\rho_{18}} = \frac{1 + 8\xi}{1 + 2\xi}; \quad \rho_{18} = 840 \cdot \frac{1 + 2\xi}{1 + 8\xi}.$$

Если положить  $\xi = 0,000882$  таким же, как и для нефти с плотностью 820–839 кг/м<sup>3</sup>, то для  $\rho_{18}$  получаем:

$$\rho_{18} = 840 \left( + 2 \cdot 0,000882 \right) \left( + 8 \cdot 0,000882 \right) = 835,6 \text{ кг/м}^3$$

Тогда

$$\rho_{20} = 840 / \left[ + 0,000882 \cdot \left( 20 - 12 \right) \right] = 834,1 \text{ кг/м}^3.$$

Это значение находится в том же диапазоне плотностей, для которого справедливо выбранное значение  $\xi = 0,000882$ , следовательно, полученный результат в дальнейшем уточнении не нуждается.

Ответ. 835,6 кг/м<sup>3</sup>.

**1.3.4** Уровень нефти ( $\rho_{20}=850$  кг/м<sup>3</sup>) в вертикальном цилиндрическом резервуаре составлял утром 9 м, считая от дна резервуара. Определить, насколько изменится этот уровень днем, когда средняя температура жидкости увеличится на 7 °С.

Решение

Запишем уравнение (1.5) для двух значений плотности – утренней и дневной:

$$\rho_{ут} = \rho_{20} \cdot \left[ 1 + \xi (20 - T_{ут}) \right] \quad \rho_{дн} = \rho_{20} \cdot \left[ 1 + \xi (20 - T_{дн}) \right]$$

где  $\rho_{ут}$ ,  $\rho_{дн}$  и  $T_{ут}$ ,  $T_{дн}$  – утренние и дневные плотности нефти и температуры, соответственно.

Из этих уравнений находим изменение плотности  $\Delta\rho$ :

$$\Delta\rho = \rho_{ут} - \rho_{дн} = \rho_{20} \cdot \xi \cdot (T_{дн} - T_{ут}) = 850 \cdot 0,000831 \cdot 7 = 4,94 \text{ кг/м}^3.$$

Поскольку масса нефти в резервуаре не изменилась, то должны иметь место равенства:

$$\rho_{ут} H_{ут} S = \rho_{дн} H_{дн} S \Rightarrow \rho_{ут} H_{ут} = \rho_{дн} H_{дн},$$

где  $S$  – площадь дна и  $H$  – уровень нефти в резервуаре.

Можно записать:

$$\rho_{ут} H_{ут} = \rho_{дн} \cdot (H_{ут} + \Delta H),$$

где  $\Delta H$  – изменение уровня нефти в резервуаре.

Тогда:

$$\Delta H = \frac{H_{ут} \cdot (\rho_{ут} - \rho_{дн})}{\rho_{дн}} = \frac{H_{ут} \cdot \Delta\rho}{\rho_{дн}}.$$

Дневная плотность нефти  $\rho_{дн}$  нам неизвестна. Но она незначительно отклоняется от плотности нефти при 20 °С, т. е. от 850 кг/м<sup>3</sup>, поэтому с достаточной степенью точности имеет место равенство:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_{дн}} = \frac{4,94}{850} = 5,812 \cdot 10^{-3}.$$

Тогда находим  $\Delta H$ :

$$\Delta H = 9 \cdot 5,812 \cdot 10^{-3} = 52,3 \cdot 10^{-3}, \quad \text{м}$$

Ответ. Уровень нефти повысится на 5,23 см.

**1.3.5** В вертикальном цилиндрическом резервуаре  $d = 4$  м хранится 100 т нефти, плотность которой при 0 °С  $\rho_0 = 850$  кг/м<sup>3</sup>. Определить изменение уровня в резервуаре при изменении температуры нефти от 0 до 30 °С. Расширение резервуара не учитывать. Коэффициент теплового расширения нефти принять равным  $\xi = 0,00072$  1/градус.

Решение

Объем, занимаемый нефтью при температуре 0 °С:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100 \cdot 10^3}{850} = 118 \text{ м}^3.$$

В соответствии с формулой (1.5) изменение объема при изменении температуры на 30 °С:

$$\Delta V = \beta_r V \Delta T = 0,00072 \cdot 118 \cdot 30 = 2,55 \text{ м}^3.$$

Изменение уровня нефти в резервуаре:

$$\Delta h = \frac{4\Delta V}{\pi d^2} = \frac{2,55 \cdot 4}{3,14 \cdot 16} = 0,203 \text{ м}.$$

Ответ. Уровень нефти повысится на 0,203 м.

1. Переведите плотность нефти при температуре 20 °С (см условие задачи 1.3.1) в градусы API.
2. Построить зависимости плотности нефти от содержания смол и от содержания асфальтенов по данным табл. 1.1 и от содержания парафинов – по данным табл. 1.2. Охарактеризовать вид полученной зависимости.
3. Сравнить плотность углеводородов разных классов (алканы, нафтены, арены) с одинаковым числом атомов углерода, используя таблицы П1, П2, П3 Приложения. Сделать заключение по изменению плотности углеводорода в зависимости от класса.
4. Выполненное задание оформить в виде отчета.

Таблица 1.11

*Исходные данные к индивидуальным заданиям*

№ варианта	Задача 1.3.1		Задача 1.3.2		Задача 1.3.3		
	$\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	$t_2$ , °С	$t_1$ , °С	$\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	$t_1$ , °С	$\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	$t_2$ , °С
1	750	10	10	940	10	940	16
2	755	8	8	935	8	935	12
3	760	3	3	930	3	930	10
4	765	6	6	925	6	925	18
5	770	9	9	920	9	920	15
6	775	12	12	915	12	915	19
7	780	24	19	910	14	910	18
8	785	17	17	905	17	905	21
9	790	4	4	900	4	900	14
10	795	1	1	895	1	895	6

11	800	11	11	890	11	890	17
12	805	14	14	880	14	880	22
13	810	15	15	870	15	870	19
14	815	7	7	855	7	855	13
15	820	14	14	845	14	845	18
16	825	3	3	835	3	835	7
17	830	10	10	830	10	830	14
18	835	15	15	825	9	825	17
19	840	8	8	820	8	820	12
20	845	18	18	810	18	810	23
21	850	23	19	805	19	805	24
22	860	12	12	800	12	800	17
23	865	16	16	790	15	790	19
24	870	11	11	780	11	780	15
25	875	14	14	770	14	770	21
26	880	9	9	855	9	855	22
27	885	7	7	875	7	875	12
28	890	5	5	890	5	890	18
29	895	15	15	850	15	850	29
30	900	10	10	830	10	830	17

Таблица 1.12

## Исходные данные к индивидуальным заданиям

№ варианта	Задача 1.3.4			Задача 1.3.5*				
	$\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	$H$ , м	$+\Delta t$ , °C	$d$ , м	$m$ , т	$\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C
1	750	10,2	8	12	940	940	10	1
2	755	8,5	5	15	1870	935	8	13
3	760	7,8	7	19	2967	930	3	12
4	765	6,5	6	23	4300	925	6	16
5	770	9,2	10	34	9060	920	9	0
6	775	10,0	8	46	16000	915	12	27
7	780	9,4	5	10	855	910	14	3
8	785	7,4	7	15	1810	905	17	7
9	790	5,9	6	19	2835	900	4	13
10	795	7,9	10	21	4385	895	9	15
11	800	11,4	8	28	9167	890	11	19
12	805	10,3	5	40	18390	880	14	28
13	810	7,6	7	46	25750	870	15	30
14	815	8,7	6	61	40600	855	7	16
15	820	9,3	10	89	87540	845	14	29
16	825	8,3	8	12	850	835	3	21
17	830	8,0	6	15	1710	830	10	26
18	835	10,1	7	19	2475	825	15	28
19	840	8,6	9	23	3770	820	8	22
20	860	9,5	8	34	8028	815	9	25
21	865	8,7	7	46	14175	810	11	23
22	870	7,9	6	10	757	805	14	30
23	875	10,2	9	15	1600	800	15	3
24	880	6,9	5	19	2500	795	7	24
25	885	8,2	8	21	3870	790	14	2
26	890	9,0	7	28	9200	895	8	28
27	895	8,5	6	40	17800	855	10	30
28	900	7,4	9	46	25160	850	15	25
29	845	8,9	5	61	42000	885	13	27
30	810	9,0	12	89	84400	815	16	32

\* — коэффициент  $\xi$  принять по табл. 1.9.

## 1.4. Приложение

Таблица П1

*Физические свойства некоторых метановых углеводородов [1]*

Углеводород	Формула	Молекулярная масса	Плотность, г /см <sup>3</sup>	Показатель преломления	Температура, °С	
					застывания	кипения
Метан	СН <sub>4</sub>	16,04	0,3000	–	–	–161
Этан	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	30,07	0,4570	–	–	–88
Пропан	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	44,09	0,5077	–	–	–42
Бутан	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	58,12	0,5845	–	–	–0,5
Пентан	С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub>	72,15	0,6312	1,3575	–	+36,0
Гексан	С <sub>6</sub> Н <sub>14</sub>	86,17	0,6640	1,3748	–	68,7
Гептан	С <sub>7</sub> Н <sub>16</sub>	100,20	0,6882	1,3876	–90,6	98,5
Октан	С <sub>8</sub> Н <sub>18</sub>	114,22	0,7069	1,3974	–56,8	125,7
Нонан	С <sub>9</sub> Н <sub>20</sub>	128,25	0,7217	1,4054	–53	150,8
Декан	С <sub>10</sub> Н <sub>22</sub>	142,28	0,7341	1,4119	–30	174
Ундекан	С <sub>11</sub> Н <sub>24</sub>	156,30	0,6442	1,4172	–26,5	196
Додекан	С <sub>12</sub> Н <sub>26</sub>	170,33	0,7526	1,4216	–12	216
Тридекан	С <sub>13</sub> Н <sub>28</sub>	184,35	0,7607,	1,4256	–6,2	235,4
Тетрадекан	С <sub>14</sub> Н <sub>30</sub>	198,38	0,7677	1,4289	+6,5	253
Пентадекан	С <sub>15</sub> Н <sub>32</sub>	212,41	0,7721	1,4319	+10	271
Гексадекан	С <sub>16</sub> Н <sub>34</sub>	226,43	0,7773	1,4345	+18,0	287

Таблица П2

*Физические свойства некоторых нефтяных углеводородов [1]*

Углеводород	Формула	Молекулярная масса	Плотность	Показатель преломления	Температура, °С	
					застывания	кипения
Циклопропан	$C_3H_6$	42,07	0,6720 (при -30 °С)	–	–	32,8
Циклобутан	$C_4H_8$	56,10	0,6946	–	-65	12,5
Циклопентан	$C_5H_{10}$	70,13	0,7454	1,3650	-93	49,3
Циклогексан	$C_6H_{12}$	84,15	0,7785	1,4065	+6,5	80,7
Циклогептан	$C_7H_{14}$	93,18	0,8100	1,4262	-12	118,8
Циклооктан	$C_8H_{16}$	112,21	0,8305	1,4490	+14,4	151,1
Циклононан	$C_9H_{18}$	126,23	0,8503	1,4587	–	178,4
Декалин	$C_{10}H_{18}$	138,25	0,8963	1,4666	-43	197,7
Адамантин	$C_{10}H_{16}$	136,24	1,07	–	269	–
Дициклогексил	$C_{12}H_{22}$	166,3	0,8644	1,4776	+28	238,5

Таблица П3

*Физические свойства некоторых ароматических углеводородов [1]*

Углеводород	Формула	Молекулярная масса	Плотность	Температура, °С		Показатель преломления
				плавления	кипения	
Бензол	$C_6H_6$	78,00	0,8790	+5,5	80,1	1,5017
Нафталин	$C_{10}H_8$	128,18	1,170	+80,2	218,0	1,58
Антрацен	$C_{14}H_{10}$	178,24	1,220	+216	342,0	–
Пирен	$C_{16}H_{10}$	202,26	1,287	+150	362,0	–

