

Расчет состава продукции скважин в системах сбора и подготовки

Цель работы: определить соотношение компонентов изменяющейся системы исходя из общепринятых способов выражения состава с учетом материального баланса.

Теоретическая часть

Нефть представляет собой сложное многокомпонентное природное соединение, состоящее в основном из углеводородов, меняющих свое агрегатное состояние при изменении термобарических условий на пути пласт – скважина – система сбора – установка подготовки – товарный резервуар.

Попутный нефтяной газ – часть пластовой нефти, состоящая из легких углеводородов, паров нефти и воды, а так же – неуглеводородных компонентов (двуокись углерода, сероводород, гелий, водород, азот).

Нефтепромысловые воды так же сложные многокомпонентные системы – истинные и коллоидные растворы минеральных солей, нафтеновых кислот и других компонентов в воде.

В процессе сбора и подготовки продукции скважин нефтяных промыслов возникают задачи расчета составов и свойств смесей газов, нефтей и пластовых вод разных горизонтов. При решении этих задач очень важно правильно определить соотношение компонентов изменяющейся системы исходя из общепринятых способов выражения состава с учетом материального баланса.

Практическая часть

Задача 1.1. В смеси нефтей содержится (т) соответственно:

нефти первого -	276
второго -	187
третьего -	265

Определить молярную долю каждой нефти в смеси, если молярная масса (кг/к-моль)

нефти первого -	234	
второго -	192	
третьего -	131	соответственно

Решение. Определяют число молей нефти каждого горизонта отдельно и смеси нефтей в целом. По формуле находят число молей нефти первого горизонта:

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{276}{234} \cdot 1000 = 1179 \text{ к-моль}$$

Аналогично рассчитывают число молей нефти других горизонтов. Они соответственно равны:

$$\begin{aligned} n_2 &= 974 \text{ к-моль} \\ n_3 &= 2023 \text{ к-моль} \end{aligned}$$

Общее число молей нефти в смеси составляет:

$$\sum_{i=1}^3 n_i = 1179 + 974 + 2023 = 4176 \text{ к-моль}$$

Тогда молярные доли каждой нефти в смеси, определенные по формуле, соответственно равны для первого горизонта

$$N_1 = \frac{n_1}{\sum_{i=1}^3 n_i} = \frac{1179}{4176} = 0.282$$

Аналогично второго - 0.233 ; третьего - 0.484

Задача 1.2. При приготовлении рекомбинированной пробы смешивают

пропана - 132 м³

изобутана - 86 м³

нормального бутана - 21 м³

Определить объемную долю отдельных компонентов смеси.

Решение. По формуле объемная концентрация пропана равна:

$$v_i = V_i / \sum_{i=1}^r V_i = 132 / (132 + 86 + 21) = 0.552$$

Аналогично - $v_2 = 0.36$ $v_3 = 0.088$

Задача 1.3. Рассчитать молярную и массовую доли нефти в водонефтяной эмульсии, если

объемная доля воды в ней 53 % (обводненность эмульсии)

Известно, что молярная масса нефти 276 кг/к-моль

плотность 878 кг/м³, плотность воды 1098 кг/м³.

Решение. При известной молярной массе воды, равной 18 кг/к-моль, по формуле находят молярную долю нефти в эмульсии:

$$N_n = \frac{\rho_n v_n}{M_n \sum_{i=1}^r \frac{\rho_i v_i}{M_i}} = \frac{878 \cdot 0.53}{276 \cdot \left(\frac{878 \cdot 0.53}{276} + \frac{1098 \cdot 0.53}{18} \right)} = 0.05$$

$$v_n = 1 - 0.53 = 0.47$$

по формуле находят массовую долю нефти в эмульсии

$$q_i = \frac{\rho_i v_i}{\sum_{i=1}^r \rho_i v_i} = \frac{878 \cdot 0.47}{878 \cdot 0.47 + 1098 \cdot 0.53} = 0.44$$

Задача 1.4. Определить молярную долю метана в нефтяном газе, образующемся в результате смешивания

газа I горизонта 78 м³

газа II горизонта 205 м³

Молярный состав газов, %:

I горизонт – сероводород 5, двуокись углерода 18, азот 34
метан - 33, этан 8, бутан 2;

II горизонт: метан 57, этан 19, пропан 18, бутан 3
пентан 3. Объемы газов определены в нормальных условиях.

Решение. В соответствии с формулой молярная доля метана в общей смеси двух многокомпонентных газов различного состава будет:

$$N_{\text{CH}_4} = \sum_{j=1}^2 N_{\text{CH}_4 j} V_j / \sum_{j=1}^r V_j = \frac{0.33 \cdot 78 + 0.57 \cdot 205}{78 + 205} = 0.504$$

Задача 1.5. Смесь газов двух горизонтов очищается от неуглеводородных компонентов. Определить состав смеси после их удаления.

Решение. Состав смеси газов после очистки от неуглеводородных компонентов можно рассчитать предварительно определив состав исходной смеси, подвергающейся очистке. Но так как неуглеводородные компоненты удаляют полностью, то состав смеси после очистки может быть определен сразу по уравнению, получаемому в результате комбинации уравнений:

$$N_{i0} = \frac{N_{i1} V_1 + N_{i2} V_2}{V_2 - (1 - \sum_{i=1}^3 N_{iy})} = \frac{0.1 \cdot 78 + 0.8 \cdot 205}{205 + 78 [1 - (0.2 + 0.2 + 0.4)]} = 0.779$$

Аналогично: $N_{\text{C}_2\text{H}_6} = 0.039$; $N_{\text{C}_3\text{H}_8} = 0.062$; $N_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 0.14$;

$N_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 0.016$.

Задача 1.6. Пластовые нефти трех горизонтов по единому сборному коллектору попадают на установку подготовки нефти. Определить состав получающегося нефтяного газа, если в сборный коллектор поступает (м³/сут):

нефти первого 215

второго 98

третьего 340

Газосодержание пластовых нефтей этих горизонтов соответственно составляет, м³/м³;

первого 100

второго 55

третьего 37.5

Объем газа приведен к стандартным условиям и представлен в табл.

Состав газа ОСР по горизонтам

Горизонт	Объемное содержание компонентов						
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂ +высш	CO ₂	N ₂
первый	49.9	12	19.9	10.9	4.7	0.1	2.5
второй	67.2	12.2	8.7	5.4	4.3	0.1	2.1
третий	49.8	12.9	17.6	11.3	5.4	0.2	2.8
коллектор	52	12.3	17.6	10.3	4.9	0.1	2.5

Решение. Состав нефтяного газа можно рассчитать по уравнению, которое, так как для газов в первом приближении молярная доля равна объемной, для конкретных условий задачи принимает вид:

$$N_{is} = \frac{\sum_{j=1}^3 v_{ij} Q_{Hj} \Gamma_j}{\sum_{j=1}^r Q_{Hj} \Gamma_j}$$

Тогда объемная доля метана в нефтесборном коллекторе будет равна:

$$N_{CH_4} = \frac{49.9 \cdot 215 \cdot 100 + 67.2 \cdot 98 \cdot 55 + 49.8 \cdot 340 \cdot 37.5}{215 \cdot 100 + 98 \cdot 55 + 340 \cdot 37.5} = 52 \%$$

Результаты аналогичных расчетов для других компонентов попутного нефтяного газа смеси нефтей приведены в последней строке табл.

Задача 1.7. Определить массовую и мольную доли растворенного в пластовой нефти газа и молярную массу пластовой нефти, если газосодержание нефти $\Gamma_0 = 340 \text{ м}^3/\text{м}^3$, плотность газа $\rho_g = 1.1 \text{ кг/м}^3$, плотность сепарированной нефти $\rho_n = 794 \text{ кг/м}^3$, а молярная масса сепарированной нефти $M_n = 158 \text{ кг/к-моль}$.

Решение. По формуле определяют массовую долю растворенного газа:

$$q_g = \frac{\Gamma_0 \rho_g}{\rho_n + \Gamma_0 \rho_g} = \frac{340 \cdot 1.1}{794 + 340 \cdot 1.1} = 0.32$$

Молярная доля растворенного газа может быть рассчитана по уравнению:

$$N_g = \frac{1}{1 + \frac{24.05 \rho_n}{\Gamma_0 M_n}} = \frac{1}{1 + \frac{24.05 \cdot 794}{340 \cdot 158}} = 0.74$$

Молярная масса пластовой нефти может быть найдена из

$$M_{\text{нГ}} = M_{\text{н}} \frac{1 + \Gamma_0 \frac{\rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{н}}}}{1 + \Gamma_0 \frac{M_{\text{н}}}{\rho_{\text{н}} 24,05}} = 158 \cdot \frac{1 + \frac{340 \cdot 1.1}{794}}{1 + \frac{340 \cdot 158}{794 \cdot 24.05}} =$$

$$= 77 \text{ кг/к-моль}$$