

Башурова Дарья Евгеньевна, магистрант,
Тюменский индустриальный университет, г.Тюмень

ВЫБОР ТИПОРАЗМЕРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ГРАВИТАЦИОННЫХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ГАЗА ОТ НЕФТИ (1-Я СТУПЕНЬ СЕПАРАЦИИ)

Аннотация: Данная статья посвящена проблеме отделения газа от нефти на первой ступени сепарации в условиях нефтяных и газовых производств. Процесс отделения играет ключевую роль в обработке нефтяных продуктов.

Ключевые слова: сепаратор, расчет, пропускная способность.

Технологический (гидравлический) расчет гравитационных сепараторов ведется на пропускную способность по газу и (или) по жидкости. В первом случае газ рассматривается в виде сплошной фазы (сплошного потока), поднимающейся снизу вверх в сепараторе, а жидкость – в виде отдельных капель, опускающихся в потоке газа в нижнюю часть аппарата. При расчете на пропускную способность по жидкости она рассматривается в виде сплошной фазы, а газ – в виде отдельных пузырьков, всплывающих в опускающемся или поднимающемся слое жидкости.

Исходные данные, необходимые для решения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

Параметр	Обозначение	ед. изм.	количество
количество добывающих скважин	$N_{скв}$	шт	50
средний дебит одной скважины по нефти	q_n	т/сут	44
средний газовый фактор (газонасыщенность пластовой нефти)	Γ_f	$м^3/т$	92
плотность нефти дегазированной	$\rho_{н.д}$	$кг/м^3$	870
вязкость нефти дегазированной	$\mu_{н.д}$	$мПа \times с$	8,0
давление сепарации (1ая ступень)	$P_{сеп.1}$	МПа	0,45
температура сепарации	$T_{сеп}$	К	284
вязкость газа при условиях сепарации	$\mu_{г.с}$	$мПа \times с$	0,01
длина нефтесборного коллектора	L_k	км	17,4
давление в сепараторах 1-ой ступени (ЦСП)	$P_{сеп.2}$	МПа	0,12
давление насыщения нефти газом	$p_{нас}$	МПа	11,4
повышение отметки ЦСП над ДНС	ΔH	м	73
коэффициент запаса по производительности (пропускной способности) нефтесборного коллектора, доли единиц	K_z		1,2
плотность газа (стандартные условия)	$\rho_{го}$	$кг/м^3$	1,32

Для выбора сепаратора необходимо рассчитать его нагрузку по газу, которую можно определить по методике ступенчатого разгазирования нефти [1].

Количество газа, выделяющееся из каждой тонны нефти в сепараторе, приведенное к нормальным условиям, может быть рассчитано по формуле

$$G = \Gamma_T R [D_1 (1 + R) - 1],$$

где Γ_T — газонасыщенность пластовой нефти, $м^3/т$, объем газа приведен к нормальным условиям;



$$R = \frac{\lg \frac{p_1}{p_{s20}}}{\lg(10p_{s20})},$$

p_{s20} — давление насыщения нефти при 20°C, МПа;

$$D_1 = 4,06(\bar{p}_w \bar{p}_r - 1,045),$$

$$\bar{p}_w = \frac{p_w}{1000},$$

ρ — плотность дегазированной нефти при 20°C и атмосферном давлении, кг/м³; ρ_r — относительная (по воздуху) плотность газа однократного разгазирования нефти.

Рассчитывают вспомогательные коэффициенты

$$R = \frac{\lg \frac{0,45}{11,4}}{\lg(10 \times 11,4)} = -0,68,$$

$$\bar{p}_w = \frac{870}{1000} = 0,87,$$

$$\bar{p}_r = \frac{p_{20}}{p_d} = \frac{1,32}{1,205} = 1,095,$$

ρ_r - плотность воздуха при 20°C

$$D_1 = 4,06 (0,87 \cdot 1,095 - 1,045) = -0,37.$$

Зная вспомогательные коэффициенты, находят количество газа, выделяющееся из каждой тонны нефти при условиях в газонефтяном сепараторе,

$$G = \Gamma T R [D_1 (1 + R) - 1] = 92 (-0,68) [(-0,37) (1 - 0,68) - 1] = 69,97 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Суточный дебит всех скважин

$$Q_n = q_n \cdot N_{\text{скв}} = 44 \cdot 50 = 2200 \text{ т/сут},$$

или

$$Q_n^v = Q_n / \rho = 2200 / 0,86 = 2558 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Количество газа, поступающего в сепаратор в свободном состоянии вместе с нефтью

$$Q_{20} = G \times Q_w = 69,97 \times 2558 = 178983,26 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Плотность газа при температуре и давлении в сепараторе

$$p_r = p_{20} \times \frac{p}{p_0} \times \frac{T_0}{T} \times \frac{z_0}{z} = 1,32 \times \frac{0,45}{0,1} \times \frac{293}{284} \times 0,95 = 5,8 \text{ кг/м}^3.$$

С учетом формул (6), (7) и условия (1) при $v_r = w$ (при d_v не более 80 мкм по формуле Стокса) определяется внутренний расчетный диаметр вертикального гравитационного сепаратора. В таблице представлены результаты расчетов.

Таблица

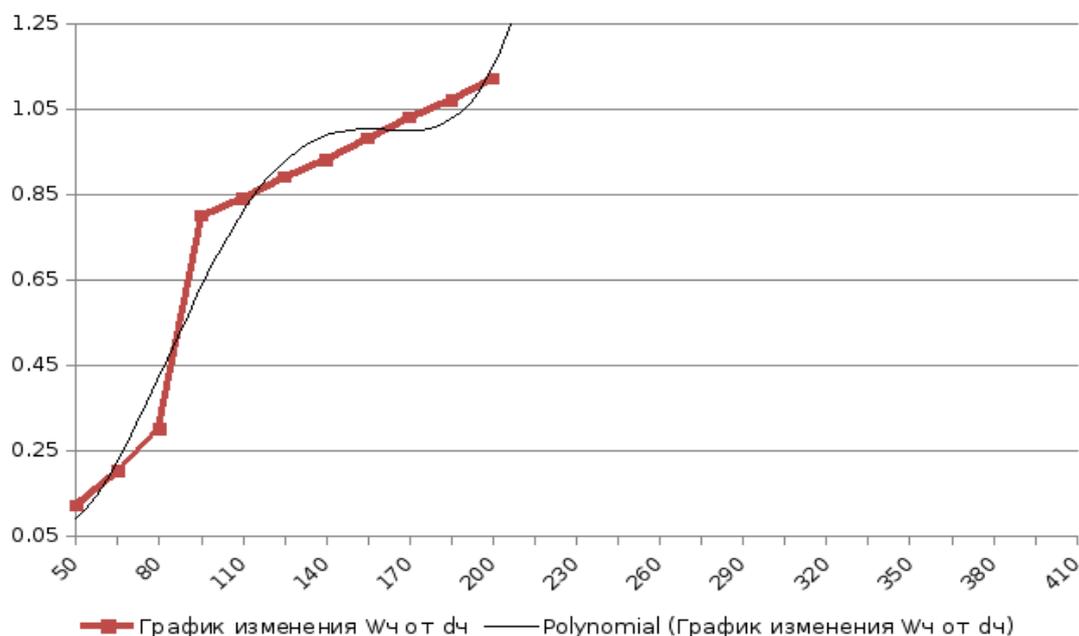
Значение d_v , мкм	Значение w , м/с	Значение D , м
50	0,12	2,12
65	0,2	1,64
80	0,3	1,34

С учетом формул (6), (7) и условия (1) при $v_r = w$ (при d_v 300-800 мкм по ф-ле Аллена) определяется внутренний расчетный диаметр вертикального гравитационного сепаратора

Значение d_v , мкм	Значение w , м/с	Значение D , м
305	0,8	0,82
350	0,93	0,76
410	1,12	0,69

Строим график изменения w от d_v





по данному графику определяем при $d_{ч}=100$ мкм, $W_{ч}=0,4$ м/с
 определяется внутренний расчетный диаметр вертикального гравитационного сепаратора

$$D_{ч} = \left(\frac{1,474 \times 10^{-9} \times Q_0 \times P_0 \times T \times Z}{V_r \times P \times T_0 \times Z_0} \right)^{0,5}$$

$$D_{ч} = \left(\frac{1,474 \times 10^{-9} \times 178983,26 \times 0,1 \times 284 \times 0,95}{0,4 \times 0,45 \times 293 \times 1} \right)^{0,5} = 1,16 \text{ м}$$

Выбирается ближайший больший стандартный размер (диаметр) сепаратора (табл. 1).
 Характеристика вертикальных сепараторов

Таблица 1

Условный диаметр сепаратора, м	Рабочее давление (максимальное), МПа	Максимальная пропускная способность по газу, тыс. м ³ /сут	Высота корпуса, м
0,4	1,6	80,0	3,525
0,6	0,6	100,0	3,630
	1,6	180,0	3,630

Подходит сепаратор: $D = 1,2$ м; $P = 0,6$ МПа; $H = 3,9$ м; $Q_{го} = 400000$ м³/сут.

Определяется расчетный диаметр горизонтального гравитационного сепаратора

$$D_{ч} = \left(\frac{1,474 \times 10^{-9} \times Q_w \times P_0 \times T \times z}{V_d \times L \times P \times T_0 \times z_0} \right)^{0,5}$$

$$D_{ч} = \left(\frac{1,474 \times 10^{-9} \times 178983,26 \times 0,1 \times 284 \times 0,95}{0,4 \times 3 \times 0,45 \times 293 \times 1} \right)^{0,5} = 0,67 \text{ м}$$

где L – длина сепаратора – расстояние между входным и выходным патрубками сепаратора, м (можно принять $L = 3$ м).



Выбирается стандартный диаметр сепаратора (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика сепараторов типа НГС

Сепарационная установка	Максимальное рабочее давление, МПа	Диаметр сепаратора, м	Пропускная способность (максимальная)	
			по газу, тыс. м ³ /сут.	по жидкости, м ³ /сут
НГС 6-1400	0,6	1,4	150,0	2000,0
НГС 16-1400	1,6	1,4	260,0	2000,0
НГС 6-1600	0,6	1,6	340,0	5000,0
НГС 16-1600	1,6	1,6	590,0	5000,0

Подходит сепаратор: D = 1,4 м; P = 1,6 МПа; L = 3,0 м; Q_{го} = 260000 м³/сут.; Q_ж = 2000 м³/сут.

По результатам расчета на пропускную способность по газу выбирается сепаратор с меньшими габаритами – вертикальный.

Определяется пропускная способность выбранного сепаратора на пропускную способность по жидкости

$$Q_{ж} \leq 86400 \times F \times W, \text{ м}^3/\text{сут.},$$

где F – площадь зеркала (поверхность раздела газовой и жидкой фаз) в сепараторе.

При расчете сепаратора на пропускную способность по жидкости диаметр пузырька газа можно принять равным 0,6 мм.

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ м}^2;$$

$$W = \frac{d_c^2 \times (p_{ж} - p_{г}) \times g}{18 \times \mu_{ж}} = \frac{(0,6 \times 10^{-2})^2 \times (860 - 5,8) \times 9,81}{18 \times 8 \times 10^{-2}} = 0,021 \text{ м/с}$$

$$Q_{ж} = 86400 \times 1,13 \times 0,021 = 2050 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Пропускная способность сепаратора по жидкости, оказалась меньше общего количества нефти, получаемой из скважин (по заданным условиям задачи). Определим размер (диаметр) газовых пузырьков, при котором выполняется условие

$$Q_{ж} = 86400 \times F_0 \times W_0 = 86400 \times \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{d^2 \times (p_{ж} - p_{г}) \times g}{18 \times \mu_{ж}},$$

приняв пропускную способность сепаратора равной заданному количеству нефти.

Отсюда

$$d = \sqrt{\frac{Q_{ж} \times \mu_{ж}}{3768 \times D^2 \times (p_{ж} - p_{г}) \times g}} = \sqrt{\frac{2558 \times 8 \times 10^{-2}}{3768 \times 1,2^2 \times (860 - 5,8) \times 9,81}} = 0,7 \times 10^{-2} \text{ м} = 0,7 \text{ мм.}$$

Таким образом, был выбран сепаратор, соответствующий заявленным требованиям.

Список литературы:

1. Лутошкин Г.С., Дунюшкин И.И. Сборник задач по сбору и подготовке нефти, газа и воды на промыслах: Учеб. пособие. - М.: Недра, 1984.

