

Подоплелов Евгений Викторович,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: uch_sovet@angtu.ru

Дементьев Анатолий Иванович,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: dekan_tf@angtu.ru

Лойко Руслан Дмитриевич,

обучающийся, Ангарский государственный технический университет

РАСЧЕТ ДЛИНЫ ЗОНЫ СЕПАРАЦИИ ГРАВИТАЦИОННОГО ГАЗОВОГО СЕПАРАТОРА

Podoplelov E.V., Dementev A.I., Loiko R.D.

CALCULATION OF THE LENGTH OF THE SEPARATION ZONE OF A GRAVITY GAS SEPARATOR

Аннотация. В работе выполнен расчет длины зоны сепарации горизонтального гравитационного газового сепаратора нефтяного месторождения, предназначенного для отделения капельной жидкости от газа, сбрасываемого на факел.

Ключевые слова: сепаратор, газ, нефть, гравитационное осаждение, каплеуловитель.

Abstract. The work calculates the length of the separation zone of a horizontal gravitational gas separator of an oil field, designed to separate droplet liquid from gas discharged to a flare.

Keywords: separator, gas, oil, gravitational deposition, droplet catcher.

Гравитационные газовые сепараторы широко применяются на нефтегазодобывающих и перерабатывающих предприятиях для очистки попутного нефтяного газа, природного газа, воздуха и других газообразных сред от капельной влаги. Сепараторы могут входить в состав факельных систем, установок подготовки газа, а также газораспределительных сетей и газорегуляторных пунктов. Газовый сепаратор представляет собой горизонтальный цилиндрический аппарат с эллиптическими днищами (рис. 1). Для эффективного обезвоживания газа внутри сепаратора имеются брызгоотбойник и узел фильтров и каплеуловители. Газ поступает через входной штуцер и проходит сначала через брызгоотбойник, где происходит первичное отделение капельной жидкости. Дальнейшее отделение капельной влаги осуществляется в зоне гравитационного осаждения и в каплеуловителях, установленных на выходе из сепаратора. Под действием силы тяжести капельная жидкость оседает в нижнюю часть сепаратора и отводится снизу через штуцер для выхода жидкости. Очищенный газ выходит через штуцер, расположенный в верхней части корпуса.

В работе поставлена цель: рассчитать требуемую длину зоны сепарации (L) горизонтального гравитационного газового сепаратора и время осаждения капель жидкости (τ_{oc}) в зависимости от их размера. В качестве объекта исследования взят горизонтальный газовый сепаратор с внутренним диаметром (D) корпуса 3,2 м. В расчетах принимались следующие исходные данные: объем-

ный расход (V_r) газа 56530 м³/ч, плотность (ρ_r) газа 3,03 кг/м³, коэффициент динамической вязкости (μ_r) газа $0,011 \cdot 10^{-3}$ Па·с, плотность ($\rho_{ж}$) жидкости 926 кг/м³.

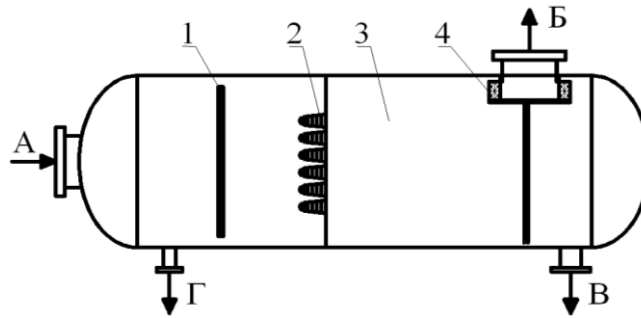


Рисунок 1 – Схема гравитационного газового сепаратора:

1 – брызгоотбойник; 2 – узел фильтров; 3 – зона гравитационного осаждения; 4 – каплеуловители; А – вход технологического газа; Б – выход технологического газа; В – выход жидкости; Г – дренаж

В горизонтальном газовом сепараторе капли жидкости, уносимые потоком газа, движутся вдоль оси сепаратора и вниз – под действием силы тяжести, осаждаюсь внизу сепаратора (рис. 2). За высоту осаждения (H) принимается максимальная высота, т.е. диаметр газового сепаратора (D).

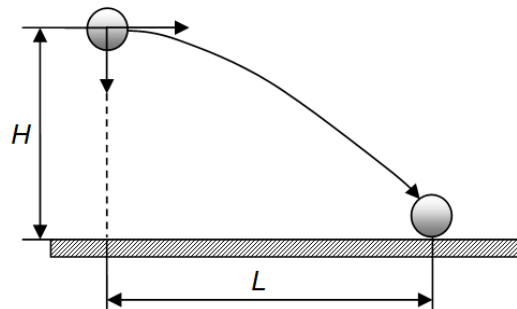


Рисунок 2 – Движение капли жидкости

Время осаждения капель жидкости в зоне сепарации может быть определено:

$$\tau_{oc} = D/W_{oc}, \quad (1)$$

где W_{oc} – скорость осаждения, м/с.

Для определения скорости осаждения, входящую в формулу (1), необходимо предварительно рассчитать критерий Архимеда (Ar) и критерий Рейнольдса (Re). Критерий Архимеда определялся по формуле:

$$Ar = \frac{gd^3 \rho_r^2}{\mu_r^2} \left(\frac{\rho_{ж} - \rho_r}{\rho_r} \right),$$

где: g – ускорение силы тяжести, м/с², d – диаметр капель жидкости, м. По опытным данным Р. И. Щищенко [1], в нефтяных трапах преобладают капли диаметром 100 мкм (0,1 мм), однако для сепараторов природных газов таких данных нет. Поэтому в работе произвольно задавались рядом значений d от

0,08 до 0,7 мм, для которых определялись значения критерия Архимеда. По результатам расчетов значения критерия Архимеда (табл. 1) соответствовали переходному режиму осаждения и находились в интервале $36 \leq \psi \cdot Ar \leq 83000$, где ψ – коэффициент формы (для шарообразных капель $\psi = 1$).

Таблица 1

Результаты расчета длины зоны сепарации при различных значениях диаметра капель жидкости

d , мм	0,08	0,1	0,142	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Ar	116,1	226,7	649,2	765,2	1813,9	6121,8	14510,9	28341,6	48974,2	77769,3
Re	4,6	7,4	15,6	17,5	32,5	77,5	143,5	231,4	342,1	475,9
W_{oc} , м/с	0,21	0,27	0,4	0,42	0,59	0,94	1,3	1,68	2,07	2,47
τ_{oc} , с	15,5	12	8	7,5	5,43	3,4	2,5	1,9	1,5	1,3
L , м	30,21	23,41	15,68	14,73	10,6	6,67	4,8	3,72	3,02	2,53

Зависимость между Re и Ar следующая [2]:

$$\zeta \cdot Re^2 = \frac{4}{3} Ar, \quad (2)$$

где ζ – коэффициент сопротивления. Для переходного режима ζ определяется по формуле:

$$\zeta = 18,5/Re^{0,6}. \quad (3)$$

Подставив (3) в (2) и выразив относительно Re получим:

$$Re = \sqrt[1,4]{\frac{4}{3} \cdot \frac{Ar}{18,5}}.$$

Скорость осаждения:

$$W_{oc} = \frac{Re \cdot \mu_r}{d \cdot \rho_r}.$$

Далее по формуле (1) определялось время осаждения капель жидкости, а затем длина зоны сепарации из соотношения: $L = W_r \cdot \tau_{oc}$, где $W_r = 4V_r/\pi D^2$ – линейная скорость газа.

Результаты расчета приведены в таблице 1. Рассчитаны: критерий Архимеда Ar , критерий Рейнольдса Re , скорость осаждения W_{oc} и время осаждения капель жидкости τ_{oc} , длина зоны сепарации L при различных значениях диаметра капель жидкости d .

По результатам расчетов получены графические зависимости, представленные на рисунках 3 и 4.

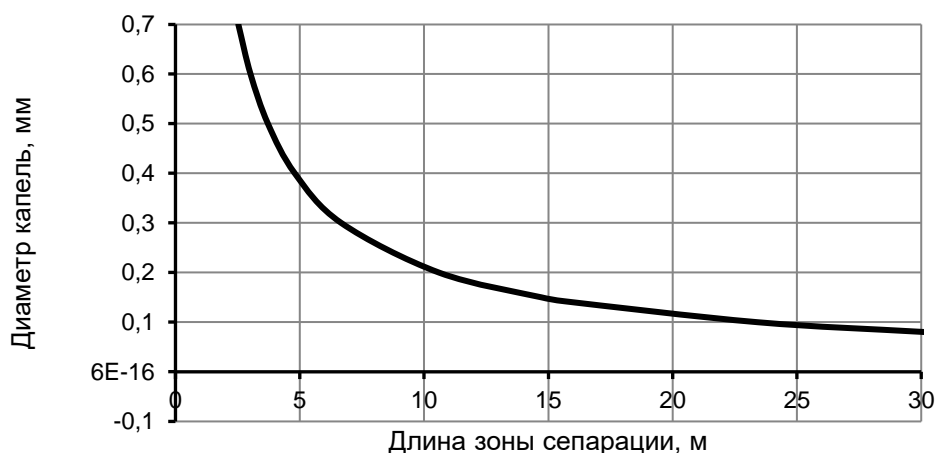


Рисунок 3 – Зависимость диаметра капель от длины зоны сепарации

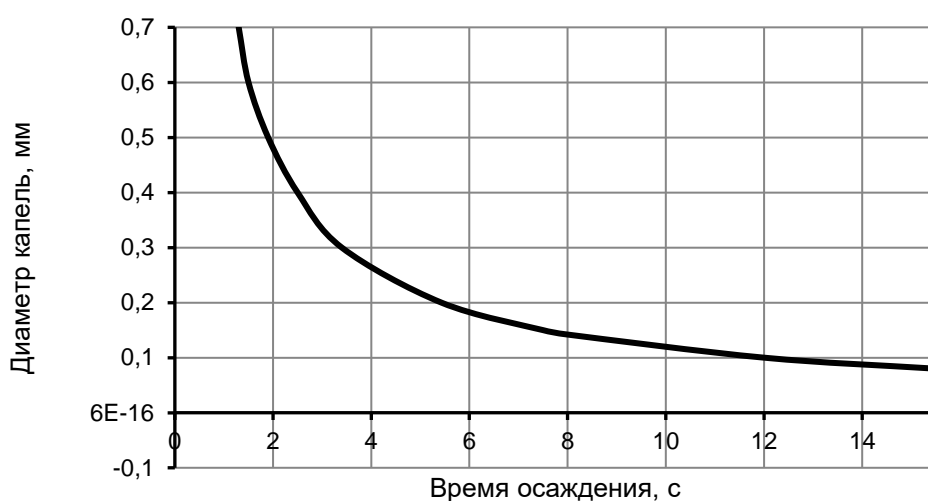


Рисунок 4 – Зависимость диаметра капель от времени осаждения

В заключении можно сделать следующий вывод: с уменьшением диаметра капель жидкости кривые на рисунках 3 и 4 приобретают пологий характер, что приводит к увеличению времени осаждения, а, следовательно, и к значительному увеличению требуемой длины зоны сепарации. Поэтому улавливание более мелких капель целесообразно осуществлять в газовом сепараторе с помощью фильтров и каплеуловителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Базлов, М.Н.** Подготовка природного газа и конденсата к транспорту / М.Н. Базлов, А.И. Жуков, Т.С. Алексеев. – М.: Из-во «Недра», 1968. – 215 с.
2. **Щербин, С.А.** Технологический расчет и оценка эффективности факельного сепаратора высокого давления компрессорной станции Сузунского месторождения / С.А. Щербин, Е.В. Подоплелов, А.И. Дементьев // Вестник Ангарского гос. техн. университета. – 2018. – № 12. – С. 130-135.