

УДК 539.3

В.В.Вилькевич (соиск., каф. МВТС),
Н.Д.Беляев, к.т.н., доц., Е.Б.Михаленко, к.т.н., доц.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЗЫРЬКОВОГО ФАКЕЛА, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ БУРЕНИИ НА ШЕЛЬФЕ

При рассмотрении вопросов безопасности буровых работ на шельфе необходимо учитывать возможность прорыва природного газа из устья скважины и образования пузырькового факела (грифона). Анализ зарубежных и отечественных научных источников информации показывает, что рассмотрению явления грифоно-образования посвящено значительное количество работ [1-5], включающих как теоретическое обоснование характеристик факела и построение математической модели, так и экспериментальные данные.

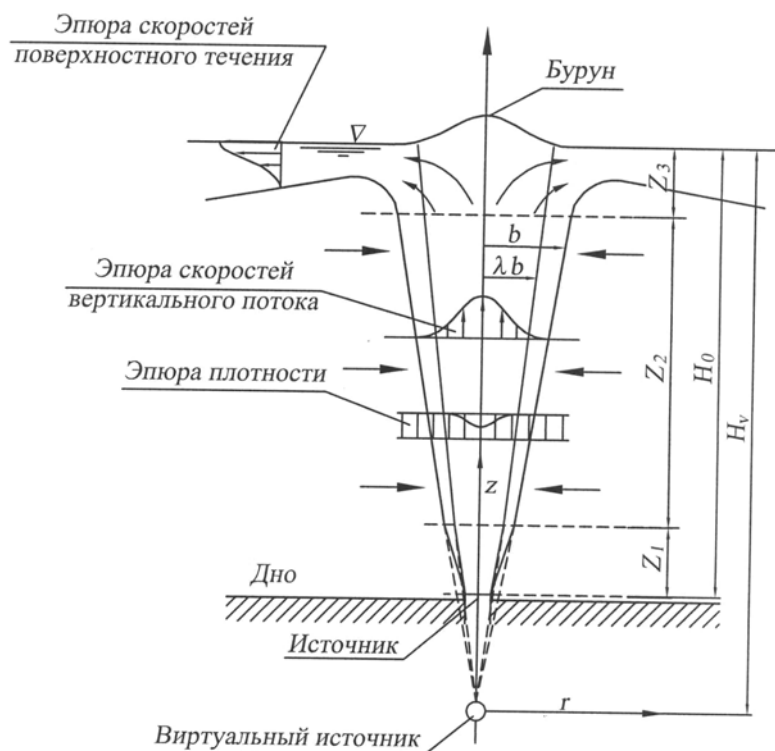


Рис. 1. Основные параметры пузырькового факела.

Пузырьки газа, всплывая, вовлекают воду в турбулентный восходящий поток. По мере приближения этого потока к поверхности моря, его направление изменяется от вертикального к горизонтальному, радиально направленному от центра выхода факела на поверхность (рис. 1) [3]. В результате, в месте выхода восходящего потока на поверхность воды образуется возвышение в виде холма, высота которого по некоторым данным, основанным на натуральных наблюдениях явления, достигает 7–8 метров. Это может привести к

попаданию воды в открытые люки у закоренного плавучего объекта и затоплению не защищенных технологических полостей. Так как газ смешивается с водой, средняя плотность газожидкостного потока меньше плотности окружающей воды, а это значит, что у плавучего объекта изменяется плавучесть и увеличится осадка.

Для того чтобы учитывать воздействие грифона на плавучие объекты, необходимо определить его параметры. Большинство известных решений для параметров факела делят вертикальную структуру пузырькового факела на три четких слоя (три зоны). Первая зона Z_1 – зона, в которой поток формируется под действием струи газа. Вторая зона Z_2 – зона установившегося потока, в которой параметры потока зависят от действия «архимедовой» силы всплывающих пузырьков. Третья зона Z_3 – это зона выхода газа в атмосферу и трансформации вертикального потока в горизонтальный поверхностный поток (см. рис 1).

Экспериментальные исследования показали, что пузырьковый факел имеет воронкообразную форму, в которой можно выделить концентрические объемы: внутренний объем – двухфазный, в котором присутствуют жидкость и пузырьки газа; и внешний объем, в котором пузырьки газа отсутствуют, но вода вовлечена в движение внутренним потоком. Для описания потока во второй зоне в работе [5] было использовано решение для однофазного факела (термического факела) путем введения ряда эмпирических коэффициентов. Для учета двухфазности процесса был предложен коэффициент λ , который является отношением радиуса газосодержащей зоны потока r к радиусу зоны, вовлеченной в движение b (см. рис 1) [1]. Для определения в грифоне местной скорости в точке $U(r,z)$ и плотности в точке $S(r,z)$ многими авторами использовалось распределение Гаусса:

$$U(r,z) = U(z)e^{-\left(\frac{r}{b}\right)^2}; S(r,z) = S(z)e^{-\left(\frac{r}{\lambda b}\right)^2},$$

где $U(z)$ – скорость и $S(z)$ – снижение плотности газа на оси факела на глубине z .

Для улучшения однофазной модели факела и учета процессов захвата (втягивания) окружающей жидкости в поток был введен эмпирический коэффициент α [2], а для учета степени турбулентности потока эмпирический коэффициент γ [4]. Сравнение эмпирических параметров α , λ , γ и относительной скорости всплытия пузырьков (V_s), полученных разными авторами представлено в табл. 1.

Таблица 1.

Автор и год проведения эксперимента	Глубина источника H_0 , м	Расход газа Q_0 , м ³ /с	α	λ	γ	V_s , м/с
Ditmars & Cederwall (1974)	4,3	10^{-4} – $6 \cdot 10^{-3}$	Более 0,08	0,2	–	0,3
Tekeli & Maxwell (1978)	1,0	$0,9 \cdot 10^{-4}$ – $4,5 \cdot 10^{-4}$	0,065–0,084	0,52–0,71	–	0,08– 0,16
Fannelop & Sjoen (1980)	5,5; 10	$5 \cdot 10^{-3}$ – $2 \cdot 10^{-2}$	0,07–0,08 0,1*	0,65±0,1	–	0,3
Milgram & Van Houten (1982)	3,66	$2 \cdot 10^{-4}$ – $2 \cdot 10^{-3}$	0,047–0,083 0,1*	0,8	2	0,35
Milgram (1983)	50	0,024–0,59	0,042–0,1336	0,8	0,83–2,26 1,0*	0,35
Swan & Moros (1993)	1,5	$1,48 \cdot 10^{-4}$	–	–	1,0–2,0	0,35
Barbosa et al. (1996)	0,32	$5 \cdot 10^{-5}$ – $3 \cdot 10^{-5}$	–	–	–	0,365
Engeberetsen et al. (1997)	7	0,083–0,75	0,081	0,9	–	0,3
Fridel (1998)	0,85	$4 \cdot 10^{-4}$ – $1,5 \cdot 10^{-3}$	0,07–0,08	0,68–0,92	1,25–2,29	0,35

*– значения α и γ при выполнении крупномасштабных экспериментов.

Анализ результатов основных параметров пузырькового факела полученных разными авторами показывает, что они существенно отличаются и дополнительное воздействие на

плавучий объект от грифона можно рассчитать только приблизительно с учетом того, какая часть плавучего объекта попадает в его активную зону.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ditmars J.D. Cederwall K. Analysis of air bubble plumes. In Proc. Coastal Engng Conf., Copenhagen, Denmark, 1974, pp. 2209-26.
2. Kobus, H.E., Analysis of flow inducet by air bubble systems. In Proc. Coastal Engng Conf., London, UK, Vol 2, 1968, pp. 1016-31.
3. Markus J.F. Bubble Plumes and Their Interactions with the Water Surface. Diss. ETH №. 12667. Swiss federal institute of technology Zurich. 1998.
4. Milgram J.H., Van Houten P.J. Plumes from subsea wull blowouts. Behavior of offshore structures. – Proceedings of 3rd International Conference. Cambridge, Mass, 1982, vol.1. Washington, 1983. p. 650-684.
5. Morton B.R., Taylor G.I., Turner J.S. Turbulent gravitational convection from maintained and instantaneous sources. Proceedings of Royal Society, Series A Mathematical and Physical Sciences, Vol. 234, 1956. pp. 1-23.