

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТОПЛЕННЫХ СТРУЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДОЕМОВ НЕФТЬЮ

С.Р. Кильдибаева, ассистент

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета
453100, г. Стерлитамак, пр. Ленина, 47а
г. Стерлитамак

Затопленные струи возникают при повреждении трубопровода или скважины на дне водоема. Большой интерес к струям вызван в связи с исследованием траектории распространения струи и таких ее характеристик как: температура, плотность, скорость. Зная данные характеристики, возможно, легко предсказать динамику распространения струи, исследовать её взаимодействие с окружающей средой. При повреждении трубопровода или скважины в случае разработки углеводородных залежей возникают утечки нефти, которые сложно ликвидировать. Исследование затопленных струй позволит предсказать поведение струи.

Масштабы загрязнения водоемов нефтью в большей степени зависят от поля скоростей струи и самих водоемов, глубины залегания трубопроводов, размеров и характера разрывов, а также от интенсивности выбросов и свойств этих жидкостей [1]. Моделирование струи используется для создания математических моделей устройств, предназначенных для сбора нефтепродуктов при их разливе [2,3].

Для моделирования рассмотрим источник истечения нефти и газа на дне водоема. Струю будем рассматривать как последовательность элементов [4] с начальным радиусом b_k , и высотой h_k , плотностью ρ_k , тогда масса элемента $m_k = \rho_k \pi b_k^2 h_k$ (рис. 1).

Запишем закон сохранения масс для струи:

$$\frac{dm_w}{dt} = \rho_w Q_w, \quad \frac{dm_g}{dt} = -\rho_g Q_g, \quad \frac{dm_o}{dt} = 0, \quad (1)$$

где m_i , ρ_i ($i=w,g,o$) – масса и плотность компонент Q_w – объемный поток, вовлекаемой в струю окружающей воды; Q_g – объемный поток газа покидающий струю в связи с искривлением, w, g, o относятся к воде, газу и нефти.

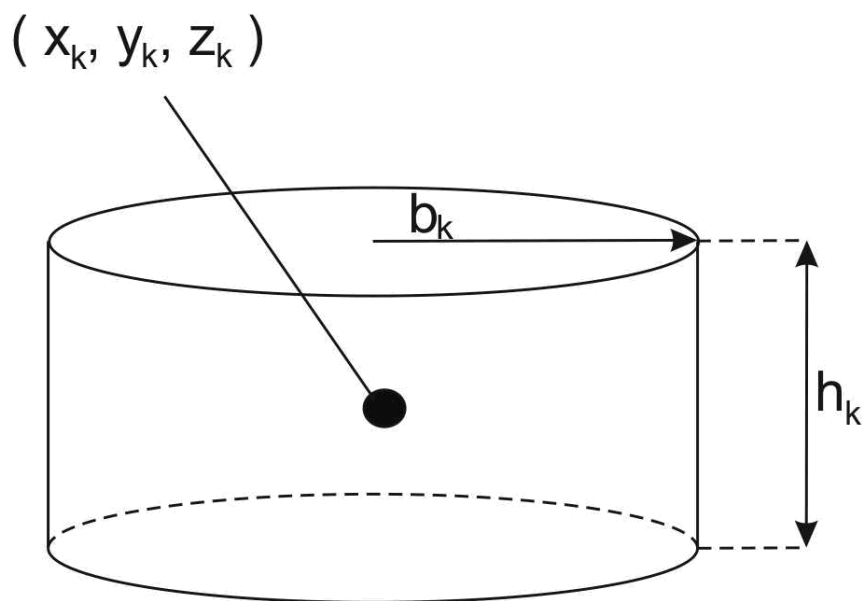


Рис. 1 Схема элемента струи

Уравнения импульсов для КО запишем в виде:

$$\frac{d}{dt} m \vec{V} = \vec{V}_a \rho_w Q_w + m \frac{\Delta \rho}{\rho} g \vec{k} - \vec{V} \rho_g Q_g \quad (3)$$

где $\vec{V}_a$ – средняя скорость окружающей среды, $\Delta \rho = \rho_w - \rho$ – разница между плотностью среды и струи, V_a' – проекция $\vec{V}_a$ на направление $\vec{V}$, g – ускорение силы тяжести, $\vec{k}$ – единичный вектор по вертикальной оси z .

Уравнение сохранения энергии с учетом потока тепла, который притекает с вовлеченной жидкостью:

$$\frac{d}{dt} cmT = c_w T_w \rho_w Q_w, \quad (4)$$

где c , T , c_w , T_w соответственно теплоемкость и температура КО и окружающей среды.

Расчеты производились при следующих начальных и граничных условиях: радиус скважины $R=0.0125$ м, объемный расход поступающей нефти $Q_o^e=10^{-5}$ м³/с и газа $Q_g^e=10^{-5}$ м³/с, температура окружающей воды $T_w=4$ °С, температура истечения нефти и газа $T^e=80$ °С, плотность окружающей воды $\rho_w=1000$ кг/м³, нефти $\rho_o=870$ кг/м³, газа $\rho_g=0.7$ кг/м³. Параметры соответствуют экспериментальным (струя подавалась в аквариуме), поэтому $z_0=-0.6$ м.

На рис 2 представлена зависимость радиуса струи с увеличением вертикальной координаты, на рис. 3 представлена зависимость высоты рассматриваемого элемента с увеличением вертикальной координаты. Радиус струи увеличивается в связи расширением струи, которое вызвано захватом окружающей воды. На рис. 4 представлена зависимость температуры струи

от вертикальной координаты. Понижение температуры струи связано с захватом струей холодной окружающей воды.

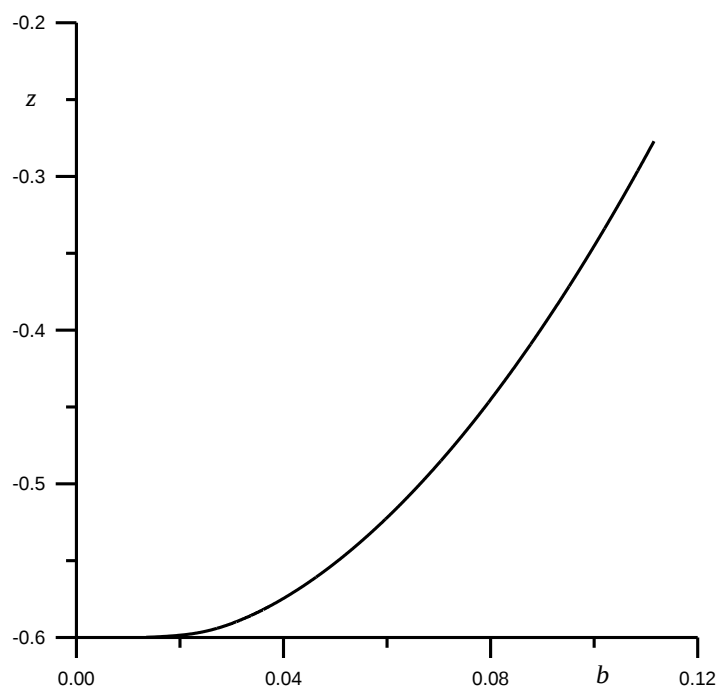


Рис.2 Зависимость радиуса струи от вертикальной координаты

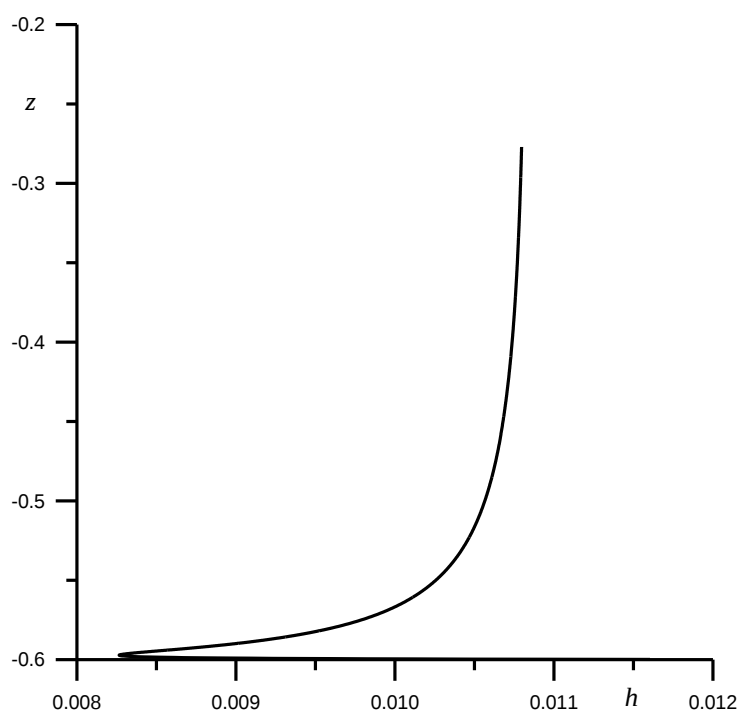


Рис.3 Зависимость высоты струи от вертикальной координаты

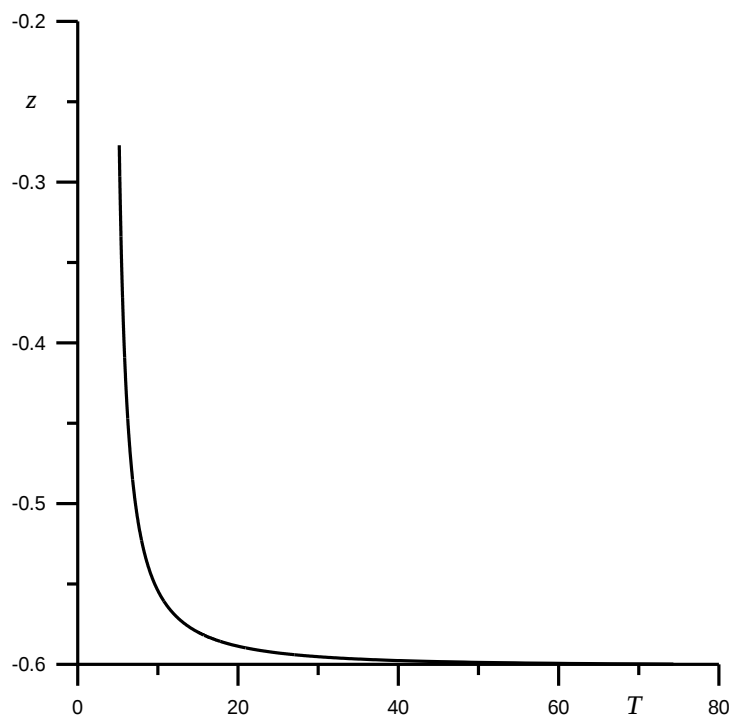


Рис.4 Зависимость температуры струи от вертикальной координаты

Список литературы:

1. Гильманов, С.А., Экспериментальное исследование струй положительной плавучести в воде/ С.А. Гильманов, Р.Б. Шабаев // Современные проблемы физики и математики. – 2004. – Т. 2. – С. 44-48.
2. Кильдибаева, С.Р. Моделирование купола-сепаратора при разливе нефти в шельфе // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть 5). С. 1045-1050.
3. Кильдибаева, С.Р. Математическая модель наполнения купола нефтью. / С.Р. Кильдибаева, И.К. Гималтдинов // Математическое моделирование в естественных науках: материалы XXII Всероссийской школы-конференции молодых ученых и студентов (Пермь, Пермский национальный политехнический университет, 2-5 октября 2013г.), – Пермь, 2013. – С.79-80.
4. Li Zheng & Poojitha D. Yapa Simulation of oil spills from underwater accidents II: Model verification //Journal of Hydraulic Research, 1998, p. 117-134.

Работа поддержана грантом СФ БашГУ В15-12.