

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗМЫВА ДОННОГО ГРУНТА В ЗОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

М.Е. Гармакова, В.В. Дегтярев

*ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)
630008, г. Новосибирск, Россия*

Моделирование размыва донного грунта в створе расположения подводных трубопроводов при взаимодействии с ними водного потока является актуальной задачей. Подводные переходы трубопроводов – это сложные инженерные объекты, которые занимают особое место в транспортной системе нашей страны. С одной стороны, подводные нефтегазопроводы и канализационные дюкеры на переходах через реки испытывают воздействие на них течения потока, волн и льда, с другой стороны сами меняют скоростную структуру потока, что сказывается на интенсивности и направленности русловых деформаций во время строительства и эксплуатации подводных переходов. Размыв речного дна возникает в результате придонных течений различной природы в зависимости от величины скорости течения и направления, а также характеристик донного грунта. На размывом участке дна возникает провисание трубопровода, что приводит к генерации свободных колебаний и развитию резонансных явлений со сложной эпюрой колебаний. Наиболее важным значением, при проектировании и дальнейшей эксплуатации подводных переходов, является задача прогнозирования и выявлению потенциальной опасности возникновения размывов и их развития во времени. Деформация русел под трубопроводами является предметом исследования на протяжении многих десятилетий как отечественных [1-2], так и зарубежных [3-4] ученых. В последние годы для изучения данного процесса активно используются методы компьютерного моделирования, которые позволяют получить детальную картину процесса и разработать способы предотвращения аварийных ситуаций. Совершенствование программ-решателей и повышение быстродействия вычислительной техники позволяет изучить процесс формирования воронки и развития размыва во времени.

В настоящей работе представлены результаты численного моделирования взаимодействия потока жидкости и несвязного грунта (песка) в зоне расположения цилиндра (имитирующего трубу) при двух схемах расположения цилиндров на поверхности песка (рис. 1). Данная работа является продолжением предыдущих работ авторов [5].

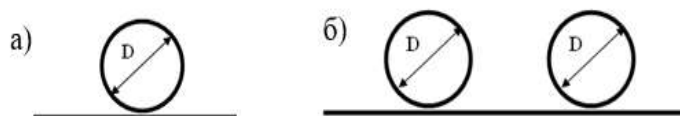


Рис. 1. Схемы выполненных экспериментов: а) на поверхности песка один цилиндр; б) на поверхности песка два цилиндра.

Математическое моделирование выполнено на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, дополненных $k-\varepsilon$ моделью турбулентности. Расчеты выполнены в пакете ANSYS Fluent 18.0 в трехмерной нестационарной постановке с учетом гравитации, уравнения эйлеровой модели многофазности с учетом гранулярности фазы частиц.

Для решения задачи была построена геометрическая модель в модуле Design Mod-

eler, далее построена многоблочная структурированная гексаэдральная расчетная сетка, сгущающаяся к стенкам модели и стенкам цилиндра (рис. 2).

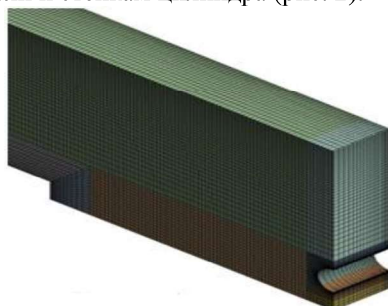


Рис. 2. Фрагмент расчетной сетки.

Проведенные численные эксперименты позволили получить картину процесса перестроения донного грунта, с образование вихревых областей и воронки размыва под цилиндром. С помощью линий тока показаны вихревые области. Вихри, которые формируются перед трубой (рис. 3а) и между двумя трубопроводами (рис. 3б), способствуют процессу размыва.

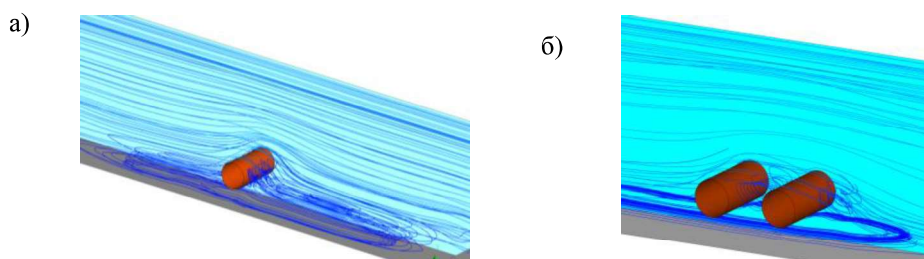


Рис. 3. Образование вихревой области для эксперимента №1 (а) и эксперимента №2 (б)

Результаты численных расчетов сопоставлены с данными физического экспериментов, получено качественное совпадение. В результате расчета были получены: поля скоростей, давлений и концентраций фаз. Установлено, что интенсивность перестроения подвижного дна зависит от количества цилиндров, находящихся на поверхности песка. При расположении двух цилиндров на поверхности дна, процесс перестроения донного грунта ускоряется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Kukushkin B.M.** Study of the influence of hydromorphological factors on the erosion of underwater pipelines in lowland rivers and ways to improve survey methods, design and control at crossings, 1967.
2. **Perezhogin YU.D., Ratner A.G., Spektor YU.I.** Studies of local erosion and stabilization of the bottom in the submarine pipeline alignment // News of higher educational institutions. Oil and gas. 1998. No. 1 P.81-87.
3. **Mao Y.** Seabed scour under pipelines // Proc. 7th Int. Conf. on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. 1988. Vol. 1. P. 33 – 38.
4. **Shen W., Griffiths T., Zan Z., Leggoe J.** Shear stress amplification around subsea pipelines: Part 3, 3D study of spanning pipelines. Scour and Erosion // Proceedings of the 7th International Conference on Scour and Erosion, ICSE 2014. Vol. N/A United Kingdom : CRC Press, 2015. P. 325-335.
5. **Garmakova M.E., Degtyarev V.V., Fedorova N.N., Shlychkov V.A.** Physical modeling of hydrophysical processes on the site of underwater pipelines // Published by the American Institute of Physics. 2018. Vol. 1939. P. 020037-1 – 020037-12