



УДК 628.54

Сазонов Дмитрий Васильевич, ст. преподаватель кафедры «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н. Э. Баумана
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1

ОЧИСТКА СУДОВЫХ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД ВО ФЛОТАТОРАХ С ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ АЭРАЦИИ

Ключевые слова: очистка сточных вод, флотация, пневмогидравлический флотатор, нефтесодержащие воды.

Аннотация. Развитие водного транспорта неизбежно приведёт к увеличению объёмов сточных вод, в том числе нефтесодержащих. В работе предлагается использовать пневмогидравлические флотаторы для очистки таких вод. Кратко изложена методика расчёта флотатора с пневмогидравлической системой аэрации.

Запланированное развитие водного транспорта, в частности, в Волжском бассейне неизбежно приведёт к росту образования судовых сточных вод, которые необходимо будет очищать. Одним из вариантов обращения с ними является накопление их на судах с последующей передачей на береговые очистные сооружения [1]. Поэтому необходимо будет модернизировать существующие или возводить новые мощности по очистке воды на берегах. На судах образуются различные по составу сточные воды, а также нефтесодержащие воды, которые представляют отдельную опасность при попадании в окружающую среду.

Среди способов очистки воды от нефтепродуктов наиболее часто применяются следующие: отстаивание и флотация с предварительной обработкой реагентами, а также сорбционная доочистка.

Флотационная очистка воды заключается во всплытии частиц загрязнений, соединившихся с мелкими пузырьками газов, которые генерируются различными способами: напорным, механическим, электролизом, пневматическим и др. В качестве сравнительно простого варианта выбран пневмогидравлический способ, при котором водовоздушная смесь поступает в аэратор и диспергируется на выходе из него. Были проведены исследования, показавшие, что эффективнее всего подавать воздух перед центробежным насосом, а газосодержание должно составлять 4-5% [2]. В этом случае можно добиться малых размеров пузырьков воздуха (менее 100 мкм) при достаточно высокой интенсивности аэрации, что главное при образовании флотокомплексов частица загрязнения - пузырьки газов.

Для наиболее эффективного использования флотационной техники необходимо точнее определять требуемое для очистки воды время. Существуют разные подходы к моделированию процесса флотации и расчёту флотационных аппаратов [3]. Один из них заключается в использовании химической аналогии и определении времени очистки по

решению системы уравнений [4]. В случае очистки от нефтепродуктов возможно использовать упрощённый вариант процесса (рис. 1), описываемый системой уравнений (1), где A – исходное состояние загрязнения в воде; B – загрязнение в составе флотокомплексов; C – загрязнение в пенном слое; $k_{1,2}$ – параметры, характеризующие скорость образования флотокомплексов и скорость их перехода в пенный слой соответственно, c^{-1} ; C_i – концентрация загрязнения в состоянии i , мг/л; C_{A0} – начальная концентрация флотируемого загрязнения, мг/л.

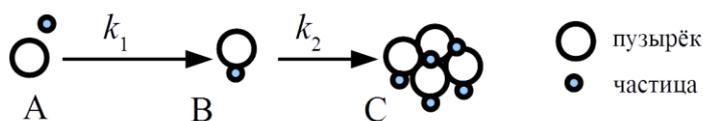


Рисунок 1. Модель флотации

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} = -k_1 C_A; \\ \frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A - k_2 C_B; \\ \frac{dC_C}{dt} = k_2 C_B. \\ C_A(0) = C_{A0}; C_B(0) = C_C(0) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

При извлечении нефтепродуктов в пневмогидравлических горизонтальных флотаторах параметр k_1 можно принять следующим:

$$k_1(t) \approx 10^3 q_0 \exp(-k_q t),$$

где q_0 – начальная интенсивность аэрации, $m^3/(c \cdot m^2)$;

$$k_q = \frac{v_{\text{пуз}}}{H},$$

где $v_{\text{пуз}}$ – скорость всплытия пузырьков, м/с; H – рабочая глубина флотокамеры, м.

А параметр k_2 определяется по формуле:

$$k_2 = \frac{v_{\text{фл}}}{H},$$

где $v_{\text{фл}}$ – скорость всплытия флотокомплекса, м/с.

Скорости всплытия определяются экспериментально или берутся из литературных источников. Интенсивность аэрации и рабочая глубина аппарата задаются исходя из практических рекомендаций.

По решению системы уравнений (1) с учётом найденных параметров строится кривая $C = C_A + C_B$ (рисунок 2), по которой определяется время флотации t . С учётом рекомендуемой скорости течения воды во флотаторе $v \leq 0,005$ м/с определяется ширина B ,

$$\text{а затем и длина } L \text{ флотатора: } B = \frac{Q_{\Sigma}}{v_{\text{гор}} H}; L = \frac{Q_{\Sigma} t}{BH},$$

где Q_{Σ} – объём воды, проходящей через флотатор, с учётом рабочей жидкости, m^3/c .

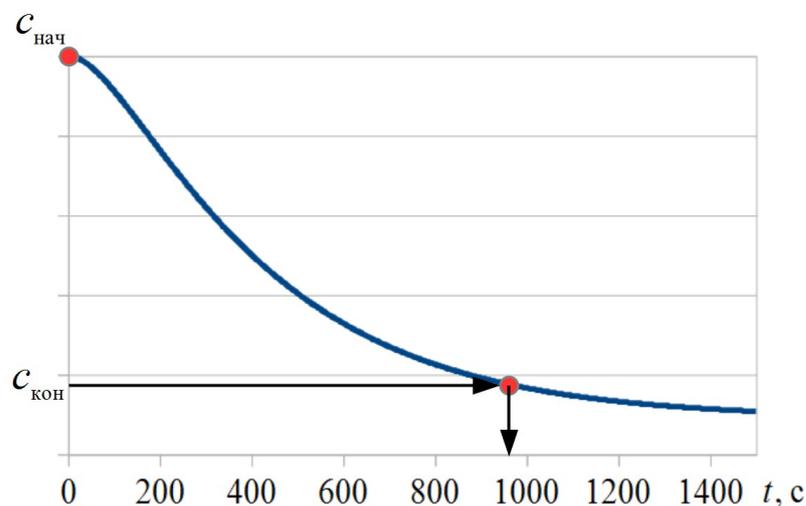


Рисунок 2 - Определение времени флотации

Предлагаемая методика расчёта позволяет более точно определить время флотации, что в отдельных случаях позволит сократить площадь, занимаемую флотатором, и эксплуатационные расходы на 10-15%. А выбранные пневмогидравлические флотаторы при той же производительности дешевле и проще в проектировании и изготовлении, нежели напорные, являющиеся одними из наиболее эффективных.

Список литературы:

- [1] Васькин С. В., Дмитриева М. С. Моделирование нагрузки на внесудовые водоохраные средства // Вода и экология: проблемы и решения. – 2019. – № 3 (79). – С. 38-46. (DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.3.38-46).
- [2] Сазонов Д. В. Влияние типа насоса на параметры пневмогидравлической системы аэрации во флотационных аппаратах // Водоснабжение и санитарная техника. – 2017. – № 10. – С. 40-45.
- [3] Bu X., Xie G., Peng Y., Ge L., Ni C. Order of process, rate constant distribution and ultimate recovery // Physicochem. Probl. Miner. Process. – 2017. – N53(1). – P. 342-365 (DOI: 10.5277/ppmp170128).
- [4] Ксенофонтов Б. С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. – М.: Новые технологии, 2010. – 272 с.
- [5] Ксенофонтов Б. С., Антонова Е. С. Оптимизация процесса флотационной очистки сточных вод // Водоочистка. – 2015. – №3. – С. 20-24.

SHIP OIL CONTAMINATED WATER TREATMENT BY FLOTATORS WITH PNEUMOHYDRAULIC SYSTEM OF AERATION

Dmitry V. Sazonov

Key words: wastewater treatment, flotation, pneumohydraulic flotator, oil contaminated water.

The development of the water transport will lead to increase of wastewater including oil contaminated water. Pneumohydraulic flotators are suggested for treatment of such wastewater. Design procedure of flotators with pneumohydraulic system of aeration is briefly described.

Sazonov Dmitry Vasil'evich, lecturer, Bauman Moscow State Technical University (BMSTU)
5, 2-nd Baumanskaya str., 105005, Moscow, Russian Federation