

УДК 66.084: 628.32: 532.528

**ИВАНИЦКИЙ Г. К.¹, ЦЕЛЕНЬ Б. Я.^{2*}, РАДЧЕНКО Н. Л.³,
ГОЖЕНКО Л. П.⁴**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕГАЗАЦИИ ЖИДКОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТОВ КАВИТАЦИИ

¹ д.т.н., с.н.с., ведущий научный сотрудник, ИТТФ НАН Украины, г. Киев, Украина.

² к.т.н., с.н.с., ведущий научный сотрудник, ИТТФ НАН Украины, г. Киев, Украина.

³ к.т.н., с.н.с., старший научный сотрудник, ИТТФ НАН Украины, г. Киев, Украина.

⁴ к.т.н., старший научный сотрудник, ИТТФ НАН Украины, г. Киев, Украина.

* e-mail: b0d@ukr.net

Вступление. Вода, используемая на ТЭС, содержит различные растворенные газы, образующиеся в результате процессов водоподготовки или термического воздействия. Растворенные в воде кислород и углекислый газ проявляют агрессивное действие по отношению к бетону и железу, ускоряют коррозию стали. Поэтому их следует максимально удалять из котловой воды и воды отопительных систем.

Кавитационный метод дегазации предусматривает создание в жидкости с избыточным содержанием агрессивного газа большого числа парогазовых пузырьков, содержащих нейтральный газ (например, азот), в которые происходит сток данного агрессивного газа (CO_2 , H_2S , O_2 и др.) и последующее удаление этих пузырьков из объема жидкости [1].

В работе [2] метод кавитационной дегазации использовался для нейтрализации конденсата продуктов сгорания природного газа с целью его повторного использования, в частности, для питания водогрейных котлов промышленных и коммунальных котельных. Конденсат представляет собой пересыщенный раствор диоксида углерода в воде, в котором концентрация CO_2 в 100–150 раз превышает равновесную по отношению к атмосферному воздуху. В качестве кавитационного дегазатора в этой работе использовался роторно-пульсационный аппарат (РПА), обеспечивающий формирование, рост кавитационных пузырьков, насыщение их диоксидом углерода и перенос в вакуумную камеру.

Целью данного исследования является проведение сравнения эффективности дегазации жидкости, проведенной по методике, описанной в работе [2], и по альтернативному методу, который заключается в том, что в технологической схеме [2] в качестве кавитационного дегазатора вместо РПА использовались сопла Вентури с заданными геометрическими параметрами.

Общая часть. В докладе обсуждается модифицированный метод быстрого удаления агрессивного газа из жидкости. Поток пересыщенного водного раствора диоксида углерода с заданной концентрацией CO_2 из загрузочной камеры с помощью ц/б насоса под давлением $P_0 > P_{\text{атм}}$ входит в сопло Вентури, состоящее из конфузора, узкой горловины и диффузора, и далее переходит в вакуумную камеру. При течении раствора через сопло давление в горловине P_{Γ} резко снижается до значений $P_{\Gamma} \ll P_{\text{нас.воды}}$, в результате чего образуется и интенсивно растет большая совокупность парогазовых пузырьков, в которых начальное содержание диоксида углерода практически равно нулю. Благодаря большой площади поверхности контакта фаз и высокому потенциалу переноса, растворенный в жидкости диоксид углерода путем молекулярной диффузии интенсивно мигрирует в эти вакуумные пузырьки. В диффузоре сопла, вследствие коагуляции расширяющихся пузырьков, происходит инверсия фаз, в результате чего газожидкостная среда пузырьковой структуры переходит в газожидкостную среду капельной структуры. В вакуумной камере, где поддерживается давление $P_{\text{бак}} \approx P_{\text{нас.воды}}$, осуществляется разделение фаз. Диоксид углерода вместе с водяным паром и другими газами с помощью вакуум-насоса удаляется из емкости, а частично дегазированная вода из емкости с помощью ц/б насоса возвращается в загрузочную камеру.

Как и в работе [2], пересыщенный водный раствор диоксида углерода объемом 33 л обрабатывается в замкнутом контуре установки в режиме рециркуляции на протяжении 20 минут. Содержание CO_2 в растворе оценивалось по величине водородного показателя pH с помощью метода описанного в [2]. Анализ результатов исследования, выполненный с использованием метода математического моделирования [3], показал, что скорость удаления диоксида углерода и сопутствующие энергетические затраты существенно зависят от геометрии сопла Вентури и от величины входного давления.

Выводы. Результаты данного исследования могут быть полезны при выборе и обосновании рациональной конструкции кавитационного дегазатора и оптимальных режимов его работы.

Список литературы:

1. Smirnov B. V., Berry R. S. Growth of bubbles in liquid. *Chem. Cent. J.*, 2015. Vol. 9:48. <https://doi.org/10.1186/s13065-015-0127-y>.
2. Долинський А. А., Целень Б. Я., Іваницький Г. К., Коник А. В., Радченко, Н. Л., Гартвіг А. П. Застосування способу дискретно-імпульсного введення енергії для нейтралізації конденсату продуктів згоряння природного газу. *Scientific works*. 2017. Т. 81(1). С. 4–9. Бібліогр. 10 назв. ISSN 2073-8730 (print). <https://doi.org/10.15673/swonaft.v81i1.663>.
3. Іваницький Г. К., Целень Б. Я., Недбайло А. Е., Коник А. В. Исследование дегазации жидкости в кавитационных течениях. Проблемы моделирования. *Scientific works*. 2019. Т. 83(1). С. 129–134. Бібліогр. 12 назв. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v83i1.1430>.