

Уральский  
федеральный  
университет  
имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина  
Уральский  
энергетический  
институт

УДК 621.321

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИКЛОНОВ-ДЕГАЗАТОРОВ С ЦЕЛЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

## THE USE OF DEGASSING HYDROCYCLONE TO INTENSIFY INTEGRATED TRAINING FOR WATER HEAT NETWORKS

**Седов Александр Сергеевич**, магистрант каф. «Теплоэнергетика и теплотехника», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: swat1k@bk.ru, Тел.: +7(950)646-52-67

**Колпаков Александр Сергеевич**, д-р. техн. наук, профессор каф. «Теплоэнергетика и теплотехника», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: a.s.kolpakov@urfu.ru. Тел.: +7(343)375-45-67

**Alexander S. Sedov**, Master student, Department «Теплоэнергетика and teplotehnika», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: swat1k@bk.ru. Ph.: +7(950)646-52-67

**Alexander S. Kolpakov**, Doctor Sc., Prof., Department «Теплоэнергетика and teplotehnika», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: a.s.kolpakov@urfu.ru. Ph.: +7(343)375-45-67

**Аннотация:** Работа посвящена современным способам интенсификации процесса деаэрации и снижения затрат за счет многоступенчатого процесса, включающего предварительную дегазацию воды в закрученном потоке. Автор рассматривает теоретические основы центробежно-вихревого метода деаэрации, раскрывает особенности комбинированного использования вихревой и термической деаэрации, а также приводит и обрабатывает результаты опытно-промышленных исследований деаэрационных установок.

**Abstract:** The work is devoted to modern methods intensification of de-aeration and reduce the cost of the process due to the multi-stage process comprising pre-degassed water into a swirling stream. The author examines the theoretical basis of centrifugal vortex method of de-aeration, reveals features the combined use of a vortex and thermal de-aeration, as well as results and processes the results of pilot studies de-aeration plants.

**Ключевые слова:** Центробежно-вихревой деаэратор; деаэрационная установка; гидроциклон; деаэрация; вихревой поток; коррозионно-активные газы; дегазатор; интенсификация процесса деаэрации.

**Key words:** Centrifugal-vortex degasser; deaeration installation; hydrocyclone; deaeration; vortex flow; corrosive gases; degasser; intensification of the process of de-aeration.

### ВВЕДЕНИЕ

Кислород является основной причиной коррозии трубопроводов тепловых сетей [1], причем его агрессивность увеличивается с температурой в соответствии с расчетным температурным графиком.

Затраты на деаэрацию за эксплуатационный период намного меньше затрат на замену аварийных трубопроводов. Известно, что при использовании недеаэрированной воды, срок службы стальных трубопроводов вследствие внутренней коррозии составляет не более 5-7 лет, т.е., по крайней мере, в два-три раза меньше нормативных показателей.

Таким образом, деаэрация подпиточной воды тепловых сетей является одним из ключевых элементов обеспечения безопасной эксплуатации за счет выполнения требований к водно-химическому режиму системы теплоснабжения [2].

В настоящее время в теплоэнергетике применяется, в основном, термическая деаэрация, иногда в сочетании с химической деаэрацией.

Оба вида подготовки воды, особенно химическая деаэрация, относятся к достаточно затратным методам и требуют немалого времени пребывания воды в зоне обработки.

Снижение затрат и интенсификация процесса могут быть достигнуты за счет многоступенчатого процесса, включающего предварительную дегазацию воды в закрученном потоке.

### ЦЕНТРОБЕЖНО-ВИХРЕВОЙ ДЕАЭРАТОР

При закрутке потока в неинерциальной системе отсчета на каждый элемент вращающейся жидкости помимо силы тяжести действует центробежная сила,

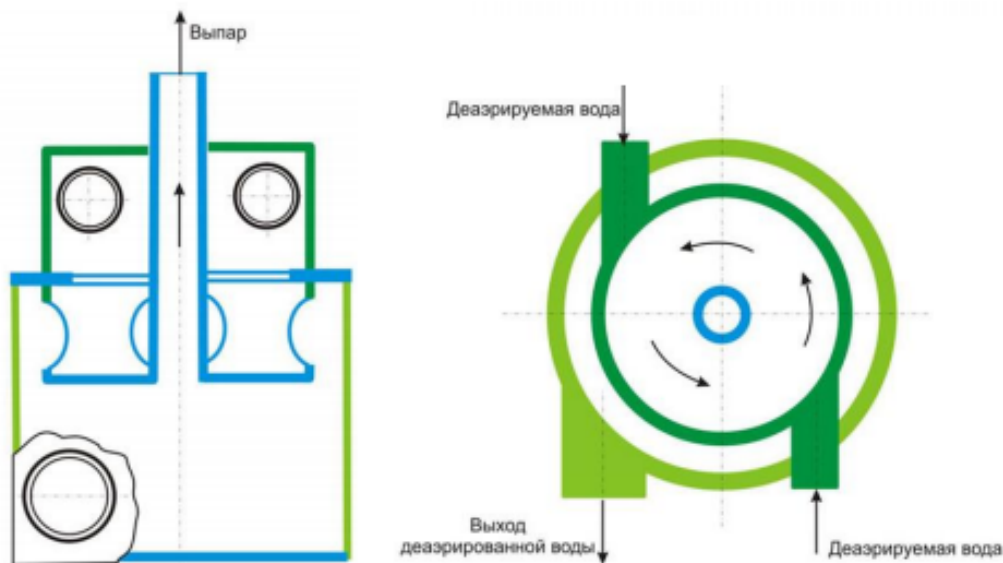


Рис. 1. Конструктивная схема центробежно-вихревого деаэрата [6].

направленная радиально от оси вращения и лежащая в нормальной по отношению к оси плоскости. Результирующая этих сил направлена от оси вращения под небольшим углом к её нормали.

В приосевой области любого типа вихревых устройств формируется зона пониженного давления [3], что позволяет использовать эти устройства, например, в качестве вакуум-насосов [4].

На погруженные в вращающуюся жидкость тела, к которым можно отнести и микропузырьки воздуха и пара, действует архимедова сила, численно равная весу вытесненной жидкости и противоположенная по направлению результирующей силе. При условии, что в этом поле сил вес тела легче веса вытесненной воды, архимедова сила вызовет перемещение такого тела к оси вращения.

В результате становится возможной центробежная дегазация воды, когда микропузырьки устремляются из периферийных участков вихревого устройства в его центральную область с низким давлением, где образуется парогазовая воронка.

Закручивание потока приводит к снижению количества растворенных в объеме жидкости коррозионно-опасных газов  $O_2$  и  $CO_2$ , что улучшает потребительские свойства воды для последующей обработки термическим или химическим методами.

Примером достаточно простого устройства для такой обработки воды может быть циклон-дегазатор [5], в котором пикнометрическим методом оценивалось изменение содержания газов в закрученном потоке воды по высоте устройства.

Прирост плотности воды составил:  
- в нижней части циклона-дегазатора 6,038%;

- в средней - 5,93%;  
- в верхней - 1,004%.

Таким образом, после вихревой обработки жидкости каждая из проб воды оказалась менее газонасыщенной (более плотной), чем исходная вода. При этом отмечено усиление эффекта дегазации с ростом избыточного давления в интервале  $1 \div 5 \text{ кгс/см}^2$  с уменьшением доли воздуха в удаляемой через нижний слив жидкости.

По оценкам [6] около 90% воздуха, содержащегося в подаваемой воде, выносится через верхний слив и только 10% – через нижний, что свидетельствует о достаточно высокой эффективности метода.

Снижение содержания растворенного воздуха до 90% от начального значения обычно делает экономически оправданной химическую деаэрацию при приготовлении подпиточной воды обработкой реагентом, например, JurbySoft 12.

Применение обработанной в циклоне-дегазаторе воды для подпитки системы ГВС, где деаэрация не предусмотрена нормативными документами [1], безусловно, скажется на увеличении сроков эксплуатации трубопроводов.

Это направление работы уже нашло отражение в ряде проектов водогрейных котельных, где использован центробежный дегазатор, удаляющий воздух из подогретой до  $75^\circ\text{C}$  воды для нужд ГВС.

#### ДЕАЭРАЦИОННАЯ УСТАНОВКА

Применение центробежных устройств, предположительно, улучшит и показатели термических деаэраторов за счет сокращения времени деаэрации. Так в деаэрационной установке (рис. 1.) [6], комбинирующей в себе работу

центробежно-вихревого деаэрата ДЦВ и термического капельного деаэрационного устройства КД, деаэрируемая вода подаётся насосом из промежуточного атмосферного бака в первую ступень деаэрации через смешивающий пароводяной подогреватель и регулятор расхода в ДЦВ, где происходит завихрение и вскипание потока.

Обычно считается, что перегретая жидкость, прижатая центробежной силой к стенкам ДЦВ, на входе в центробежно-вихревую зону практически мгновенно вскипает, и образовавшиеся в рабочем объёме ступени пузырьки газа начинают интенсивно перемещаться в радиальном направлении к центру, где через выпарную трубу отсасываются эжектором в контактный охладитель.

Далее частично деаэрированная вода поступает на вторую ступень деаэрации в капельный деаэратор в паровом пространстве деаэрационного бака, находящегося под вакуумом, для финишной обработки воды при её диспергировании.

Эксперименты на опытно-промышленных установках показали [6], что массовая концентрация растворённого кислорода в деаэрированной воде практически во всем диапазоне нагрузок и температуры исходной воды не превосходит нормативного значения (50 мкг/кг). При этом отмечено увеличение производительности установки за счет ДЦВ, что может быть объяснено малым временем пребывания воды в первой ступени.

Последовательное включение ЦВД и термической деаэрации отразится на продлении сроков эксплуатации трубопроводов, котельного оборудования, а также на качестве воды.

Деаэрационные установки являются достаточно крупными объектами, и проведение экспериментов на них сопряжено с немалыми затратами. По этой причине, опираясь на экспериментальные данные, целесообразно проводить численный эксперимент, например, используя программные возможности пакета ANSYS.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 124.13330.2012 Тепловые сети.
2. ФНП «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (утв. Приказом Ростехнадзора от 25 марта 2014 г. № 116).
3. Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированных вихрей. Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2003.
4. Меркулов П.М. Вихревой эффект и его применение. М.: Машиностроение, 1969.
5. Филер З.Е., Кусакин Ю.А. Интенсификация виброуплотнения бетонных смесей при использовании дегазированной воды. /Тезисы докладов IV Всесоюзн. симпозиума «Реология бетонных смесей и ее технологические задачи». Юрмала, РПИ, 198
6. Росляков А.Н. Расчетно-экспериментальное исследование десорбции растворенного кислорода в центробежно-вихревом деаэраторе. Дисс. канд. техн. наук. Иваново, 2015.