



УДК 629.5.069

В.А. Орехво, к.т.н. доцент кафедры ПТМ и МР, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Е.В. Крылов, студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
Волжский государственный университет водного транспорта «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова,5

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВЫХ СИСТЕМ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Ключевые слова: *кавитатор, струйные аппараты, сточная вода*

В статье рассматриваются способы возникновения кавитации, разработана схема стенда и уточнена конструкция кавитатора для очистки сточных вод.

1. Общие положения

Эксплуатация судов связана с постоянной проблемой загрязнения окружающей среды, и - как следствие - ужесточением нормативов и требований, регламентирующих данную сферу.

В связи с рядом введенных требований, направленных на повышение экологических показателей выбросов, производимых с судов, а именно - сточных вод, поставленное оборудование, удовлетворяющее требованиям очистки, является энергозатратным и нетехнологичным, что приводит к большим материальным затратам на покупку, ремонт и обслуживание данного оборудования.

Оборудование на большинстве судах уже морально и физически устарело, что не обеспечивает выполнение требований современной регламентирующей документации, а модернизация является нецелесообразной по ряду причин.

При рассмотрении сложившейся ситуации по данному вопросу выявлено, что модернизацию судовых систем целесообразно вести в направлении механических и физико-химических методов обработки загрязненных сред.

Одним из путей усовершенствования является использование перспективного физико-механического способа обработки воды – кавитации.

2. Анализ кавитации.

Под кавитацией понимают процесс разрыва жидкости под действием напряжений, обусловленных изменением скоростей и давлений, возникающих при разрежении в жидкости. При разрыве жидкости образуются кавитационные пузырьки (каверны), заполненные паром [1]. Каверны образуются там, где давление в жидкости становится ниже критического.

В зависимости от процесса протекания выделяют следующие виды кавитации [1]:

- паровой кавитацией принято обозначать кавитационные процессы, связанные с резким ростом и схлопыванием каверны вследствие потери устойчивости равновесия зародышевого пузырька;

- газовой кавитацией называется рост пузырьков, сопровождающийся диффузией газа из раствора;

- «псевдокавитацией» называют равновесное изменение размеров пузырька.

Кавитационные явления делят на гидродинамические и акустические [1].

Классификация устройств для образования процессов кавитации и их устройство, а также принцип действия описаны в источниках [2, 3].

Применение акустической кавитации ограничено высокой стоимостью оборудования, затратами, сложностью [4].

Наиболее подходящий способ получения процесса кавитации - гидродинамический. Явления здесь делятся на два типа [2]:

- профильная кавитация, которую можно наблюдать на хорошо обтекаемых поверхностях.

Развившиеся на поверхности элемента каверны схлопываются на самом элементе или сразу за ним;

При этом кавитация развивается из ядер, находящихся как на твердой стенке, так и в потоке.

Автором [1] выделены некоторые этапы развития кавитации:

- первый этап соответствует началу зарождения отдельных пузырьков на входном участке насадки, стенки, вблизи местных сопротивлений;

- второй этап характеризуется изменением характеристик потока;

- третий этап кавитации может быть определен по началу прекращения прироста расхода при увеличении перепада давления.

Из многообразия конструкций, реализуемых в судовых системах, наибольший интерес получили гидродинамические струйные аппараты с применением тороидальной камеры. По утверждениям авторов [5], их использование обеспечивает интенсификацию и равномерность прохождения процессов в жидких средах.

2. Принципиальная схема и расчет экспериментального стенда для исследований процессов кавитации.

В результате последующих исследований необходимо установить характеристики гидродинамического кавитатора:

а) подтверждение целесообразности конструкции и выявление режимов работы аппарата, для возникновения и развития гидродинамической кавитации;

б) воздействие геометрических параметров камеры и характеристик рабочей жидкости на:

- давление всасывания аппарата p_3 , кПа;

- параметры процесса гидродинамической кавитации

в) воздействие эжектируемых сред на показатели качества очистки загрязненных вод при эжекции воздуха и озono-воздушной смеси.

Задача первого эксперимента - выявление пригодности кавитатора. Предварительный расчет кавитатора получаем из положений гидродинамики [6] и согласно рекомендациям авторов [7].

В качестве данных для исходной конструкции аппарата примем [5]: число кавитации $\chi = 0,62$; наибольшее давление при схлопывании пузырька в жидкости $P_{\max} = 1,08$ МПа, наибольшая температура в каверне $T_{\max} = 3900$ °С.

Диаметр отверстия сопла на входе определяется из выражения:

$$Q_p = \mu F_2 \sqrt{2gH_1} \quad (1.1)$$

где Q_p – необходимая производительность устройства, $Q_p = 1$ м³/ч = 0,000278 м³/с;

μ – коэффициент расхода. $\mu = 0,7$ [6];

F_2 – площадь сечения отверстия D_2 , м²;

H_1 – напор до элемента, примем $H_1 = 80$ м.

Задаваясь параметрами расхода и напора, определяем площадь живого сечения:

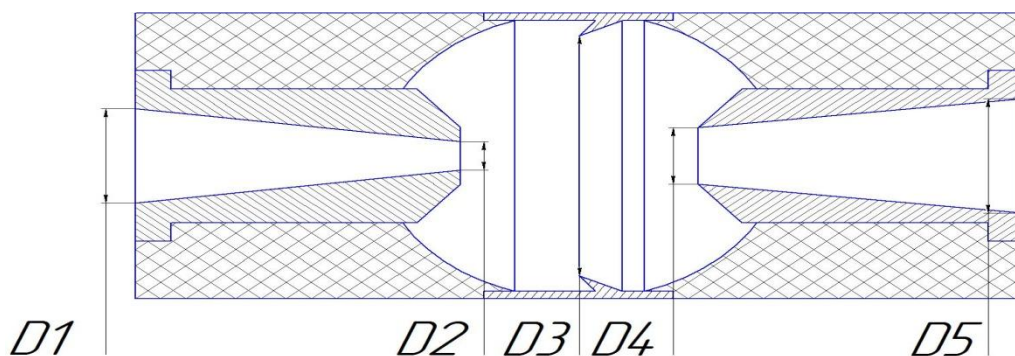


Рисунок 2.1 – Кавитатор гидродинамический

$$F_2 = \frac{Q_p}{\mu\sqrt{2gH_1}} = \frac{0.000278}{0.7\sqrt{2*9.81*80}} = 1.002 * 10^{-5} \text{ м}^2 \quad (1.2)$$

Входное отверстие принимаем по форме сечения круглым, тогда его диаметр:

$$D_2 = \sqrt{\frac{4F_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4*1.002*10^{-5}}{\pi}} = 0.00357 \text{ м} \quad (1.3)$$

При изготовлении устройства полученные размеры округляем, $D_2 = 4,0$ мм.

Уточняем площадь живого сечения:

$$F_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} = \frac{\pi*0.004^2}{4} = 1.256 * 10^{-5} \text{ м}^2 \quad (1.4)$$

Согласно авторам источников [2, 3], кавитация возникает при скоростях в потоке $v = (16...23)$ м/с.

Проводим проверку скоростного режима:

$$v_2 = \frac{Q_2}{F_2} = \frac{0.0000278}{1.256*10^{-5}} = 22.133 \text{ м/с} \quad (1.5)$$

Таким образом, условие возникновения кавитации выполнено.

Диаметр отверстия на выходе получаем из условия возникновения кавитационных процессов, что приводит к неоднородности среды, а, следовательно, разности плотности потока. Принимаем, что плотность потока на входе составляет 1000 кг/м^3 , соответственно на выходе – в 2 раза ниже, то есть 500 кг/м^3 . Получаем, что расход на выходе увеличивается в 2 раза, т.е. составит $2 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Диаметр выходного отверстия аппарата составит:

$$D_4 = \sqrt{\frac{4*2Q_p}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4*2*0.000278}{\pi*16}} = 0.0067 \text{ м} \quad (2.6)$$

Принимаем диаметр выходного отверстия $D_4 = 7$ мм.

Тогда соотношение площадей сечений входного и выходного отверстий составит $F_4/F_2 = 3,062$.

Предварительные расчеты системы для изготовленного кавитатора, выбор насоса, УФИО и подбор необходимого оборудования стенда выполнен с учетом рекомендаций источника [6].

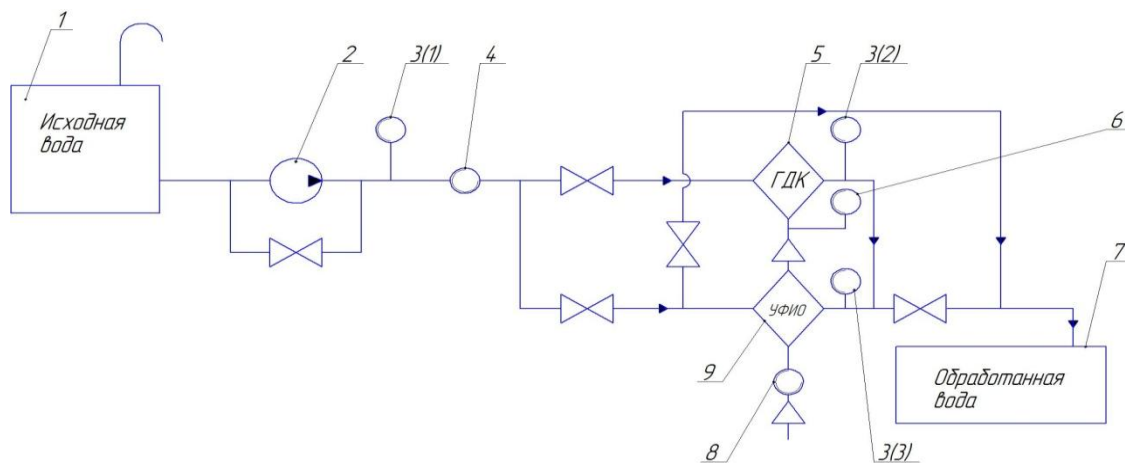


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема стенда

1 – емкость исходной воды; 2 – электронасос; 3 – манометр; 4 – расходомер; 5 – кавитатор гидродинамический; 6 – мановакуумметр; 7 – емкость обработанной воды; 8 – ротаметр; 9 – УФЮ.

Заключение.

1. Произведен анализ и выбор типа кавитатора.
2. Произведен предварительный расчет кавитатора.
3. Утверждена схема стенда для испытания

Список литературы:

- [1] Проектирование сооружений для очистки сточных вод: справочное пособие к СНиП / Всесоюз. комплекс. научн.-исслед. и конструктор.-технолог. институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инж. гидроэкологии. – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.: ил.
- [2] Арзуманов Э.С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях / Э.С. Арзуманов. – М.: Энергия, 1978. – 304 с.: ил
- [3] Иванов А.Н. Гидродинамика развитых кавитационных течений / А.Н. Иванов. – Л.: Судостроение, 1980. – 238 с.: ил. Грача, А.В. Якимова. - Нижний Новгород – 2011- С. 231-233.
- [4] Иванов Л.А. О применении кавитаторов (обзорная статья) / Л.А. Иванов // Энергосбережение: Энергосберегающие технологии для промышленных предприятий. – Миасс, 2008. – С. 28-38.
- [5] «О федеральном классификационном каталоге отходов»: приказ Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды от 27 ноября 1997 г. № 527 // Собр. законодательства РФ. – 1997. - № 47. - Ст. 4217. – 48 с.
- [6] Альтшуль В.Д., Киселев П.Г. Гидродинамика и аэродинамика: учеб. пособие для ВУЗов / В.Д. Альтшуль, П.Г.Киселев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 323с.: ил
- [7] Иващенко А.Т., Рязанцев А.А., Усольцева Н.Б. Генератор гидродинамических колебаний (патент на изобретение) / А.Т. Иващенко, А.А. Рязанцев, Н.Б. Усольцева // № 2269386 С1, МПК В06В 1/20. Заявитель и патентообладатель: Сибирский государственный университет путей сообщения – заявл. 05.05.2004; опубл. 10.02.2006. - Бюл. № 4. – 8 с.

IMPROVING THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF THE SHIP SYSTEMS FOR WASTEWATER TREATMENT

V.A. Orehvo, E.V. Krylov

Key words: Cavitator, jet devices, waste water.

Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов

Секция V Технология конструкционных материалов, машиноремонта и водоподготовка

The article discusses the methods of cavitation, developed a scheme of walls and refined design of the cavitator for wastewater treatment.