

УДК 629.5.062+628.16.06+681.5

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Харламова Анна Эдуардовна¹, аспирант

e-mail: annaharlamova.713@gmail.com

Покусаев Михаил Николаевич¹, профессор, д.т.н., зав. кафедрой эксплуатации водного транспорта и промышленного рыболовства

e-mail: pokusaevmn@mail.ru

¹ Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация. В статье предлагается модернизировать существующие системы очистки забортной воды внедрением гидроциклонов, а именно аппаратов, не имеющих подвижных конструктивных элементов, в которых оседание взвеси, содержащейся в воде, происходит под действием центробежных сил. Автоматизированная система управления процессом промывки шламосборника позволит получить уникальный подход для прогнозирования уровня заполнения шламовой емкости, что обеспечит возможность применения центробежных систем сепарации на водном транспорте при очистке забортной воды в условиях мелководья.

Ключевые слова: система охлаждения, забортная вода, гидроциклон, взвесь, шламосборник.

ENERGY-EFFICIENT WATER PURIFICATION TECHNOLOGY FOR COOLING SYSTEM OF MARINE POWER PLANT

Anna E. Kharlamova¹, Doctoral Student

e-mail: annaharlamova.713@gmail.com

Michael N. Pokusaev¹, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Water Transport Operation and Industrial Fishing

e-mail: pokusaevmn@mail.ru

¹ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The article proposes to upgrade the existing seawater treatment systems by introducing hydrocyclones, namely devices that do not have moving structural elements, in which the settling of the suspension contained in the water occurs under the influence of centrifugal forces. The automated slurry washing process control system provides a unique approach for predicting the level of slurry in the slurry tank, which allows for the use of centrifugal separation systems in water transport for cleaning seawater in shallow waters.

Keywords: cooling system, seawater, hydrocyclone, suspension, sludge collector. Abstract.

Система охлаждения судовой энергетической установки играет критически важную роль в обеспечении безопасности, энергоэффективности и экономической целесообразности морских и речных перевозок. Для обеспечения надежности работы судовых энергетических установок необходимо бесперебойное охлаждение, устойчивость системы к внешним агрессивным факторам используемой среды, в частности к повышенному содержанию и неравномерному поступлению нерастворенных грубодисперсных примесей забортной воды во внешний контур разомкнутой системы охлаждения при навигации по мелководным трассам акватории, в которых в настоящее время эксплуатируется более 50% судов специального назначения.

Недостаточное охлаждение вызвано нарушением работы теплообменных аппаратов, отложениями и их гидроабразивным разрушением при использовании забортной воды, с которой в систему поступают нерастворенные примеси. Их накопление уменьшает проходное сечение, создавая дополнительные местные сопротивления, требующие повышенного давления для поддержания расхода воды.

Возрастание давления в системах охлаждения из-за засорения приводит к увеличению затрат мощности на привод насоса [1] и гидравлического сопротивления системы в целом, создавая нагрузку на насосы и риски прорывов.

При обнаружении повреждения теплообменника производится его дефектация, демонтаж и замена поврежденных пластин на новые в пластинчатом теплообменнике, и трубчатых элементов в теплообменном аппарате кожухотрубного типа раньше заявленного эксплуатационного срока [2]. Стоит отметить, что проектом на многих судах в качестве теплообменного оборудования установлены теплообменники импортного производства, замена комплектующих элементов (пластин, прокладок и пр.) в процессе эксплуатации которых стоило значительных вложений для судовладельцев, а на сегодняшний момент невозможно или затруднено в связи с санкционной политикой фирм производителей и ограничением работы информационного сообщения с ними.

Перегрев двигателя, работая на износ, влечет его выход из строя, о чем свидетельствуют данные открытых информационных ресурсов и записи судовых журналов [2]. Необходимо учитывать, что риск аварийной остановки двигателя судна в связи с перегревом (недостаточным охлаждением) энергетической установки, ее неисправности [3, 4] является нарушением требований безопасности процесса эксплуатации объектов водного транспорта, и может привести к простоем водного транспорта сверх нормативного срока согласно ст. 120 Кодекса внутреннего водного транспорта, который оценивается штрафом за час простоя.

Более того выплата за простой судна, а также замена комплектующего оборудования, преимущественно импортного производства, влечет значительные вложения для судовладельца.

При активном развитии отечественного гражданского флота технические эксплуатационные проблемы работы судового оборудования системы охлаждения являются актуальными и требуют решения, критически важны надежные и компактные системы очистки забортной воды, обеспечивающие безопасность навигации водного транспорта.

Снижение термического сопротивления в водо-водяном охладителе позволяет поддерживать оптимальную разность температур охлаждающей жидкости на выходе из двигателя и входе в него. Поддержание гидравлической эффективности контура забортной воды снижает потери напора и прямые энергозатраты на прокачку. Автоматическая диагностика позволит перейти к обслуживанию по фактическому состоянию, сокращая избыточные простои, связанные с профилактическими работами, и снижая число пусков энергоемкого насосного оборудования. Для достижения обозначенных эффектов и



комплексного повышения эксплуатационной эффективности судовой системы охлаждения предложена технология очистки забортной воды судового внешнего контура охлаждения гидроциклоном, не имеющего подвижных конструктивных элементов, наличия загрузочного материала, подвергаемого периодической промывке или замене.

Пилотные запуски и результаты экспериментов с первым макетом гидроциклона на разработанном и созданном экспериментальном стенде (рис.1) на базе Астраханского государственного технического университета в лаборатории судовых котельных установок и автоматики позволили получить данные о гидравлическом сопротивлении и эффективности очистки воды по массе задержанных грубодисперсных частиц в шламовой емкости гидроциклона для различных режимов работы установки, а также в процессе промывки шламовой емкости при непрерывной работе системы (табл. 1).

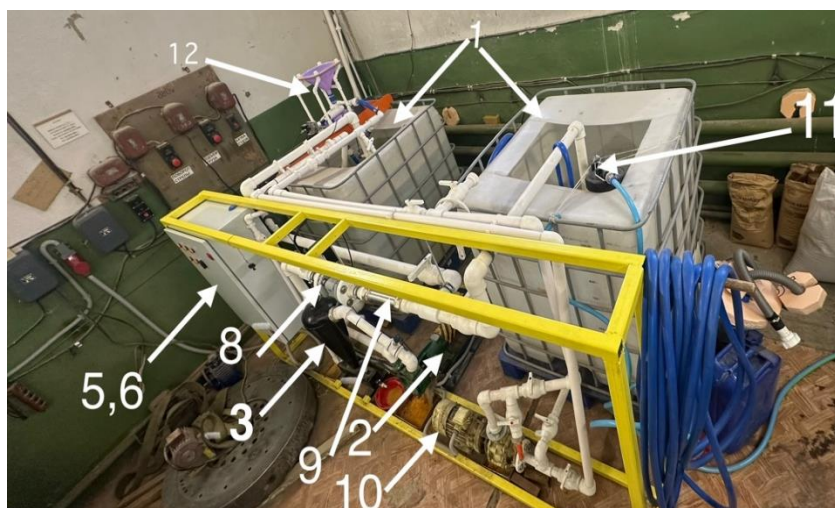


Рисунок 1 - Испытательный лабораторный стенд по очистке воды от механических взвесей гидроциклоном: 1-Еврокубы №1 и №2 исходной и очищенной воды; 2 – Насос ВКС 1/16 с электродвигателем асинхронного типа фирмы «УРАЛЭЛЕКТРО» АДМ80В4У2; 3 –Гидроциклон; 4 – Датчик температуры погружного типа ОВЕН ДТС515-50М.В3.60; 5 – Счетчик электронный трехфазный ЭНЕРГОМЕРА СЕ303 R33 543-JAZ; 6 –Частотный преобразователь; 7 – Преобразователь давления ОВЕН ПД100 ДИ 0,4-371-0,5; 8 – Электромагнитный расходомер ВСЭ-М БИ ДУ32; 9 – Датчик мутности проточного типа; 10 – Насос центробежный ЗЦН25/11; 11 – Магистральный фильтр АБФ – 20 ББ-ПР; 12- шнек

Таблица 1. Показатели работы стенда в период первого эксперимента

Параметр	Величина
Частота ν , Гц	50,5
Температура воды T , °C	21,0
Напряжение сети U , В	240,0
Сила тока сети I , А	3,0
Расход воды (производительность) Q , м ³ /ч	2,6
Рабочее давление перед гидроциклоном P_1 , кПа	286,4
Рабочее давление после гидроциклона P_2 , кПа	215,0
Давление в шламовой емкости гидроциклона P_3 , кПа	314,0
Эффективность очистки, % (на взвеси гранулометрическим размером 0,1-0,3 мм (ГОСТ Р 51641 – 2000); массовый расход взвеси 3,31 г/с при напряжении 11 В; общая масса взвеси 3400 г	90

Все измеряемые параметры (табл.1) фиксировались в режиме реального времени с помощью программного обеспечения SimpleSCADA (рис. 2).

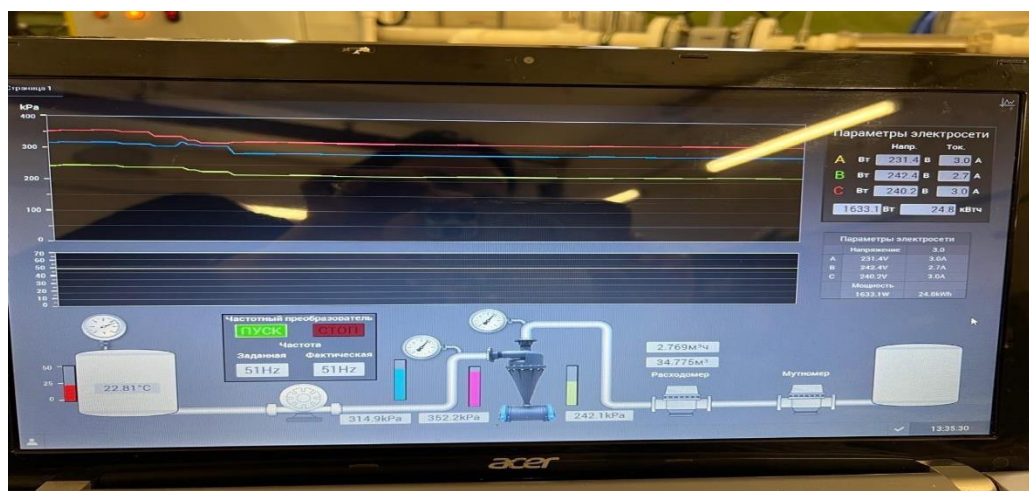


Рисунок 2 – Показания приборной базы в программном обеспечении во время проведения экспериментов

Гидроциклон любой конструкции можно рассматривать как некоторое гидравлическое сопротивление на трубопроводе [5], снижение которого является первой задачей исследования. В технической документации некоторых производителей промышленных гидроциклонов максимальное гидравлическое сопротивление заявлено от 2,5 до 5,0 МПа, что значительно превышает полученные экспериментальные значения и в последующих этапах работы позволит определить номинальное давление и максимально допустимое его значение на входе в гидроциклон, а также предельное гидравлическое сопротивление. Решением данной задачи служит системная инженерная оптимизация создания конструкции гидроциклона под судовые условия эксплуатации.

Расчет конструктивных параметров прототипа судового гидроциклона является задачей сложной, поскольку наиболее известные формулы являются эмпирическими, кроме того, все имеют совершенно разные размерности величин, входящих в данные формулы. Достаточно подробно анализ используемых формул для расчета конструктивных параметров гидроциклонов рассматривается Поваровым А.И. [6]. Следует отметить, что разработанная в те годы теория гидроциклонов практически не изменилась в своих постулатах, поэтому ее применение не противоречит современным конструкциям гидроциклонов. При этом, основным параметром, которая рассчитывается по эмпирическим формулам является производительность гидроциклона.

Стоит также отметить, что плотная компоновка судового оборудования в машинном отделении, а также требование к месту расположения гидроциклона между насосом забортной воды и теплообменником накладывают жесткие ограничения на габариты гидроциклонного оборудования и шламособорника. Решением второй задачи является разработка прототипа гидроциклона с автоматизированной системой промывки шламовой емкости.

Разработка отечественных систем автоматизированной очистки воды для судовых контуров охлаждения позволит решить задачи импортозамещения оборудования водоподготовки в проектируемых и существующих судовых контурах охлаждения, обеспечить технологическую независимость судовых систем водоочистки, что соответствует текущим приоритетам промышленной политики государства и целевым

показателям национального проекта технологического лидерства «Промышленное обеспечение транспортной мобильности».

Список литературы:

1. Жуков, В. А. Исследование теплогидравлической эффективности высокотемпературных систем охлаждения судовых дизелей / В. А. Жуков, А. А. Пуляев, В. Л. Ерофеев // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 107-114. – DOI 10.21821/2309-5180-2020-12-1-107-114. – EDN VZOTNP.
2. Интенсификация процесса очистки воды от взвешенных веществ для судовой системы охлаждения гидроциклоном / А. Э. Харламова, В. Г. Букин, М. Ф. Руденко, О. П. Ковалев // Эксплуатация морского транспорта. – 2024. – № 4(113). – С. 158-165. – DOI 10.34046/aumsuomt113/26. – EDN UQOZJT.
3. Приказ от 6 ноября 2020 г. N 464 Об утверждении Перечня нарушений обязательных требований, служащих основаниями для временного задержания судна или плавучего объекта, и предельных сроков этого задержания.
4. Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта : сборник документов / Российский речной регистр. – Москва : Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2012. – 226 с. – ISBN 978-5-7035-2301-8. – EDN QNYDCB.
5. Терновский, И. Г. Гидроциклонирование / И. Г. Терновский, А. М. Кутепов. – Москва : Наука, 1994. – 350 с.
6. Поваров, А. И. Расчёт и проектирование гидроциклонов / А. И. Поваров // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 1978. – № 5. – С. 12–16.

