**Валиулин, Сергей Сергеевич. Разработка комбинированного фильтра-сепаратора для судовой энергетической установки и основ его проектирования : диссертация ... кандидата технических наук : 05.08.05 / Валиулин Сергей Сергеевич; [Место защиты: Волж. гос. акад. вод. трансп.].- Нижний Новгород, 2012.- 143 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/3763**

Федеральное агентство морского и речного транспорта Российской Федерации  
Федеральное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Волжская государственная академия водного транспорта

На правах рукописи

0420.1 2 6 8 211 "

**Валиулин Сергей Сергеевич**

**РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО ФИЛЬТРА-СЕПАРАТОРА  
ДЛЯ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ  
И ОСНОВ ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Специальность: 05.08.05 - Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор, заел, деятель наук РФ Курников А.С.

Нижний Новгород - 2012

Введение 3

Глава 1. Анализ уровня разработок в области фильтрующих устройств и разделения двухфазных сред 7

[1.1 .Физические принципы работы фильтрующих устройств и их математическое описание 7](#bookmark1)

1. [Конструктивные принципы обеспечения эффективной и ста­бильной работы фильтрующих устройств 21](#bookmark3)
2. [Выводы. Цель и задачи исследования 37](#bookmark6)

[Глава 2. Разработка комбинированного фильтра - сепаратора и мате­матическое моделирование рабочего процесса в его проточной части 39](#bookmark7)

1. [Разработка гидравлической схемы и конструкции 39](#bookmark8)
2. Постановка и решение задачи математического моделирования

сред в фильтре-сепараторе 46

1. [Особенности численной реализации математической модели 52](#bookmark23)
2. Результаты математического моделирования течения рабочих

сред в фильтре-сепараторе 55

1. Выводы по главе 70

[Глава 3. Экспериментальные исследования характеристик комбиниро­ванного фильтра-сепаратора 71](#bookmark26)

1. [Задачи и методика проведения экспериментальной работы 71](#bookmark28)
2. [Определение характеристик дисперсного загрязнителя с нор­мированными параметрами 82](#bookmark30)
3. Результаты экспериментального исследования характеристик

[фильтра-сепаратора 88](#bookmark27)

1. [Выводы по главе 98](#bookmark37)

[Глава 4. Основные положения методики проектирования судового фильтра-сепаратора 99](#bookmark38)

* 1. [Конструкция и общая компоновка 99](#bookmark40)
  2. Рекомендуемый параметрический ряд судовых фильтров- 101 сепараторов

1. Алгоритм проектирования и расчёта судового комбинированно- 108 го ФС
2. [Практическое применение результатов исследования 110](#bookmark43)
3. Выводы по главе 111

[Общие выводы 1^](#bookmark44)

[Библиографический список используемой литературы 114](#bookmark45)

Приложение

**ВВЕДЕНИЕ**

Одним из важнейших требований по обеспечению надёжности судовых энергетических установок (СЭУ) является поддержание спецификационных параметров рабочих тел систем СЭУ.

В большинстве общесудовых систем и систем СЭУ в качестве рабочих жидкостей используются вода, масло, дизельное топливо, нефтепродукты и др. Все они в общем случае являются неоднородными (гетерогенными) и со­стоят из двух и более фаз. Например, в воде наружного контура охлаждения двигателей может присутствовать твёрдая дисперсная фаза - частицы песка, органические продукты и газовая фаза - в виде пузырьков воздуха. Положи­тельную технологическую функцию практически всегда выполняет основная сплошная жидкая фаза. Дисперсные включения во всех важных случаях ухудшают работу систем. Так, твёрдые частицы в системе охлаждения, осе­дая в трубопроводах, теплообменниках и регулирующих органах, ухудшают их гидравлические характеристики, приводят к заклиниванию арматуры, сни­жают эффективность теплообменных аппаратов и т.п.

Постоянное или периодическое удаление из судовых технологических жидкостей посторонних дисперсных включений - одна из важных задач обеспечения безотказной и долговечной эксплуатации энергетических уста­новок.

Изготовители элементов систем, как правило, указывают нормирован­ные параметры жидкостей и требуют их соблюдения. Несмотря на то, что в настоящее время на флоте применяется большое число специализированных устройств для разделения неоднородных систем и удаления посторонних включений, задачу очистки рабочих жидкостей нельзя считать решённой. Свидетельством этого являются загрязнения систем охлаждения с перегре­вом главных и вспомогательных двигателей, загрязнение топливной аппара­туры с заклиниванием плунжерных пар, загрязнение систем смазывания с «задирами» пар трения и т.п.

Значительный вклад в решение указанных проблем внесли отечествен­ные и зарубежные специалисты: Дытнерский Ю.И., Протодьяконов И.О., Чесноков Ю.Г., Теверовский Е.Н., Дмитриев Е.С., Лазорев В.А., Васькин С.В., Минц Д.М., Ferziger, J. Н., Rhie, С.М. и др.

Сложность создания эффективных и стабильно работающих судовых разделительных элементов связана с рядом физических особенностей, в том числе:

-полидисперсностью посторонних частиц, т.е. значительной разницей их размеров и форм;

-вариацией плотности и твёрдости частиц;

-вариацией физико-механических свойств, в т.ч. адгезией к стенкам ап­паратов, склонности к коагуляции;

-склонностью к созданию достаточно плотного осадка, дестабилизи­рующего работу разделительных элементов и др.

В составе СЭУ наибольшее распространение нашли два основных типа фильтрующих устройств: сепараторы и механические фильтры. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Попытки преодоления отрица­тельных свойств и усиления достоинств являются движущей силой при соз­дании новых фильтрующих аппаратов. Однако, задача создания фильтрую­щих устройств, сочетающих преимущества сепараторов и механических фильтров, до настоящего момента не имела эффективного решения.

***Цель работы.*** Целью работы является создание эффективного судово­го комбинированного фильтра-сепаратора(ФС) и теоретических основ его расчёта и проектирования.

***Задачи исследования.*** Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

-разработка эффективной гидродинамической схемы и устройства су­дового комбинированного ФС;

-разработка математических моделей течения загрязнённой среды в элементах ФС;

-экспериментальное исследование эффективности работы ФС;

-создание основ инженерной методики расчёта и проектирования ново­го судового комбинированного ФС.

***Объектом исследования*** является судовой комбинированный ФС. ***Методы исследования.*** В работе использовались методы математиче­ского анализа на базе систем дифференциальных уравнений течения вязкой жидкости и уравнений движения твёрдых частиц в потоке в трёхмерной по­становке с генерацией моделей в программной среде ANSYS CFX. Экспери­ментальные исследования выполнялись на физических полноразмерных мо­делях с использованием специально спроектированного стенда по методи­кам, рекомендуемым современными ГОСТами и другой нормативной доку­ментацией.

***Научная новизна и личный вклад автора*** заключаются в следующем:

1. Создана новая эффективная гидродинамическая схема и устройство судо­вого комбинированного ФС, сочетающего преимущества сепаратора и меха­нического фильтров.
2. Впервые разработаны математические модели течения загрязнённой жид­кости в проточной части комбинированного ФС.
3. Найдены закономерности, отражающие влияния геометрических и режим­ных факторов на фракционную и общую эффективность фильтрования.
4. Экспериментально подтверждена эффективность работы комбинированно­го ФС. Получены критериальные зависимости для расчёта эффективности фильтрования.
5. Разработаны основы инженерной методики проектирования судового ком­бинированного ФС.

***Практическая ценность*** работы заключается в следующем:

1. Создан пилотный образец нового судового комбинированного ФС, обла­дающий высокими эксплуатационными характеристиками.
2. Разработаны основные параметры типоразмерного ряда ФС систем охлаж­дения, отопления и горячего водоснабжения для вновь строящихся и нахо­дящихся в эксплуатации судов.

З. Применение разработанных ФС позволяет значительно уменьшить интен­сивность образования отложений в судовых системах, повысить надёжность работы арматуры, предохранительных устройств, датчиков расхода, темпера­туры, давления, повысить эффективность судовых теплообменников и др. ***Реализация результатов работы*** состоит в применении разработанных ос­нов методики проектирования судовых ФС в практике предприятия ООО «ГИДРОТЕРМАЛЬ» при создании проекта и промышленных образцов типо­размерного ряда ФС на Dy 50.. .200.

***Достоверность полученных результатов*** обоснована корректным исполь­зованием методов матанализа при создании математических моделей, экспе­риментальным подтверждением теоретических положений при исследовании характеристик опытных образцов ФС, применением при проведении экспе­риментов апробированных и надёжных методов измерений, использованием при планировании экспериментов и обработке опытных данных методик, одобренных Государственными стандартами и отраслевыми нормативными документами.

***Апробация работы.*** Результаты исследований докладывались и обсуждались на международного промышленно-экономическом форуме «Великие реки' 2010» и «Великие реки' 2011», ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ВГАВТ (2010-2012 гг.) ***Публикации.*** Список публикаций по материалам диссертации включает 4 печатные работы.

***Объём работы.*** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка использованной литературы.

Основное содержание работы изложено на 119 страницах машинопис­ного текста и включает 62 рисунка и 9 таблиц. Список литературы состоит из 72 наименований.

**Общие выводы**

Итогом выполненных исследований является разработка высокоэффек­тивного судового ФС и основ его проектирования.

Основные результаты работы сводятся к следующему:

1. Анализ конструкций, принципов действия и методов расчёта совре­менных аппаратов для очистки технологических жидкостей от твёрдых за­грязнений показывает, что одним из перспективных направлений повышения эффективности этих устройств, является сочетание двух и более физических принципов выделения дисперсной фазы. Конструктивное исполнение новых комбинированных фильтрующих устройств должно обеспечивать нейтрали­зацию отрицательных свойств отдельных физических принципов и макси­мально полное использование положительных свойств.
2. Разработана эффективная гидродинамическая схема и конструкция су­дового ФС, сочетающего преимущества циклонного и механического фильт­ров.
3. Разработаны математические модели течения загрязнённой жидкой среды в элементах предложенного ФС. Расчётные исследования, выполнен­ные с использованием этих моделей, подтвердили заложенные в конструк­цию ФС гипотезы об особенностях движения двухфазной среды в кольцевом канале корпуса фильтра при натекании под острым углом на решётку фильт­роэлемента.
4. Экспериментально исследованы гидродинамические характеристики осаждения реальных загрязняющих частиц в речной воде. Выявлено значи­тельное влияние несферической формы частиц на коэффициент сопротивле­ния.
5. Получены критериальные зависимости для определения коэффициента сопротивления частиц загрязнения речной воды.
6. Экспериментально исследована фракционная эффективность опытного фильтра-сепаратора в широком диапазоне геометрических и режимных па­раметров. Найдена область максимума функции эффективности фильтрова­ния и получена критериальная зависимость для расчета фракционной эффек­тивности фильтрования разработанного ФС.
7. Разработаны основные положения методики проектирования судового фильтра-сепаратора. Данные положения содержат соотношения и рекомен­дации сформулированные на базе расчётного и экспериментального исследо­ваний ФС.
8. Предложена базовая конструкция судового ФС и разработаны парамет­ры типоразмерного ряда фильтров для нужд речного флота.
9. Положения и рекомендации по проектированию судовых комбиниро­ванных ФС позволяют создавать эффективные устройства данного типа в диапазоне параметров, соответствующих нуждам проектировщиков судовых систем.
10. Основные положения методики внедрены в практику проектирования судовых фильтров-сепараторов для систем охлаждения и утилизации тепло­ты на предприятии ООО «ГИДРОТЕРМАЛЬ».

Новизна технических решений была подтверждена патентом на полез­ную модель № **115237 Бюл. №12 от 27.04.2012**