
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

УДК 621.431.74-729.3

С.П. Бойко

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

СРАВНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТКАНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СЕТОК, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В СУДОВЫХ САМОРЕГЕНЕРИРУЮЩИХСЯ ТОПЛИВО- И МАСЛОЧИСТИТЕЛЯХ

Проанализированы показатели эффективности фильтровальных материалов саржевого и полотняного переплетений при очистке горюче-смазочных материалов в судовых дизелях. Показано преимущество тканых сеток оптимизированной путем подбора параметров проволок утка и основы поровой структуры над материалами аналогичного класса, выпускаемыми серийно, в том числе с квадратными ячейками.

Ключевые слова: регенерирующийся фильтр, фильтровальный материал, тканые фильтровальные сетки, очистка топлива и масла.

S.P. Boyko

COMPARISON OF FUNCTIONAL PARAMETERS FILTER CLOTH NETS USED IN SHIP SELF-RECOVERING FUEL AND OIL CLEANER.

Analyzed performance indicators filtering materials twill and plain, weave in the purification of fuel and lubricants in ships diesel engines. The advantage of the woven mesh optimized by adjusting the parameters of the weft and warp wires of the pore structure of the materials of the same class, mass-produced, including a square mesh.

Key words: regeneration filter, filter material, woven mesh filter, cleaning of fuel and oil.

В последние года для очистки горюче-смазочных материалов (ГСМ) на судах все чаще применяют саморегенерирующиеся фильтры (СРФ) с высокой автономностью работы, способные функционировать в течение длительного времени без вскрытия для проведения профилактических работ и химической чистки фильтрующих элементов (ФЭ) [1, 4]. Механизация и автоматизация процесса регенерации ФЭ выдвинули более жесткие требования к фильтровальным материалам (ФМ) этих фильтров. При высокой пропускной способности и эффективности отсева из топлива и масла механических примесей изготовленные на их основе ФЭ должны хорошо регенерироваться, не забиваться отложениями на тяжелых режимах фильтрования, иметь длительный ресурс работы между химическими чистками.

Для СРФ больше всего подходят тканые фильтровальные сетки (ТФС), так как они обладают высокой прочностью и хорошей регенерирующей способностью. Они могут работать при различных законах фильтрования. Путем изменения формы переплетения, оптимизации геометрии и структуры ТФС можно при очистке горюче-смазочных материалов от нерастворимых продуктов перейти от фильтрования с закупоркой пор ФМ к промежуточному закону выделения дисперсной фазы загрязнений с образованием осадка, при которых часть отложений накапливается на поверхности сетки. В этом случае значительно улучшается грязеемкость и регенерируемость ТФС, уменьшаются затраты на фильтрование и промывку ФЭ, повышаются надежность и качество работы фильтровальной установки.

Высокие функциональные свойства тканых ФМ достигались расположением проволок утка вплотную и регулированием (оптимизацией) геометрии сеток выбором наиболее рациональных диаметров проволок утка и основы, шага основы [2, 3]. Моделирование фильтровальных сеток позволило выделить показатели геометрии и структуры, определяющие их эксплуатационные свойства. От формы внутренних поровых каналов сеток зависит их пропускная способность, регенерируемость и грязеемкость. Результаты моделирования позволили сформулировать принципы повышения задерживающей способности, гидравлических свойств, регенерируемости и грязеемкости ТФС полотняного переплетения.

Геометрия сеток полотняного переплетения (рис. 1) определяется шагом основы T_0 , диаметрами основной d_0 и уточной d_v проволок [1, 2]. Суспензия фильтруется через наружный задерживающий участок в виде прямоугольника. Далее поток разветвляется и проходит через два внутренних задерживающих участка, поперечное сечение которых имеет форму криволинейных косолежащих треугольников ABC .

Тонкость отсева Δ_n наружного фильтровального участка находится просто. Она равна диаметру уточной проволоки. Тонкость отсева внутренних задерживающих участков Δ формируется двумя скрещивающимися нитями утка и проволокой основы. Достаточно точное определение диаметра наибольшего шара, способного проникнуть через внутреннюю пору сложной пространственной структуры, методами Евклидовой геометрии затруднено. Для расчета Δ применены методы дифференциальной геометрии. Они обеспечивают не только высокую точность расчета, но и более простое выражение для тонкости отсева [1].

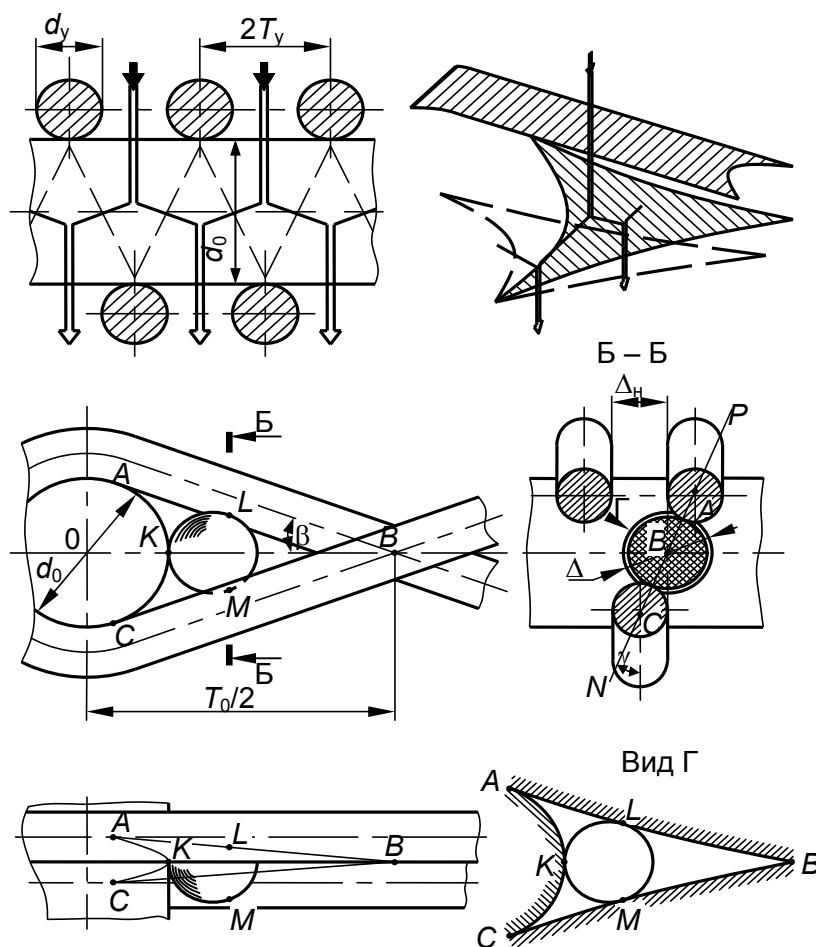


Рис. 1. Геометрия оптимизированных сеток полотняного переплетения
 Fig. 1. Geometry of the optimized grids of a calico weave

Определение диаметра наибольшего шара, проникающего в фильтрат, построено на концепции нахождения методами дифференциальной геометрии точек K, L, M касания шара цилиндров основы и утка. Геометрическое место точек, формирующих наиболее узкое сечение канала, через которое пройдет шар с $d = \Delta$, лежит в пл. KLM . Исходя из особенностей геометрии ТФС, целесообразно рассмотрение задерживающей способности внутреннего канала через эффективность фильтрования суспензии порой в самом узком ее сечении, образованном криволинейными треугольниками ABC в пл. PBN (см. рис. 1).

Моделирование и оптимизация сеток полотняного переплетения позволили выделить показатели геометрии и структуры, определяющие их эксплуатационные свойства. С уменьшением коэффициента формы порового канала число пор на единице поверхности, регенерируемость и грязеемкость ТФС повышаются, гидравлические свойства и пористость ухудшаются.

Результаты исследования структуры ТФС позволили разработать принципы повышения эффективности сеток полотняного переплетения [1]:

- формирование с целью повышения полноты и стабильности тонкости отсева геометрической структуры сеток, обеспечивающей двухступенчатое последовательное фильтрование суспензий наружным и внутренним задерживающими участками;
- разрешение противоречия между полнотой отсева и грязеемкостью, пропускной способностью и регенерируемостью ТФС при фильтровании крупнодисперсных загрязнителей путем оптимизации геометрических параметров сеток за счет перераспределения эффективности наружного и внутреннего задерживающих участков, усиления роли и повышения грязевой нагрузки наружного участка;
- приближение самого узкого участка сечения порового канала к поверхности ФМ и увеличение числа поровых каналов на единице его поверхности при фильтровании суспензий с повышенным содержанием крупных частиц, соизмеримых с тонкостью отсева сетки;
- применение структур с доминирующей ролью внутреннего задерживающего участка при фильтровании тонкодисперсных суспензий, имеющих дисперсную фазу с высокими адгезионными свойствами, и наружного при фильтровании грубодисперсных суспензий, образующих на ФМ осадок высокой пористости;
- перераспределение функциональных характеристик сеток, достигаемое варьированием параметров их геометрии за счет усиления главных свойств, а также использование для СРФ топливных и смазочных систем судовых энергетических установок материалов с регулярной поровой структурой.

Представляет интерес сравнение ТФС различных классов, значительно различающихся по конструктивному исполнению (рис. 2). Рассмотрены проволочные тканые сетки саржевого (ФМ1) и полотняного (ФМ2 – ФМ4) переплетения с тонкостью отсева 20–50 мкм. Сетки полотняного переплетения (ФМ2 и ФМ3) представлены структурами с внутренним и наружным задерживающими участками. ТФС оптимизированной структуры (ФМ3) изготовлена с учетом требований [2]. Испытанию подвергались также лучшие ТФС зарубежного производства (ФМ2), соответствующие рассматриваемому классу [1]. В качестве базы сравнения взята сетка (ФМ4) полотняного переплетения с квадратными ячейками (ФСКЯ), изготовленная по требованиям ГОСТ 6613-86.

Сравнение ФМ осуществлялось по гидравлическим характеристикам, регенерируемости и грязеемкости. Наиболее полого зависимость $\Delta p_{\phi}(v_{\phi})$ у сетки ФМ4 с квадратными ячейками, наихудшая гидравлика у сеток саржевого переплетения (ФМ1). По гидравлической характеристике ТФС оптимизированной структуры (ФМ3) типа ОПВ и ПН [2] несколько уступают ФСКЯ (рис. 2, а). Сетки ФМ2 полотняного переплетения самой распространенной геометрии по гидравлическим свойствам занимают промежуточное положение между сетками саржевого переплетения и ткаными ФМ класса ОПВ и ПН.

Восстанавливающая способность сеток (по гидравлике) при удалении с них загрязнений обратным потоком фильтруемой жидкости определялась коэффициентом регенерации φ_p (рис. 2, б). Для естественного загрязнителя (продуктов фильтрования моторного масла) при стандартном режиме промывки со скоростью потока $v_p = 0,12$ м/с восстанавливающая способность ФМ3 и ФМ4 практически одинакова. Наихудшие результаты по зависимости $\varphi_p(\Delta p_\phi)$ у ФМ1. Особенно значительно ухудшается восстанавливаемость гидравлических характеристик ТФС при их загрязнении отложениями g_ϕ , когда Δp_ϕ становится более 120 кПа.

Изменение перепада давлений на сетке по мере накопления на ней отложений $\Delta p_\phi(g_\phi)$ показано на рис. 2, в. Эта характеристика наиболее выигрышна у ФМ3. По грязеемкости тканые ФМ можно расположить в ряд в той же последовательности, что и при сравнении их по регенерируемости. При достижении перепада давлений 100 кПа грязеемкость ТФМ ряда 1–2–4–3 находится в пропорции 22 : 40 : 70 : 100.

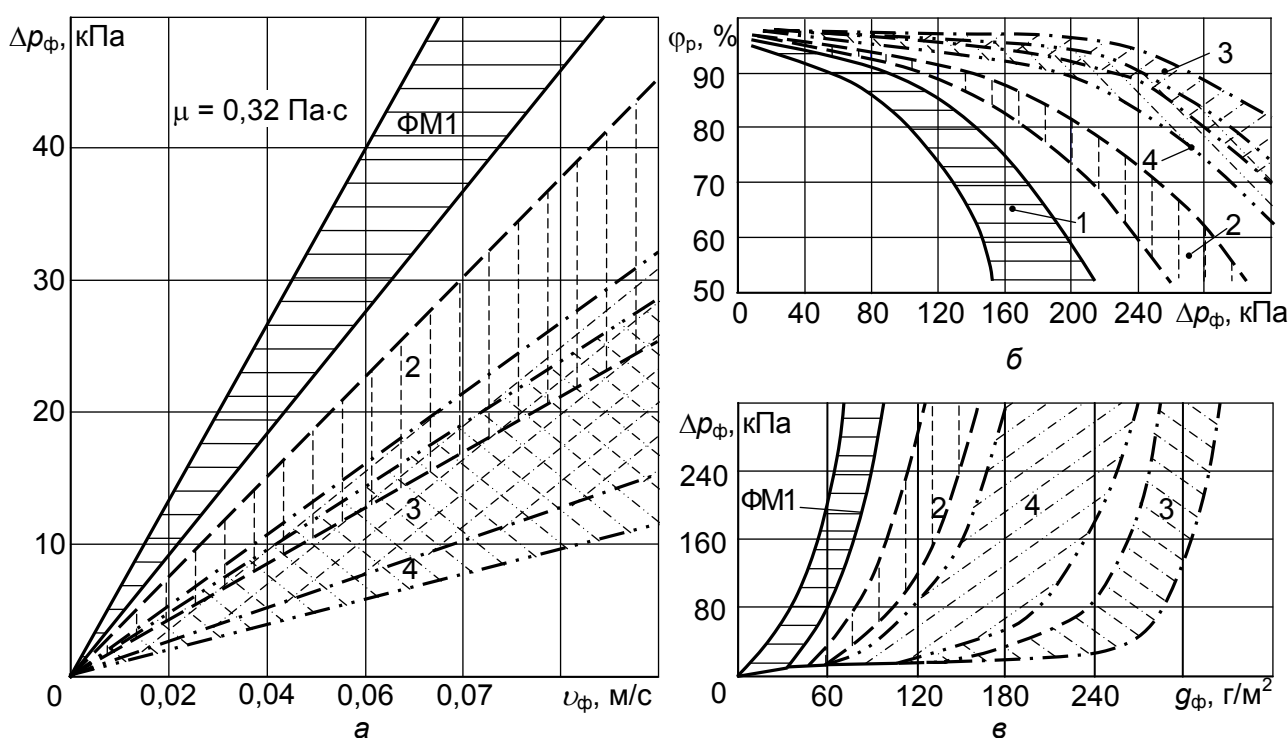


Рис. 2. Гидравлические (а), регенерационные (б) и задерживающие (отсеивающие) (в) характеристики тканых ФМ

Fig. 2. Hydraulic (a), regeneration (б) and detaining (eliminating) (в) characteristics of woven FM

Несколько обобщая результаты испытаний ТФС по усредненным показателям, можно их функциональные характеристики ранжировать следующим образом (таблица). По прочностным свойствам превосходство у сеток саржевого переплетения. Менее прочны, уступая им всего лишь на 19–32 %, ТФС оптимизированной структуры и зарубежного производства. ФСКЯ имеют самую низкую прочность. По этому показателю они уступают сеткам саржевого переплетения почти в 4 раза.

По пропускной способности, наоборот, все преимущества у ФСКЯ. Приняв у них за 100 % значение этого показателя, можно удельную пропускную способность сеток ряда 1–2–3–4 выразить пропорцией 34 : 65 : 85 : 100. Средняя грязеемкость и регенерируемость ТФС ряда 1–2–4–3 ранжируется соответственно уровнями 29 : 48 : 76 : 100 и 48 : 83 : 98 : 100. В обоих случаях побеждает сетка оптимизированной структуры (100 %). В стоимостном выражении,

т.е. по удешевлению производства относительно базового варианта, самое высокое снижение цены наблюдается у сетки ФМ4. В сравнении с другими материалами ряда 2–3–1–4 удешевление распределяется в пропорции 57 : 73 : 84 : 100.

Допустив равноценность каждого из рассматриваемых показателей при оценке обобщающей эффективности использования ТФС в СРФ для полнопоточной очистки ММ в судовых дизелях, их можно условно ранжировать по схеме 1–2–4–3, признав превосходство сеток оптимизированной структуры по соотношению 67 : 73 : 90 : 100. Сетки ФМ3 универсальны. Они могут эффективно использоваться как в СРФ, так и в очистителях с немеханизированным удалением осадка.

Характеристики проволочных ТФС, % Characteristics of wire TFS, %

Показатель	ФМ1 саржевого переплетения	ФМ2, ГОСТ 3187-76	ФМ3 оптимизированной структуры	ФСКЯ (ФМ4), ГОСТ 3584-79
Прочность	100*	68	81	20
Пропускная способность	34	65	85	100
Грязеемкость	29	48	100	76
Регенерируемость	48	83	100	98
Удешевление производства	84	57	73	100
Обобщенный показатель	67	73	100	90

* За 100 % принято самое высокое значение рассматриваемого показателя.

Выводы

1. Проведено сравнение тканых фильтровальных материалов разных форм переплетения. В результате лабораторных испытаний установлено, что сетки полотняного переплетения оптимизированной структуры (ФМ3) по отношению к зарубежным ФМ2 аналогичного класса по пропускной способности, грязеемкости и регенерируемости превосходят последние соответственно в 1,3, 2,1 и 1,2 раза.

2. Сетки ФМ3 типа ОПВ и ПН имеют более прогрессивные параметры почти по всем показателям. У этих материалов, кроме прочности, они в 1,5–3,5 раза выше по сравнению с параметрами сеток саржевого переплетения. Незначительно уступая ФСКЯ по пропускной способности, ТФС оптимизированной структуры превосходят последние по прочности в 4 и грязеемкости в 1,3 раза.

Список литературы

1. Кича, Г.П. Идентификация разделительной способности тканых регенерируемых фильтровальных материалов нового поколения / Г.П. Кича, С.П. Бойко // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 3. – С. 62–70.

2. Кича, Г.П. Оптимизация поровой структуры фильтровальных сеток для очистки горюче-смазочных материалов на судах / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, Г.Г. Галстян // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2010. – № 1. – С. 159–165.

3. Кича, Г.П. Теоретические основы расчета и интенсификации очистки топлив и масел в ДВС фильтрование / Г.П. Кича // Двигателестроение. – 1986. – № 5. – С. 25–29.

4. Dunn, A.R. Selection of wire cloth for filtration and separation / A.R. Dunn // Filtration and Separation. – 1980. – Vol. 17, № 10. – P. 437–451.

Сведения об авторе: Бойко Сергей Петрович, аспирант, e-mail: nadezkin@msun.ru.