

УДК 621.431.74-729.3

Н.Н. Тарашан¹, П.П. Кича², Л.А. Семенюк¹

¹Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690003, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОНКОЙ ОЧИСТКИ МОТОРНОГО МАСЛА КОМБИНИРОВАННЫМ ФИЛЬТРОВАНИЕМ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ С ВЫСОКИМ НАДДУВОМ

Излагаются результаты исследований по повышению эффективности тонкой очистки моторного масла в судовых форсированных дизелях комбинированным фильтрованием. Приводятся типоразмеры и схемы включения фильтров и фильтрующих элементов в систему смазки двигателя при комбинированной очистке масла. Показаны достоинства и преимущества комбинированного фильтрования моторного масла по сравнению с полнопоточным при его очистке в судовых дизелях с высоким наддувом.

Ключевые слова: комбинированное фильтрование, очистка моторного масла, фильтр, фильтрующие элементы, изнашивание двигателя, ресурсосберегающее маслоиспользование, расход масла.

N.N. Tarashchan, P.P. Kicha, L.A. Semeniuk EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ENGINE OIL FINE PURIFICATION BY COMBINED FILTERING IN MARINE DIESEL ENGINES WITH HIGH-PRESSURE CHARGING

This paper gives investigation results on efficiency improvement of engine oil fine purification in marine high-powered diesel engines by combined filtering. Standard dimensions and connection schemes of filters and filtering elements into engine lubricating system during combined oil purification are given. Benefits and advantages of engine oil combined filtering as compared to the full-flow oil during its purification in marine diesel engines with high-pressure charging are shown.

Key words: combined filtering, diesel oil purification, filter, filtering elements, engine wear, resource saving oil usage, oil consumption.

Введение

Эксплуатация судовых тронковых дизелей с высоким наддувом, особенно при применении моторного топлива, флотских и топочных мазутов, сопровождается интенсивным загрязнением моторного масла (ММ) нерастворимыми примесями [3]. В этих ДВС из-за высокой форсировки и низкого угара масла приходится применять ММ со значительным уровнем эксплуатационных свойств – термоокислительной и моюще-диспергирующей стабильностью. Сжигание низкосортных топлив и использование высокозольных термостойких масел приводит к значительному возрастанию абразивности и скорости поступления нерастворимых продуктов (НРП) в систему смазки (СС) форсированного тронкового дизеля [7].

Существующие системы полнопоточного фильтрования масла не способны обеспечить требуемую глубину очистки ММ, что интенсифицирует его старение и изнашивание двигателя [3]. Тонкость отсева масляного полнопоточного фильтра (ФМП) выбирается из условий защиты подшипников двигателя от попадания в трибосопряжения «вкладыш – шейка коленчатого вала» крупных механических примесей. Мелкие НРП (продукты изнашивания и двигателя срабатывания присадок) этими фильтрами не удаляются, что ускоряет окисление масла и снижает срок его службы. Интенсификация удаления этих продуктов ФМП путем уве-

личения тонкости отсева приводит к сокращению срока службы полнопоточных фильтрующих элементов (ФЭПП). Кроме того, открываясь на длительный срок, при фильтровании холодного масла предохранительные клапаны этих очистителей пропускают в пары трения дизеля нефильТРованное масло, что может вызвать повреждение подшипников.

Системы очистки ММ в дизеле, использующие фильтры грубой очистки на полном потоке и частичнопоточные маслоочистители, подключаемые байпасом (на ответвление) к основной магистрали масла, обеспечивают глубокую очистку от мелкодисперсных нерастворимых загрязнений. Однако в этом случае надежность защиты подшипников двигателя от крупных механических примесей низка. Поэтому при частичнопоточном фильтровании возможно высокое абразивное изнашивание вкладышей и шеек коленчатого вала двигателя [6].

Объекты и методы исследований

Проведенные разработки [1, 7] позволили достичь такого комплектования комбинированной системы тонкой очистки масла (КСТОМ), при котором возможности полно- и частичнопоточного фильтрования в повышении эффективности очистки ММ в форсированных судовых дизелях реализуются полностью. Достоинство проведенных исследований состоит в обосновании для фильтрующих элементов (ФЭ) полного и частичного потоков характеристик фильтровальных материалов (ФМ), способных к полному взаимодействию при комбинированном фильтровании масла в СС дизелей.

КСТОМ на основе фильтрования сочетает в себе достоинства обеих схем очистки, обеспечивая полнопоточным фильтрованием надежную защиту пар трения (подшипников коленчатого вала) двигателя от попадания в трибосопряжения крупных абразивных частиц механических примесей с размерами, превышающими 25 мкм. Частичнопоточное фильтрование, функционируя в благоприятных гидродинамических условиях, способствует глубокой очистке ММ от мелкодисперсной нерастворимой фазы загрязнений, что тормозит окисление масла и вызывает снижение нагаро- и лакообразования деталей двигателя.

Беря на себя основную грязевую нагрузку, частичнопоточные фильтрующие элементы (ФЭЧП) облегчают функционирование полнопоточных (элементов). Последние работают дольше в режиме фильтрования полного потока масла, поступающего во внутреннюю СС двигателя. Предохранительные (перепускные) клапаны ФЭПП при наличии частичнопоточных элементов реже срабатывают и открываются на более короткий период времени при перепуске холодного масла, особенно в конце своего срока службы, который в этом случае значительно удлиняется.

Разработка систем очистки и агрегатов очистки ММ в дизелях с высоким наддувом осуществлялась на основе следующих принципов:

- разграничения функций очистителей полного и частичного потоков;
- подбора поровых структур полно- и частичнопоточных ФЭ, обеспечивающих саморегулирование отсева НРП разной дисперсности;
- снижения «грязевой» нагрузки на полнопоточные ФЭ для длительного функционирования их при высокой тонкости отсева с низким гидравлическим сопротивлением, что способствует их высокому сроку службы;
- повышения интенсивности очистки и грязеемкости частичнопоточных ФЭ оптимизацией их поровой структуры для достижения высокой полноты отсева масла от мелкодисперсного загрязнителя.

По результатам исследований [3, 6] уточнены схемы включения комбинированных фильтров и ФЭ в систему смазки судовых дизелей, разработаны типоразмеры ФМК и полно- и частичнопоточных ФЭ к ним. Кроме того, предложены ФМ, поровая структура которых полностью удовлетворяет требованиям к очистке масла по полно- и частичнопоточной схемам. Для улучшения гидравлических свойств полнопоточных ФЭ предложено их фильтро-

вальную штору поверхностного типа формировать в виде многолучевой звезды совместно с подложкой из полиэтиленовой сетки. Поровая структура ФМ для них должна иметь «узкое» распределение капилляров по диаметру [2].

В системах комбинированию подлежали агрегаты очистки, в фильтрах – элементы, в элементах – фильтрующие перегородки. Возможно двойное комбинирование. Разные ФЭ могут устанавливаться в отдельных очистителях, совмещаться в одном агрегате и быть составными (комбинированными). Шторы, элементы, фильтры при комбинированной очистке масла находятся в сложной гидравлической связи между собой и с системой смазки. Принципиально важен способ подключения их к СС: полнопоточно, т.е. с фильтрованием всего потока масла, поступающего в распределитель и далее в пары трения двигателя; частично-поточно – с очисткой части масла и сбросом его в картер или присоединением к основному потоку. Возможны полно- и частичнопоточная (комбинированная) схемы очистки.

На рис. 1 показаны способы подключения фильтров (ФЭ и их штор) к СС двигателя [6]. Для ограничения потока масла через частичнопоточные фильтры, элементы (шторы) предусмотрен дроссель. Регулировочный клапан (рис. 1, в) автоматически вводит в процесс фильтрования вспомогательный элемент при тяжелых (критических) режимах работы основного ФЭ.

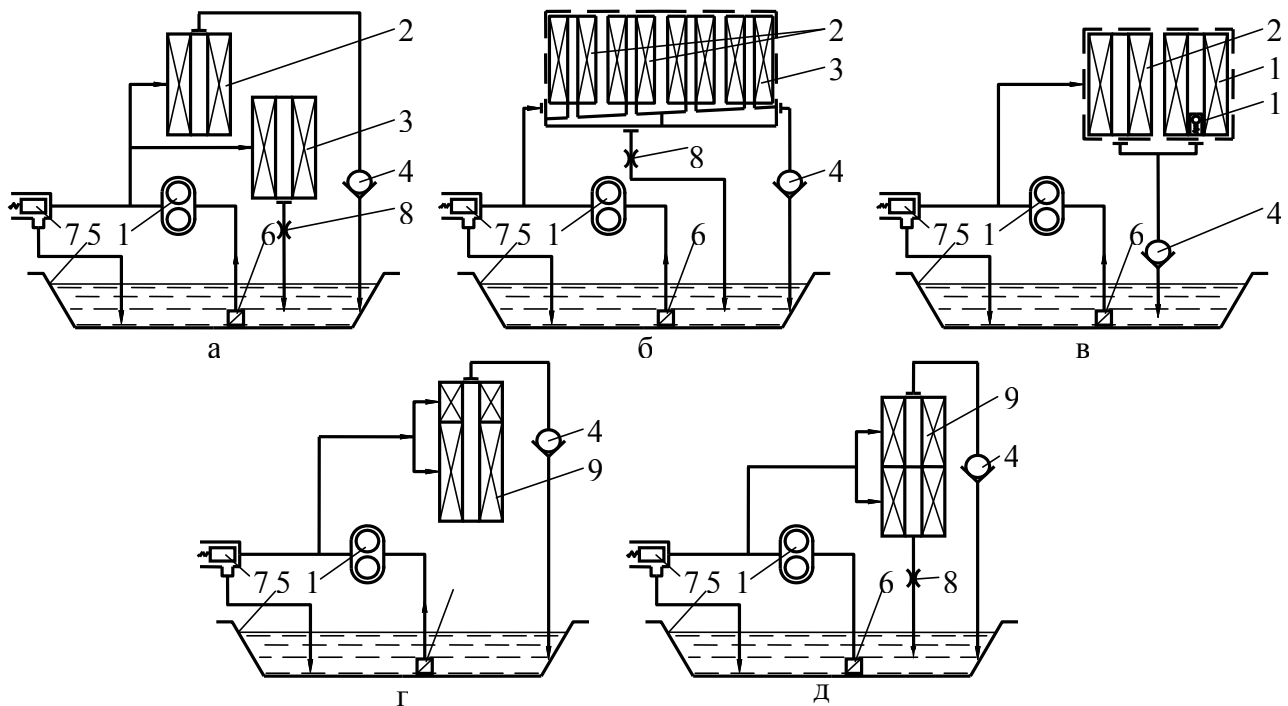


Рис. 1. Схемы включения очистителей в систему смазки двигателя при комбинированном фильтровании масла: а – комбинированная система очистки масла с ФЭПП и ФЭЧП; б, в – системы очистки с комбинированными фильтрами; г, д – системы с ФЭППК и ФЭК; 1 – масляный насос; 2 – ФЭПП; 3 – ФЭЧП; 4 – главная магистраль; 5 – картер двигателя; 6 – маслоприемник; 7 – перепускной клапан; 8 – дроссель; 9 – комбинированный фильтрующий элемент; 10 – вспомогательный фильтрующий элемент; 11 – регулирующий клапан

Fig. 1. Scheme of purifiers' connection to the engine lubrication system during combined oil filtering: а – combined oil filtering with ФЭПП and ФЭЧП; б, в – purifying systems with combined filters; г, д – systems with ФЭППК and ФЭК; 1 – oil pump; 2 – ФЭПП; 3 – ФЭЧП; 4 – main line; 5 – crankcase; 6 – oil receiver; 7 – bypass valve; 8 – throttle; 9 – combined filter element; 10 – auxiliary filter element; 11 – adjusting valve

При создании типоразмерного ряда масляных сменных фильтрующих элементов использовался ГОСТ 22858–97. Для дизелей мощностью 20–5000 кВт предложено пять типоразмеров элементов емкостью 0,6–10,2 дм³ [3]. Для комбинированной очистки масла рекомендуются элементы полнопоточные (ФЭПП), частичнопоточные (ФЭЧП) и комбинированные (ФЭППК, ФЭК). ФЭППК (элемент полнопоточный, комбинированный) [6] работает в СС по схеме (рис. 1, з). Полно- и частичнопоточная очистка масла ФЭК осуществляется по схеме (рис. 1, д).

Основные размеры и характеристики элементов приведены в работе [1]. Там же указаны формы укладки фильтрующих перегородок и материалы. В элементах поверхностные ФМ сформированы в виде многолучевой звезды (код такой формы укладки 1). Для улучшения гидравлической характеристики элементов многолучевая звезда изготавливалась с гребенчатыми вставками или подложкой. Эти фильтрующие перегородки обозначены соответственно 1В и 1П. Штора в виде многолучевой звезды с поперечными складками оптимизирована [1]. Ее применение закодировано цифрой 4.

В табл. 1 приведены характеристики ФМ, рекомендованных к использованию при комбинированной очистке масла. В основном это листовые материалы толщиной 0,42–0,98 мм с тонкостью отсева 5–60 мкм. Для их изготовления применяются натуральные и синтетические волокна, скрепляемые латексом, поливинилацетатной эмульсией и другими клеящими составами.

Бумаги для фильтрования масла (БФМ) формируются мокрым способом, остальные материалы – сухим. В материалах типа ФМ (ОФМ) [1, 3] используются как грубые, толщиной 60–120 мкм при длине 15–35 мм, так и тонкие, 9–25 мкм, волокна. Поровая структура таких материалов неоднородна.

Эффективность ФЭППК подробно изложена в работе [6]. При их применении происходит саморегулирование потоков масла через шторы с разной поровой структурой, что в конечном итоге улучшает очистку масла от НРП и гидравлику комбинированного элемента. Однако более полно возможности мелкопористого материала могут быть реализованы только в элементах, которые к СС подключаются байпасно.

Таблица 1

Фильтровальные материалы для комбинированной очистки моторного масла в ДВС

Table 1

Filter materials for combined cleaning of engine oil in internal combustion engines

Фильтрующий материал, область применения	Тип материала	Толщина, мм	Тонкость очистки, мкм	Максимальный размер пор, мкм	Пористость, %	Удельная пропускная способность, м/ч	Коэффициент отсева**,
1	2	3	4	5	6	7	8
Для полнопоточного комбинированного фильтрования масла: КФМ-25* КФМ-40 НКФМ-35 ДРКБ-45 БМ-40 БМ-45 МФ-30 МФ-35	Поверхностный	0,92	25	83	86	22	33
		0,69	40	90	87	51	9
		0,50	35	113	69	57	13
		0,42	45	140	81	100	4
		0,70	40	128	83	108	6
		0,50	45	140	80	134	5
		0,55	30	128	75	65	12
		0,98	35	126	77	52	11

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Для частичнопоточного фильтрации масла в комбинированных сис- темах очистки:	Объемный						
КФМ-10		1,80	10	31	89	14	79
НКФМ-20***		0,70	20	58	76	18	46
БМ-10		0,42	10	40	87	12	75
БМ-15		0,47	15	52	85	17	52
ФМ-35		4	35	118	83	13	71
ФМ-60		4	60	152	86	28	34
ОФМ-5		–	5	–	87	–	98

* В условном обозначении фильтровального материала число указывает величину тонкости отсева, определенную по ГОСТ 14146-69.

** Приводится для кварцевого загрязнителя с удельной поверхностью 1,05 м²/г (ГОСТ 8002-74).

*** Материал может использоваться и для полнопоточного комбинированного фильтрации масла.

Типоразмеры и основные параметры ФМК (фильтров масляных комбинированных), разработанных для дизелей мощностью свыше 100 кВт, приведены в работе [3]. В системе смазки фильтры подключаются по схеме (см. рис. 1, б). В ФМК-2/1 – 2ФМК-12/8 используются фильтрующие элементы типа ФЭПП-6,4 и ФЭЧП-6,4 в количестве 2–12. Полный поток обрабатывают один–восемь элементов. Прочка масла через них может составлять 7,5–60 м³/ч.

Регулирование (ограничение) потока масла через ФЭЧП осуществляется для условий достижения ими максимальной грязеемкости. Начальная пропускная способность ФЭЧП-6,4 устанавливается 0,1–1 м³/ч. Нижний предел соответствует применению объемного материала ОФМ-5, верхний – поверхностного НКФМ-20. Соотношение между числом ФЭЧП и ФЭПП в комбинированных маслоочистителях составляет 1 : 2, 1 : 1 и 2 : 1, что позволяет удовлетворить потребности систем смазки ДВС с любыми характеристиками масла и параметрами его старения.

При удельной скорости загрязнения масла НРП продуктами ниже 0,02 и выше 0,05 г/(кВт·ч) используются комбинированные фильтры соответственно с заниженным и завышенным числом ФЭЧП. В диапазоне скоростей 0,03–0,04 г/(кВт·ч) число ФЭЧП и ФЭПП в ФМК одинаково. Окончательно типоразмер фильтра выбирается исходя из характеристик дизеля, системы смазки и применяемых масел по результатам расчета поверхности полнопоточной фильтрации.

Результаты и их обсуждение

Целью эксплуатационных испытаний на судах комбинированных фильтров, содержащих в одном корпусе ФЭ, функционирующих в полнопоточном режиме очистки и подключаемых в СС байпасом со сбросом отфильтрованного масла в картер двигателя [6], было определение их эффективности в дизелях с высоким наддувом, использующих топочные мазуты. Сравнение эффективности работы фильтров масляных комбинированных (ФМК) велось относительно результативности использования в двигателях штатных средств очистки – полнопоточных фильтров ФМП (табл. 2). Эксперимент осуществлялся этапами по 2 тыс. ч. На каждом из выбранных двигателей испытанию подверглись опытная и штатная системы очистки масла.

Объектом испытаний ФМК был форсированный дизель Vasa20 (4ЧН20/28) ($P_e = 1000$ кВт, $p_{me} = 2,4$ МПа, $n_{ДВ} = 16,7$ с⁻¹). Двигатель работал на масле М-14-Д₂(цл30) и топочном мазуте М-100 (ГОСТ 16585-75). Опытная система очистки включала фильтр ФМК-6/3 с полно- и

частичнопоточными ФЭ типоразмера 6,4 (145/55.363), использующих фильтровальные материалы ДРКБ-40 (полнопоточные элементы) и КФМ-10 (частичнопоточные). Штатная система предусматривала применение фильтра ФМП-4 с ФЭ «Нарва 6-4», фильтрующая штора которого была сформирована из материала ДРКБ.

Судовой эксперимент проводился с соблюдением ОСТ 24.060.09-89. Пробы масла на анализ отбирались через 200 ч работы дизеля. С такой же периодичностью осуществляли его долив для компенсации угара. Оценка износа деталей дизеля (цилиндровых втулок и шеек коленчатого вала) производили с использованием метода искусственных баз (приборы УПОИ-6 и УПОИВ-2). Износ поршневых колец и вкладышей мотылевых подшипников контролировали их взвешиванием на аналитических весах ВЛА-200 до и после испытаний на каждом этапе. Нагаро- и лакообразование ДВС оценивали в балльной системе 344Т измерением площади, твердости и толщины нагаров, отложившихся на поршнях [4].

Таблица 2

**Моторная эффективность полнопоточного и комбинированного
фильтрации масла М-14-Д₂(цл30) в дизеле Vasa20**

Table 2

**Frictional: characteristic of full-flow and combined M-14-Д₂ (цл30) oil
in diesel engine Vasa20**

Показатель	ФМП-4	ФМК-6/3
<i>Состояние моторного масла:</i>		
Концентрация НРП, %		
общих	1,8 ± 0,3	1,3 ± 0,2
зольных	0,48 ± 0,07	0,32 ± 0,05
Щелочность масла, мг КОН/г	7,4 ± 1,2	12,5 ± 1,6
Степень окисления, %	9,0 ± 1,1	6,9 ± 0,8
Содержание смол, %	11,5 ± 1,2	7,5 ± 0,06
Содержание присадок, %	18 ± 2	33 ± 3
Диспергирующая способность, отн. ед.	0,48 ± 0,05	0,56 ± 0,08
<i>Интенсивность (скорость) старения масла, г/ч:</i>		
Поступление НРП	22,4 ± 3,2	18,7 ± 2,4
Срабатывание присадок	51,4 ± 6,2	38,7 ± 4,2
Окисление	58 ± 7	45 ± 6
Смолообразование	132 ± 15	96 ± 12
<i>Работа маслоочистителей:</i>		
Интенсивность очистки от НРП, г/ч:		
общих	72 ± 8	340 ± 42
зольных	101 ± 9	420 ± 56
Срок службы ФЭ, тыс. ч		
полнопоточных	0,83 ± 0,22	1,32 ± 0,15
частичнопоточных	—	0,76 ± 0,10
<i>Скорость изнашивания:</i>		
Поршневых колец, г/1000 ч	9,1 ± 1,3	5,8 ± 0,7
Цилиндровых втулок, мкм/1000 ч	18,6 ± 1,9	12,4 ± 1,7
Вкладышей мотылевых подшипников, мг/1000 ч	158 ± 16	126 ± 14
Мотылевых шеек коленчатого вала, мкм/1000 ч	12,6 ± 1,3	9,8 ± 0,9
Нагаро- и лакообразование на поршнях (общая оценка), балл	15,6 ± 1,8	12,7 ± 1,3
Нагары в поршневых канавках, балл	5,6 ± 0,7	3,8 ± 0,4

Физико-химические показатели ММ и их старение оценивали на основе методик, апробированных в работе [4]. Загрязнение масла контролировали по содержанию НРП c , определяемом центрифугированием (ГОСТ 20684-75). Щелочность проб масла $Щ$ определяли по ГОСТ 11362-76. Степень (глубину) окисления масла $СО$ находили через отношение интегральной интенсивности поглощения карбонилсодержащих соединений $-C = 0$ к группе $-C = C-$ ароматических ядер. Содержание смол $См$ определяли методом диализа и хроматографии. Срабатывание присадок $П$ контролировали сопоставлением щелочности фугата и диализата свежего и работающего масла.

Наблюдение за работой маслоочистителей (МО) проводили по рекомендациям [3]. Контроль режимов работы и технического состояния дизелей осуществляли согласно правилам технической эксплуатации. Испытания вышеуказанных объектов вели так, чтобы нагрузочные режимы дизеля на обоих этапах работы были довольно близкими по средней мощности и ее дисперсии как при работе со штатными, так и опытными фильтрами. Угар масла в период эксплуатационных испытаний на номинальном режиме работы двигателей составлял 1,2–1,6 г/(кВт·ч).

Расчет интенсивности (скорости) a_i старения ММ по любому направлению, при условии равенства концентрации $c_{ид}$ рассматриваемого компонента в доливаемом масле его содержанию c_{io} в свежем продукте, вели по результатам анализа взятых проб по методике [4].

Кинетика старения масла М-14-Д₂(цл30) в дизеле 4ЧН20/28 при работе на топочном мазуте М-100 с содержанием серы 2,5 % показана на рис. 2. В этом двигателе преимущество комбинированного над полнопоточным фильтрованием как по состоянию ММ, так и дизеля проявилась ярко, что связано с его высокой форсировкой и применением топлива низкого качества.

Так, уровень загрязнения масла НРП в дизеле Vasa20 при его очистке штатным фильтром, несмотря на большую поверхность ФЭ, возрос до 1,9 %. Это вызвано высокой (22,4 г/ч) скоростью поступления в смазочную систему этого дизеля продуктов неполного сгорания топлива и низкой (72 г/ч) интенсивностью очистки масла от НРП (см. табл. 2). При применении ФМК-6/3 интенсивность очистки $Q_{ф\phi}$ по сравнению с полнопоточным фильтрованием возросла в 4,7 раза и составила 340 г/ч, что при скорости 18,7 г/ч привело к загрязнению масла НРП до уровня 1,3 %. По зольным нерастворимым примесям стабилизация их накопления в ММ при полнопоточном и комбинированном фильтровании происходила на средних концентрациях 0,48 и 0,32 % соответственно. У сравниваемых фильтров МО интенсивность очистки по этим продуктам равнялась 101 и 420 г/ч.

Влияние очистителей на глубину окисления масла проявилось в максимальной концентрации карбонилсодержащих продуктов (показатель $СО$) при штатном и опытном фильтрах на уровне соответственно 9,9 и 6,9 % (рис. 2). Смолообразование в дизеле 4ЧН20/28 проходило с интенсивностью 132 и 96 г/ч, что привело к накоплению в масле $См$ в количестве 12,9 % при включении в СС ФМП-4 и 8,7 % – ФМК-6/3.

Срок службы полнопоточных ФЭ у этих МО соответствовал 0,83 и 1,32 тыс. ч. Частично-поточные ФЭ комбинированного фильтра меняли в среднем через 0,76 тыс. ч работы. Дополнительное байпасное фильтрование масла, несмотря на увеличение тонкости отсева ФЭПП, способствовало увеличению $T_{фэнт}$ по сравнению со сроком службы ФЭ «Нарва 6-4» в 1,6 раза.

В дизеле с высоким наддувом роль комбинированного фильтрования в снижении скорости изнашивания деталей ЦПГ проявилась в наибольшей мере (см. табл. 2). Так, применение ФМК-6/3 по сравнению с полнопоточным фильтрованием привело к снижению скорости изнашивания поршневых колец в 1,57 раза – с 9,1 до 5,8 г/1000 ч. При переходе на комбинированную очистку ММ цилиндры втулки стали изнашиваться с меньшей в полтора раза скоростью – с 18,6 до 12,4 мкм/1000 ч.

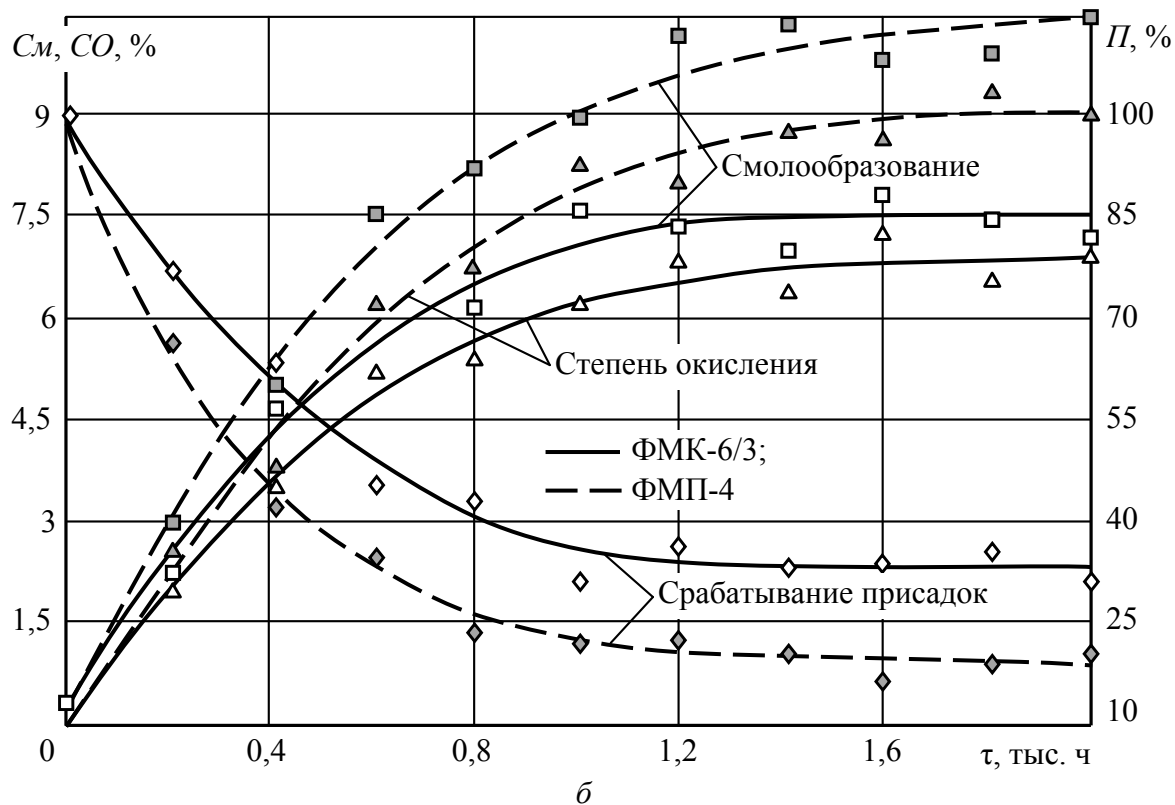
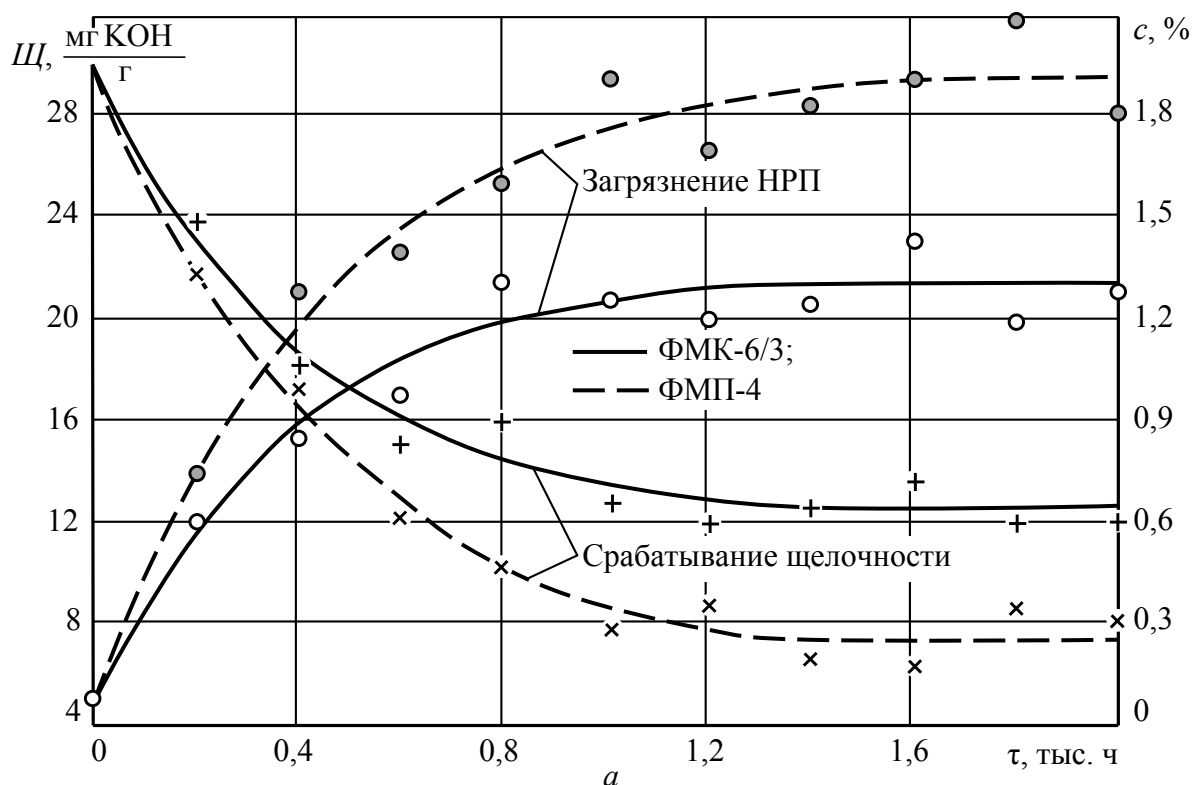


Рис. 2. Влияние МО на старение масла М-14-Д₂(цл30) в дизеле 4ЧН20/28
 Fig. 2. Influence of oil purifier on oil M-14-Д₂ (цл30) decomposition in diesel engine 4ЧН20/28

По вкладышам мотылевых подшипников и шейкам коленчатого вала, контактирующими с ними, при модернизации системы тонкой очистки масла зафиксировано незначительное снижение скорости изнашивания в 1,25–1,29 раза, что указывает на преобладающее значение в защите этих деталей от абразивного изнашивания полнопоточного фильтрования. В сравниваемых вариантах это направление очистки по тонкости отсева имеет почти одинаковые параметры.

Нагаро- и лакообразование при применении ФМК-6/2 по сравнению с ФМП-4 замедлилось в 1,23–1,47 раза. Причем наибольший эффект был зафиксирован в снижении нагаров в поршневых канавках, что сказывается на надежности работы дизеля. Его рабочие параметры и угар масла значительно стабильнее сохраняли эксплуатационный уровень при очистке ММ комбинированным фильтрованием. Как показали длительные эксплуатационные испытания, рост угара масла в дизелях Vasa20 по мере наработки моточасов при применении комбинированной очистки ММ был в 2–2,5 раза более медленным по сравнению с его очисткой только полнопоточным фильтрованием [6]. Это обусловлено более низкой скоростью изнашивания маслосъемных поршневых колец при применении ФМК.

Разница в эффективности ФМК и ФМП как во влиянии на изнашивание дизеля, так и срок службы ММ возрастает при ухудшении качества топлива, повышении моторных свойств масел, увеличении их термоокислительной стабильности, показателей моюще-диспергирующих свойств и щелочности, сопровождающихся ростом зольности.

Выводы

1. В результате выполненных исследований разработаны:

- новые научно-технические решения по комплексному повышению эффективности комбинированной очистки ММ;
- системы комбинированной очистки, позволяющие реализовывать преимущества очистки масла по полно- и частичнопоточной схемам;
- уточненные расширенные типоразмерные ряды унифицированных комбинированных фильтров и полно- и частичнопоточных ФЭ к ним;
- подходы к выбору поровых структур ФМ, обеспечивающих саморегулирование процесса отфильтровывания НРП разного дисперсного состава с достижением высоких функциональных характеристик ФЭ обоим назначением.

2. Использование в СС судовых форсированных дизелей комбинированных фильтров позволяет:

- обеспечить ресурсосберегающую эксплуатацию ДВС на низкосортных топливах;
- снизить по сравнению с полнопоточным фильтрованием изнашивание основных деталей двигателей в 1,2–1,8 раза;
- увеличить при тонкости отсева 25–50 мкм интенсивность очистки масла от НРП в 3–6 раз;
- затормозить старение ММ по основным направлениям в 1,5 раза и стабилизировать в течение длительного периода его угар на нижнем уровне;
- уменьшить расход и увеличить срок службы масла не менее чем на 30 %.

Список литературы

1. Кича, Г.П. Комбинированная очистка моторного масла в судовых тронковых дизелях: новые принципы и схемы очистки, результаты испытаний / Г.П. Кича, Н.Н. Таращан, А.В. Голенищев // Исследование по вопросам повышения эффективности судостроения и судоремонта: сб. науч. тр. – Владивосток: ДВГТУ, 2009. – Вып. 47. – С. 148–159.

2. Кича, Г.П. Оптимизация рабочих параметров комбинированного фильтра при очистке моторного масла в судовых дизелях / Г. П. Кича, Н. Н. Таращан // Науч. проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 3. – С. 143–149.

3. Кича, Г.П. Повышение эффективности тонкой очистки моторного масла в судовых тронковых дизелях комбинированным фильтрованием: монография / Г.П. Кича, Н.Н. Таращан, А.В. Надежкин. – Владивосток: МГУ им. Г.И. Невельского, 2015. – 175 с.

4. Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях: монография / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. – Владивосток: МГУ им. Г.И. Невельского, 2011. – 372 с.

5. Кича, Г.П. Теоретическое исследование процесса загрязнения масла в ДВС с комбинированными системами очистки / Г.П. Кича, П.П. Кича // Двигателестроение. – 1980. – № 12. – С. 23–27.

6. Кича, Г.П. Тонкая очистка масла в ДВС комбинированным фильтрованием: результаты исследования и перспективы развития / Г.П. Кича, Н.М. Свистунов // Двигателестроение. – 1981. – № 12. – С. 17–23.

7. Кича, Г.П. Триботехнические характеристики нерастворимых продуктов загрязнения моторных масел и их влияние на износ двигателя / Г.П. Кича, Г.М. Липин, С.П. Полоротов // Трение и износ. – 1986. – Т. 7, № 6. – С. 1068–1078.

Сведения об авторах: Таращан Николай Николаевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: Nadezkin@msun.ru;

Кича Павел Петрович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: pkicha@inbox.ru;

Семенюк Людмила Анатольевна, старший преподаватель, e-mail: Nadezkin@msun.ru.