

УДК 621.43.013 : 629.3

Н.К. ПакМорской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТОНКОЙ ОЧИСТКИ МОТОРНОГО МАСЛА
В СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЯХ СЕПАРИРОВАНИЕМ**

Приводится описание штатной, включающей поверхностный фильтр на полном потоке, и опытной комбинированной, сочетающей саморегенерирующийся фильтр и параллельно включенный сепаратор, систем тонкой очистки моторного масла судового дизеля 9L28/32A-F. Сравниваются эффективности этих систем по влиянию на старение смазочного масла, износ и нагарообразование дизеля.

Ключевые слова: моторное масло, очистка масла, сепарирование, саморегенерирующийся фильтр.

N.K. Pak**INTENSIFICATION OF ENGINE OIL FINE CLEANING IN THE MARINE
MEDIUM SPEED DIESELS BY MEANS OF SEPARATION**

Description of standard, including superficial filter on the full flow, and experienced, combined self-regenerated filter & parallel joined separator, engine oil fine cleaning systems is given in the marine diesel 9L28/32A-F. Efficiencies of these systems are compared concerning influence on oil decomposition, wearing and carbonization of diesel.

Key words: engine oil, oil cleaning, separation, self-regenerated filter.

Повышение механических и термических нагрузок, увеличение скорости загрязнения моторного масла (ММ) нерастворимыми продуктами (НРП) и их абразивность вследствие применения термостойких высокощелочных присадок и форсировки ДВС приводят к увеличению интенсивности изнашивания и снижают срок службы деталей судовых дизелей. Это вызывает необходимость повышения надежности защиты их пар трения от изнашивания. Усиление абразивности нерастворимых примесей при использовании масел, легированных до концентраций 25 % многофункциональными зольными присадками, ужесточает требования к их очистке. Этому же способствует применение тонкостенных вкладышей из-за повышенной их чувствительности к качеству очистки ММ.

Анализ качества очистки масла в судовых дизелях показал, что использование частично поточных маслоочистителей не обеспечивает достаточно высокую надежность защиты пар трения ДВС от попадания в пары трения крупных и, следовательно, особо опасных частиц. Полнопоточные же фильтры тонкой очистки имеют недостаток – не обеспечивают требуемую глубину очистки масла от мелкодисперсных зольных НРП, интенсифицирующих старение масла. При увеличении тонкости отсева этих фильтров увеличивается продолжительность их работы с открытым перепускным клапаном и снижается срок службы фильтрующих элементов (ФЭ) [1].

В качестве объекта исследования был выбран двигатель 9L28/32A-F (9ЧН28/32). Дизель имеет мощность 2206 кВт при частоте вращения вала 775 мин⁻¹. Среднее эффективное давление $p_{me} = 1,93$ МПа, скорость поршня 8,3 м/с, степень наддува 3,4, максимальное давление цикла 14,5 МПа. Систему смазки обслуживает навешанный масляный насос с пропускной способностью 36 м³/ч. Емкость сточно-циркуляционной цистерны масла по минимальному уровню составляет 1,15, по максимальному – 1,45 м³. Кратность циркуляции масла высока и равна до 25 ч⁻¹. Удельный маслосток $q_m = 0,016$ м³/(кВт·ч).

Удельная вместимость масла в системе смазки (СС) составляет 0,63 г/(кВт·ч), что практически вдвое ниже рекомендованных норм. Удельный расход масла на номинальной мощности низок и составляет 0,7-1,0 г/(кВт·ч) или в массовом выражении 37-53 кг/сут. Принимая во внимание, что дизель в принципе рассчитан на использование тяжелых топлив вязкостью до 380 сСт при 50 °С, и учитывая напряженность вышеуказанных показателей по смазочному маслу, СС должна иметь эффективную систему очистки.

Штатная система очистки (ШСО) (рис. 1) включает двоярный полнопоточный фильтр с тонкостью отсева 35-40 мкм. Он оснащен шестью ФЭ поверхностного типа из нетканого материала, сформированного в форме многолучевой звезды. Площадь поверхности каждого элемента 4,8 м². Начальный перепад давлений на фильтре составляет 20 кПа при температуре масла 50-60 °С [1]. На рис. 1 представлены: 1 – сточно-циркуляционная система; 2 – охладитель; 3 – перепускной клапан охладителя; 4 – магнитный фильтр; 5 – полнопоточный бумажный фильтр; 6 – электроприводной масляный насос; 7 – навешанный масляный насос; 8 – перепускной клапан насоса.

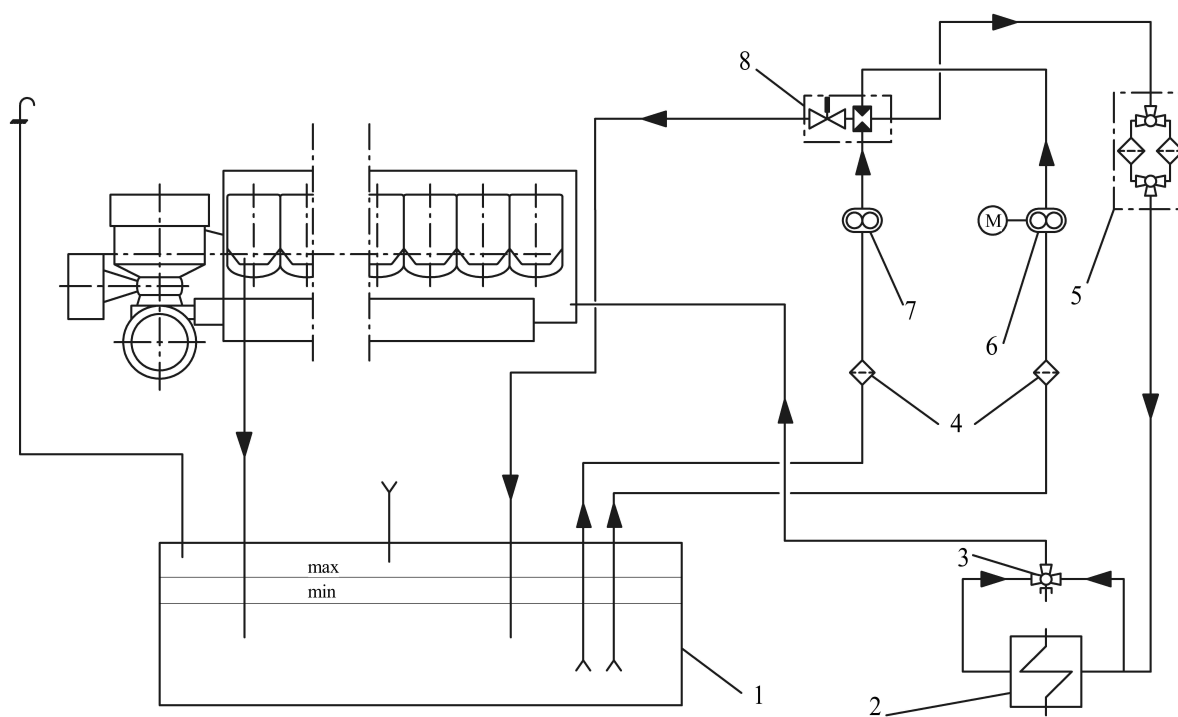


Рис. 1. Штатная система смазки двигателя 9L28/32A-F
Fig. 1. Standard lubricating system of engine 9L28/32A-F

Опытная система очистки (рис. 2), в отличие от штатной, включает саморегенерирующийся фильтр (СРФ), который удаляет до 90 % частиц с диаметром более 25 мкм, и параллельно подключенный сепаратор, обеспечивающий более глубокую очистку масла. Очистка промывного масла СРФ осуществляется с помощью фильтра-грязесборника. Производительность масляного сепаратора выбрана по следующей формуле, л/ч:

$$Q_c = 0,14P_{не}(24/\tau_c)(100/Q_{opt}),$$

где $P_{не}$ – мощность дизеля, кВт; τ_c – время работы сепаратора, сут; $Q_{opt} = 25\%$ – оптимальная пропускная способность сепаратора, % от паспортной. Используя приведенную зависимость, получим номинальную производительность сепаратора 1300 л/ч.

На рис. 2 представлены: 1 – сточно-циркуляционная система; 2 – охладитель; 3 – перепускной клапан охладителя; 4 – магнитный фильтр; 5 – электроприводной масляный насос; 6 – навешанный масляный насос; 7 – СРФ; 8 – перепускной клапан насоса; 9 – насос сепаратора; 10 – подогреватель; 11 – сепаратор.

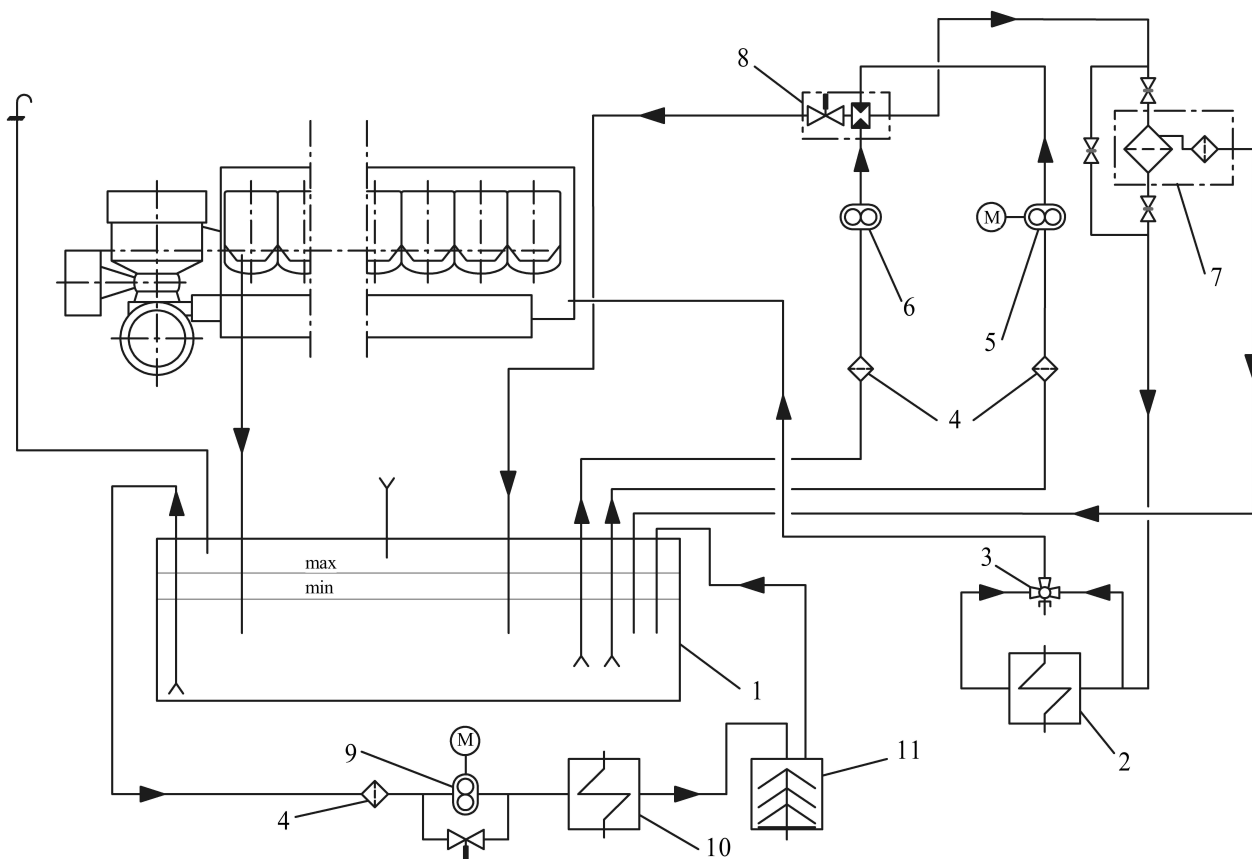


Рис. 2. Система смазки двигателя 9L28/32A-F с СРФ и сепаратором
 Fig. 2. Lubricating system of engine 9L28/32A-F including self-regenerated filter and separator

Согласно рекомендации [2], сепараторы СС среднеоборотных двигателей должны при Q_{opt} обрабатывать четырехкратную загрузку всего циркуляционного масла в течение 24 ч. При этих условиях достаточно иметь сепаратор СОЦС-1,5.

Моторные испытания штатной и опытной систем очистки проводили на масле М-14-Д₂ (цл30) (ГОСТ 12337-84). Дизель работал на мазуте топочном 40 IV вида (ГОСТ 10585-99) с содержанием серы 2 %. Долив масла для компенсации угара проводили малыми порциями ежедневно. С учетом нормируемого удельного расхода циркуляционного масла на угар в количестве 0,7-0,9 г/(кВт·ч) общий расход масла составил 0,92-1,12 г/(кВт·ч). Плановый период между заменами циркуляционного масла был назначен в 3000 ч.

Сравнение результатов моторных испытаний маслоочистителей (таблица) показало преимущество комбинированной системы тонкой очистки масла (КСТОМ) с использованием СРФ и сепаратора. При этой комплектации скорость изнашивания деталей двигателя уменьшилась в два раза, по сравнению с использованием ШСО. Степень окисления масла, а также нагаро- и лакообразование дизеля были ниже на 35 % при использовании СРФ и СОЦС, что обусловлено более интенсивным удалением сепаратором катализаторов окисления масла (продуктов срабатывания присадок и износа двигателя).

Результаты эксплуатационных испытаний маслоочистителей Results of oil cleaner's performance testing

Показатель	Средства очистки моторного масла	
	ШСО	КСТОМ
<i>Состояние масла:</i>		
Концентрация НРП, %		
общих	2,6±0,4	0,8±0,2
зольных	0,64±0,1	0,15±0,02
Скорость загрязнения масла НРП, г/ч:		
общими	50,2	49,2
зольными	11,8	10,6
Щелочность, мг КОН/г	8,7±0,9	13,7±1,3
Степень окисления, %	13,2±1,6	9,2±0,9
Содержание смол, %	7,6±0,06	5,4±0,05
<i>Эффективность маслоочистителей:</i>		
Интенсивность очистки масла от НРП, г/ч:		
общих	290±40	4600±300
зольных	170±20	5430±300
<i>Состояние дизеля:</i>		
Скорость изнашивания деталей ДВС:		
комплект поршневых колец, г/1000 ч	10,6±1,2	6,1±0,5
цилиндровая втулка, мкм/1000 ч	45±6	20±4
вкладыши подшипников, г/1000 ч	10±1	8±0,9
Нагаро- и лакообразование (общая оценка), балл	24,7±3,5	16,7±2,5

По сравнению со штатной комбинированная система тонкой очистки масла имеет значительные преимущества. После 3 тыс. ч работы уровень щелочности масла при использовании СРФ и СОЦС составил 13,7 мг КОН/г, что оказалось выше, чем при очистке его ШСО (8,7 мг КОН/г). СРФ и СОЦС обеспечивал более глубокую очистку масла от зольных НРП. В этом случае уровень загрязнения масла этими продуктами был в 3,6 раза ниже, чем при штатной его очистке.

Эффективное удаление из масла сепаратором продуктов износа, срабатывания присадок и окисления углеводородов тормозит его старение. Глубокая очистка масла сепаратором от катализаторов окисления снижает глубину его старения, на что указывает концентрация в нем карбонилсодержащих продуктов: 9,2 – при штатной очистке и 8,4 % – при использовании опытной системы.

Анализ износных характеристик дизеля показывает, что его пары трения очень чувствительны к состоянию масла. Торможение старения при комбинированной очистке масла привело к снижению скорости изнашивания деталей двигателя. Особенно хорошо это прослеживается по поршневым кольцам, прежде всего, маслосъемным. Менее чувствительны к качеству очистки масла мотылевые шейки коленчатого вала и вкладыши подшипников. Их износ при использовании КСТОМ уменьшился, но незначительно. Это указывает на надежную защиту этих пар трения от опасных частиц загрязнения масла как полнопоточным фильтром тонкой очистки масла, так и СРФ в сочетании с сепаратором. Закоксованных колец не наблюдалось, что указывает на высокий запас моюще-диспергирующих свойств масла М-14-Д₂(цл30). Влияние системы очистки масла на углеродистые отложения в картере и полостях охлаждения масляных холодильников за этап испытаний в 3 тыс. ч обнаружить не удалось.

Выводы

1. Комбинированная очистка масла фильтрованием и сепарированием, как видно из результатов моторных испытаний КСТОМ, стабилизирует моюще-диспергирующие свойства масла на более высоком уровне, длительно сохраняет солюбилизирующую способность ММ с присадками МАСК и ПМС на более высоком уровне, ускоряет перевод промежуточных продуктов окисления унифицированных судовых масел в карбены и карбоиды, которые легко удаляются сепарированием.

2. Очистка ММ фильтрованием и сепарированием наиболее эффективна при применении зольных масел с высокими щелочными моюще-диспергирующими свойствами, особенно, когда дизель работает на высоковязких топливах с содержанием серы более 1,5 %.

3. Моторными испытаниями доказана высокая результативность КСТОМ в сочетании СРФ и СОЦС. По трудоемкости и периодичности обслуживания они эффективнее полнопоточных фильтров в 2-5 раз. Автономность работы СРФ между химическими чистками, как показал эксперимент на судах, составлял до 4-5 тыс. ч.

Список литературы

1. Кича Г.П., Перминов Б.Н., Надежкин А.В. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. – 372 с.

2. Кича Г.П. О необходимых режимах сепарирования циркуляционных масел мощных судовых двигателей // Судовые силовые установки: науч. тр. – Владивосток: ДВВИМУ, 1969. – № 6. – С. 20-24.

Сведения об авторе: Пак Николай Каптыгиевич, аспирант,
e-mail: pak.russiakorean@mail.ru, nadezkin@msun.ru.