

---

---

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

---

---

УДК 621.431.74-729.3

**П.П. Кича<sup>1</sup>, Н. Н. Таращан<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

<sup>2</sup>Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,  
690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

## ПОЛНОПОТОЧНАЯ ТОНКАЯ ОЧИСТКА МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ ДВУХСТУПЕНЧАТЫМ ФИЛЬТРОВАНИЕМ

*Приведены результаты моторных испытаний в дизеле 5AL25 (5CH25/30) комбинированных полнопоточных фильтрующих элементов (ФЭ) тонкой очистки смазочного масла. Показано влияние двухступенчатости фильтрования на тонкость отсева, грязеемкость и срок службы ФЭ, эффективность очистки и состояние работающего в двигателе моторного масла, износ и нагарообразование основных деталей дизеля.*

**Ключевые слова:** очистка моторного масла, фильтрующий элемент, двухступенчатая очистка, комбинированное фильтрование, старение масла, изнашивание, судового дизель.

**P.P. Kicha, N.N. Taraschan**

## FULL FLOW FINE CLEANING MOTOR OIL BY DUAL GRADATION OF FILTERING IN A DIESEL ENGINE

*The results of motor tests in diesel 5AL25 (5CH25/30) combined full flow filter elements (FE) of fine cleaning of motors oil are proposed. An influence of dual gradation filtering on the fineness of riddling, dirty capacity and service life FE, efficiency of filtration and condition of motor oil in an operating diesel, wear and carbonization of the main diesel components are demonstrated.*

**Key words:** fine cleaning of motor oil, filter element, dual gradation, combined filtration, oil ageing, wear, diesel engine.

В настоящее время экономичная, ресурсосохраняющая эксплуатация двигателей внутреннего сгорания (ДВС) приобретает особо важное значение, так как ведет к увеличению межремонтного периода и снижению расхода горюче-смазочных материалов. Наиболее полно она реализуется в основных химмотологических направлениях, одним из которых является модернизация и даже полная реконструкция морально устаревших систем очистки моторного масла (ММ) на судах.

На смену фильтров грубой очистки (ФГО) с номинальной тонкостью отсева 90-120 мкм пришли маслоочистители с  $\Delta_n = 30-5$  мкм [1]. Они устанавливаются в смазочной системе (СС) дизеля на полном потоке и предназначены защищать подшипники двигателя от попадания в них частиц нерастворимых продуктов (НРП), вызывающих интенсивное изнашивание шеек коленчатого вала.

В эксплуатации имеются судовые форсированные тронковые дизели со средней и повышенной частотой вращения, подшипники которых с тонкостенными вкладышами очень чувствительны к механическим примесям в смазочном масле [2]. При попадании

последних в подшипники возможны задиры и повышенное изнашивание рамовых и мотылевых шеек коленчатого вала двигателей, проворачивание вкладышей.

Повышение тонкости отсева фильтров тонкой очистки, полнопоточных (ФТОМП), пришедших на смену ФГО, не приводит в некоторых случаях к положительному результату, так как при достижении тонкости отсева  $\Delta_n = 20-30$  мкм значительно снижается срок службы применяемых в них фильтрующих элементов (ФЭ).

Кроме того, из-за повышенного гидравлического сопротивления ФЭ с данными параметрами ФТОМП может продолжительнее функционировать с открытым предохранительным клапаном, что способствует пропуску в пары трения ДВС крупных абразивно-опасных нерастворимых примесей. При этом на вкладышах образуются глубокие концентрические риски, происходит навалакивание мягкого металла на шейки вала и заклинивание вкладышей. Последующее проворачивание вкладышей, если своевременно не применять меры, может вызвать серьезную аварию двигателя [1].

Таким образом, для полнопоточных ФТОМП характерно противоречие между качеством очистки масла и сроком службы ФЭ. Улучшая качество очистки посредством применения мелкопористого фильтровального материала (ФМ) проигрываем в сроке службы ФЭ и не всегда добиваемся при этом снижения изнашивания деталей трения ДВС из-за увеличения продолжительности работы фильтра с открытым предохранительным клапаном [2].

Альтернативой данному решению служит изобретение [3]. Особенностью разработанной на его основе конструкции ФЭ является совмещение двух сильно развитых по площади фильтровальных штор, укладываемых в форме многолучевой звезды (рис. 1).

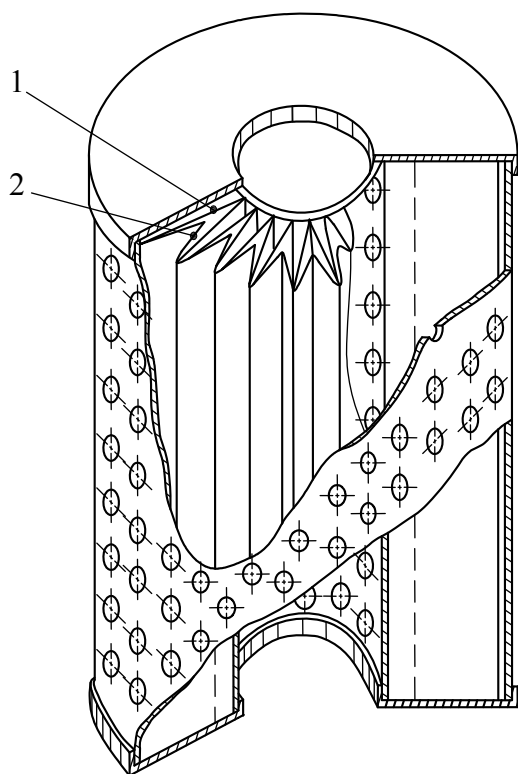


Рис. 1. Фильтрующий элемент ЭФМД145/363 двухступенчатой очистки: 1 – наружная штора; 2 – внутренняя штора  
Fig. 1. The filter element EFMD145/363 of dual gradation cleaning: 1 – outdoor blind; 2 – Internal blind

Цель изобретения – повышение жесткости соосно расположенных фильтрующих штор из разнопоровых материалов, сформированных в виде многолучевой звезды и сопряженных так, что свободное периферийное пространство ФЭ заполняется наиболее полно. Гофры наружной шторы располагаются в межлучевом пространстве внутренней шторы. Наружные вершины обеих штор совмещены.

Кроме того, высота гофр наружной шторы составляет не более 0,8 высоты гофр внутренней шторы. Наружная штора выполнена из крупнопористого материала, а внутренняя – из мелкопористого. Подбором ФМ штор регулируется требуемая тонкость отсева. Двухступенчатое фильтрование позволяет значительно увеличить гряземкость и срок службы комбинированного ФЭ по сравнению с элементом одноступенчатой очистки одинаковых габаритов и тонкости отсева.

Шторы комбинированного ФЭ выполняются из довольно крупнопористых ФМ, поэтому наружная блокировка пор их крупными механическими примесями не происходит. Они оседают внутри порового пространства, не вызывая значительного роста перепада давлений на ФТОМП.

Последовательное фильтрование масла через две фильтровальные перегородки позволяет повысить эффективность отсева НРП. При этом улучшается не только фильтровальная характеристика  $\varphi_d = f(d)$  (зависимость фракционного коэффициента отсева от размера частиц) элемента, но и его номинальная тонкость отсева. Повышение  $\Delta_n$  при двухступенчатом фильтровании сопровождается ростом гряземкости ФЭ и незначительно сказывается на ухудшении его гидравлической характеристики. Рост перепада давлений на ФТОМП с этими элементами по мере накопления отложений более пологий, что увеличивает в 1,2-1,6 раз срок службы его ФЭ по сравнению с одноступенчатым фильтрованием аналогичной тонкости отсева.

В качестве примера рассмотрим комбинацию ФМ в элементе ЭФМД145/363. Наружная фильтровальная штора, образующая первую ступень очистки, выполнена в нем из материала ДРКБ (ТУ 81-04-178-2012), имеющего тонкость отсева 45 мкм. Вторая ступень (внутренняя штора) сформирована из материала КФМУ (ТУ 81-04-245-2003) с  $\Delta_n = 25$  мкм.

Масло, последовательно проходя через первую и вторую ступени фильтрования, очищается соответственно сначала от наибольших частиц загрязнений, затем от мелких. Таким образом, при соотношении  $\Delta_{n1} / \Delta_{n2} = 1,4-2$  пористая структура обоих ФМ при очистке ММ групп В<sub>2</sub> и Г<sub>2</sub> используется наиболее рационально. Это позволяет достичь наилучшей очистки ММ и максимального срока службы ФЭ. При двухступенчатом фильтровании оптимизируется распределение грязевой нагрузки между шторами и гряземкость ФЭ увеличивается не менее чем в полтора раза.

Эффективность двухступенчатого фильтрования масла проверялась моторными испытаниями в судовых форсированных дизелях 5AL25(5ЧН25/30) ( $N_e = 434$  кВт,  $p_{me} = 0,9$  МПа,  $n = 12,5$  с<sup>-1</sup>). В СС использовалось масло М-10-В<sub>2</sub>С (ГОСТ 12337-84). Двигатели работали на дизельном топливе Л-0,5 (ГОСТ 305-82). В ДВС использовались фильтры ФМП-4 (ТУ 24.06.2038-89) с серийными ФЭ «Нарва-6-5» и с двухступенчатыми элементами ЭФМД145/363. Контрольная группа дизелей эксплуатировалась со штатными средствами очистки, т.е. в них использовались ФГО с номинальной тонкостью отсева 90 мкм.

В основу исследования главных направлений процесса старения ММ взят комплекс методов, разработанных ЦНИДИ. Нагаро- и лакообразование, скорость изнашивания основных деталей двигателя определялись по ОСТ 24.060.09-89.

В табл. 1 приведены результаты моторных испытаний маслоочистителей в судовых дизелях 5AL25 с оценкой их эффективности и влияния на состояние масла. Анализ приведенных данных показывает значительное преимущество двухступенчатого фильтрования по всем параметрам. Концентрация нерастворимых в бензине (НРБ) продуктов (ГОСТ 20684-75) к концу контрольного времени (2 тыс. ч работы) достигла при использовании штатных средств очистки в среднем по общим и зольным примесям соответственно 1,85 и 0,38 %.

Применение серийных элементов «Нарва-6-5» позволяет поддерживать этот показатель по общим и зольным примесям соответственно на уровне 0,75 и 0,19 %, что в 2,46

и 2 раза ниже, чем при очистке масла штатными средствами. Еще лучшее состояние масла наблюдается при использовании элементов ЭФМД145/363. В этом случае концентрация НРБ продуктов по общим и зольным примесям стабилизируется соответственно на значениях 0,62 и 0,12 %, что в 2,98 и 3,16 раза ниже по сравнению с использованием штатных средств очистки.

Значительное преимущество двухступенчатого фильтрования наблюдается по такому параметру, как концентрация в масле грубодисперсной фазы нерастворимых примесей. Применение в системе очистки ММ элементов ЭФМД145/363 уменьшает этот показатель с 1,13 до 0,17 %, что в 6,6 раза ниже, чем при очистке его ФГО. Применение же серийных элементов «Нарва-6-5» по сравнению со штатной очисткой позволяет снизить концентрацию в масле грубодисперсной фазы только в 4 раза. Примечательно, что двухступенчатые ФЭ при сопоставлении с элементами «Нарва-6-5» имеют больший срок службы, о чем наглядно свидетельствуют данные моторных испытаний (табл. 1).

Таблица 1

**Эффективность очистки масла М-10-В<sub>2</sub>С в дизелях 5AL25**

Table 3

**Cleaning efficiency of motor oil in diesels 5AL25**

Параметры показателей эффективности очистки масла и его расхода	Штатные средства очистки	ФМП-4	
		элементы «Нарва-6-5»	элементы ЭФМД 145/363
Концентрация нерастворимых в бензине продуктов, % масс.			
общих	1,85 ± 0,43	0,75 ± 0,22	0,62 ± 0,14
зольных	0,38 ± 0,11	0,19 ± 0,03	0,12 ± 0,02
Концентрация в масле грубодисперсной фазы нерастворимых примесей, % масс	1,13 ± 0,35	0,28 ± 0,04	0,17 ± 0,03
Срок службы фильтрующих элементов, ч	–	627 ± 129	914 ± 175
Интенсивность очистки масла от нерастворимых в бензине продуктов, г/ч			
общих	–	495 ± 42	668 ± 52
зольных	–	902 ± 81	2023 ± 123
Грязеемкость фильтрующих элементов, кг	–	0,83 ± 0,13	1,32 ± 0,22
Расход масла, %	100	76 ± 12	68 ± 15

Хорошо показала себя двухступенчатая очистка и по такому показателю, как интенсивность очистки масла от НРБ продуктов. Двухступенчатые элементы ЭФМД145/363 и здесь несколько лучше равным им по габаритам одноступенчатым ФЭ «Нарва-6-5». По общим и зольным примесям интенсивность очистки масла от НРБ продуктов достигла у элементов ЭФМД145/363 соответственно 668 и 2023 г/ч. У серийных ФЭ «Нарва-6-5» этот показатель составил 495 и 902 г/ч, что в 1,34 и 2,2 раза меньше, если сравнивать их с ФЭ двухступенчатой очистки.

Значительно увеличилась грязеемкость новых ФЭ. При их смене масса отложений составляла 1,32 кг. У элементов «Нарва-6-5» она была в 1,6 раза меньше – 0,83 кг. Таким образом, из приведенного анализа видно, что двухступенчатая тонкая очистка ММ при применении элементов ЭФМД145/363 значительно улучшает состояние масла по всем параметрам. Это, естественно, положительно сказывается на уменьшении скорости изнашивания и нагаро- и лакообразования основных деталей дизеля 5AL25.

В табл. 2 приведены результаты моторных испытаний дизелей 5AL25 по влиянию средств тонкой очистки масла на скорость их изнашивания, нагаро- и лакообразование поршней. Использование фильтров с двухступенчатыми ФЭ снижает износ комплекта поршневых колец одного цилиндра по сравнению со штатными средствами очистки масла в 1,97 раза. Серийные ФЭ типа «Нарва-6-5» также уступают двухступенчатым, но не столь значительно. Износ этих деталей соответствовал 4605 и 4107 мг/тыс. ч.

Таблица 2

**Влияние маслоочистителей на состояние дизеля 5AL25**

Table 2

**The influence of oil cleaners on the state diesel 5AL25**

Показатели	Штатные средства очистки	ФМП-4	
		элементы «Нарва-6-5»	элементы ЭФМД145/363
Скорость изнашивания: комплекта поршневых колец (одного цилиндра), мг/тыс. ч	8126 ± 615	4605 ± 389	4107 ± 351
цилиндровых втулок (на сторону), мкм/тыс. ч	15,4 ± 3,1	9,8 ± 2,0	8,3 ± 1,7
шатунных вкладышей, мкм/тыс. ч	30,7 ± 4,9	20,4 ± 3,9	15,2 ± 2,6
шатунных шеек коленчатого вала, мкм/тыс. ч	10,3 ± 2,1	8,5 ± 1,5	6,6 ± 1,3
Нагаро- и лакообразование на поршнях, баллы: общая оценка	7,5 ± 1,8	5,6 ± 1,3	4,6 ± 1,1
состояние канавок под компрессионные кольца	1,2 ± 0,4	0,7 ± 0,2	0,4 ± 0,1

Аналогичный характер снижения скорости изнашивания наблюдается и по остальным деталям. Это связано не только с низким содержанием в масле НРБ продуктов, но и в значительной степени с повышенной вероятностью защиты  $N_d$  пар трения двигателя от попадания абразивных частиц диаметром  $d$ , что наглядно иллюстрируется зависимостями, представленными на рис. 2.

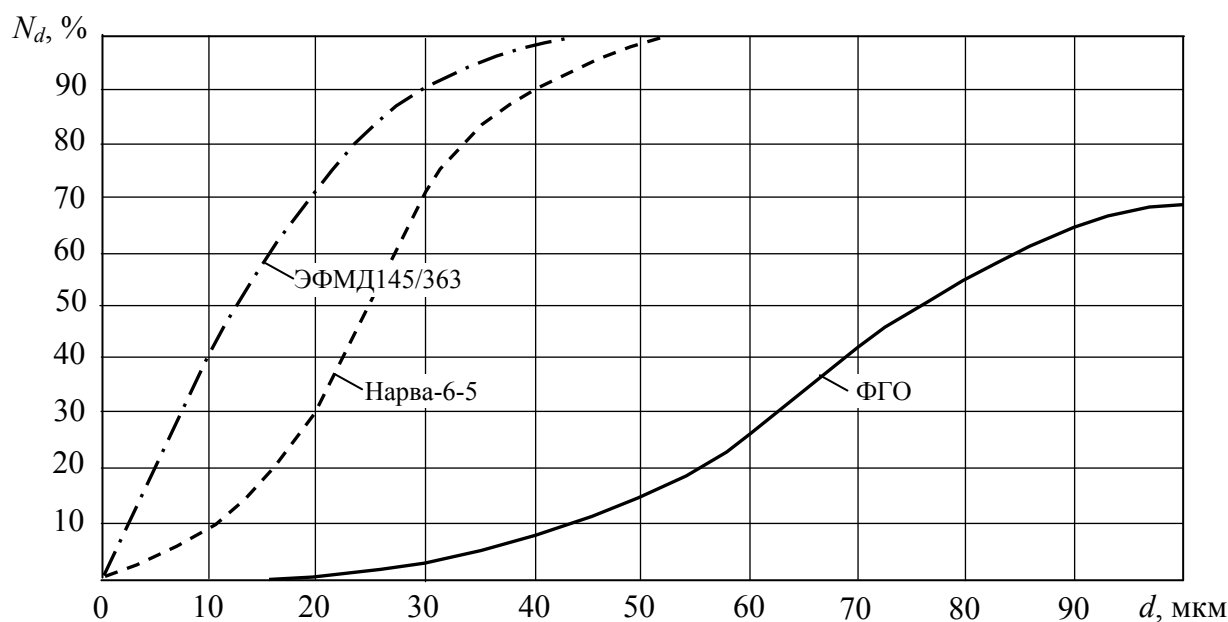


Рис. 2. Вероятность защиты пар трения судового дизеля 5AL25 от абразивных частиц  
Fig. 2. Protection probability of friction pairs of marine diesel 5AL25 from abrasive particles

Двухступенчатое фильтрование положительно сказывается и на снижении нагаро- и лакообразования на поршнях. Использование элементов ЭФМД145/363 уменьшает нагаро- и лакообразование в сравнении со штатными средствами очистки и серийными ФЭ «Нарва-6-5» соответственно в 1,6 и 1,2 раза (данные общей оценки), а состояние канавок под компрессионные кольца – в 3 и 1,7 раза.

Таким образом, приведенный анализ подтвердил целесообразность полнопоточной двухступенчатой тонкой очистки ММ в судовом среднеоборотном форсированном дизеле 5AL25. Применение элементов ЭФМД145/363 особенно важно в двигателях, использующих тонкостенные вкладыши и функционирующих при толщине масляного клина в подшипниках менее 15 мкм.

### Выводы

1. Полнопоточное двухступенчатое фильтрование моторного масла в дизеле 5AL25 с использованием элементов ЭФМД145/363 снижает расход ММ и износ основных деталей двигателя в 1,5-2 раза, создает предпосылки для увеличения его моторесурса на 20-30 %.

2. Модернизация штатной системы очистки масла дизеля 5AL25 с ФГО путем применения ФТОМП с элементами ЭФМД145/363 снижает максимальную концентрацию НРБ продуктов и грубодисперсной фазы нерастворимых примесей ФЭ соответственно в 2,9 и 6,6 раза. Интенсивность очистки масла от НРБ продуктов двухступенчатого типа в сравнении с элементами «Нарва-6-5» выше в 2,2, а грязеемкость – в 1,6 раза.

3. Использование в СС форсированного дизеля элементов ЭФМД145/363 и «Нарва-6-5» показало ряд преимуществ двухступенчатого фильтрования перед одноступенчатым. Эти преимущества проявляются в более глубокой очистке масла особенно от тонкодисперсных нерастворимых примесей, что способствует увеличению срока службы масла и элементов не менее чем на 25 %.

### Список литературы

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

2. Кича Г.П. Перспективы развития системы и агрегатов тонкой очистки масла среднеоборотных и быстроходных дизелей // Двигателестроение. – 1979. – № 7. – С. 39-42.

3. Комбинированный фильтрующий элемент: а.с. 856494, МКл<sup>3</sup>VOID 27/06 / Г.П. Кича, Н.М. Свистунов и др. (СССР). – БИ № 31. – 1981. – 4 с.

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

Таращан Николай Николаевич, старший преподаватель, e-mail: nadezkin@msun.ru.