

- XXI «Vozobnovlyaemaya energetika XXI vek: Energeticheskaya i ekonomicheskaya effektivnost'». 13-14 oktyabrya 2016 g. / Pod red. k.f.-m.n D.O. Dunikova, d.t.n. O.S. Popelya - Moskva: OIVT RAN, 2016. – 261 s.
5. Germanovich V. Al'ternativnye istochniki energii i energosberezhenie. Prakticheskie konstrukcii po ispol'zovaniyu energii vetra, solnca, vody, zemli, biomassy / V. Germanovich, A. Turilin. – Sankt-Peterburg: Nauka i tekhnika, 2014. – 320 s.
6. Sibikin Yu.D. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki energii: uchebnoe posobie / Yu.D. Sibikin, M.Yu. Sibikin. – Moskva: KNORUS, 2010. – 227 s.
7. Fortov V.E. Energetika v sovremenno m mire / V.E. Fortov, O.S. Popel'. – Dolgoprudnyj: Intellect, 2011. – 167 s.
8. Kireeva Yu.V. Ponyatie al'ternativnoj energetiki / Yu.V. Kireeva, V.V. Percev // Belgorodskij ekonomicheskij vestnik, 2012. – № 4. – S. 21-27.
9. Ananchenkova P.I. Chelovecheskie resursy v sisteme obespecheniya predpriyatiya// Trud i social'nye otnosheniya. 2013. № 12. S. 3-12.

УДК629.5.015

DOI: 10.34046/aumsuomt100/19

ПРОБЛЕМА ЗАКЛИНИВАНИЯ ПЛУНЖЕРА ТОПЛИВНОГО БУСТЕРА ДВИГАТЕЛЯ СЕРИИ ME-GI

В.А. Башкатов, аспирант

С.А. Худяков, доктор технических наук

Статья посвящена проблеме отказов топливных бустеров двигателей с электронным управлением фирмы MAN ES ввиду застревания плунжеров в верхнем положении. Проанализированы возможные причины отказов в различных аспектах, таких как качество топлива, избыточные отложения и механические проблемы конструкции бустера. Рассмотрены методы борьбы и предотвращения каждой из рассмотренных причин отказов.

Ключевые слова: малооборотные дизели, топливные бустеры, топливные присадки, дроссель, отказ.

FUEL BOOSTER PLUNGER STUCK PROBLEM OF ME-GI ENGINES

V. A. Bashkatov, S. A. Khudyakov

Main agenda of this article is failure of fuel boosters of intelligent engines of MAN ES in respect of stack plungers in top position. Possible reasons were analyzed in different respects such as fuel quality? Excessive deposits and mechanical problems of booster construction. Possible methods of prevention for each reason were reviewed.

Keywords: slow speed engines, fuel boosters, fuel additives, orifice, failure.

В процессе эксплуатации двигателя 6S50ME-C-GIMk8 при работе на топливе с содержанием серы менее 0,5% наблюдалась серия отказов одного из цилиндров главного двигателя, связанная с застреванием плунжера в верхнем положении топливного бустера.

Анализ этой проблемы показывает, что к застреванию плунжера может привести ряд факторов, таких как:

– Избыточное отложение тяжелых нефтяных составляющих топлива, парафинов, асфальтенов, воска в нерабочей зоне верхней крышки топливного бустера.

– Повышенный износ пары плунжер-верхняя крышка (аналог плунжерной пары для конвенционных машин), вследствие недостаточного содержания серы в топливе

– Механическое повреждение и износ дроссельного отверстия на выходе из топливного бустера.

Рассмотрим эти проблемы и возможные методы их решения.

С начала 2020 года мировой флот перешел на массовое использование топлив с массовым содержанием серы до 0,5%. Надо сказать, что в начале периода на рынке наблюдалась некоторая неопределенность с поставками необходимого топлива, и, зачастую, качество поставляемого топлива оставляло желать лучшего.

Поставленное топливо приводило к ряду отказов, как топливной аппаратуры, так и элементов топливной системы (отказы сепараторов (см. рисунок 1), частое забивание фильтров тонкой очистки).

Так же невозможно не упомянуть, что и свойства топлив значительно различались от поставки к поставке и от поставщика к поставщику. Пример разброса характеристик, поставленного на одно и то же судно приведен в таблице 1. Названия поставщиков топлива скрыто, ввиду коммерческой тайны.

Такая ситуация, доставляла дополнитель-

ные сложности для судового экипажа, как в эксплуатации и хранении, так и прогнозировании расхода и заказа необходимого топлива.

Например, отказ сепаратора, приведенный на рисунке 1, имел место при использовании топлива №1 из приведенной таблицы. Общий потенциал отложений, как определено в лаборатории, превышает предел 0,10% м/м, указанный в стандарте ISO 8217 для марки RMD80 ISO-F-RMG.



Рисунок 1 – Отказ сепаратора тяжелого топлива, ввиду низкокачественной поставки топлива

Таблица 1 – результат лабораторного исследования топлива, поставленного на одно и то же судно в течение первой половины 2020 г.

	Топливо 1	Топливо 2	Топливо 3	Топливо 4
Дата поставки	23.01.2020	22.02.2020	25.03.2020	11.04.2020
ISO класс	RMD80	RMG380	RMG380	RMG380
Кинематическая вязкость при 50 °С, мм ² /с	4,6	6,2	37,8	66,4
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	2,0	2,5	8	12
Плотность при 15 °С, кг/м ³	845,6	953,5	907,2	953,9
Содержание воды, % масс.	<0,05	<0,05	0,1	0,05
Содержание золы, % масс	<0,01	<0,01	<0,01	0,022
Коксовый остаток (микрометод), % масс	0,66	3,05	0,56	5,74
Общий осадок со старением, % масс	0,30	0,01	0,03	0,01
Низшая теплота сгорания МДж/кг	43,03	41,58	42,15	41,53
Полная теплота сгорания МДж/кг	45,83	44,03	44,76	43,98
Массовая доля серы, %, не более	0,17	0,45	0,41	0,49
Температура текучести, °С	<6	<6	18	6
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	>70,0	>70,0	>70,0	>70,0
Расчетный индекс углеродной ароматизации	783	883	798	836
Содержание кремния, % масс	2	<1	5	12
Содержание алюминия, % масс	2	<1	5	11
Содержание ванадия, % масс	6	<1	5	3
Содержание натрия, % масс	2	<1	5	7
Содержание железа, % масс	3	<1	6	17
Содержание фосфора, % масс	2	<1	7	1
Содержание свинца, % масс	1	<1	5	<1
Содержание кальция, % масс	1	<1	5	3
Содержание никеля, % масс	3	3	4	6
Содержание цинка, % масс	<1	<1	2	<1
Содержание калия, % масс	1	1	5	1
Содержание магния, % масс	1	<1	2	<1
Суммарное содержание алюминия и кремния, % масс	4	<2	10	23
Кислотное число, мг КОН/г	0,14	0,08	0,37	0,09

Расширенный анализ по общему наличию осадка и промывке толуолом показывал, что высокий результат осаждения обусловлен главным образом наличием посторонней грязи и частично за счет осажденного асфальтенового материала. Как результат, использование этого топлива привело к большой нагрузке на сепаратор и фильтры тонкой очистки, а также к осаждению в танках запаса, которые в последствии пришлось промывать чистым газойлем.

Кроме того, такое топливо могло привести к нерегулярным профилям горения, чего, к счастью не наблюдалось при эксплуатации. Однако же, привело к подтеканию двух форсунок.

Опыт первого года эксплуатации низкосернистого топлива показал, что некоторые поставки топлива с очень низким содержанием серы подвержены образованию восков и парафинов, содержат большое количество осаживаемых частиц, а так же имеют проблемы со стабильностью состояния. Поэтому методы хранения и обработки таких топлив могут значительно отличаться от привычных методов для высокосернистых топлив.

Если раньше судовое топливо было результатом нефтяной промышленности, то современные экологические требования смещают судовые топлива более к химической промышленности. Соответственно, вопрос стабильности топлива и совместимости различных поставок имеет сейчас первостепенное значение.

Так, неработающий и работающий неправильно, подогрев танка запаса, может привести к значительным осложнениям. Последующее образование восков и невыкачиваемых остатков внутри танков запаса и трубопроводов может потребовать ручного механического удаления, что требует больших затрат времени и ресурсов.

С начала 2020 года некоторые судовладельцы включили в обязательный набор лабораторного анализа поставленного топлива, анализ на совместимость с предыдущим топливом. Для чего вместе с пробами полученного топлива, в лабораторию отправляется и проба, используемого в данный момент топлива. Так же, в результатах лабораторного исследования теперь обязательно указывается оптимальная температура сепарации топлива, что ранее встречалось не всегда.

Таким образом, правильное функционирование, исправность и своевременное обслуживание систем топливохранения и топливоподготовки имеет еще более критическое значение, чем прежде.

В борьбе с негативным влиянием низкого

качества топлива, его стабильности и совместимости, а также повышенным износом деталей топливной аппаратуры неплохо себя зарекомендовали топливные присадки, активно борющиеся с выпадением восков, повышающие его стабильность и моющие качества.

Примером таких присадок может служить Aderco 2055GFuelconditioner, компании AdercoSmartSolutions и OctamarHF-10 PLUS компании Innospec.

Aderco 2055G на 100% растительно-органическая присадка, не содержащая золы и металлов. Это также наиболее концентрированное поверхностно-активное вещество дисперсант для использования с любым видом остаточного или дистиллятного топлива. Основная цель Aderco 2055G состоит в гомогенизации топлива, очистке и защите компонентов, максимизации энергетического потенциала и минимизации выбросов. Он предназначен для решения проблем, связанных с топливом, до, во время и после сгорания. Aderco 2055G - это новейшее поколение методов обработки топлива, обеспечивающих оптимальные результаты с точки зрения эффективности, экономичности и окружающей среды.

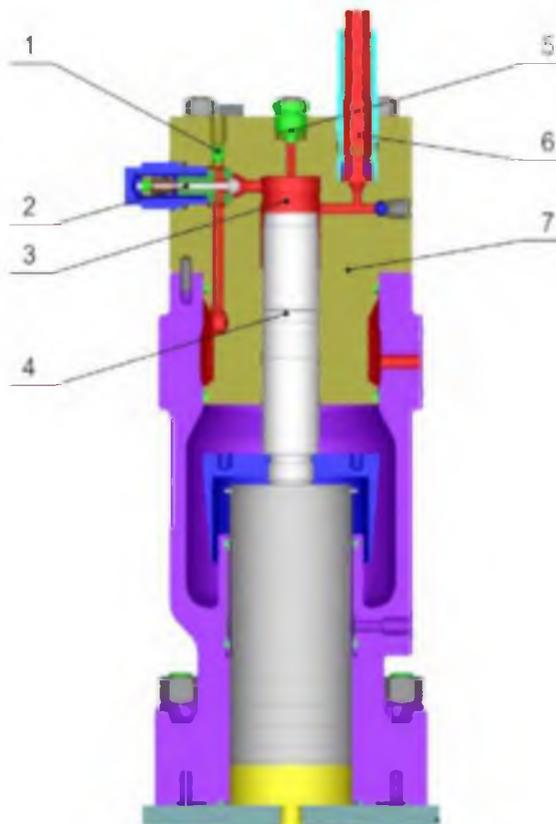


Рисунок 2 – Топливный бустер двигателей MAN серии ME:
 1 – дроссельное отверстие, 2 – всасывающий клапан,
 3 – топливная камера, 4 – плунжер, 5 – заглушка,
 6 – топливная трубка высокого давления, 7 – верхняя крышка

Octamar™ HF 10 Plus это специально разработанная присадка для обработки низкосернистых топлив, которые могут содержать остаточные и дистиллятные компоненты. Эта присадка дозируется напрямую в танк запаса перед бункеровкой в количестве 1:10000. Это обеспечит защиту топлива от осаждения асфальтенов и старения дистиллятов. Octamar™ HF 10 Plus является относительно новым продуктом.

Однако же, анализ конкретных рассматриваемых случаев застревания плунжера в верхнем положении показал, что плунжер застревал ввиду того, что он проходил свою обычную верхнюю мертвую точку и уходил за нее. Поскольку нахождение и движение плунжера в этой области при нормальной работе двигателя не предусмотрено, то в ней наблюдается наличие естественных отложений на стенках топливной камеры. Что неизбежно приводит к уменьшению внутреннего диаметра и закусыванию плунжера при попадании в эту область.

Согласно принципу работы топливного бустера, плунжер приводится в движение посредством гидравлического масла по сигналу от ССУ (cylinder control unit). Топливная камера в верхней крышке топливного бустера всегда остается заполненной топливом, обеспечивая необходимую

полноту впрыска и отсутствие пузырьков воздуха. Правильное и полное наполнение обеспечивается четкой работой всасывающего клапана и наличием дроссельного отверстия на выходе из топливного бустера.

Рассмотрим кратко конструкцию элементов, отвечающих за наполнение топливной камеры. Впускной клапан топливного бустера имеет простую и надежную подпружиненную конструкцию, открываясь при движении плунжера вниз и закрываясь потоком жидкости, при движении плунжера вверх.

Дроссельное отверстие выполнено в виде резьбовой заглушки с просверленным в ней сквозным отверстием с диаметром соответствующим типоразмеру двигателя.

Во всех рассматриваемых случаях застревания плунжера состояние всасывающего клапана было проверено и найдено как нормальное. Однако, была обнаружена одна схожая проблема. А именно, ослабление затяжки или полное отвинчивание дроссельного отверстия.

В результате полного отвинчивания наблюдается факт свободного возвратно-поступательного движения дросселя в полости над его посадочным местом под действием потока топлива во время нагнетательного движения плунжера.

а)



б)



в)

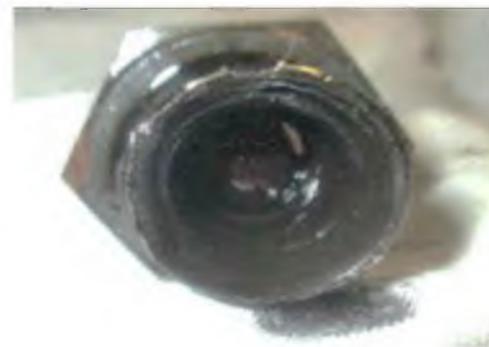


Рисунок 3 – Штуцер, подверженный разрушению:

а – положение штуцера на топливном бустере, б – неизношенный штуцер, в – развальцованный штуцер

Этот факт приводит к постепенному развальцовыванию соединительного штуцера, вкрученного в верхнюю крышку топливного бустера. Так же в результате полного отвинчивания разрушению подвергается и сам дроссель. Причем,



а.

если факт отвинченного дросселя остается незамеченным достаточно продолжительное время, то дроссель может износиться до состояния шарика



б.

Рисунок 4 – выходное дроссельное отверстие:
а – нормальное состояние, б – изношенное в результате отвинчивания

Таким образом, при полном откручивании дросселя наблюдается резкое увеличение проходного сечения и, как следствие, и уменьшение противодействия в выходной линии топливного бустера. Если внимательно изучить рисунок 5, то нетрудно понять, что такой факт напрямую влияет на качество и полноту наполнения топливной камеры, а также возникновению воздушных пу-

зырьков, вследствие пониженного давления. Поскольку наличие жидкости в полном своем объеме выступает в роли буфера и оказывает тормозящее действие на плунжер, то снижение противодействия уменьшает эффект его торможения и приводит к забрасыванию плунжера выше нормальной мертвой точки. Такой заброс приводит к застреванию плунжера.

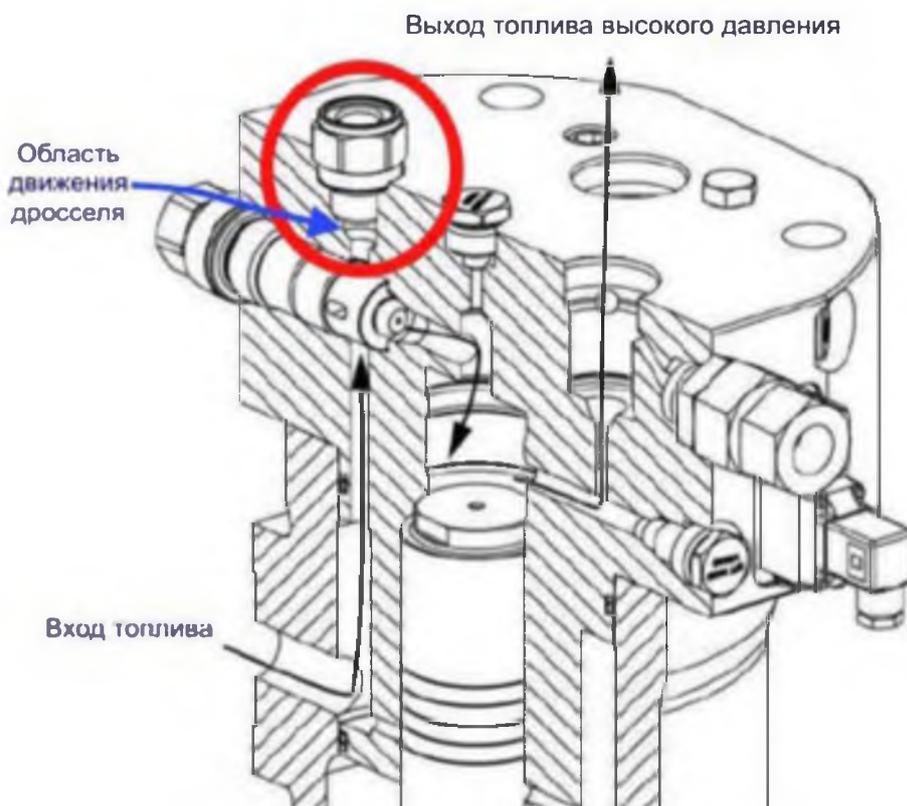


Рисунок 5 – Область возвратно-поступательного движения дросселя

В большинстве случаев такое застревание приводит к необходимости замены верхней крышки бустера вместе с застрявшим плунжером. Но надо отметить, что эта операция на интеллектуальных двигателях гораздо менее трудоемкая, по сравнению с аналогичной операцией на конвенционных дизелях.

Одним из возможных методов немедленного ремонта при застревании может служить прямое воздействие на плунжер. Для этого предлагается использование латунного прута и кувалды. Латунный прут устанавливается прямо на плунжер через технологическое отверстие, которое в нормальном состоянии закрыто заглушкой (рисунок 2, позиция 5) с левосторонней резьбой. После установки прута по нему наносится короткий и сильный удар. В случае если застревание плунжера не было критически сильным, то он уйдет в нижнее положение. Естественно, что перед началом подобной операции необходимо закрыть подачу топлива и гидравлического масла. Гидравлическое масло должно быть дренировано силового блока топливного бустера. Если указанный метод не помог, то необходима замена верхней крышки.

Для предотвращения отвинчивания дросселя неплохо показало себя затягивание дросселя на соответствующий размеру момент затяжки (для двигателя 6S50ME-GI размер резьбы M10x1,5 и момент 50Нм) с использованием фиксатора резьбы средней силы Loctite 222. После 3000 часов эксплуатации после ремонта дроссель

находился в плотно затянутом состоянии и отказов на данной цилиндре не наблюдалось. В принципе, как и на всем двигателе с примененными превентивными мерами.

Литература

1. Худяков С.А., Игнатенко А.В. Современные судовые малооборотные дизельные двигатели: состояние, перспективы и проблемы// Эксплуатация морского транспорта – 2020.– № 1. – С. 143-154.
2. Худяков С.А., Епихин А.И., Игнатенко А.В. Износы пар трения в судовых дизелях с электронным управлением// Эксплуатация морского транспорта.– 2020 – №2(95). – С. 82-87.
3. Худяков С.А., Леонтьев Л. Б. Технологические методы восстановления и повышения износостойкости деталей машин: учеб.пособие / С.А. Худяков, Л.Б. Леонтьев.– Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2018.– 292 с.

References

1. Hudyakov S.A., Ignatenko A.V. Sovremennyye sudovyye malooborotnyye dizel'nyye dvigateli: sostoyaniye, perspektivy i problemy // Ekspluataciya morskogo transporta, № 1 , 2020. – Novorossiysk, GMU im. adm. F.F. Ushakova. – S. 143-154.
2. Hudyakov S.A., Epihin A.I., Ignatenko A.V. Iznosy par treniya v sudovyh dizelyah s elektromym upravleniem// Ekspluataciya morskogo transporta, №2(95) , 2020. – Novorossiysk, GMU im. adm. F.F. Ushakova. – S.82-87
3. Hudyakov S.A., Leont'ev L. B. Tekhnologicheskie metody vosstanovleniya i povysheniya iznosostojkosti detalej: Ucheb.posobie/ mashin:uchebnoe posob/ S.A.Hudyakov, L. B.Leont'ev- Novorossiysk: Izd-vo GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2018,- 292s.

УДК629.12 – 8

DOI: 10.34046/aumsuomt100/20

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ИНДИКАТОРА LEUTERT «DPI50 MIP CALCULATOR» ДЛЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ И ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ БЕРЕГОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А.Г. Таранин, кандидат технических наук

Настоящая публикация освещает следующие вопросы: правильное использование электронного индикатора при индицировании четырёхтактных двигателей внутреннего сгорания (ДВС); правильный перенос индикаторных диаграмм и результатов индицирования на ПК; корректировка верхней мёртвой точки ВМТ индикаторной диаграммы и корректный расчёт выходных значений характеристик двигателя, таких как РМІ – средне-индикаторное давление, РМЕ – средне-эффективное давление, NIND – индикаторная мощность и NEFF – эффективная мощность для каждого цилиндра и двигателя в целом.

Keywords: Engine indication, performance data, electronic indicator, mean-indicated pressure, mean-effective pressure, indicated power, effective power.