

ДВУХТОПЛИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ MAN B&W СЕРИИ ME-GI, РАБОТАЮЩИЙ НА СЖИЖЕННОМ НЕФТЯНОМ ГАЗЕ (материалы конгресса CIMAC 2010)

*Р. Ларсен, «MAN Дизель и Турбо», Дания
В. Рудт, «Управляемые газовые системы», Норвегия*

Настоящий обзор продолжает серию публикаций материалов 26-го Конгресса CIMAC и посвящен вопросам использования газового топлива в мощных судовых двухтактных двигателях. Предлагаемый доклад суммирует результаты работ фирмы MAN B&W по переводу части своих двигателей серии ME на газодизельный цикл.

Успешный опыт применения сжиженного природного газа (СПГ) в подобных установках позволяет надеяться на более широкое их применение в ближайшем будущем, учитывая то обстоятельство, что переход на газ в значительной степени решает проблему вредных выбросов.

Вместе с тем отмечается, что конкурентоспособность газового топлива достаточно ограничена, что объясняется не только относительно высокой ценой СПГ, но и неразвитостью сети логистики. На сегодняшний день в мире, за исключением Норвегии, очень мало портов, где существуют терминалы для заправки СПГ.

В качестве альтернативы рассматривается сжиженный нефтяной газ (СНГ), который более доступен. Его производство, в частности, как побочного продукта производства СПГ, быстро растет. Работа с СНГ, в отличие от СПГ, не требует применения криогенной техники, что существенно удешевляет двигательную установку.

Перевод доклада выполнен Г. Мельником.

Сжиженные нефтяные газы (СНГ) используются автомобильной промышленностью уже в течение многих лет, а появление газодизеля типа ME-GI сделало возможным их использование также и в качестве судового топлива. В этом заинтересованы как операторы, так и судовладельцы, поскольку переход на газ позволяет существенно снизить выбросы CO₂, NO_x, SO_x и сажи.

СНГ в качестве топлива для двухтактных двигателей ME-GI с точки зрения снижения вредных выбросов дает тот же эффект, что и сжиженный природный газ (СПГ): в обоих случаях величины выбросов по сравнению с морским дизельным топливом (MDO) резко снижаются. Тем самым создается весомый стимул для широкого использования газового топлива в прибрежных водах и на внутренних водных путях. Система GI может быть также использована на дизелях меньшей размерности серии ME-B, предназначенных для малотоннажных танкеров, сухогрузов, контейнеровозов и судов типа Ро-Ро.

Общая тенденция к снижению выбросов CO₂ привела к тому, что в ряде регионов, особенно в странах Средиземноморья, наблюдается постепенная замена значительной части сухопутных грузоперевозок морскими и речными. Как ожидается, со временем эта тенденция будет лишь усиливаться, поскольку выбросы CO₂ от грузовых автомобилей и тепловозов вместе взятых оказались заметно больше, чем от судов. Дальнейшее снижение выбросов CO₂ может быть достигнуто за счет перехода на газ.

Многие судовладельцы осознали, что в ближайшие 5–6 лет развитие флота газозовов может достигнуть такой степени, что образуется излишек как по числу судов, так и по объему мощностей по производству СПГ. Это обстоятельство повышает интерес к использованию СПГ и СНГ в качестве судового топлива, поскольку, как ожидается, со временем такое топливо вообще окажется самым дешевым, и это различие будет особенно заметно в сравнении с другими видами малосернистых топлив.

СПГ уже сейчас называют топливом будущего, и в справедливости такой характеристики мало кто сомневается. Вместе с тем создание инфраструктуры для бункеровки СПГ, включая сооружение и обустройство маломерных СПГ-терминалов и флота судов снабжения СПГ, — процесс длительный и дорогостоящий; кроме того, он тесно связан с проблемами безопасности и является предметом острых общественных дискуссий в ряде стран.

В настоящее время лишь немногие страны, например Норвегия, имеют готовую сеть для снабжения судов СПГ, но (если только СПГ не получится продавать по нереально высоким ценам) использование этого топлива на судах — дело явно не сегодняшнего дня. Со временем, однако, это все равно произойдет.

Организовать сеть снабжения СНГ значительно проще, поскольку СНГ-терминалы дешевле, и вызывают гораздо меньшие опасения в части безопасности хотя бы потому, что к этому топливу все давно уже успели привыкнуть. При этом старые СНГ-газовозы могут быть задействованы в качестве бункеровщиков. На всех старых СНГ-газовозах имеются бортовые установки повтор-

ного ожигения, которые в эксплуатации обходятся дешевле по сравнению с аналогичными системами для СПГ. Кроме того, перегрузка СНГ между судами особых сложностей не представляет, и вполне можно представить себе, что заправляют суда прямо с СНГ-газовоза. На некоторых СНГ-газовозах уже стоят дизель-генераторы MAN, работающие на СНГ.

В настоящем докладе представлена технология следующего поколения — двухтактные двигатели MAN B&W серии ME-GI для работы на СНГ, оснащенные соответствующими системами топливоподачи. Эти двигатели рассчитаны на входное давление газа 550 бар при температуре 35 °С. При таких значениях давления и температуры СНГ находится в жидком состоянии, причем сегодня существует целый ряд топливоподающих систем, с помощью которых такое давление жидкого топлива может быть создано. Так, на двигателях серии ME-GI для СНГ в камеру сгорания будет впрыскиваться сжиженный газ, в отличие от ME-GI для СПГ, где метан впрыскивается в газообразной форме. На всем пути от топливного бака до камеры сгорания СНГ остается в жидком состоянии, при этом необходимое давление впрыска может создаваться с помощью обычных (не криогенных) топливных насосов. Такие насосы от самых различных производителей широко используются в производстве СНГ.

При использовании СНГ особое внимание приходится уделять вопросам безопасности, поскольку, в отличие от метана, пропан и бутан в газообразной форме, будучи тяжелее воздуха, в случае утечки оседают вниз.

В 1998 г. опытный двигатель MAN B&W типа 4T50MX был переоборудован для работы на СНГ. В июне были успешно завершены его типовые испытания. Представители шести основных мировых классификационных обществ убедились в безопасности газовой системы. Они остались полностью удовлетворены результатами испытаний и одобрили систему GI.

Ожидается, что новыми правилами ИМО использование СНГ на судах будет разрешено, хотя пока действующие правила ИМО этого не разрешают. MAN Diesel рекомендует судовладельцам обращаться за разрешением на применение СНГ для двигателей ME-GI от имени государства флага.

Результаты испытаний опытного двигателя MAN B&W 4T50MX на СНГ описаны в одной из предыдущих публикаций [1]; там же приводятся выдержки из отчета о типовых испытаниях системы подачи газа высокого давления.

СНГ как топливо

СНГ — наиболее употребительная аббревиатура, означающая смесь газообразных углеводородов.

На рынке присутствуют главным образом следующие разновидности СНГ: смеси, состоящие в основном из пропана, бутана, и чаще всего — композиции из пропана (60 %) и бутана (40 %).

Физические свойства СНГ обеспечивают возможность его ожигения и разлива в емкости при относительно низком давлении, что облегчает его транспортировку. Последнее обстоятельство дает возможность использовать СНГ в качестве топлива в местах, где природный газ малодоступен (такowymi в настоящее время является большинство мировых портов, за исключением норвежских).

В последнее время все чаще говорят о климатических изменениях, подчеркивая при этом необходимость снижения выбросов CO₂. Такое снижение может быть достигнуто в том числе за счет применения различных газовых топлив. В их число входит, в частности, СНГ — углеводородное топливо, которое дает низкий выброс углерода и доступно в большинстве районов мира. При этом содержание CO₂ в ОГ примерно на 20 % меньше, чем при работе на мазуте, примерно на 30 % меньше, чем при работе на угле, и, как минимум, на 50 % меньше, чем при работе сетевых угольных электростанций.

Еще более убедительным оказывается непосредственное сравнение экологических показателей при работе на СНГ и на тяжелом дизельном топливе. Содержание серы в газовом топливе равно или близко к нулю, количество окислов серы SO_x в отработавших газах пренебрежимо мало. Значительно снижается выброс частиц, а выброс NO_x укладывается в нормы Tier 2.

В табл. 1 приведены результаты сравнения выбросов двигателя ME с диаметром цилиндра 50 см при работе на мазуте и на газе (для одного из вариантов состава газовой смеси и пилотного топлива). Конструкция двигателя ME-GI допускает возможность применения всех традиционных способов снижения выбросов NO_x (кроме впрыска воды), в частности, EGR и SCR [2]. Кстати, в данном случае реализовать EGR значительно легче, учитывая незначительное содержание SO_x и частиц в ОГ при работе на газе.

Испытания EGR при работе на мазуте дали весьма обнадеживающие результаты: двигатели MAN Diesel оказались очень близки к достижению уровня Tier 3 только за счет использования данной системы. Это позволяет надеяться, что при наличии EGR переход на газ позволит достичь уровня Tier 3, не прибегая к другим методам снижения NO_x.

Благодаря низкому содержанию в отработавших газах SO_x при работе на газовом топливе ожидается, что катализатор SCR будет служить гораздо дольше, чем при работе на мазуте. По

Сравнение выбросов двигателя типа S50ME-GI Mark 8 при работе на смеси 48 % пропана и 48 % бутана (пилотное топливо – 5 %) и на мазуте с содержанием серы 3,5 %

| Нагрузка | Уд. расход | Пилотное топливо | Газ | CO ₂ | | SO _x | | HC | | NO _x – Tier 2 | |
|---------------------------------|------------|------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|
| | | | | ME/MC | ME-GI | ME/MC | ME-GI | ME/MC | ME-GI | ME/MC | ME-GI |
| % | г/(кВт·ч) | % | % | г/(кВт·ч) | | | | | | | |
| 100 | 170,6 | 5,00 | 95,00 | 559 | 472 | 11,94 | 0,60 | 0,34 | 0,68 | 13,5 | 11,9 |
| 95 | 169,4 | 5,26 | 94,74 | 555 | 469 | 11,86 | 0,62 | 0,34 | 0,68 | 13,9 | 12,3 |
| 90 | 168,4 | 5,56 | 94,44 | 552 | 466 | 11,79 | 0,65 | 0,34 | 0,67 | 14,2 | 12,5 |
| 85 | 167,6 | 5,88 | 94,12 | 549 | 464 | 11,73 | 0,69 | 0,34 | 0,67 | 14,5 | 12,7 |
| 80 | 167,0 | 6,25 | 93,75 | 547 | 462 | 11,69 | 0,73 | 0,33 | 0,67 | 14,6 | 12,9 |
| 75 | 166,7 | 6,67 | 93,33 | 546 | 461 | 11,67 | 0,78 | 0,33 | 0,67 | 14,7 | 12,9 |
| 70 | 166,6 | 7,14 | 92,86 | 546 | 461 | 11,66 | 0,83 | 0,33 | 0,67 | 14,7 | 12,9 |
| 65 | 167,0 | 7,69 | 92,31 | 547 | 462 | 11,69 | 0,90 | 0,34 | 0,67 | 14,7 | 12,9 |
| 60 | 167,8 | 8,33 | 91,67 | 550 | 464 | 11,75 | 0,98 | 0,34 | 0,68 | 14,6 | 12,9 |
| 55 | 168,8 | 9,09 | 90,91 | 553 | 467 | 11,82 | 1,07 | 0,34 | 0,68 | 14,5 | 12,8 |
| 50 | 170,0 | 10,00 | 90,00 | 557 | 470 | 11,90 | 1,19 | 0,35 | 0,69 | 14,5 | 12,7 |
| 45 | 171,4 | 11,11 | 88,89 | 562 | 474 | 12,00 | 1,33 | 0,36 | 0,71 | 14,4 | 12,7 |
| 40 | 172,9 | 12,50 | 87,50 | 567 | 478 | 12,10 | 1,51 | 0,37 | 0,74 | 14,4 | 12,7 |
| Цикл NO_x IMO: | | | | | | | | | | 14,4 | 12,9 |

NO_x из связанного азота топлива в расчете не учитывается.

опыту одного из ведущих мировых производителей катализаторов SCR «Haldor Topsoe», срок службы такого катализатора при работе на газовом топливе может составить до 10 лет. Обычный срок службы катализаторов SCR при работе двигателя на сернистом мазуте не превышает двух-трех лет.

Режимы работы двигателя

Одним из преимуществ двигателя ME-GI является многотопливность. Далее можно говорить о целесообразности перевода на СНГ не только для СНГ-газовозов, но и других типов судов. СНГ может иметь различные источники происхождения и различный состав, следовательно, его теплотворная способность может колебаться в достаточно широких пределах. Как известно, одним из преимуществ дизельного цикла является малая чувствительность к подобным колебаниям. Однако в двухтактном двигателе, работающем на газе высокого давления, такие колебания состава топлива скорее всего будут приводить к соответствующему снижению термического КПД.

Структура системы управления ME-GI предусматривает возможность работы двигателя в трех различных топливных режимах (рис. 1).

➤ Работа только на жидком топливе. При этом двигатель, в который подается только жидкое топливо, считается «газобезопасным». В случае отказа газовой системы подача газа отключается, и двигатель переходит в режим работы только на жидком топливе.

➤ Режим работы с минимальной подачей жидкого топлива предусматривает работу на газе; перевод двигателя в данный режим может быть

осуществлен только вручную с главного пульта управления газом (GMOP — Gas Main Operating Panel), расположенного в помещении главного щита управления. В этом режиме система управления регулирует подачу газа, одновременно с которым в цилиндры подается определенное

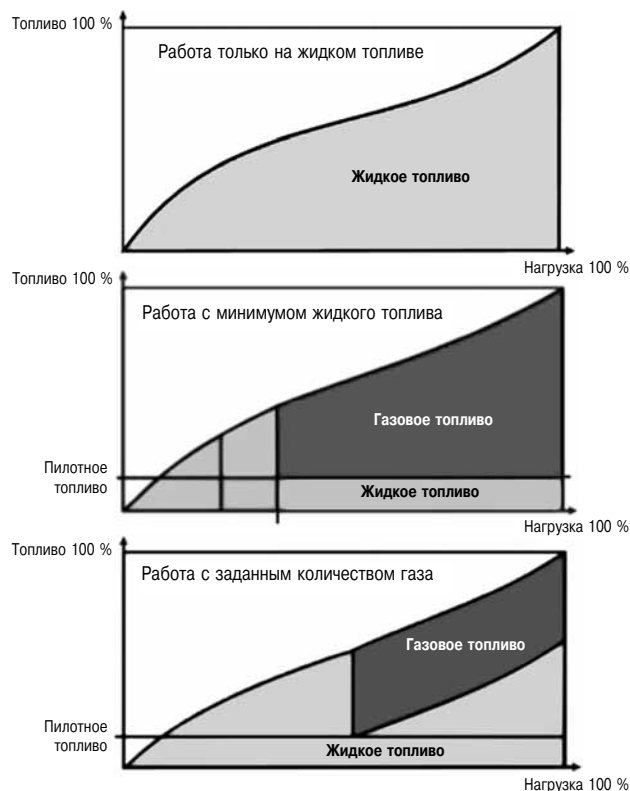


Рис. 1. Топливные режимы двигателей серии ME-GI при работе на СНГ

минимальное количество жидкого топлива. Минимальная подача жидкого (так называемого пилотного) топлива в данном режиме для двухтактных двигателей малой и средней размерности задается на уровне 5 %. В качестве пилотного топлива могут использоваться как мазут, так и судовое дизельное топливо. Минимальная доля пилотного топлива рассчитывается для 100 % нагрузки двигателя, и остается постоянной в диапазоне нагрузок 25–100 %. При нагрузках менее 25 % стабильное сгорание газа и пилотного топлива не может быть гарантировано. При снижении нагрузки ниже минимального предела двигатель возвращается в режим работы только на жидком топливе.

➤ Режим работы при заданном количестве газа дает возможность оператору выбрать режим подачи фиксированного количества газа. Система управления ME при этом обеспечит добавление жидкого топлива в таком количестве, которое необходимо для работы при текущей нагрузке.

С точки зрения содержания серы газовое топливо относится к малосернистым топливам, поэтому при работе на газе рекомендуется использовать цилиндрическое смазочное масло типа TBN40. При осмотре газового двигателя, работавшего на этом масле на электростанции Chiba, было отмечено очень хорошее состояние

цилиндров. Работа на высокосернистом мазуте требует использования цилиндрического смазочного масла типа TBN70 [3, 4].

Для двигателя, который предполагается эксплуатировать в течение достаточно продолжительного времени как на малосернистом, так и на высокосернистом топливе, рекомендуется устанавливать два масляных бака с разными сортами масла. При переходе с жидкого топлива на газ и, наоборот, с газа на жидкое топливо, на период две недели и более, рекомендуется переходить также и на другое смазочное масло.

Двигатель ME-GI для работы на СНГ

Общее описание систем двигателя

Внутренние (т. е. являющиеся частью двигателя) и внешние (вспомогательные) системы, необходимые для работы двигателя на СНГ, показаны на рис. 2.

Система топливоподачи весьма напоминает традиционную и хорошо отработанную систему газового двигателя 12K80MC-GI-S, работающего на газе, впрыскиваемом под высоким давлением. Главное отличие состоит в том, что СНГ является жидкостью, поэтому его необходимо сжать до давления 550 бар, чтобы обеспечить его впрыск и сгорание вместе с жидким пилотным топливом [5, 6].

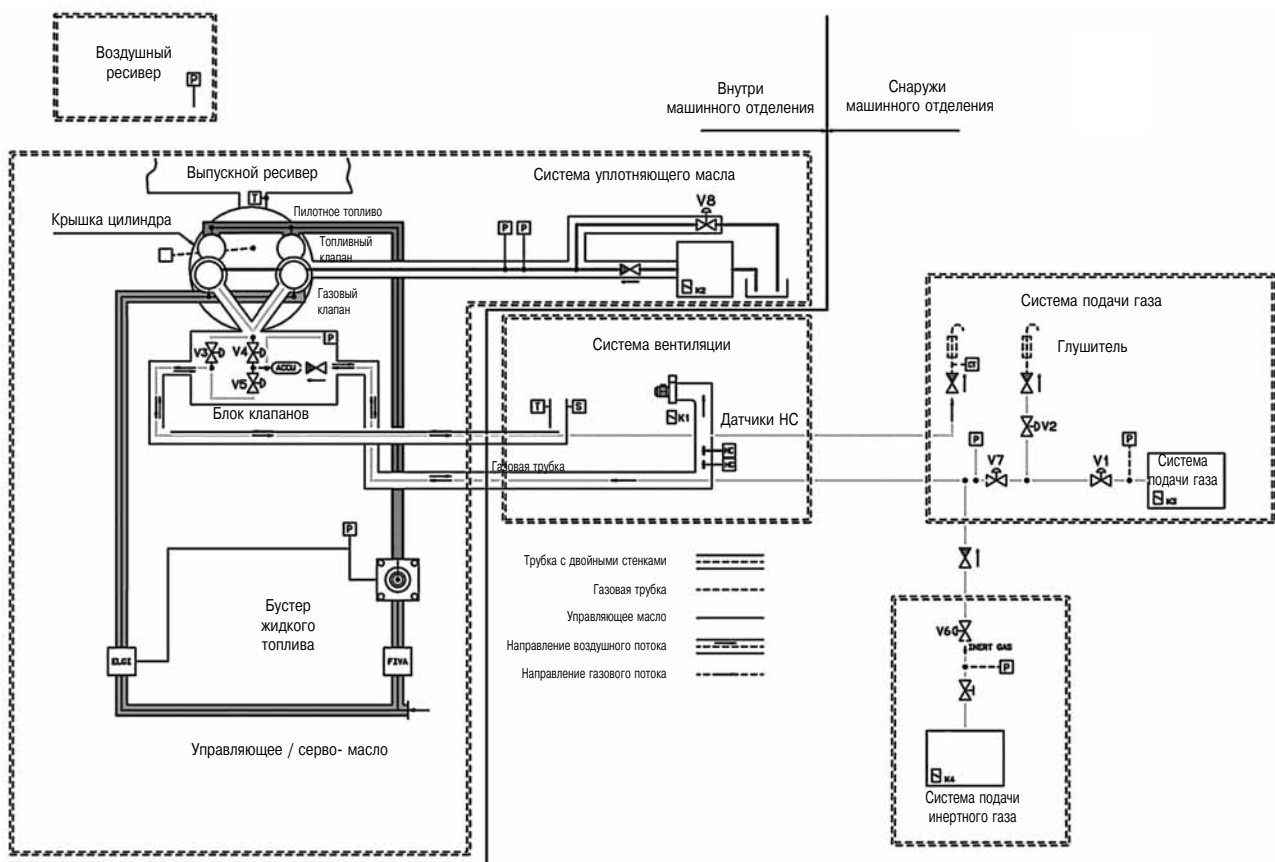


Рис. 2. Полная схема системы ME-GI

Клапаны впрыска

В газодизеле необходимо обеспечить впрыск как пилотного топлива, так и газа. Для этого используются четыре клапана, два из которых служат для впрыска газа (рис. 3), и еще два (другого типа) — для впрыска пилотного топлива. Для работы двигателя на жидком и газообразном топливе требуются:

- система подачи СНГ высокого давления;
- система подачи жидкого пилотного топлива;
- система подачи масла под давлением для привода клапанов впрыска газа;
- система подачи уплотняющего масла, используемого для предотвращения попадания газа в управляющее масло.

В основе устройства клапана лежит традиционный подход — максимальная компактность и использование по возможности симметричных вращающихся частей. Конструкция основана на принципе, использованном в предыдущем варианте комбинированного впускного клапана для жидкого и газообразного топлива. Газ поступает в клапан впрыска газа через центральное отверстие газового клапана. Для предотвращения утечки газа через зазоры между крышкой цилиндра и клапаном впрыска газа, а также между корпусом клапана и направляющей штока используются уплотнительные кольца из тепло- и газостойкого материала. В случае возникновения утечки сквозь уплотнительные кольца газ через отверстия в газовом клапане попадет в газоотводящую систему с двойными стенками, в которой установлены датчики углеводородов (НС) для обнаружения утечки.

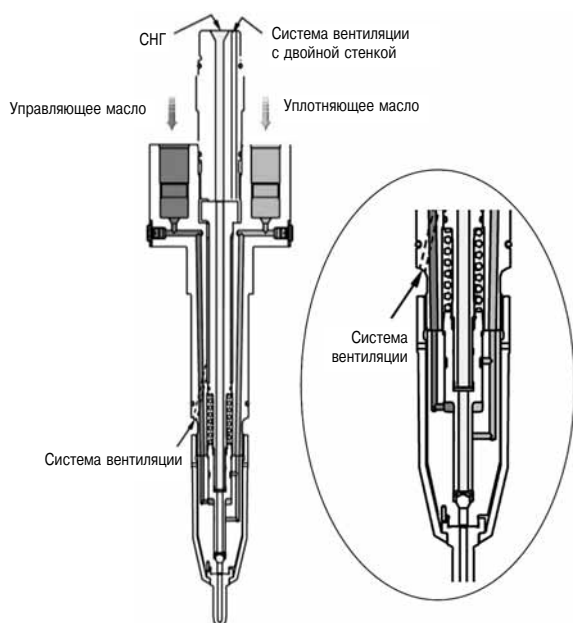


Рис. 3. Схема клапана впрыска газа для работы на СНГ

Шток клапана постоянно находится под давлением порядка 550 бар. Чтобы предотвратить попадание газа в систему управляющего масла через кольцевой зазор вокруг штока, масло подается в этот зазор под давлением, несколько превышающем давление газа.

Пилотный клапан представляет собой стандартный топливный клапан без каких-либо изменений. Оба варианта клапана впрыска газа предусматривают возможность работы исключительно на жидком топливе при любой мощности, вплоть до MCR (максимальной длительной мощности). Если заказчику нужно, чтобы газовый двигатель мог работать в любое время при 100 %-ной нагрузке на жидком топливе без остановки двигателя для смены аппаратуры впрыска, то отверстия форсунки должны быть того же размера, что и в стандартной форсунке для дизельного топлива. В этом случае подачу пилотного топлива придется несколько увеличить, чтобы гарантированно обеспечить хорошее качество распыла и надежное зажигание газа.

Крышка цилиндра

На стороне крышки цилиндра, обращенной к блоку гидроцилиндров HCU (Hydraulic Cylinder Unit) имеется поверхность для крепления специального блока клапанов (см. ниже). Кроме того, на крышке цилиндра имеется ряд отверстий, куда могут быть установлены два дополнительных газовых клапана.

Блок гидроцилиндров (HCU)

Блок HCU, которым комплектуются двигатели типа ME, при переводе на газ не требует каких-либо изменений. Единственное необходимое дополнение — подвод управляющего масла к клапану ELGI для открытия и закрытия двух газовых клапанов.

Блок газовых клапанов

Блок газовых клапанов состоит из прямоугольного стального блока, привинчиваемого к крышке цилиндра со стороны HCU (рис. 4). Клапанный блок включает в себя аккумулятор со сжатым азотом и отсечной клапан с двумя продувочными клапанами в верхней части блока. Все соединения блока герметизированы специальными уплотнениями для газа высокого давления. В случае прорыва уплотнения газ отводится в объем, соединенный со специальным коллектором, имеющим двойные стенки, где находится датчик утечек. Газ в аккумулятор подается через обратный клапан во входной крышке. Во избежание недопустимого падения расхода газа в период впрыска система предусматривает измерение относительного падения давления в аккумуляторе. Падение давления должно быть не более 20–30 бар. Превышение этого предела свидетельствует либо о недопустимой утечке через посадочные поверх-

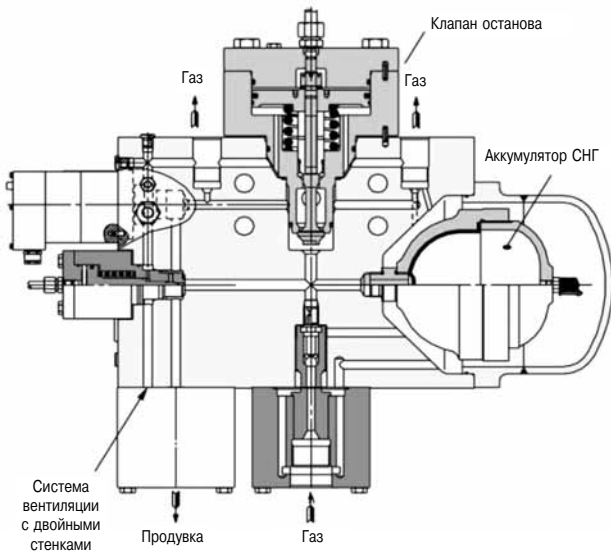


Рис. 4. Блок клапанов с клапаном останова и аккумулятором СНГ

ности в клапане впрыска газа, либо о разрыве газовой трубки. Обнаружив такое падение давления, система защиты отключит впрыск газа.

Газ из аккумулятора через отверстие в блоке клапанов поступает в отсеочный клапан, который во время работы на газе удерживается в открытом состоянии с помощью сжатого воздуха. Газ из отсеочного клапана V4 (см. рис. 3) поступает в клапан впрыска газа через отверстия в блоке клапанов и трубку высокого давления с двойными стенками, соединяющую блок клапанов с клапаном

впрыска газа. Продувочный клапан V3, размещенный в верхней части блока клапанов, предназначен для продувки газовых отверстий, когда в этом возникает необходимость. Очистной клапан V5, также размещенный в верхней части блока клапанов, предназначен для стравливания газа из блока клапанов, когда двигатель останавливается или переводится в режим работы только на жидком топливе. Аккумулятор блока газовых клапанов заполнен азотом, который отделяется от газа специальной мембраной, устойчивой к воздействию всех видов СНГ. Кроме того, вентилируемый объем вокруг аккумулятора изолирует его от пространства машинного зала.

Клапан ELGI расположен на блоке газовых клапанов. Это двухпозиционный клапан, с помощью которого осуществляется и закрытие клапана впрыска газа (рис. 5).

Система common rail (постоянного давления) осуществляет распределение газа высокого давления между клапанными блоками, имеющимися на каждом цилиндре. Все газовые трубки имеют двойные стенки, чтобы в случае разрыва внутренней трубки наружная трубка предотвращала утечку газа в помещение. Промежуточное пространство, включая пространство вокруг клапанов, фланцев и т. п., имеет отдельную систему механической вентиляции, обеспечивающую кратность воздухообмена не менее 30 1/ч. Давление в промежуточном пространстве должно быть ниже давления в помещении. При этом, как уже говорилось, электродвигатели вытяжных

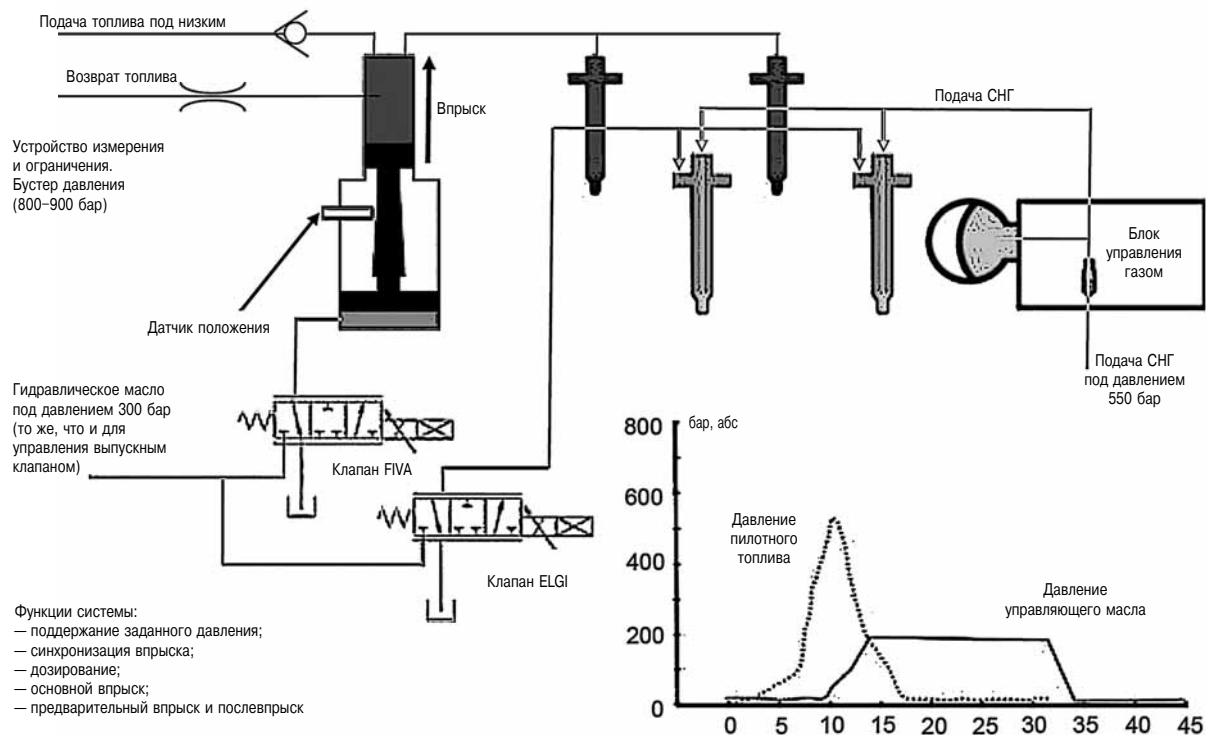


Рис. 5. Система впрыска топлива

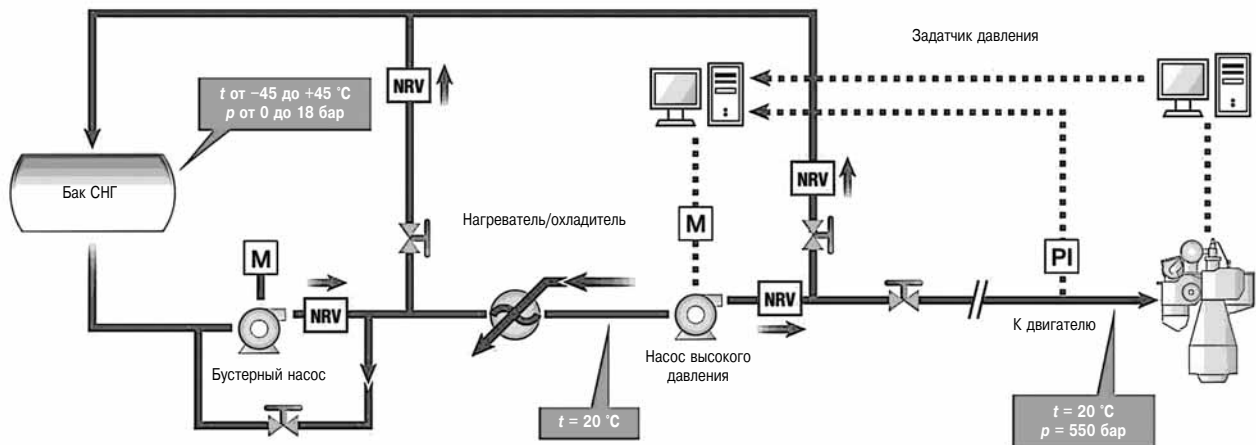


Рис. 6. Схема системы подачи СНГ в двигатель ME-GI

вентиляторов должны быть расположены вне вентиляционных каналов, а конструкция вентиляторов должна предотвращать любую возможность образования искры.

Воздухозабор для вентиляторов должен осуществляться из безопасного (свободного от газа) помещения. Газовые трубки выполнены таким образом (рис. 6), что всасываемый воздух попадает в систему трубок с двойными стенками из пространства вокруг входного сечения трубки, откуда он подается к отдельным блокам цилиндров, затем через ответвления поступает в главный воздушный коллектор, откуда с помощью вытяжной воздухоудовки выбрасывается в атмосферу. Воздух из системы вентиляции должен отводиться в безопасное место. Конструкция системы трубок с двойными стенками обеспечивает вентиляцию всех ее частей.

Любая утечка газа отводится в вентилируемую часть системы трубок с двойными стенками, где обнаруживается датчиками углеводородов (НС). Газовые трубки на двигателе рассчитаны на давление, превосходящее нормальное рабочее давление в полтора раза, а их крепление обеспечивает надежную виброизоляция. Газовые трубки, кроме того, должны быть защищены от падения тяжелых предметов, испытываться давлением, в полтора раза превосходящим рабочее значение. Конструкция системы должна быть по возможности цельносварная, а количество фланцевых соединений для ее обслуживания должно быть минимальным. Патрубки, ведущие к цилиндрам, должны обладать достаточной гибкостью, чтобы выдерживать термическое расширение, связанное с изменениями теплового состояния двигателя. Конструкция системы газовых трубок должна обеспечить отсутствие чрезмерных колебаний давления газа во время работы. И наконец, газовые трубки должны иметь соединение с системой очистки инертным газом.

Выпускной ресивер

Ресивер отработавших газов рассчитан на то, чтобы выдержать давление (порядка 15 бар), возникающее в ресивере, когда в нем воспламеняется несгоревший газ после пропуска вспышки в одном из цилиндров. Разрывные защитные мембраны в ресивере не предусмотрены, поскольку он способен выдержать максимально возможное давление взрыва.

Бустерная система

Для работы в режиме газодизеля необходимы следующие элементы: топливный бустер, датчик положения, клапан FIVA, регулирующий впрыск пилотного топлива, и клапан ELGI, регулирующий впрыск газа.

Принципиальная схема системы топливоподачи с двумя топливными и двумя газовыми клапанами показана на рис. 5. Бустер отличается от своего прототипа (на двигателе ME) только наличием датчика давления, который нужен, чтобы контролировать давление впрыска пилотного топлива. Количество впрыскиваемого пилотного топлива измеряется с помощью датчика положения. Количество подаваемого газа определяется продолжительностью подачи управляющего масла из клапана ELGI. В качестве рабочей среды используется то же самое гидравлическое масло, что и в гидросистеме с давлением 300 бар. Клапан ELGI размещается на блоке газовых клапанов, где к нему подводится гидравлическое масло из блока HCU.

Система уплотняющего масла

Уплотняющее масло из соответствующей системы через трубки с двойными стенками подается к клапанам впрыска газа, где с его помощью обеспечивается уплотнение между газом и управляющим маслом, а также смазка движущихся частей. Насос уплотняющего масла, имеющий автономный привод, запускается до начала работы двигателя на газе. В этот насос масло из

системы поступает под давлением 1 бар, а на его выходе создается давление, превышающее давление газа на 25–50 бар. Расход уплотняющего масла по сравнению с расходом топлива незначителен.

Вопросы безопасности

Устройства защиты — внешние системы

Утечки в клапанах и разрывы трубок могут стать причиной аварий с тяжелыми последствиями. Подобные отказы легко и быстро обнаруживаются датчиком углеводородов (НС) с функцией аварийной сигнализации. При достижении в вентилируемой патрубке концентрации газа, составляющей 30 % от нижнего предела взрывоопасности (LEL — Lower Explosion Limit) формируется предупредительный звуковой сигнал, а при достижении 60 % LEL система дает сигнал на остановах.

В качестве защитных устройств, сводящих риск подобной аварии практически к нулю, используются трубки с двойными стенками и встроенные клапаны с вентилиацией промежуточного пространства. Пространство между внутренней и наружной стенками вентилируется всегда, когда в линии подачи присутствует газ, при этом обеспечен отвод всех утечек к датчикам НС, расположенным в наружной трубке.

Отказ системы вентилиации трубок с двойными стенками не позволит датчикам НС выполнять свои защитные функции, поэтому система должна оснащаться несколькими расходомерами. Если расход в системе вентилиации падает до нуля, формируется аварийный сигнал. Если не предприняты действия по устранению отказа, система остановит подачу газа в двигатель.

В случае возникновения неисправности клапанов (помимо утечек), ведущей к недостаточной подаче газа в двигатель, давление газа окажется слишком низким для работы на газе. Во избежание подобной ситуации организован контроль давления в аккумуляторе клапанного блока каждого цилиндра.

Такой контроль можно проводить с помощью либо одного датчика давления, либо реле давления и реле перепада давлений (см. ниже).

Устройства защиты — внутренние системы

В нормальном рабочем режиме неисправность в системах впрыска пилотного топлива или подачи газа связана с риском возникновения неконтролируемого сгорания в двигателе. Возможные причины подобной неисправности:

- отказ газового клапана;
- несостоявшееся зажигание поступившего в цилиндр газа.

Ниже более подробно рассматриваются обе указанные ситуации и возможные меры по их предотвращению.

Отказ газового клапана

Если по какой-либо причине газовый клапан начинает двигаться медленнее либо вообще заедает в открытом положении, подача топлива в цилиндр будет расти, и при открытии выпускного клапана горячая смесь продуктов сгорания и газа из цилиндра устремится в выпускную трубу, а оттуда — в выпускной ресивер. Температура смеси после клапана резко возрастет, при этом, скорее всего, произойдет возгорание газа в выпускной системе с образованием диффузионного пламени (без взрыва) сразу за клапаном, где газ смешивается с продувочным воздухом и отработавшими газами (кислорода в такой смеси содержится порядка 15 %). В этом случае поступит аварийный сигнал по превышению температуры отработавших газов в данном цилиндре. Менее вероятно, но все же возможна ситуация, когда достаточно большое количество газа, попадающего во внешний ресивер, загорается не сразу, а с некоторой задержкой, при этом возникает мощное пламя с соответствующим повышением давления. Поэтому внешний ресивер рассчитывается на максимальное давление (порядка 15 бар).

Обе ситуации, описанные выше, будут предотвращены, если дефект газового клапана будет своевременно обнаружен. Метод такого обнаружения описан ниже.

Расход газа, подаваемого в цилиндр в течение одного рабочего цикла, определяется по падению давления в аккумуляторе. Это необходимо, чтобы убедиться в том, что количество поступившего в цилиндр газа не превышает количества, соответствующего MCR. Давление в аккумуляторе должно быть достаточным для работы двигателя на газе. Чтобы можно было контролировать, соблюдение этого условия, аккумулятор снабжен реле давления и реле перепада давлений. Если подача газа в цилиндр растет и превысит величину, соответствующую текущей нагрузке, но при этом не превышает величину, соответствующую MCR, это не опасно, поэтому будет выдан только предупредительный сигнал по росту температуры. Любое аномальное отклонение расхода газа, вызванное зависанием газового клапана или разрывом газовой трубки, будет немедленно обнаружено системой, которая тут же прекратит подачу газа и произведет продувку газовых магистралей инертным газом.

При возникновении небольшой утечки газа через клапаны подача газа в цилиндр возрастет. Это будет обнаружено по росту температуры на выпуске. Однако воспламенения отработавших газов в ресивере в этом случае не произойдет по причине бедной смеси.

Несостоявшееся зажигание впрыснутого газа

Зажигание впрыснутого природного газа может не состояться по различными причинами, однако наиболее вероятной из них является отказ системы впрыска пилотного топлива. Такой отказ может быть вызван:

- неплотностью соединений или разрывом трубок высокого давления, в результате чего бустер не сможет продолжать работать;
- зависанием плунжера бустера;
- другими неисправностями двигателя, в результате которых расход на выходе бустера падает до нуля;
- отказом системы подкачки пилотного топлива.

Каждый из перечисленных видов отказов обнаруживается достаточно быстро для того, чтобы можно было осуществить мгновенное прекращение подачи газа, как только произойдет первый же несостоявшийся впрыск пилотного топлива. Можно представить себе ситуации, впрочем, чрезвычайно редкие, когда впрыск пилотного топлива происходит, но оно не загорается. Такое, в частности, возможно при зависании или сильном обгорании выпускного клапана. При этом интенсивность утечек возрастает настолько, что давление сжатия оказывается недостаточным для обеспечения надежного возгорания пилотного топлива. Следовательно, газ и пилотное топливо из данного цилиндра поступают в выхлопной ресивер полностью несгоревшими, что может вызвать в ресивере мощную вспышку. Вместе с тем обгорание выпускного клапана — процесс относительно медленный, длящийся достаточно долго. За это время температура отработавших газов вырастет настолько, что может вызвать срабатывание системы предупреждения и выдачу соответствующего сигнала задолго до того, как возникнет риск пропуска вспышки.

К тому же зависание штока клапана подачи пилотного топлива при работе в газодизельном режиме само по себе является событием достаточно редким. Тем не менее через работающий клапан будет продолжаться впрыск пилотного топлива, которое вызовет воспламенение газа, поступившего через другой газовый клапан, что, однако, не исключает детонацию. Такая ситуация будет обнаружена системой контроля давления в цилиндре.

Внешние системы

Рабочее проектирование внешних систем обычно выполняется проектантам судна. В число таких систем входят системы хранения и подачи инертного газа, вентиляции, а также подачи СНГ.

Система вентиляции

Эта система обеспечивает надежную продувку воздухом наружного кольцевого пространства системы трубок с двойной стенкой и фактически представляет собой перегородку, отделяющую помещение машинного отделения от газовой системы высокого давления (см. рис. 2). Вентиляция обеспечивается с помощью механического вентилятора с электроприводом или вытяжного вентилятора. В первом случае электродвигатель должен быть расположен вне вентилируемого объема. Вентиляция должна обеспечить кратность воздухообмена порядка 30 1/ч. При более интенсивной вентиляции утечка газа удаляется быстрее, но, с другой стороны, она разбавляется воздухом.

Система инертного газа

Газовая система двигателя перед началом и после окончания работы на газе должна быть продута инертным газом, чтобы исключить любую возможность неконтролируемого образования газозвушной смеси. Для продувки используется N_2 или CO_2 .

Система подачи СНГ

Система подачи СНГ является наиболее сложной из всех вспомогательных систем, тем не менее она проще, чем система подачи СПГ, и, к тому же, в отличие от последней, не требует применения криогенной техники.

Общие положения

Фирмой «Hamworthy Gas Systems» была разработана система подачи сжиженного нефтяного газа (СНГ) для СНГ-танкеров, на которых в качестве главных двигателей используются газодизели, работающие на СНГ или тяжелом дизельном топливе (ТДТ).

Настоящее описание выполнено применительно к главным судовым двигателям MAN B&W 6S60ME-GI Mark 8 или 8S50ME-GI Mark 8. Как уже говорилось, двигатель может нормально работать на СНГ в диапазоне нагрузок 25–100 %; на более низких нагрузках используется ТДТ. Максимальный расход СНГ равен 1800 кг/ч, а типичный диапазон рабочих нагрузок составляет 70–75 %.

Хранить СНГ рекомендуется в неизолированных герметичных баках на открытой палубе, поскольку охлаждаемые баки достаточно дороги, что ставит под вопрос экономическую эффективность проекта. Следовательно, параметры состояния топлива будут определяться параметрами состояния окружающего воздуха. Их расчетный диапазон равен $-45\text{ }^{\circ}\text{C}/0\text{ бар}$ и. д. ... $+45\text{ }^{\circ}\text{C}/18\text{ бар}$ и. д. После сжатия СНГ в бустерном насосе газ, в зависимости от его исходного состояния, должен подогреваться или охлаждаться.

Затем перед впрыском в камеру сгорания главного двигателя происходит дальнейшее сжатие газа до давления 550 бар и. д., при этом его температура повышается до $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По составу СНГ может представлять собой пропан (С-пропан), бутан или смесь обоих газов.

Конструкция топливного бака позволяет его заполнять и пополнять либо из грузовых танков, либо через портовый терминал.

Описание системы

Типичная технологическая схема системы показана на рис. 6. Система топливоподдачи HGS включает в себя все оборудование линии от топливного бака до выхода насоса высокого давления.

Из палубного топливного бака СНГ попадает в расположенный рядом бустерный насос. Последний используется для гарантированного ожигения топлива, поступающего в топливный насос высокого давления (ТНВД). Желательно, чтобы давление на всасывании ТНВД превышало давлению паров топлива с достаточным запасом. Бустерный насос должен создавать напор, достаточный для компенсации потерь давления в трубках, фитингах и остальных элементах топливного тракта между бустерным насосом и ТНВД, расположенным рядом с двигателем.

В зависимости от температуры в топливном баке может понадобиться подогрев или охлаждение топлива, для чего используется нагреватель/охладитель (рис. 6). Нагрев и охлаждение топлива производится с помощью каскадного теплообменника, включающего промежуточный контур циркуляции рассола, который нагревается паром или охлаждается с помощью холодильного агрегата.

Чтобы обеспечить температуру топлива на входе в двигатель в пределах $50 \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура перед ТНВД должна поддерживаться на уровне порядка $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дальнейшее повышение температуры топлива происходит при адиабатическом сжатии в ТНВД.

ТНВД — это насос высокого давления объемного типа с электроприводом и частотным управлением, которое позволяет регулировать производительность насоса в соответствии с необходимой мощностью двигателя. Бустерный насос частотного управления не имеет; его задача — обеспечить необходимую производительность и соответствующий напор.

Система автоматического регулирования давления обеспечивает поддержание давления топлива на уровне 550 бар независимо от режима двигателя.

Обратные линии, показанные на рис. 6, используются для осуществления управляемого пуска. Должна присутствовать также система

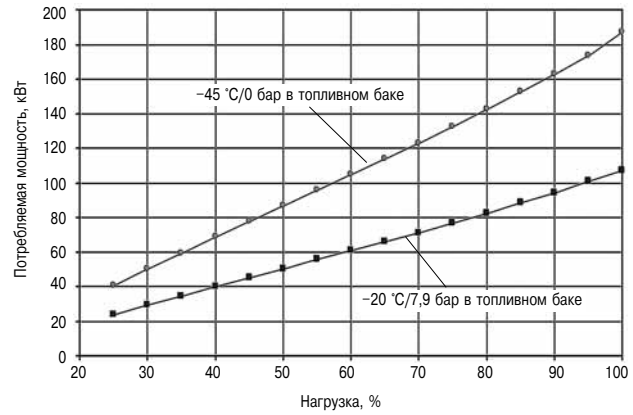


Рис. 7. Потребление мощности системой топливоподдачи, с учетом нагревателя, при различных нагрузках

аварийного сброса давления (на схеме не показана).

На рис. 7 показано суммарное потребление мощности системой топливоподдачи СНГ при различных нагрузках двигателя. Предполагается, что в качестве топлива используется С-пропан (с 2,5 моль-% этана в жидкой фазе), а параметры топлива в баке $-45\text{ }^{\circ}\text{C}/0\text{ бар}$ и $20\text{ }^{\circ}\text{C}/7,9\text{ бар}$ (см. рис. 7). Температура $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответствует наихудшему случаю, тогда как температура $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ — это наиболее типичный случай. Потребление мощности, помимо привода насоса, учитывает также работу системы подогрева или охлаждения.

Система топливоподдачи рассчитана таким образом, чтобы обеспечивалась возможность работы на топливе любого состава и любых параметров.

Баки СНГ

Газовая система Hamworthy включает топливные баки различных размеров, которые могут устанавливаться на открытой палубе. Это баки типа С, не требующие никакого дополнительного оборудования, кроме труб высокого давления, соединяющих баки с насосами СНГ.

Система управления ME-GI

К сказанному ранее следует добавить описание системы управления для двухтопливного режима, специально разработанной применительно к СНГ высокого давления. Система управления — это то, что связывает воедино все элементы топливоподдачи во внутренней и внешней системах, тем самым обеспечивая возможность работы двигателя на газовом топливе.

Данная система дополняет базовую систему управления ME. Поэтому пульт на мостике, главный пульт (MOP) и местный пульт (LOP) остаются без изменений.

По сравнению с системой управления GI может быть добавлен дополнительный пульт под названием GMOP (главный пульт управления

газовой системой). С этого пульта можно выполнять все действия, требующие ручного управления. К числу таких действий, например, относятся переключение между различными режимами, а также включение продувки инертным газом. Кроме того, с этого пульта оператор может вручную включать и выключать подачу топливного газа.

Таким образом, оператор получает возможность при работе на газе производить все необходимые действия, не покидая машинного отделения.

При работе системы управления для газодизельного цикла существующая система управления ME, в том числе аварийно-предупредительная сигнализация, продолжают работать в своем нормальном режиме. При маневрировании возможность работы в газодизельном режиме не является обязательной, поскольку в случае непредвиденного отключения газового топлива двигатель будет продолжать работать на дизельном топливе. В принципе, есть два обязательных требования, которым должна удовлетворять аппаратура подачи газа: во-первых, безопасность персонала должна быть как минимум на том же уровне, что и у обычного дизеля, во-вторых, любой отказ должен приводить к прекращению подачи газа и переходу в «газобезопасный режим». Оба эти требования являются в определенной степени взаимодополняющими.

Тем не менее некоторые виды оборудования в системе дублированы, чтобы исключить возможность прекращения подачи газа из-за единичного отказа. Дублирована, в частности, сеть связи, чтобы свести к минимуму риск разрыва связи между блоками управления. Дублированы также некоторые жизненно важные датчики, причем определенная группа таких датчиков связана с отдельной системой защиты. Это сделано для того, чтобы отказ датчика, который невозможно обнаружить, не мог сказаться на безопасности при работе на газе.

В качестве контроллеров систем регулирования и защиты GI использованы микрокомпьютеры, являющиеся собственной разработкой MAN Diesel. Такие же микрокомпьютеры были использованы в двигателе ME, так что нового «железа» в данном случае не понадобилось. Также не изменилась концепция сети связи, согласно которой один микрокомпьютер управляет операциями пуска и останова, а другие управляют вспомогательной системой, системами защиты и впрыска.

Заключение

Двухтактные двигатели — это наиболее широко используемый и наиболее современный вид двигателей, в которых одновременное использование ГДТ и газа может быть организовано оптимальным образом. Для этих двигателей созданы

хорошо отработанные и зарекомендовавшие себя системы, такие как насосы высокого давления для впрыска СНГ и баки типа С для хранения СНГ.

Система автоматического управления и защиты двигателей ME-GI вобрала в себя опыт, накопленный при создании находящихся в эксплуатации установок на газовом топливе, в том числе 12K80MC-GI-S в Японии. В этой работе приняли участие классификационные общества, более того, в 1998 г., после успешного завершения испытаний, был получен сертификат на двигатель MC-GI для работы на смеси СНГ.

Сегодняшние двухтактные двигатели демонстрируют рекордные показатели по расходу топлива, и особенно по общей эксплуатационной экономичности. Кроме того, применение СНГ в качестве топлива в газодизельной системе GI позволяет значительно сократить вредные выбросы, в первую очередь, таких веществ, как SO_x, CO₂, частицы и NO_x. Еще более существенное снижение выбросов NO_x может быть достигнуто, если работа на СНГ сочетается с применением систем SCR или EGR.

С переходом на СНГ возможно, судя по всему, решить проблемы логистики, с которыми в свое время столкнулось применение СПГ, поскольку СНГ в принципе доступны почти в любом уголке света, к тому же при этом отпадает необходимость в криогенной технике, что способствует заметному удешевлению вспомогательных систем СНГ по сравнению с СПГ.

К этому можно добавить, что ожидаемый в ближайшие годы рост производства СПГ повлечет за собой увеличение производства также и СНГ, что не может не сказаться на снижении цен на СНГ, сделав это топливо в будущем конкурентоспособным по сравнению с MDO и MGO.

Литература

1. Utilisation of Volatile Organic Compounds in Shuttle Tankers and Crude Oil Carriers, MAN Diesel paper, 1998, Copenhagen, Denmark.
2. Exhaust Gas Emission Control - Today and Tomorrow, MAN Diesel paper, Copenhagen, Denmark, Sep. 2008, No. 5510-0060.
3. Operation on Low-Sulphur Fuel, Two-Stroke Engines, MAN Diesel paper, Copenhagen, Denmark, Jan 2006, No. 5510-0001.
4. Chiba Power Plant, MAN Diesel paper, Copenhagen, Denmark.
5. O. Beppu, T Fukuda, T Komoda, S. Miyake, and I. Tanaka. Service Experience of Mitsui Gas Injection Diesel Engines, Mitsui- MAN B&W 12K80MC-GI-S and Mitsui 8L42MB-G, CIMAC Congress 1998, Copenhagen, Denmark.
6. ME-GI Dual Fuel MAN B&W Engines, MAN Diesel paper, Copenhagen, Denmark, May 2009, No. 5510-0063.

УДК 621.436

Итоги торгов по лотам подпрограммы «Создание и организация производства в РФ в 2011–2015 гг. дизельных двигателей и их компонентов нового поколения», разыгранных в 2013 г. // Двигателестроение. — 2013. — № 2. — С. 3–6.

Ключевые слова: федеральная целевая программа, открытый конкурс, лоты.

В очередном (третьем) этапе открытого конкурса на право заключения государственных контрактов на выполнение НИОКР по созданию новых двигателей и их компонентов, состоявшемся с 26.04.2013 г. по 13.05.2013 г., Минпромторг разыграл 13 лотов. Табл. 1.

УДК 621.436

Рыжов В.А. 110 лет дизелестроению на ОАО «Коломенский завод» // Двигателестроение. — 2013. — № 2. — С. 7–14.

Ключевые слова: Коломенский завод, юбилей, дизелестроение, история развития.

Летом 1863 г. военным инженером А.Е. Струве в г. Коломна были основаны мастерские для выполнения подряда на строительство железнодорожного моста через Москву-реку. Этим было положено начало созданию Коломенского завода. В 1903 г. по лицензии завода братьев Нобель был построен первый одноцилиндровый дизель-мотор мощностью 18 л. с. Приведена историческая справка о становлении и развитии двигателестроения для железных дорог, промышленности и флота. Ил. 8.

УДК 621.43

Путинцев С.В., Кулешов А.С., Агеев А.Г. Оценка механических потерь современных поршневых двигателей // Двигателестроение. — 2013. — № 2. — С. 15–20.

Ключевые слова: механические потери, давление механических потерь, поршневой двигатель, поршневые кольца, вязкость моторного масла.

Обоснована необходимость, получен вид и показана адекватность новой уточненной зависимости для расчетной оценки механических потерь поршневых ДВС с учетом нагрузки, упругости поршневых колец и вязкости моторного масла. Даны рекомендации по рациональному назначению исходных данных при использовании предложенной зависимости. Табл. 4. Библ. 18 назв.

УДК 621.431

Обозов А.А., Таричко В.И. Математическое имитационное моделирование рабочего процесса автомобильного ДВС в целях получения диагностической информации // Двигателестроение. — 2013. — № 2. — С. 21–25.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, математическое имитационное моделирование, диагностирование ДВС.

Представлены результаты математического имитационного моделирования рабочего процесса бензинового двигателя ГАЗ-52 (6Ч8,2/11) для получения информации о симптоматике его неисправностей. Приведена оценка адекватности разработанной модели. Выполнено моделирование работы двигателя с имитацией нарушения герметичности камеры сгорания. Заданы классы исправного и неисправного состояний двигателя. Ил. 7. Библ. 7 назв.

УДК 621.436

Новиков Л.А. Ограничение выбросов NO_x на уровне IMO Tier-3 для судовых дизелей отложено до 2021 года // Двигателестроение. — 2013. — № 2. — С. 26–32.

Ключевые слова: судовые дизели, выбросы NO_x, промышленные технологии, зоны контроля выбросов, стандарты IMO Tier-3, перенос сроков введения.

На 65-й сессии Комитета по защите морской среды (КЗМС) Международной морской организации (ИМО) в Лондоне состоялась дискуссия о готовности к промышленному освоению технологий для снижения выбросов NO_x судовыми дизелями на 80 %. В ходе дискуссии была обоснована преждевременность введения в Балтийском море зоны контроля выбросов NO_x

(NECA) и стандарта по ограничению выбросов NO_x для судовых дизелей на уровне IMO Tier-3 с 01.01.2016 г., Российская делегация смогла добиться решения о переносе этой даты сроков на пять лет, до 01.01.2021 г. Табл. 2. Ил. 4. Библ. 7 назв.

УДК 55.42.31; 55.03.33

Маслов А.П. Формирование информационного пространства по созданию силовых модулей на основе CALS/ИПИ технологий // Двигателестроение. — 2013. — № 2. — С. 33–36.

Ключевые слова: поршневые ДВС, CALS/ИПИ технологии, единое информационное пространство, создание силовых модулей.

Представлена актуальность и предложена методология формирования единого информационного пространства для создания силовых модулей поршневых ДВС на основе CALS/ИПИ-технологий. Предложена схема взаимодействий различных организаций в рамках данного пространства с использованием государственной автоматизированной избирательной системы ГАС «Выборы». Табл. 1. Ил. 3. Библ. 10 назв.

УДК 621.436

Еникеев Р.Д., Черноусов А.А. Программный пакет ALLBEA: задачи интеграции с информационной средой проектирования ДВС // Двигателестроение. — 2013. — № 2. — С. 37–40.

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания, пакеты прикладных программ, проектирование, информационное обеспечение.

Обсуждается задача интеграции пакета программ ALLBEA для моделирования процессов в технических системах с единым информационным пространством, поддерживающим проектирование ДВС на основе CALS/ИПИ-технологий. Отмечена важность интеграции с ALLBEA математических моделей независимых исследовательских групп, позволяющих описать физические процессы и конкретные элементы технических систем. Ил. 1. Библ. 5 назв.

УДК 621.436

Леонтьев Л.Б., Надежкин А.В., Макаров В.М., Токликишвили А.Г. Анализ функционирования трибосистемы шейки коленчатого вала-вкладыш подшипника-смазка судовых среднеоборотных дизелей // Двигателестроение. — 2013. — № 2. — С. 41–47.

Ключевые слова: трибосистема, моторное масло, вязкость, износ, механические примеси, коленчатый вал.

Представлены результаты исследования условий работы трибосистемы шейки коленчатого вала-вкладыш подшипника-смазка судовых среднеоборотных дизелей, эксплуатируемых на тяжелых и дистиллятных топливах. Рассмотрено влияние показателей работающего моторного масла и содержащихся в нем продуктов износа на интенсивность изнашивания пар трения. Приведены рекомендации по повышению надежности работы узлов трения судовых дизелей. Табл. 1. Ил. 5. Библ. 5 назв.

УДК 621.43

Ларсен Р., Рудт В. Двухтопливный двигатель MAN B&W серии ME-GI, работающий на сжиженном нефтяном газе (материалы конгресса CIMAC 2010) // Двигателестроение. — 2013. — № 2. — С. 48–58.

Ключевые слова: судовые малооборотные дизели, газодизельный цикл, сжиженный природный газ, сжиженный нефтяной газ, пилотное топливо, вредные выбросы.

Приведены результаты работ фирмы MAN B&W по переводу двигателей серии ME на газодизельный цикл. Показано, что применения сжиженного природного газа (СПГ) в двухтактных дизелях позволяет решить проблему вредных выбросов. Отмечается, что конкурентоспособность применения СПГ сдерживается отсутствием терминалов для заправки судов. В качестве альтернативы рассматривается сжиженный нефтяной газ (СНГ), производство которого быстро растет и не требует применения криогенной техники, что существенно удешевляет силовую судовую установку. Перевод доклада выполнен Г. Мельником. Табл. 1. Ил. 7. Библ. 6 назв.

UDC 621.436

The Results of the Tender for Implementation of Subprogram «Development and Organization of Domestic Production of New Generation Diesel Engines and Their Components in the Period of 2011–2015» (Lots Drawn in 2013) // Dvigatelistroyeniye. — 2013. — № 2. — P. 3–6.

Keywords: federal target program, tender, lots.

In the framework of a tender for governmental contracts (3rd step), drawn by RF Ministry of Trade in the period of 26.04.2013 to 13.05.2013, thirteen lots have been drawn. 1 tables.

UDC 621.436

Ryzhov V.A. JSC Kolomna Works: 110 Years of Engine Building // Dvigatelistroyeniye. — 2013. — № 2. — P. 7–14.

Keywords: Kolomna Works, anniversary, engine building, history.

In summer 1863 military engineer A.E. Struve, who won a contract for construction of a railway bridge across Moscow River, founded a workshop in the town of Kolomna as an industrial base for the bridge construction. This marked the beginning of Kolomna Works development. In year 1903 the first single-cylinder diesel engine rated at 18 BHP was built under a license granted by Nobel brothers. The article includes a historical background of establishment and development of engine production for railways, industry and navy. 8 ill.

UDC 621.43

Putintsev S.V., Kuleshov A.S., Agheyev A.G. Evaluation of Mechanical Losses in Modern Piston Engines // Dvigatelistroyeniye. — 2013. — № 2. — P. 15–20.

Keywords: mechanical losses, mechanical losses pressure, piston engine, piston rings, motor oil viscosity.

The authors substantiated the necessity of new, more accurate formula for evaluation of mechanical losses in modern piston engines, taking account of engine load, piston rings' flexibility and motor oil viscosity. Such formula was offered and demonstrated to be largely adequate. Recommendations were offered concerning reasonable choice of initial data to be used with said formula. 2 tables, 4 ref.

UDC 621.431

Obozov A.A., Tarichko V.I. Simulation of Combustion Process in Automotive Engine for Diagnostic Purposes // Dvigatelistroyeniye. — 2013. — № 2. — P. 21–25.

Keywords: internal combustion engine, mathematical simulation, engine diagnostics.

Combustion process in automotive petrol engine type GAS-52 (648,2/11) was simulated as a means to obtain information of engine failure symptoms. The research included verification of the code yielded. In particular, engine operation with leaking combustion chamber was simulated. A classification is offered for engine healthy/faulty conditions. 7 ill., 7 ref.

UDC 621.436

Novikov L.A. IMO Tier-3 Implementation with Respect to NO_x Emission is Postponed till 2021 // Dvigatelistroyeniye. — 2013. — № 2. — P. 26–32.

Keywords: marine diesel engines, NO_x emission, emission control areas, IMO Tier-3 standard, postponement of implementation.

The 65th session of Marine Environment Protection Committee (MEPC) of the International Maritime Organization (IMO) discussed, inter alia, status and commercial availability of existing technologies targeted at the reduction in NO_x emission from marine diesel engines by 80 %. In the course

of discussion concerning maturity of technologies underlying implementation of NO_x control areas (NECA) and Tier-3 NO_x standards since 1 January 2016, Russian delegation managed to insist on a decision to amend the implementation date to 1 January 2021. 4 ill., 2 table, 7 ref.

UDC 55.42.31; 55.03.33

Maslov A.P. Shaping of Information Space for the Development of Power Modules Based on CALS Technologies // Dvigatelistroyeniye. — 2013. — № 2. — P. 33–36.

Keywords: reciprocating engine, CALS technologies, unified information space, development of power modules.

The author substantiates urgency of unified information space organization targeted at the development of engine-based power modules, making use of CALS technologies, and offers a method to create such space. Also offered is algorithm of interested parties' interaction within such space using automated electoral system «GAS ELECTIONS».

3 ill., 1 table, 10 ref.

UDC 621.436

Yenikayev R.D., Chernousov A.A. ALLBEA Program Package: integration with engine design information environment // Dvigatelistroyeniye. — 2013. — № 2. — P. 37–40.

Keywords: reciprocating engine, applied software packages, engineering, dataware.

The article discusses the importance of ALLBEA package integration into unified information space that supports CALS-based engine designing. As important seems integration of ALLBEA with software developed by independent research teams, descriptive of physical processes and system components.

1 ill., 5 ref.

UDC 621.436

Leontyev L.B., Nadezhkin A.V., Makarov V.M., Toklikishvili A.G. Functional Analysis of «Crankshaft Journal–Bearing Liner–Lube Oil System of Marine Medium Speed Diesel Engine» Tribosystem // Dvigatelistroyeniye. — 2013. — № 2. — P. 41–47.

Keywords: tribosystem, lube oil, viscosity, wear, solids, crankshaft.

Tribosystem «crankshaft journal–bearing liner–lube oil system of marine medium speed diesel engine» was tested with engine firing heavy and distillate fuels. Wear intensity is studied as a function of lube oil performance and contents of wear products therein. Recommendations are offered for more reliable performance of friction units in marine diesel engines. 5 ill., 1 table, 5 ref.

UDC 621.43

Rene Sejer Laursen, Veslemoy Winge Rudh. Environment-friendly Operation Using LPG on the MAN B&W Dual Fuel ME-GI Engine (CIMAC 2010) // Dvigatelistroyeniye. — 2013. — № 2. — P. 48–58.

Keywords: Marine low-speed diesel engine, dual fuel operation, liquefied natural gas, liquefied petrol gas, pilot fuel, emissions.

The paper describes the MAN B&W project that resulted in the development of ME-GI series dual fuel version. Liquefied natural gas (LNG) is demonstrated as a means to considerably reduce noxious emissions from two-stroke engines. The authors note that limited LNG usage is caused by shortage of small-size LNG terminals and LNG supply ships. As an alternative, liquefied petrol gas (LPG) is considered. LPG is easier available, and, besides, its use does not involve cryogenic technologies, which means notable reduction of initial expenses. The paper is translated into Russian by G.Melnik. 7 ill., 1 table, 6 ref.