

ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛА DIESEFACTS

Материал подготовил к.т.н. А.А. Обозов

ME-B: НОВЫЙ ДВУХТАКТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Введение новых двигателей серии ME-B фирмы MAN B&W Diesel является шагом к укреплению позиций двухтактных двигателей малой размерности¹. Эти двигатели дают возможность судовладельцам выбирать современные, ориентированные на будущее двухтактные двигатели.

Двухтактные двигатели малой размерности компании MAN B&W Diesel лидируют в своем сегменте рынка в течение десятилетий.

С момента поставки первого двигателя L35MC в 1982 г. в количестве приблизительно 1000 двигателей L35MC, 500 двигателей S35MC, 200 двигателей L42MC и 250 двигателей S42MC находятся в портфеле заказов или уже введены в эксплуатацию.

Однако рынок непрерывно изменяется, и конкурентоспособность двигателей обеспечивается переоценкой конструктивных параметров, принципов управления и выбора мощности.

Изыскания в этой области, включая тщательное исследование зависимости мощности от частоты вращения вала для танкеров, контейнеровозов и балкеров показали, что двигатели с диаметром цилиндра 35 см, с незначительно уменьшенной частотой вращения и повышенной мощностью представляют наилучшее сочетание. «В сегменте» двигателей типа S42MC двигатели с диаметром цилиндра 40 см, с частотой вращения коленчатого вала 146 об/мин совместно с модернизированным двигателем, имеющим диаметр цилиндра 35 см, удачно охватывают требуемую область мощности, лежащую между типом S35 и S46MC-C (рис. 1, см. 3-ю стр. обложки).

Сегодня признание и одобрение двигателей с электронным управлением стало требованием рынка. Двигатель нового типа имеет обозначение ME-B, т. е. S35ME-B и S40ME-B.

Преимущества двигателей ME-B:

- пониженный удельный эффективный расход топлива (SFOC);
- увеличенная мощность двигателя;
- более низкий расход смазочного масла;

- увеличенное время между переборками;
- более простое регулирование параметров двигателя;
- низкие значения выбросов вредных веществ с отработавшими газами;
- более низкий уровень минимально-устойчивой частоты вращения двигателя и вала;
- высокая надежность.

Характеристики двигателя

Новые двигатели имеют отношение хода поршня к диаметру цилиндра 4,4 : 1 (такое же, как у дизеля MAN B&W Diesel, используемого для исследовательских целей — 4S50TX) для наилучшего сочетания с низкой частотой вращения вала: 167 об/мин для S35ME-B и 146 об/мин для S40ME-B. Среднее эффективное давление составляет 21 бар. Удельный эффективный расход топлива уменьшен на 2 г/(кВт·ч) за счет использования процесса с более высоким давлением сгорания. Параметры, приведены в таблице.

Сравнение двигателей

Сравнение 6-цилиндрового нового двигателя S35ME-B и 7-цилиндрового существующего S35MC показывает увеличение мощности на 40 кВт, уменьшение длины двигателя на 0,42 м, снижение массы на 3 т и снижение удельного эффективного расхода топлива на 2 г/(кВт·ч) для двигателя новой конструкции.

Сравнение 6S40ME-B и существующего 6S42MC показывает, что двигатель 6S40ME-B обладает большей на 5 % мощностью и короче на 0,42 м. Масса двигателя на 16 т меньше (легче на 11 %) и он имеет более низкий (на 2 %) удельный эффективный расход топлива.

Параметр	5-8 S35ME-B	5-8 S40ME-B
Диаметр цилиндра D , мм	350	400
Ход поршня S , мм	1550	1770
Среднее эффективное давление p_{me} , бар	21	21
Частота вращения коленчатого вала n , об/мин	167	146
Средняя скорость поршня C , м/с	8,6	8,6
Мощность P_e , кВт/цил.	870	1135
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч)	171–176	170–175

¹⁾ Согласно принятой MAN B&W Diesel классификации, двухтактные двигатели с диаметром цилиндра 50, 46, 42, 40, 35, 26 см относятся к двигателям малой размерности. Двигатели с диаметром цилиндра более 50 см (максимальная размерность достигает 108 см) относятся к двигателям большой размерности — *Прим. редакции.*

Система управления впрыском топлива двигателя МЕ-В

На новых двигателях небольшой по размерам распределительный вал приводит в движение выпускные клапаны традиционным образом, впрыскивание топлива выполняется посредством одного топливного бустерного блока (насоса) на каждом отдельном цилиндре подобно тому как это происходит на существующих двигателях серии МЕ. Топливные бустерные насосы устанавливаются на цилиндрических гидравлических блоках (hydraulic cylinder units – HCU) — по два насоса на каждый блок. Сервомасло (посредством которого происходит управление бустерными насосами — *прим. перевод.*) подается к блокам HCU по отдельному масляному трубопроводу, расположенному внутри корпуса, в котором проложен распределительный вал. Аккумуляторы, используемые в блоках HCU, в существующих двигателях типа МЕ заменены одним буфером сервомасла, обслуживающим каждый блок HCU, который служит для впрыскивания топлива в два цилиндра (рис. 2, см. 3-ю стр. обложки).

Три электроприводных насоса обеспечивают «гидравлическую мощность» для системы впрыскивания топлива. В случае выхода из строя одного из насосов двигатель может вырабатывать более 50 % мощности, что обеспечивает приблизительно 80 % скорости судна.

Характеристики топливоподачи

Системы двигателя МЕ-В будут иметь те же возможности конфигурации топливоподачи, что и двигателя типа МЕ. Впрыскивание топлива управляется пропорциональным клапаном, который может изменять давление впрыскивания. Постепенное нарастание давления топлива в процессе впрыскивания является оптимальным.

Характеристика впрыскивания влияет как на уровень удельного эффективного расхода топлива, так и на выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Обычно характеристика топливоподачи отражает компромисс между удельным эффективным расходом топлива и выбросами NO_x .

На два цилиндра приходится один блок HCU, который оснащается двумя топливными бустерными насосами, двумя электронными клапанами для управления подачей топлива (Electronic Fuel Injection control valve-ELFI) — ELFI-клапанами и двумя Alpha-лубликаторами с гидроприводом для смазки цилиндров.

Блок подачи масла для управления бустерными насосами (Hydraulic Power Supply — HPS), используемый на новом малооборотном двигателе, устанавливается на фронтальной части двигателя. Блок HPS имеет электрический привод, который состоит из двух электродвигате-

лей, каждый из которых приводит в движение свой гидравлический насос. Давление сервомасла для новой системы увеличено с 250 бар (составляет на обычном двигателе типа МЕ) до 300 бар. Каждый из насосов имеет производительность, соответствующую 50 % мощности двигателя и приблизительно 80 % скорости судна.

Система управления может быть упрощена за счет использования механического привода. При выходе из строя одного из насосов обеспечивается работа двигателя на режиме не менее 50 % мощности.

Фундаментная рама, коробка картера и блок цилиндров

Детали остова двигателя сконструированы с учетом обеспечения жесткости и прочности, чтобы выдержать повышенную мощность этих двигателей. Фундаментная рама имеет хорошо зарекомендовавшую себя сварную конструкцию. Для новых двигателей обычно выполняемые литыми постели делаются из стального проката. Это обеспечивает однородность материала и устраняет риск выявления дефектов литья на стадии окончательной мехобработки. Коробка картера выполнена в виде хорошо зарекомендовавшей себя простой конструкции с треугольными колодцами под анкерные связи. Имеет парные анкерные связи. Конструкция обеспечивает превосходное противодействие поперечным силам, воздействующим на направляющие со стороны крейцкопфа. Такого вида коробка картера на текущий момент является стандартной для всех двигателей МЕ. (рис. 2, см. 3-ю стр. обложки). Для блока цилиндров предлагается два возможных исполнения:

- выполненный литым из шаровидного высокопрочного чугуна;
- сварная конструкция со встроенным коллектором продувочного воздуха.

Было решено использовать отливку из высокопрочного шаровидного чугуна, поскольку последний имеет высокую прочность и высокий модуль упругости, что дает возможность противостоять большим силам при сгорании. По сравнению с отливкой, выполненной из серого чугуна, масса блока цилиндров двигателя 6S35ME-V может быть снижена на 3 т.

Жесткость и уровень напряжений основной конструкции были тщательно исследованы при помощи метода конечных элементов (МКЭ), все деформации и напряжения оказались ниже или такими же, как для существующих двигателей. Это означает, что надежность конструкции двигателя будет, по крайней мере, на том же уровне, как у существующих двигателей, которые доказали свои хорошие характеристики.

Коленчатый вал

Несмотря на то что для новых двигателей отношение S/D было увеличено, межцилиндровое расстояние изменилось совсем незначительно.

Тщательные МКЭ-расчеты были проведены для того, чтобы убедиться в том, что геометрия (включая диаметры шеек) коленчатого вала была оптимизирована с сохранением жесткости, параметров запрессовки и напряжений на том же уровне, как и у остальных двигателей серии МС-С.

Шатун

Шатун имеет хорошо известную конструкцию, используемую для всей программы данного ряда двигателей, изначально введенной для двигателя типа L35MC. Для того чтобы снизить уровень колебаний, была разработана новая конструкция, представляющая собой комбинацию конструкций шатуна для двигателей МС-С и 35MC.

Конструкция поперечины крейцкопфа взята от двигателя S50MC-С. Выбор размера подшипника основан на обширном опыте, накопленном на двигателе 35MC, т. е. шейка поперечины имеет закаленную рабочую поверхность. Направляющие башмаки имеют новую конструкцию с пониженным трением, которая применяется для новых дизелей большой размерности. Конструкция с пониженным трением обеспечивает низкий расход циркуляционного масла.

Подшипники

Подшипники, используемые для новых двигателей, имеют такую же конструкцию, как те, которые использовались с очень хорошими результатами на двигателях малой размерности в течение более 15-ти лет. Применяются подшипники тонкостенной конструкции. Нагрузки на подшипники во всех случаях заметно ниже заданных исходных в расчетах.

Камера сгорания

В связи с увеличением мощности новых двигателей типа ME-B была тщательно исследована камера сгорания для компенсации более высокого давления сгорания и более высоких термических нагрузок. Кроме того, исследовалась возможность повышения надежности компонентов камеры сгорания и возможность увеличения сроков между переборками.

Цилиндровая втулка

Облегченная цилиндрическая втулка, которая используется на малоразмерных двигателях типа МС-С/ME, может быть использована для обоих типов двигателей, но материал втулок был модернизирован для того, чтобы противостоять

более высоким давлениям сгорания. В верхней части втулки устанавливается кольцо для очистки поршня.

Поршень

Поршень имеет в головке специальные сверления для охлаждения. Форма головки поршня, обращенная к камере сгорания, была тщательно исследована в целях обеспечения ее надежности в условиях возросшей мощности нового двигателя. Для создания геометрии головки поршня были выполнены подробные МКЭ-расчеты.

Комплект поршневых колец аналогичен кольцам, используемым для существующих малоразмерных двигателей. Все кольца имеют покрытие на работающей поверхности «Alucoat» для обеспечения их хорошей приработки. Если необходимо увеличение времени между переборками, то предлагается (как опция) пакет колец, имеющих специальное твердое покрытие рабочей поверхности.

Как и двигатели типа ME большей размерности, новые двигатели малой размерности оснащаются Alpha-лубликатором.

Таким образом, так называемый ACC²-режим смазки цилиндров вводится на двигателях малой размерности с присущими ему преимуществами очень низкого расхода цилиндрического масла и обеспечения превосходного состояния цилиндра.

Выполненный расчет уровней температуры деталей, образующих камеру сгорания, показал, что они находятся в пределах изначально заданных ограничений (рис. 4 см. 3-ю стр. обложки).

Упорный подшипник

Так как вследствие увеличения мощности двигателя возрастает упор винта, в конструкцию в целях более равномерного распределения нагрузки на упорные сегменты была введена гибкая упорная кулачная шайба. В целом размеры деталей стали меньше, чем были в предыдущей конструкции, и установка стала более компактной.

Выводы

Введение новых двигателей является шагом к укреплению позиций двухтактных двигателей малой размерности. Эти двигатели дают возможность судовладельцам выбирать современные двигатели, ориентированные на будущее, для использования в качестве главных пропульсивных установок на судах с прямой передачей на винт.

Источник

Diesel Facts. MAN B&W Diesel. — Copenhagen. — № 2. — 2006.

² ACC — Adaptive Cylinder oil Control — адаптивное управление подачей масла в цилиндр. — Прим. редакции.