

Для современных малооборотных и среднеоборотных двигателей характерно использование различных сортов, с различной вязкостью. В связи с этим возникает необходимость оперативного изменения угла опережения подачи топлива. Динамическое (во время работы двигателя, изменение угла опережения подачи), так же применяется при изменении нагрузки двигателя, что способствует созданию наилучших условий процесса сгорания топлива. Один из способов предотвращения загрязнения окружающей среды окислами азота (NO_x) снижение максимального давления цикла, также достигается изменением угла опережения подачи топлива.

ТНВД двигателя RTA компании Зульцер.

В ТНВД клапанного типа момент начала подачи топлива определяется моментом закрытия всасывающего (перепускного) клапана 17 рис. 1. Во время работы двигателя это может осуществляться поворотом эксцентрика 9. В первых конструкциях ТНВД эксцентрики 9 не были связаны с тягой управления (зафиксированы в корпусе насоса), поэтому в них $g_{ц}$ регулировалась концом подачи. В последующих модификациях ТНВД малооборотных дизелей фирмы «Зульцер» эксцентрик 9 был связан с тягой со специальным программным механизмом, осуществляющим изменение $\varphi_{ит}$ при изменении мощности двигателя в диапазоне 70-100%. Этот принцип регулирования (комбинированный) получил наименование *Variable Injection Time* (далее - VIT). (Рис.2)

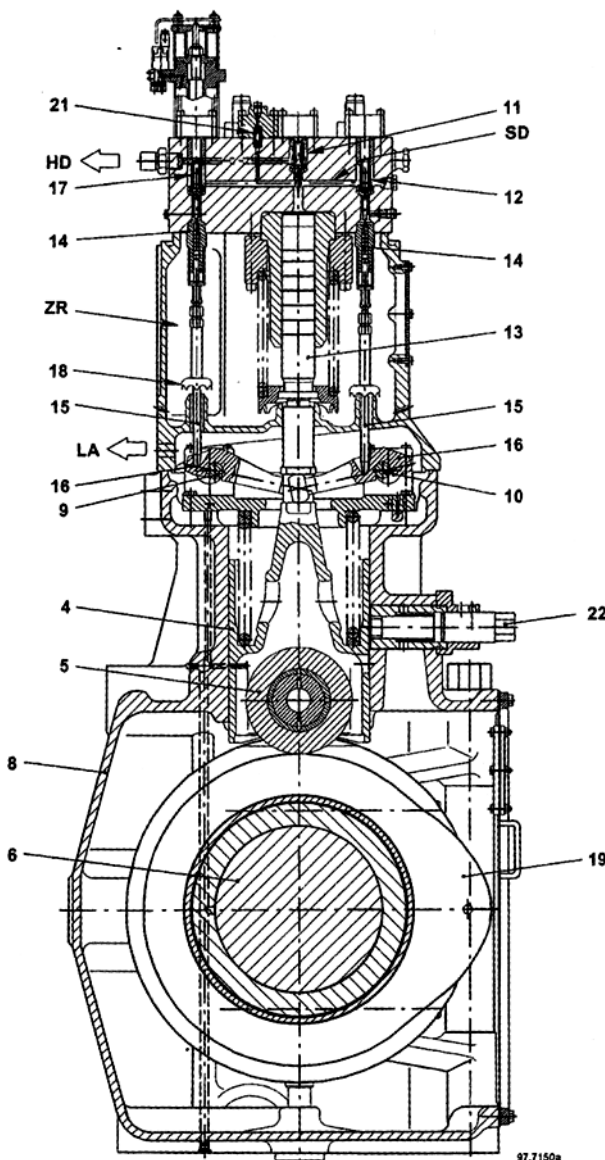
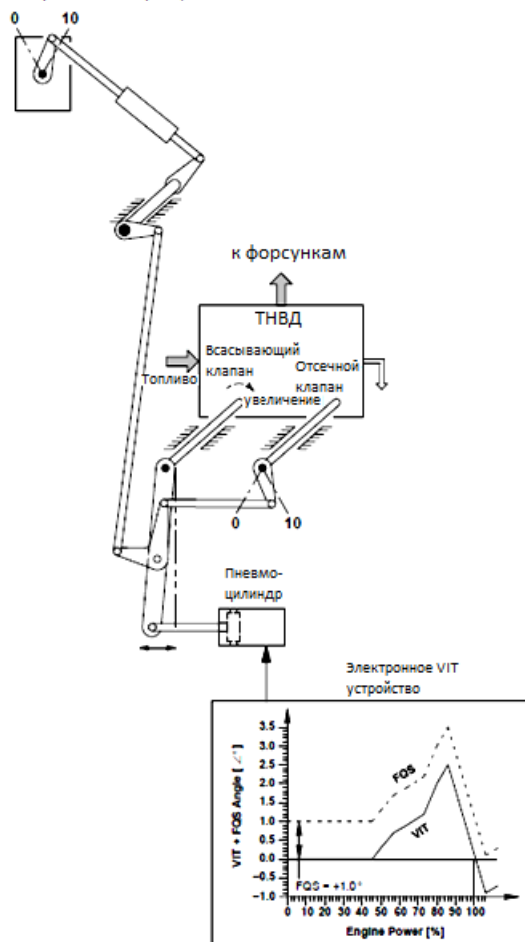


Рис. 1.ТНВД двигателя
RTA Зульцер

4, 5 - толкатель плунжера;
 6 - распределительный вал; 8 - корпус насоса; 9 - эксцентрик механизма ВП; 10 - эксцентрик управления цикловой подачей; 11 - нагнетательный клапан; 12 - отсечной клапан; 13 - плунжер; 14, 15 - толкатели клапанов; 16 - рычаги клапанов; 17 - всасывающий (перепускной) клапан; 18 - защитная шайба; 19 - кулачковая шайба; 21 - предохранительный клапан; 22 - механизм подъема плунжера (ручное выключение ТНВД); HD - трубопровод высокого давления; SD - полости наполнения и нагнетания; LA - сбор протечек топлива

Регулятор частоты вращения



4 •

Рис.2. VIT устройство дизелей RTA Зульцер

ТНВД малооборотных двигателей MAN Diesel & Turbo

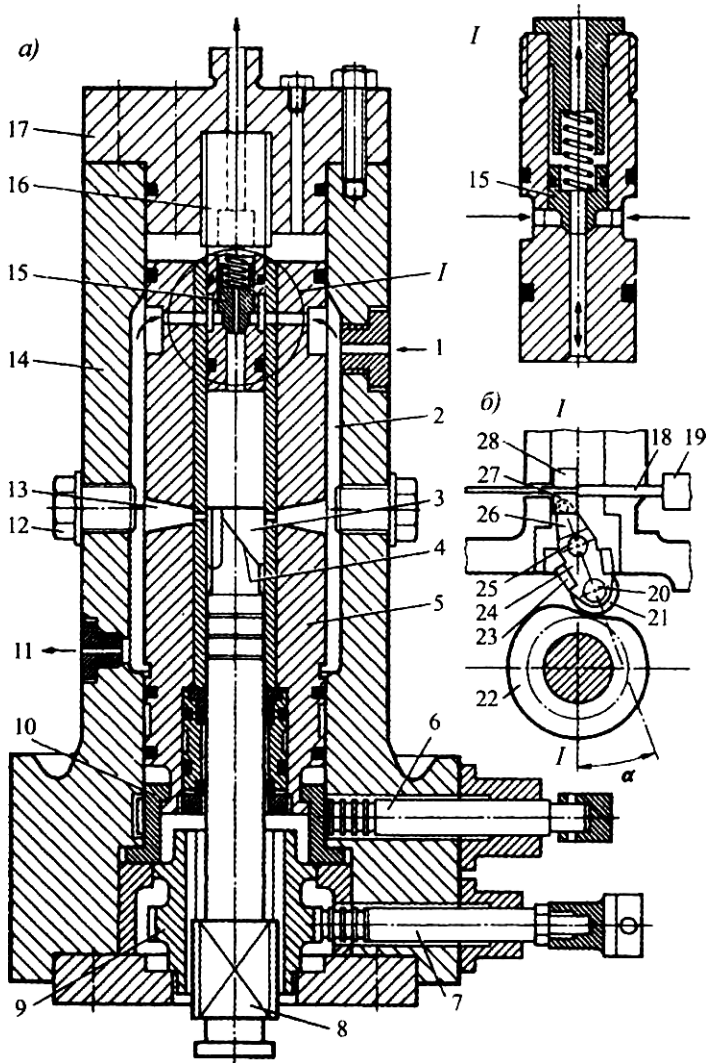


Рис. 3. ТНВД золотникового типа главных двигателей «MAN-Дизель и Турбо» серии МС

Наибольшее распространение на крупнотоннажных морских судах получили главные малооборотные дизели фирмы «MAN Diesel & Turbo» серии МС, которые имеют золотниковый ТНВД чертеж, которого приведен на рисунке 3.

На рис. 3б показан механизм привода и реверсирования ТНВД

Плунжер насоса 3 имеет регулирующие винтовые кромки 4, выполненные по принципу регулирования $g_{ц}$ концом подачи. Втулка плунжера 5 составная, может перемещаться вдоль оси относительно корпуса насоса 14. Нагнетательного клапана в этом насосе нет, вместо него установлен впускной клапан 15. Впускной клапан имеет уплотняемый корпус 16, ввернутый в крышку 17 насоса (см. укрупненный фрагмент).

Механизм регулирования $g_{ц}$ состоит из зубчатой рейки 7, поворотной втулки 9, крестовины 8 плунжера. Вторая зубчатая рейка 6 служит для изменения угла начала подачи топлива в диапазоне изменения мощности двигателя 70-100% (программа VIT, реализуется путем связи реек 6 и 7 через пневмомеханический позиционер 11 рис.4). Рейка 6 сцеплена с зубчатым венцом поворотной втулки 10 и втулки плунжера 5. Величина $\varphi_{\text{нпн}}$ изменяется осевым сдвигом втулки плунжера 5 вверх или вниз, при этом изменяется момент перекрытия плунжером рабочих окон 13 во втулке плунжера. Осевое смещение втулки происходит по принципу болт-гайка. «Гайкой» служит поворотная втулка 10, на внутренней стенке которой проточена винтовая канавка. В канавку входит виток резьбы с крупным шагом, нарезанной на нижнем конце втулки плунжера 5. При изменении нагрузки двигателя в указанном выше диапазоне регулятор перемещает топливную рейку 7. Пневмомеханический позиционер в соответствии с заданной программой VIT перемещает рейку 6. При этом втулка 10, зафиксированная своим нижним фланцем в корпусе 14 насоса, поворачивается на определенный угол и через резьбовое соединение вызывает сдвиг втулки 5 относительно плунжера. Таким образом, в рассматриваемом ТНВД реализован комбинированный способ регулирования цикловой подачи.

ТНВД работает следующим образом. Полость наполнения насоса 2 образуется между корпусом 14 и втулкой плунжера 5. Топливо подается от топливоподкачивающего насоса через дроссельную вставку 1 под давлением 10 бар. Излишки топлива перепускаются в отводящую магистраль через дроссельную вставку 11. При движении плунжера вверх топливо перепускается через окна 13 в магистраль наполнения. В момент перекрытия окон давление топлива над плунжером и за тарелкой впускного клапана 15 начинает повышаться. Клапан плотно садится на гнездо, и топливо по осевому сверлению в нем поступает в трубопровод высокого давления. В момент открытия окон 13 регули-

рующими кромками 14 давление топлива над плунжером быстро падает до 10 бар.

Вследствие большого перепада давлений в момент окончания активного хода (часто применяется термин *отсечка топлива*) в окнах 13 втулки плунжера развивается высокая скорость потока топлива, что вызывает

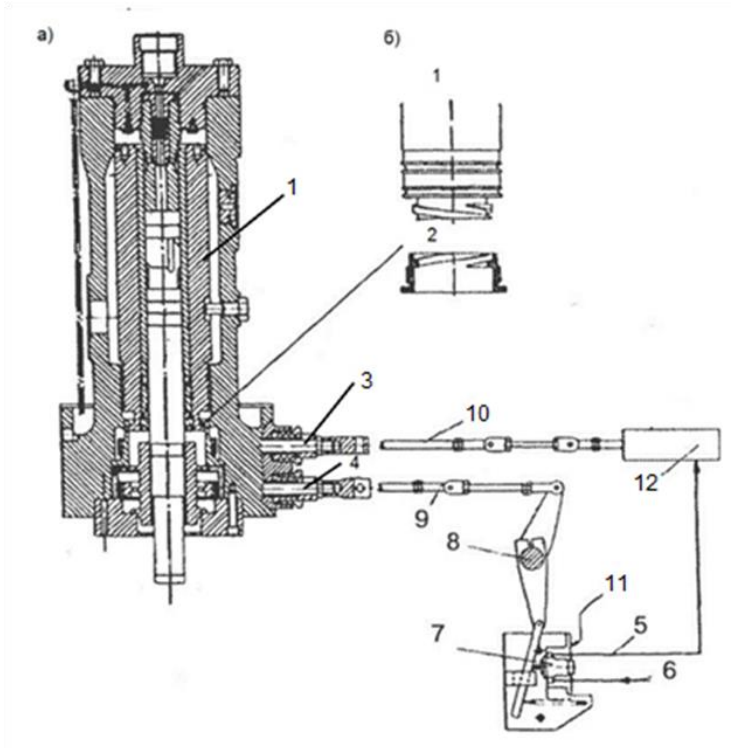


Рис. 4.ТНВД и механизм VIT двигателя типа МС

- | | |
|--------------------------|------------------|
| 1 – втулка | 8 – ось |
| 2 – гайка VIT устройства | 9, 10 - тяга |
| 3 – управляющий клапан | 11 - позиционер |
| 4,5 – сжатый воздух | 12 - сервопривод |
| 6,7 - зубчатая рейка | |

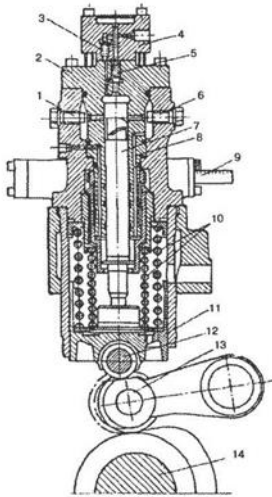


Рис. 5. Устройство изменения угла опережения подачи топлива дизеля MAN L51/60

кавитационную эрозию металла напротив окон. Для защиты корпуса насоса от эрозии напротив окон ввернуты периодически сменяемые отражательные болты 12.

Впускной клапан остается закрытым под воздействием пружины до выхода плунжера в верхнее положение. В начальной фазе наполнения насоса впускной клапан еще остается закрытым, топливо поступает в надплунжерное пространство через окна 13 и вертикальную канавку в верхней части плунжера. В момент перекрытия окон 13 винтовыми кромками 4 плунжера давление над плунжером становится меньше, чем в полости наполнения 2. За счет перепада давлений клапан 15 поднимается, и топливо поступает через верхние окна втулки в надплунжерное пространство. В конце хода наполнения при открытии

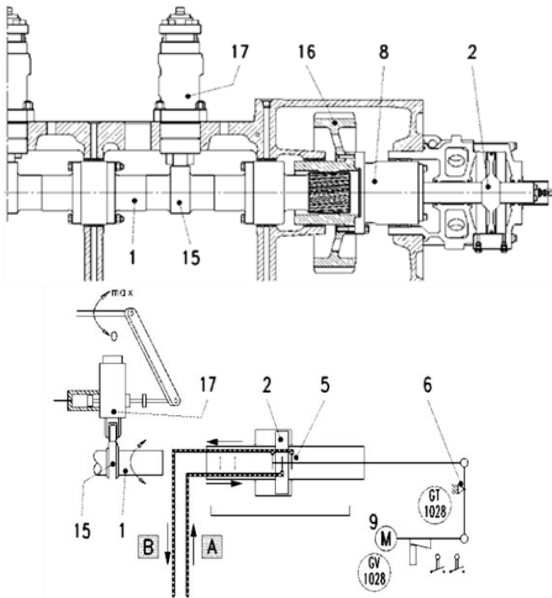


Рис. 6. Механизм изменения угла опережения двигателя MAN L32/40

- 1 - Распределвал
- 2 - Гидравлический поршень
- 5 - Управляющий поршень
- 6 - Рычаг
- 8 - Установочный подшипник
- 9 - Сервомотор
- 15 - Кулачковая шайба
- 16 - Приводная шестерня
- 17 - ТНВД
- А - подвод масла
- В - отвод масла

окон 13 верхней кромкой плунжера клапан 15 вновь закрывается, и топливо опять поступает через окна 13.

ТНВД среднеоборотных двигателей

В среднеоборотном двигателе МАН L51/60 (рис.5) изменение угла опережения подачи топлива достигается смещением промежуточного ролика 13 относительно кулачка 14 с помощью рычага (рокера) с эксцентриком

В среднеоборотном двигателе МАН L32/40 (рис.6) конец распредвала и ступица приводной шестерни имеют винтовое шлицевое соединение. Благодаря этому соединению кулачковый вал 1 при помощи гидравлического поршня 2 рис.6 может быть повернут относительно коленвала. Данное действие приведёт к изменению угла опережения подачи топлива.

ТНВД двигателей с электронным управлением.

На современных малооборотных двигателях с электронным управлением компании МАН Дизель и Турбо серии MCE момент подачи топлива определяется моментом подачи электрического сигнала от электронного управляющего устройства.

Электронное управление и гидропривод топливного насоса.

Топливный насос высокого давления в сравнении с традиционными конструкциями механически значительно проще. В нем отсутствуют механический привод плунжера, (заменён на гидропривод), механизм управления фазами подачи топлива, механизм VIT.

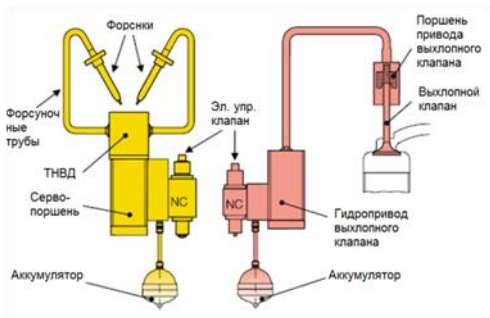


Рис.7. Сервоприводы ТНВД и выпускного клапана

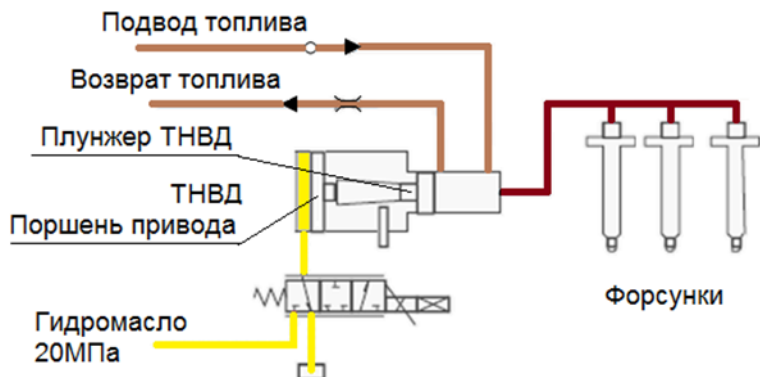


Рис.8. Гидропривод ТНВД

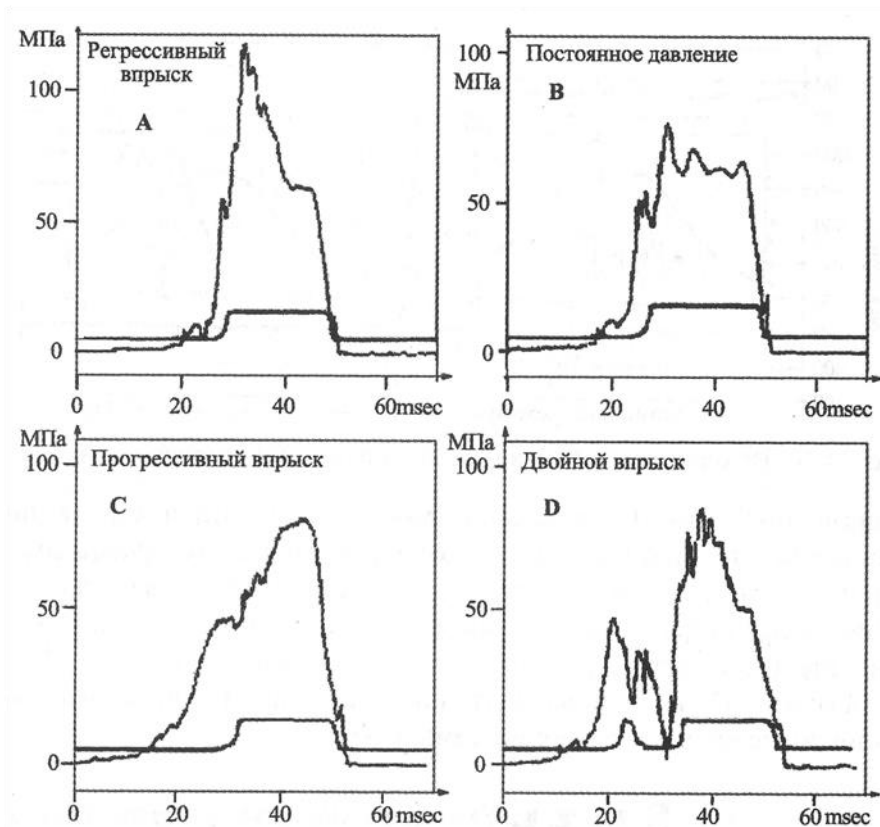


Рис.9. Варианты организации процессов впрыска

Плунжер представляет собой гладкий поршень без косых кромок, что существенно упрощает технологию его изготовления и повышает ресурс. Масло из аккумулятора через управляющий клапан, активизация которого осуществляется электронным блоком, попадает в полость над гидропоршнем. Воспринимаемое им усилие, будучи усиленным в **4,47** раза (отношение площадей $F_{гп} / F_{пл} = 4,47$), передаётся поршню-плунжеру топливного насоса, осуществляющему сжатие топлива до заданных процессором давлений в 50 - 100МПа и подачу его к форсункам.

Как уже отмечалось, моменты поступления масла в цилиндр

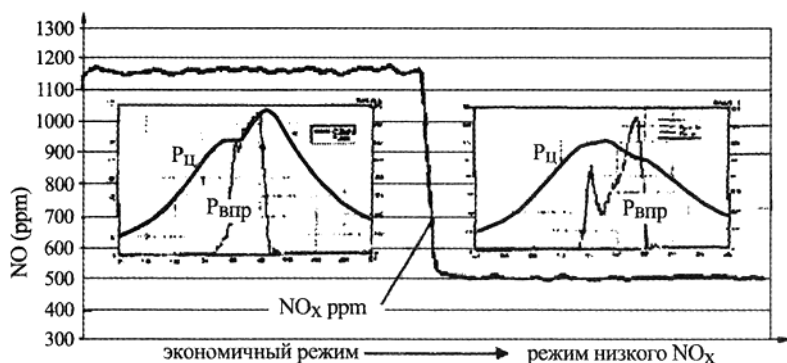


Рис.10. Влияние характера впрыска на изменение давлений в цилиндре

гидроусилителя, а, следовательно, фазы и количественная характеристика подачи, задаются микропроцессором, в свою очередь воздействующим на управляющий клапан. В микропроцессор заложены программы, позволяющие изменять давление масла по ходу процесса впрыска, тем самым менять характер кривой давлений впрыска и подбирать необходимый для данного режима закон подачи топлива. Возможные варианты приведены на рис. 9. Рис. 10 иллюстрирует влияние характера впрыска на развитие давлений в рабочем цилиндре. Здесь мы видим впрыск с резким ростом давлений в начальной стадии и последующим спадом давления и, сопровождаемым уменьшением скорости впрыска топлива (поз.А). Такой вариант, равно как и последующий (поз.В), приведёт к резкому росту тепловыделения в цилиндре в начальной стадии сгорания и большим $P_{макс}$. В итоге - будет достигнута высокая экономичность, но и большие тепловые и механические нагрузки на ЦПГ. Более мягкая организация

подачи в её начале и резкое окончание в конце (поз. С) позволяет уменьшить нагрузки, но в ущерб экономичности двигателя. В то же время, улучшается распыливание топлива в конце подачи, а, следовательно, достигается меньшее догорание на линии расширения. Мягкое сгорание в начальной стадии и меньшие температуры рабочего цикла достигаются при двухфазном впрыске (поз. D). К этому варианту прибегают, когда стоит задача уменьшения содержания в выхлопных газах NO_x .

Литература

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 260 с. Стр. 165-174 И.В.
2. MAN B&W, Technical Documentation. Engine Operating Instructions. Engine. L 32/40.
3. Engine Documentation Sulzer RTA58T Engine Documentation Ltd 1999.
4. Doug Woodyard. Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines, 9th Edition (2009) - (Malestrom).