

Двигатели фирмы МАН Дизель и Турбо

Двигатели МС

об/мин	12 500	25 000	37 500	50 000	62 500	75 000	87 500	100 000 кВт
94	K98MC							
104	K98MC-C							
76	S90MC-C							
94	K90MC							
104	K90MC-C							
76	S80MC-C							
104	K80MC-C							
91	S70MC-C							
108	L70MC-C							
105	S60MC-C							
123	L60MC-C							
127	S50MC-C							
129	S46MC-C							
136	S42MC							
176	L42MC							
173	S35MC							
210	L35MC							
об/мин	12 500	25 000	37 500	50 000	62 500	75 000	87 500	100 000 кВт

Табл. 1. Модельный ряд двигателей МС

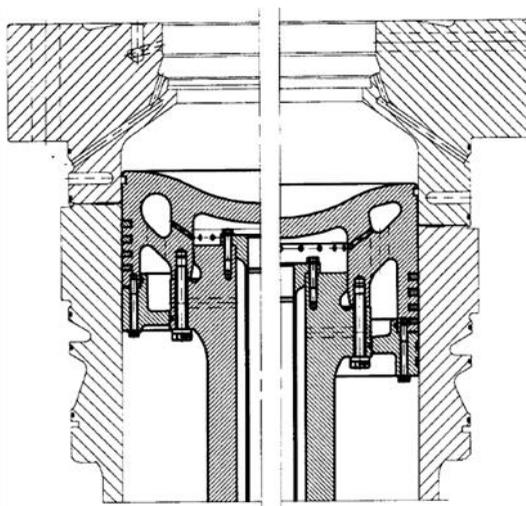


Рис.1 Поршень и кольца двигателей МС и МС-С

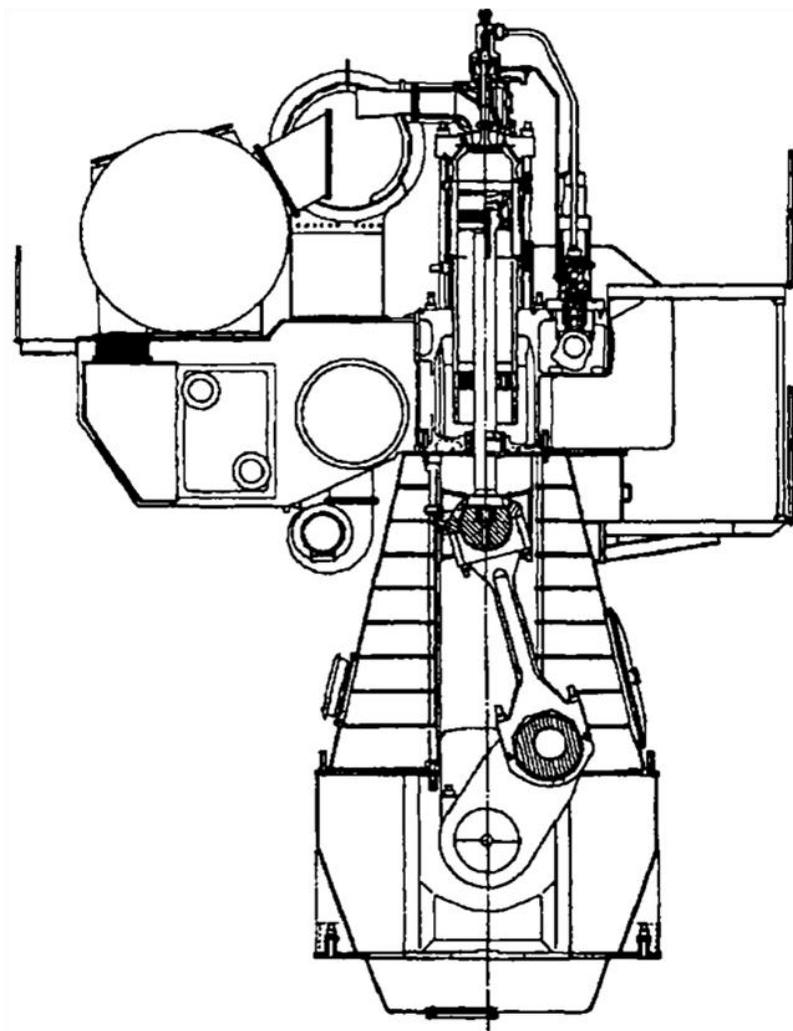


Рис. 2 Двигатель МАН Турбо и дизель S46MC-C

Модельный ряд двигателей компании с прямоточно-клапанной продувкой получил наименование MC. Выше приводится таблица параметров этого модельного ряда. Эта модель получила дальнейшее развитие в модели MC-C. Характерной чертой конструкции двигателей модельного ряда MC-C является **увеличенная высота головки поршня и снижено расположение поршневых колец относительно поверхности**

Две форсунки



Три форсунки



Рис.3 Интенсивность теплового потока на поршне для К90МС-С с двумя и тремя форсунками

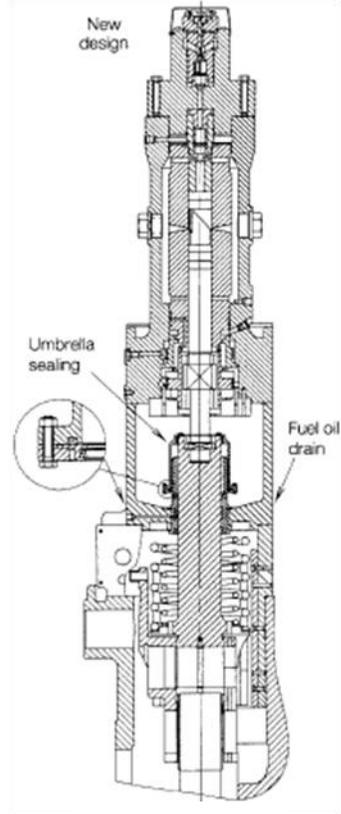


Рис.4 ТНВД

доньшка поршня, что повысило надежность и ресурс поршневой группы. В двигателях с большими диаметрами цилиндров применяются три форсунки, это позволяет равномернее распределить тепловые потоки в камере сгорания (рис.2), что было особенно важно в связи с дальнейшей форсировкой рабочего процесса (Ср. эфф. давление увеличилось с 15,1 до 19,1 бар). Для непрерывного контроля температур верхней части втулок цилиндров в них были установлены датчики температур. По изменению температур обслуживающий персонал получает информацию о возможных нарушениях в работе форсунок и поршневых колец. В целях получения информации о протекании рабочего процесса в цилиндрах двигателя на двух шпильках крепления крышек каждого цилиндра, по желанию заказчика могут быть размещены тензодатчики. Чтобы избежать влияния нагрузок от нормальных сил, подбираются шпильки, расположенные ближе

к диаметральной плоскости. Датчики утапливаются в канавки и покрываются защитным покрытием. Сигналы направляются для обработки на компьютер, туда же поступают сигналы от двух оптических датчиков. Один фиксирует ВМТ, а второй импульсы поворота вала через каждые 0,6 градуса, снимаемые с приклеенной на вал пластиковой ленты с разметкой вида "зебры". С компьютера можно снимать показания среднего индикаторного давления, максимальных давлений сжатия, скорости нарастания давления при сгорании, числа оборотов двигателя и пр.

ТНВД новых модификаций двигателей МС оборудованы так называемыми "зонтиками", задача которых предотвращать попадание протечек топлива через зазоры плунжерных пар в систему смазки распределительного вала. Это позволило исключить отдельно существовавшую систему смазки распределительного вала, так как исчезла опасность разжижения масла топливом.

Двигатели с электронным управлением МСЕ

В целях дальнейшего **упрощения конструкции, повышения надежности и экономичности, снижения эмиссии вредных составляющих выхлопных газов и пр.** фирма, взяв за основу модельный ряд двигателей МС, провела их модернизацию с использованием средств электроники (подробное изложение системы электронного управления приведено в главе 14). Введение электронного управления и гидравлических приводов взамен механических позволило отказаться от:

- Цепного привода распределительного вала;
- Распределительного вала с кулачками привода ТНВД и выхлопного клапана;
- Ранее применявшихся ТНВД и привода выхлопного клапана;
- Привода воздухораспределителя;
- Электронного регулятора с усилителем и валиком управления подачей ТНВД;
- Механически приводных лубрикаторов.

Взамен на двигатели были установлены:

- Гидравлическая система масла высокого давления с насосами приводимыми от двигателя и эл. моторов. Новая электронная система управления с датчиками положения вала,

- ТНВД и выхлопные клапаны с гидравлически управляемым приводом,
- Встроенные в систему электронного управления функции регулятора частоты вращения и пуска приводных воздуходувок,
- Электронно управляемые Альфа лубрикаторы,
- Встроенная панель управления.

Ниже приводятся таблица мощностного ряда двигателей МСЕ и поперечный разрез двигателя МСЕ

об/мин	12 500	25 000	37 500	50 000	62 500	75 000	87 500	100 000 кВт
94	K108ME-C							
94	K98ME							
104	K98ME-C							
76	S90ME-C							
94	K90ME, K90ME-GI							
104	K90ME-C							
79	S80ME							
76	S80ME-C							
104	K80ME-C							
91	S70ME-C, S70ME-GI							
108	L70ME-C							
95	S65ME-C, S65ME-GI							
105	S60ME-C, S60ME-GI							
123	L60ME-C							
127	S50ME-C							
об/мин	12 500	25 000	37 500	50 000	62 500	75 000	87 500	100 000 кВт

Табл.2. Модельный ряд двигателей МСЕ

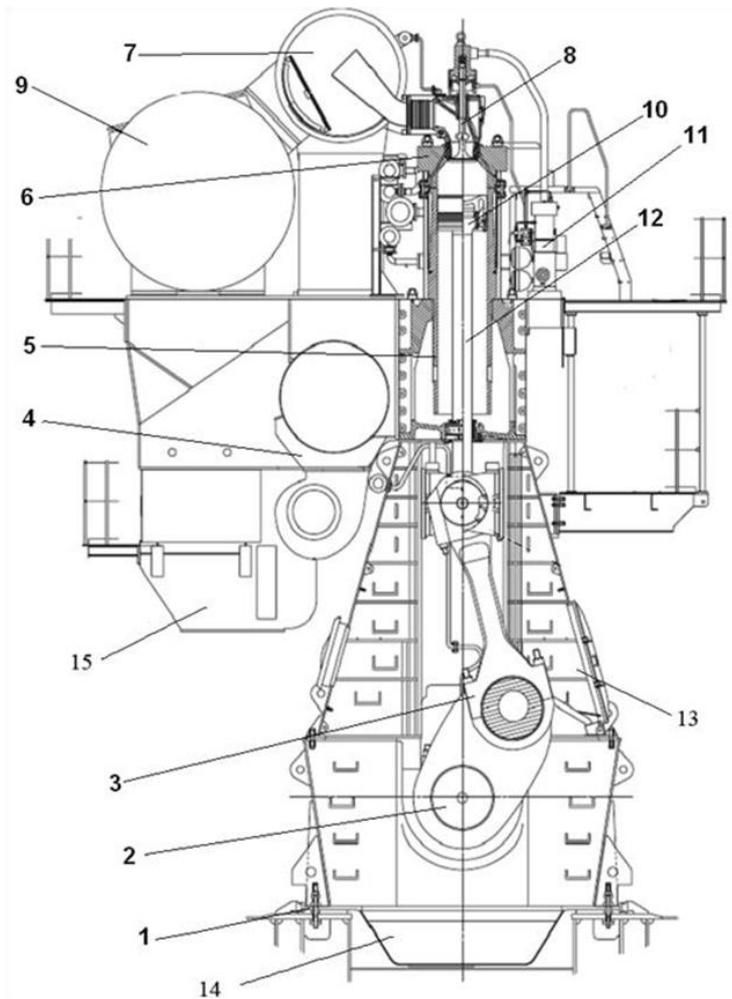


Рис.5. Поперечный разрез двигателя 5S60ME-C7:

1 – фундаментная рама; 2 – коленчатый вал; 3 – шатун; 4 – воздушный ресивер; 5 – втулка цилиндра; 6 – крышка цилиндра; 7 – турбокомпрессор; 8 – выпускной клапан; 9 – газовый ресивер; 10 – поршень; 11 – гидравлический блок; 12 – шток поршня; 13 – картер; 14 – масляный поддон; 15 – воздухоохладитель

Двухтактные малооборотные судовые двигатели фирмы «Вяртсиля - Зульцер»

Фирмой «Зульцер» за период с 1976г. по 2000 г. были разработаны и произведены следующие типы двигателей.

Slow speed engines

SULZER	B&W	M.A.N.
RD, 1957	VT2BF, 1960	KZ
RND	VT3BF (KEF, KFF)	KZ-C,-D,-E
RND-M, 1976	KGF, LGF, 1975	KSZ
RLA, 1977	KGFCА, LGFCА, 1978	KSZ-A,-B,-BL
RLB, 1980	LGA, LGB	KSZ-C,-CL, 1979
RTA, 1982	L-MC 1979, K-MC, S-MC 1985	-

SULZER RD: RD44, RD56, RD68, RD76, RD90

D/S, cm	44/76	56/100	68/125	76/155	90/155
n, min-1	215	170	135	119	119
pe, bar	8.6	8.6	8.6	8.6	8.7
Ne, kW/cyl	367	610	890	1180	1696

Pz = 75 bar, ge = 214 – 211 g/kWh

SULZER RND: RND68, RND76, RND90, RND105

D/S	68/125	76/155	90/155	105/180
n,	150	122	122	108
pe,	10.9	10.5	10.9	10.7
Ne	1210	1470	2130	2940

Pz = 90 - 80 bar, ge = 213 – 211 g/kWh

SULZER RND-M:

D/S	68/125	76/155	90/155
n,	150 - 137*	122 - 112*	122 - 112*
pe,	12	12	12
Ne	1400 - 1320	1765 - 1675	2465 - 2340

Pz = 95 bar, ge = 208 – 205 g/kWh

SULZER RL: RLA56 RLB56 RLB66 RLB76 RLA90 RLB90

D/S	56/115	56/115	66/140	76/160	90/190	90/190
n,	170-155*	170	140	120	98-90*	102
pe,	12.2-12.7	13.7	14.3	14.6	12.4-12.9	14.3
Ne	963-910	1100	1600	2120	2340	2940

RLA: Pz = 100 bar, ge = 208 – 200 g/kWh, ge* = - 3–8 g/kWh

RLB: Pz = 120 bar, ge = 188 – 186 g/kWh

Двигатели RTA

Выпускавшиеся фирмой двигатели с поперечно-щелевой продувкой начиная с 1957г. (двигатели ряда RD) имели $P_e = 8,6$ бар, $P_z = 75$ бар и $g = 214$ г\кВт час. К 1980г. в двигателях RLB P_e удалось поднять до 12,7 бар, P_z увеличилось до 120 бар и расход топлива снизился до 186 г\кВт час. Дальнейшая форсировка двигателей была невозможна и фирма «Зульцер» по аналогии с фирмой МАН вынуждена была прекратить дальнейшие работы по модернизации двигателей с поперечно-щелевой схемой газообмена (см. Рис. 15.20) и прекратить их производство. В 1983 г. был разработан новый модельный ряд RT, имеющий прямоточно-клапанную схему газообмена. В этих двигателях, как это видно из ниже расположенной таблицы, среднее эффективное давление было поднято до 15,4 бар (в последних моделях 19 бар) и удельные расходы топлива снижены до 181-173 (163) г\кВт час.

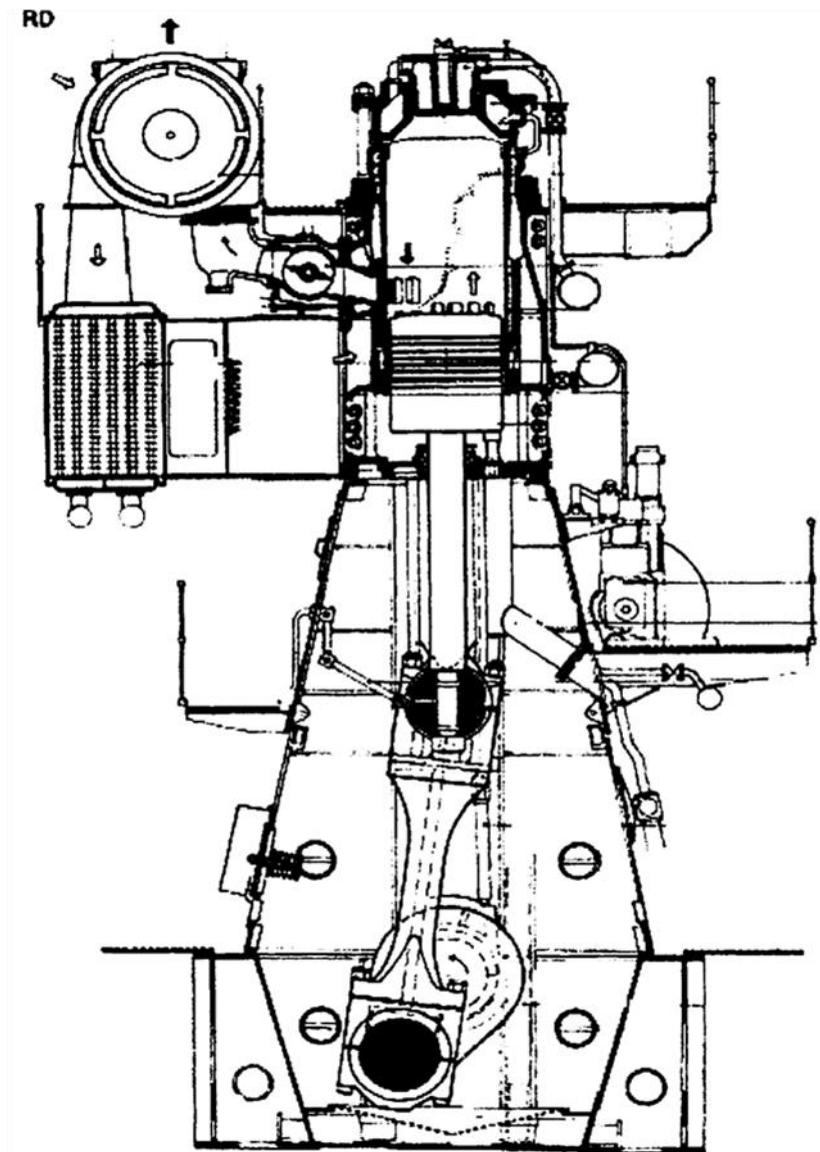


Рис.6. Поперечный разрез двигателя модельного ряда RD

SULZER RT: RTA38 RTA48 RTA58 RTA68 RTA76 RTA84

D/S	38/110	48/140	58/170	68/200	76/220	84/240
n,	190-152*	150-120*	123-98*	105-84*	95-76*	87-70*
pe,	15.4-13.6	15.3-13.6	15.3-13.6	15.3-13.7	15.3-13.6	15.4-13.5
Ne	610-430	970-690	1410-1000	1950-1390	2420-1720	2960-2100

Pz = 125 bar, qe = 181 – 173 g/kWh

Следует заметить, что по конструктивным решениям двигатели МАН МС и двигатели Зульцер RT во многом схожи. Большое внимание в двигателях RT было уделено повышению ресурса

Мощностной ряд двухтактных двигателей	n, об/мин
RTA48T-B	102-127
RT-flex50, RTA50	99-124
RTA52U-B	110-137
RT-flex58T-B, RTA58T-B	84-105
RT-flex60C	91-114
RTA62U-B	92-115
RTA68T-B	75-94
RTA72U-B	79-99
RT-flex84T-D, RTA84T-D	61-76
RTA84C	82-102
RT-flex96C, RTA96C	
N _e , МВт	5 10 15 20 30 40 60 80

Мощностной ряд двигателей RTA и RT-flex

цилиндро-поршневой группы. Была введена **двухуровневая подача масла на смазку цилиндров**, осуществлено глубокое хонингование зеркала цилиндра, для исключения сернистой коррозии отказались от охлаждения нижней и средней части втулки цилиндра и даже применена изоляция и, где это было необходимо, осуществлена изоляция трубок, вставленных в сверления фланцевой части втулки.

Головки поршней выполнены со сверлениями, в которые охлаждающая среда для интенсификации подается по соплам (Рис. 15. 22). Рабочая поверхность всех поршневых колец профилирована. На первое кольцо нанесено хромо-керамическое покрытие, на остальных кольцах нанесены покрытия, обеспечивающие хорошую обкатку. Увеличена толщина хромового покрытия

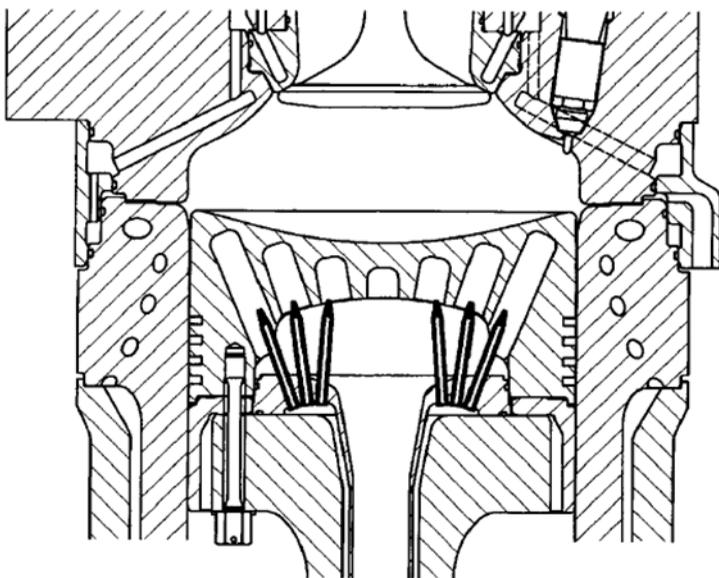


Рис.7. Организация охлаждения ЦПГ

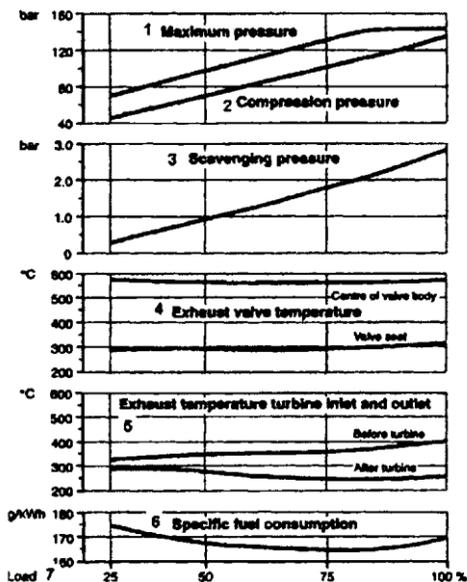


Рис. 15.23 Параметры двигателей РТА: 1 – $P_{\text{МАКС}}$; 2 – $P_{\text{С}}$; 3 – $P_{\text{НАД}}$; 4 – $T_{\text{ВЫП.КЛ.}}$; 5 – $T_{\text{Г}}$ перед ГТ и за ней; 6 – $g_{\text{уд}}$ (уд. расход топлива).

каналов поршневых колец. Все это обеспечило хорошую

микроструктуру рабочих поверхностей и способствовало увеличению ресурса между моточистками до 3-х лет.

Двигатели с электронной системой управления RT-Flex.

Работы по дальнейшему совершенствованию двигателей серии RT привели к внедрению системы электронного управления и на этой основе был разработан новый модельный ряд двигателей RT Flex.

Параметры первого двигателя RT Flex 50:

Диаметр цилиндра 500 мм. Ход поршня 2050мм. Обороты 99-124 1\мин. Ср.эфф.давление 20 бар Ср. скорость поршня 8,5 м\сек. Уд. расход топлива 171 г\кВт час.

Задача внедрения электронного управления заключалась в дальнейшей оптимизации рабочего процесса, сокращении вредных выбросов с выхлопными газами и снижении удельного расхода топлива. Электроника позволила повысить гибкость в управлении углом опережения впрыска топлива, законом подачи топлива и их оптимизации на всем диапазоне рабочих режимов.

В новой модификации взамен распределительных валов с приводом традиционных ТНВД и гидроприводов выхлопных клапанов была применена аккумуляторная система топливоподачи и управления выхлопными клапанами, что существенно упростило конструкцию и расширило возможности управления.

Привод гидронасосов, необходимых для подачи масла и сжатия его до 200 бар с последующим использованием его в сервомеханизмах, осуществляется от вала двигателя или от электромотора.

На уровне крышек цилиндров располагаются аккумуляторы сжатого масла (200 бар) и топлива (до 1000 бар). Давления масла и топлива в аккумуляторах в зависимости от режима могут регулироваться.

Рядом с аккумуляторами располагаются сервоприводы топливных насосов высокого давления и выхлопных клапанов.

Реализация управления выхлопными клапанами (система VEC-Variable Exhaust valve Closing) позволила осуществлять раннее закрытие клапанов на режимах малых нагрузок. Это повышает

действительную степень сжатия в рабочих цилиндрах и, тем самым, создает лучшие условия для сгорания топлива и устраняет дымление на выхлопе.

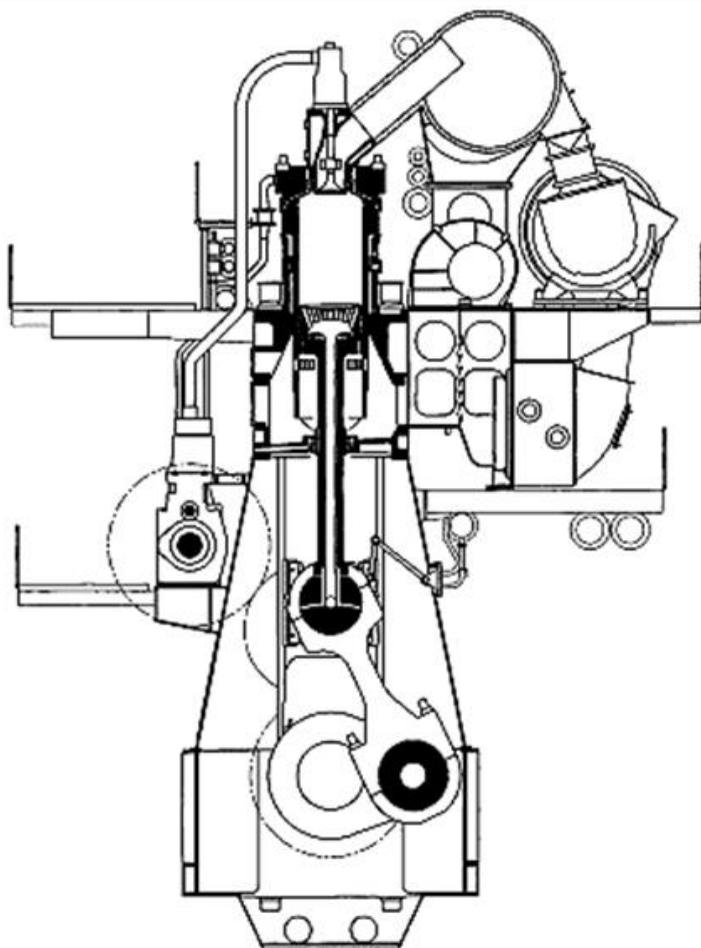


Рис. 8. Двигатель RTA 98С

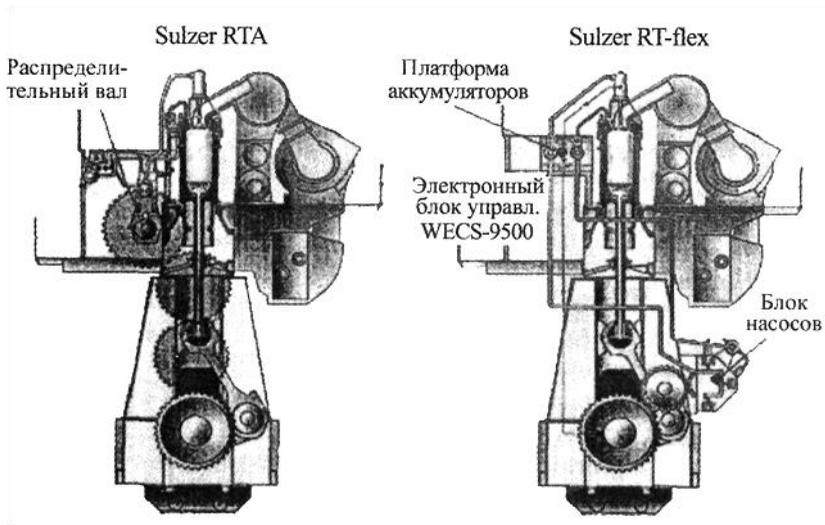


Рис. 9 Двигатели RTA и RT-flex

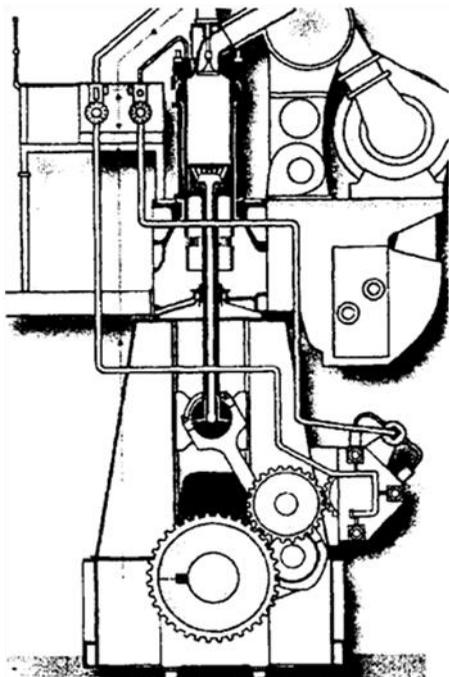


Рис.10. Двигатель RT-flex

Литература

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 260 с.стр. 212-217, 231-234.
2. Daug Woodward. Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines, 9th Edition (2009) - (Malestrom)