

Принципы построения и источники энергии тепловых торпед

Вопросы:

- 1. Классификация и свойства тепловых энергосиловых установок (ТЭСУ) торпед.**
- 2. Принципы построения и функционирования тепловых энергосиловых установок (ТЭСУ) торпед.**
- 3. Классификация и состав торпедных топлив.**
- 4. Характеристики торпедных топлив.**
- 5. Показатель качества торпедного топлива.**

Классификация ТЭСУ торпед

По типу двигателя

с поршневым двигателем

с турбинным двигателем

с реактивным двигателем

По типу системы подачи компонентов топлива

с вытеснительной
системой подачи

с насосной
системой подачи

с насосно-вытеснительной
системой подачи

По характеру рабочего процесса

ТЭСУ открытого цикла

ТЭСУ полужамкнутого цикла

ТЭСУ замкнутого цикла

По числу режимов работы

однорежимные

двухрежимные

трехрежимные

многорежимны
е

По типу топлива

воздушные

кислородные

перекисноводоро
дные

на унитарном
топливе

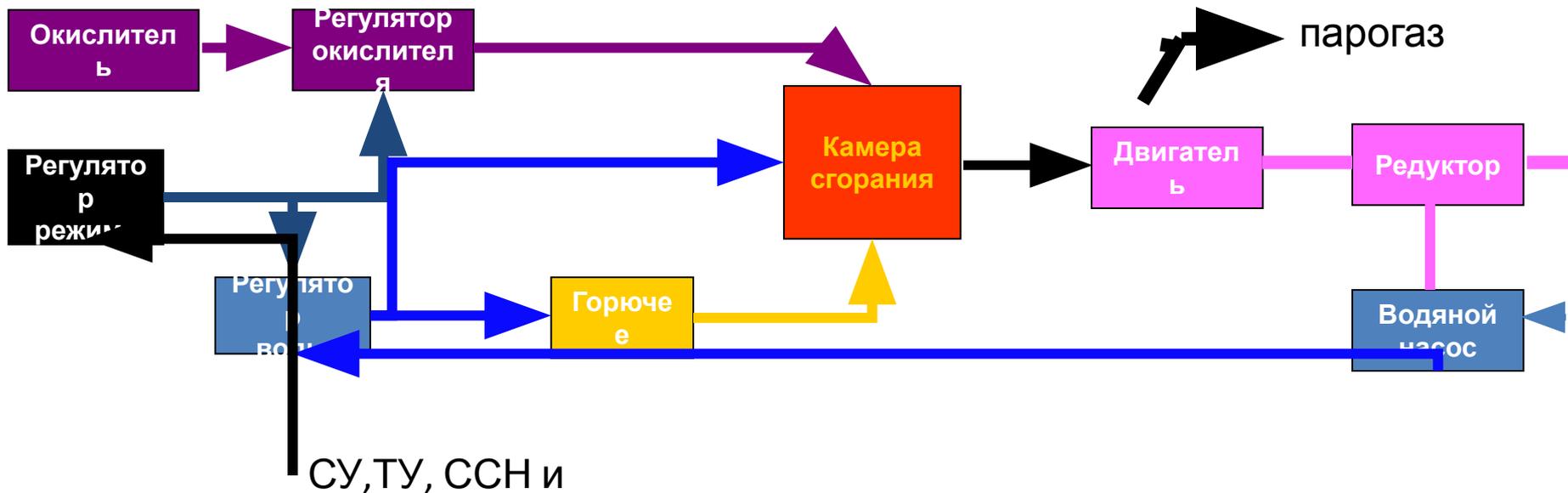
Достоинства ТЭСУ

1. **Высокие удельные характеристики;**
2. **Высокая надежность (безотказность, сохраняемость, долговечность);**
3. **Относительно низкая стоимость.**

Недостатки ТЭСУ

1. **Мощность и время работы ТЭСУ открытого цикла зависят от глубины хода торпеды;**
2. **Торпеды с ТЭСУ, как правило, следны, что обусловлено наличием в продуктах сгорания нерастворимых в морской воде веществ;**
3. **ТЭСУ, работающие с использованием сильных окислителей и унитарных топлив, пожаро- и токсоопасны.**

ТЭСУ открытого цикла



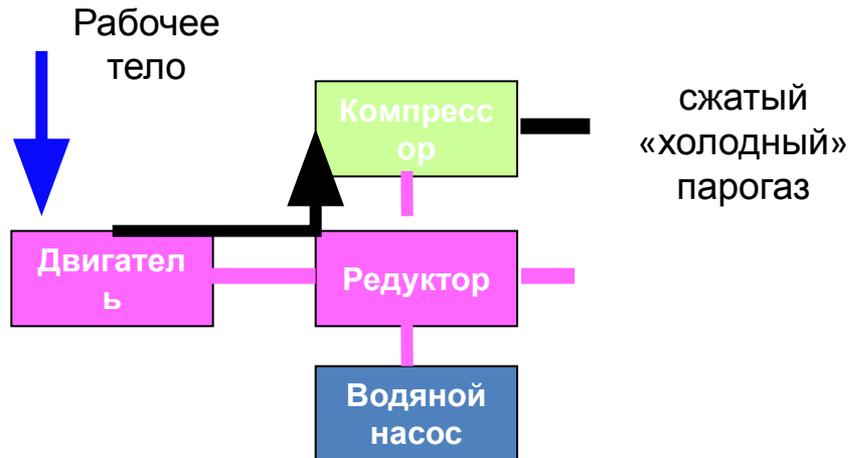
Достоинства:

- Сравнительная простота их технической реализации;
- Надежность.

Недостатки:

- Мощность двигателя и время работы чувствительны к давлению (глубине хода торпеды);
- Необходимость выброса «за борт» парогаза (рабочего тела) обуславливает образование следа за торпедой, что снижает скрытность боевого применения.

ТЭСУ открытого цикла с принудительным выбросом



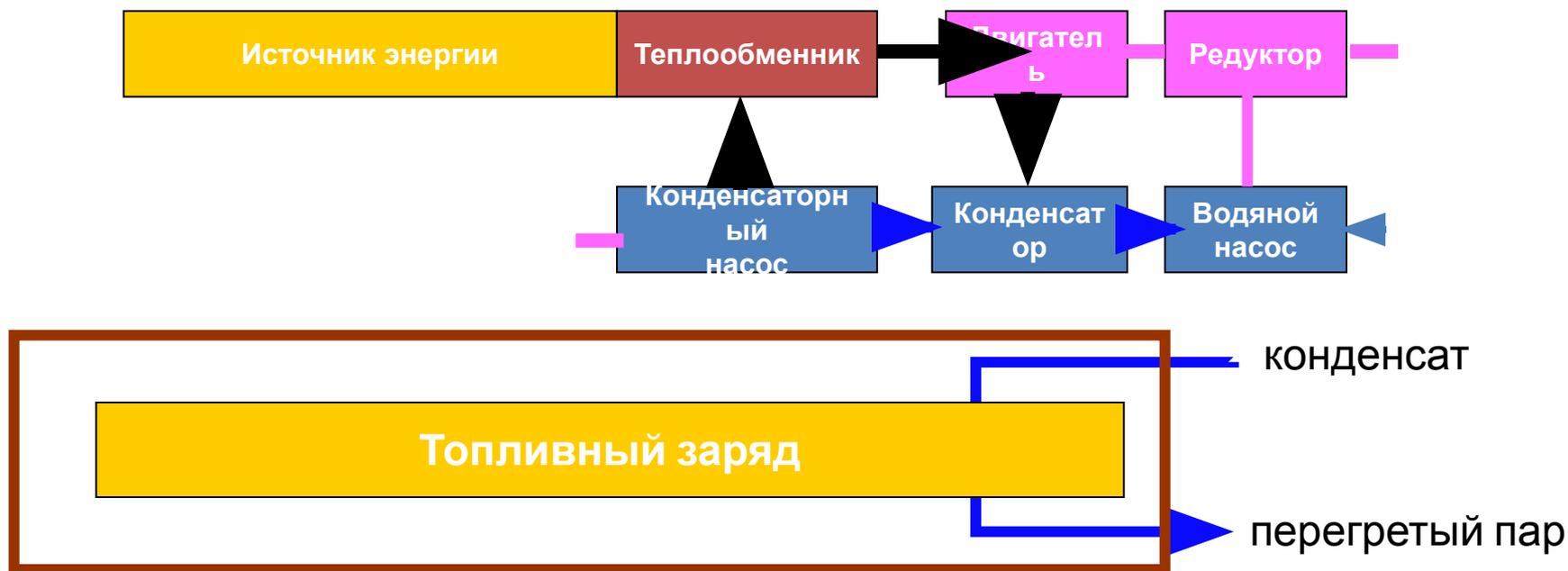
Достоинства:

- Обеспечивается постоянство мощности, отводимой на движитель;
- Стабилизируется скорость торпеды в определенном диапазоне глубин хода.

Недостатки:

- Значительные затраты бортовой энергии на создание с помощью компрессора разрежения за двигателем и сжатия «холодного» парогаса до давления срабатывания выхлопного устройства;
- Компрессор высокой производительности имеет значительный вес и габариты.

ТЭСУ замкнутого цикла



Достоинства:

- Безгазовые топлива обладают высокими эксплуатационными характеристиками (удельной энергией, сохраняемостью и т.д.) и технологичностью;
- Торпеды с такой ЭСУ бесследны;
- Атомные ЭСУ (навигационные и экологические проблемы).

Недостатки:

- Значительные сложности в организации регулирования и смены режима работы ЭСУ.

Классификация торпедных топлив

Под топливом понимают совокупность компонентов, взятых в определенном соотношении, обеспечивающую получение газовой смеси заданных энергетических и количественных параметров. Компонентами топлива являются горючее, окислитель и хладагент.

Источник энергии топлива — запас химической энергии горючего и окислителя. Основной способ выделения энергии — реакция окисления (горения) горючих элементов горючего (углерод, водород, магний, алюминий, натрий, литий, ...) в кислороде или во фторе окислителя.

Хладагент предназначен для охлаждения продуктов реакции окисления (сухого горения) до температуры рабочего тела двигателя (парогаза).

Характеристики топлива существенным образом определяют основные тактические и эксплуатационные свойства торпед: скорость и дальность хода торпеды, а также соотношение между ними, предельную глубину хода торпеды, габариты торпед, а значит, и их боекомплект на носителях; сохраняемость торпед и безопасность содержания в приготовленном состоянии и т. д.

По числу компонентов топлива

однокомпонентные (унитарные)
(ОТТО – I, II)

Двухкомпонентные
(ГРТ)

Трехкомпонентные
(Керосин-кислород-
вода,
(Li-SF₆-вода)

Примерный состав однокомпонентных топлив (ОТТО): пропиленгликольдинитрат — 72—74 %; дибутилсебацат — 24—25 %; дефениламин — 1,7—2 %.

Теплофизические свойства: плотность 1,27—1,28 кг/л; температура застывания –24 °С, кипения 140 °С, разложения 90 °С, самовоспламенения 205 °С; жидкость; теплотворность 2900 кДж/л; токсично; продукты сгорания содержат более 70 % нерастворимых в морской воде веществ;

Теплофизические свойства двухкомпонентных топлив:

Горючее	Окислитель	Плотность, кг/л	Температура плавления, К	Удельная энергия		Молекулярн ая масса	κ	R, Дж/кг·К
				кДж·ч/ м ³	кДж·ч/ кг			
Mg	вода	1,74	924	1571	0,48	24,32	1,25	587
Al		2,70	933	3143	1,18	26,98	1,29	861
Li		0,53	453	1092	2,09	6,94	1,26	617

По типу окисляющего элемента

**Кислородосодержащие
(Керосин-кислород-вода)**

**Фторосодержащие
(Li-SF₆-вода)**

По типу горючего элемента

**углеводородные топлива
(ОТТО)**

**металлизированные топлива
(Al, Li, Mg)**

По температуре кипения продуктов сгорания

**топлива с низкокипящими
продуктами сгорания**

**топлива с
высококипящими
продуктами сгорания
(Li-SF₆)**

По фазовому состоянию компонентов топлива

твёрдые

жидкие

пастообразные

смешанные

Состав и энергетика современных и перспективных торпедных топлив

Топливо		Удельная энергия	
горючее	окислитель	$\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$	$\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{кг}$
<i>Al</i>	<i>LiClO₄</i>	2077	0,94
<i>Al</i>	<i>МПВ (90%)</i>	1465	0,9
<i>керосин</i>	<i>МПВ (90%)</i>	746	0,58
<i>N₂H₄</i>	<i>N₂H₅NO₃</i>	613	0,46
<i>ОТТО – II</i>	--	426	--

Характеристики торпедных топлив

Теплотворность топлива представляет собой тепло (в джоулях), выделяемое 1 кг топлива при его полном сгорании.

$$H_u = \frac{H_{уг} + aV_o H_{uo}}{1 + aV_o}, \quad (1)$$

где

$H_{уг}$ — теплотворность горючего, Дж/кг, которая может быть выбрана из справочных таблиц типа табл. 1.3 или рассчитана;

Горючее	Окисление кислородом		Окисление фтором	
	продукт сгорания	теплотворность, кДж/кг	продукт сгорания	теплотворность, кДж/кг
Магний (Mg)	MgO (тв.)	24 787	MgF ₂ (тв.)	44 726
Алюминий (Al)	Al ₂ O ₃ (тв.)	30 932	AlF ₃ (тв.)	55 176
Литий (Li)	Li ₂ O (тв.)	43 054	LiF (тв.)	88 198
Бериллий (Be)	BeO (тв.)	66 462	BeF ₂ (газ.)	112 024

H_{uo} — теплотворность окислителя, Дж/кг.

Окислитель	Доля свободного кислорода	Теплотворность, кДж/кг
Воздух атмосферный	0,232	0
Кислород (газ)	1,0	0
МПВ (85 %)	0,4	1066
H ₂ O	0,88	-2500

Если компонент топлива — сложное вещество (керосин, например), то его теплотворность определяется по формуле:

$$H_{uj} = \sum_i^{n_k} H_i G_{ij} + Q_{pj}, \quad (2)$$

где

H_i — теплотворность i -го элемента;

G_{ij} — доля i -го элемента в j -м компоненте;

Q_{pj} — теплота разложения j -го компонента.

Температура продуктов "сухого" сгорания топлива (t_r)

представляет собой температуру продуктов сгорания горючего в окислителе без добавления хладагента и без учета возможной диссоциации молекул газа. Величина температуры "сухого" сгорания топлива в конечном счете определяет требование к количеству хладагента в составе топлива и к производительности системы подачи хладагента в камеру сгорания.

$$Q_{\text{п.с}} = \sum_i^{n_{\text{п.с}}} m_i C_{pi} t_r, \quad (3)$$

m_i , C_{pi} — массы продуктов сгорания 1 кг горючего в aV_o кг окислителя и их теплоемкости при постоянном давлении.

$$C_{pi} = a_i + b_i t_r. \quad (4)$$

$$t_r = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4AH_u}}{2A}, \quad (5) \quad \text{где} \quad A = \sum_i^{n_{\text{п.с}}} b_i m_i; \quad B = \sum_i^{n_{\text{п.с}}} a_i m_i.$$

Значения коэффициентов a_i и b_i приведены в табл.

Вещества	CO ₂	CO	H ₂ O	N ₂	H ₂
a	1,076	1,093	1,931	1,076	15,32
b	0,0084	0,0053	0,283	0,547	8,067

Газообразование торпедного топлива характеризует его возможности по генерации количества рабочего тела для двигателя.

$$v_{\Gamma} = \frac{22\,415}{\mu_{\text{п.с}}}, \quad (6)$$

$\mu_{\text{п.с}}$ — молекулярная масса продуктов сгорания.

Горючее	Газообразование, л/кг	
	окислитель кислород	Окислитель фтор
Керосин	720	520
Спирт этиловый	860	565
Пентоборан (B_5H_9)	830	865
Гидразин (N_2H_4)	1045	1030
Водород	1243	1119

Показатель качества торпедного топлива

$$B_{\Gamma} = \frac{1 + aV_o + V_{\text{в}}}{\frac{1}{\rho_{\Gamma}} + \frac{aV_o}{\rho_o} + \frac{V_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}} \frac{\kappa R_{\text{пг}} T_{\text{пг}}}{\kappa - 1} \left[1 - \left(\frac{P_1}{P_{\text{пг}}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]. \quad (7)$$

$R_{\text{пг}} = 8314 / \mu_{\text{пг}}$ — газовая постоянная парогаса, Дж/кг · К;

$T_{\text{пг}}$ — температура парогаса, К;

κ — показатель адиабаты расширения парогаса ($\kappa = 1,29 \div 1,31$ для углеводных трехкомпонентных топлив, $\kappa = 1,25 \div 1,27$ для унитарных).

V — объем энергокомпонентов ,

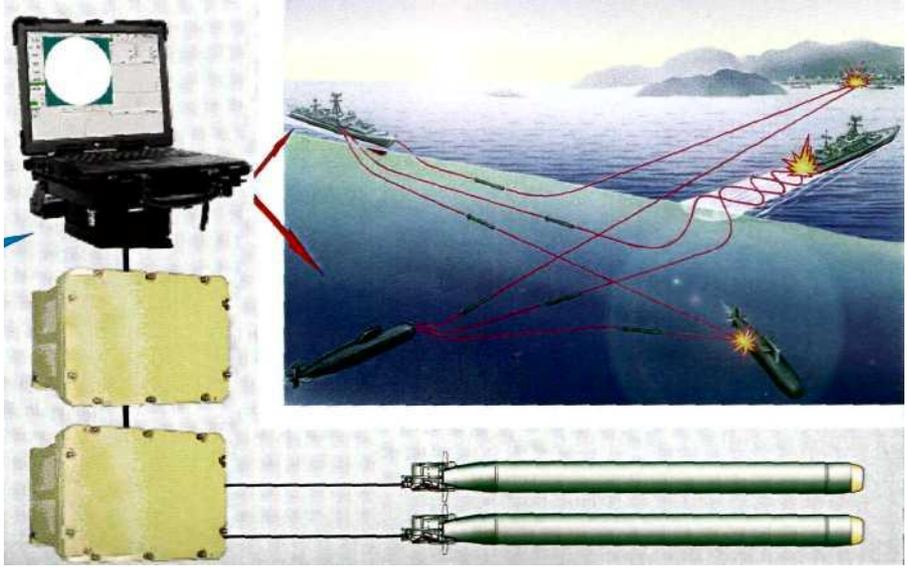
ρ — плотность энергокомпонентов

1. Качество назначения топлива выше, если выше температура $T_{\text{пг}}$ и меньше молекулярная масса $\mu_{\text{пг}}$ его продуктов сгорания;
2. Чем выше плотность компонентов топлива, тем выше его качество назначения;
3. Качество топлива существенно выше, если хладагентом является забортная вода.
4. Наивысшим качеством назначения в рассматриваемых условиях обладают топлива на основе гидрореагирующих горючих, так как на борту торпеды транспортируется только горючее.

Кросин-воздух-пресная вода	1
Керосин-кислород (газ)-забортная вода . . .	3,5
Керосин-перекись водорода-забортная вода	9,1
Унитарное топливо ОТТО	11,8
Гидрореагирующие топлива	24 и более

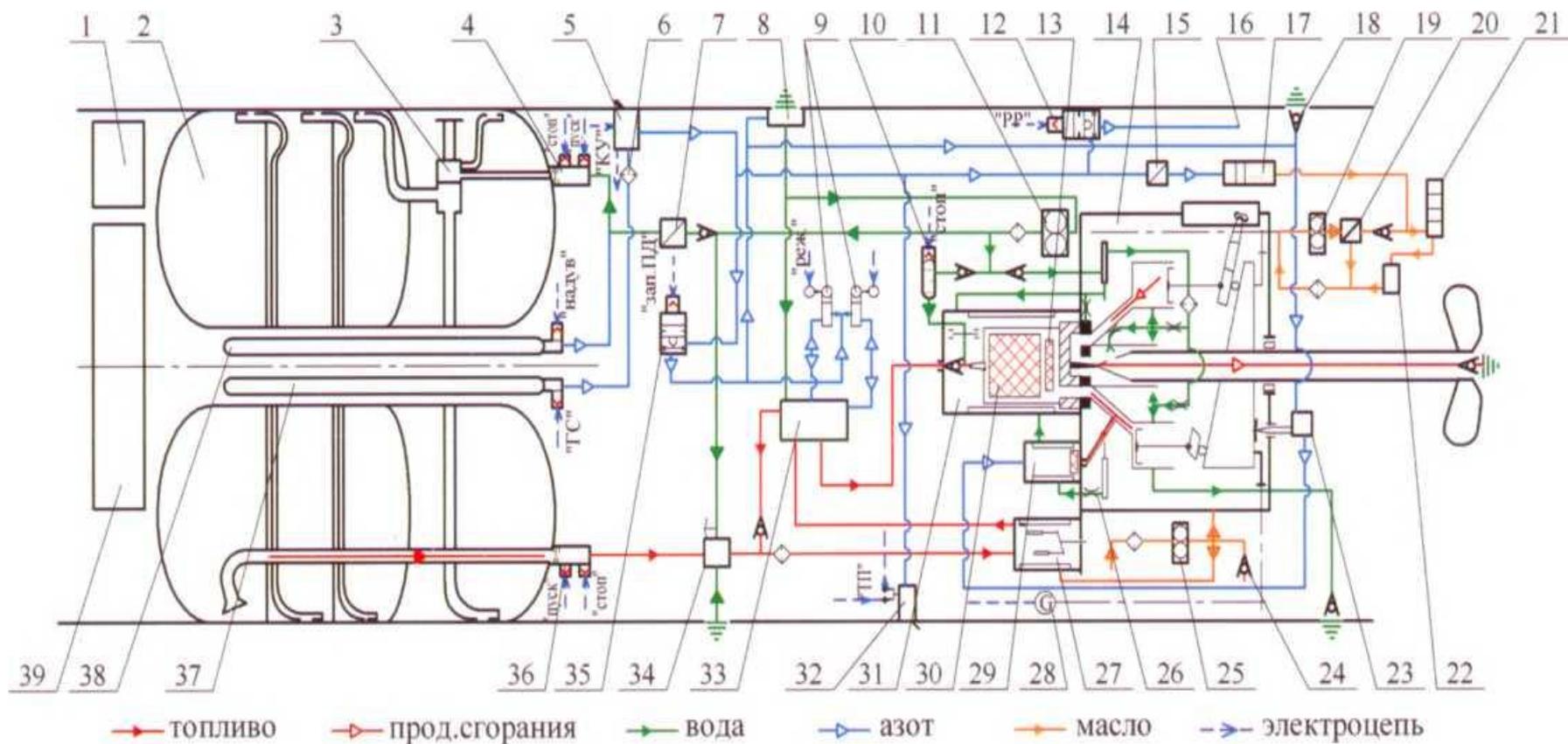
УГСТ

калибр, мм	533,4	
длина, мм	7200	6100
масса, кг	1980	1680
масса взрывчатого вещества, кг	не менее 300	
дальность хода, км	до 50	до 40
скорость, уз		
режим I	50	
режим II	30	
глубина хода, м	до 500	
радиус реагирования ССН, м		
по ПЛ	до 2500	
по НК	до 1200	
время индикации кильватерного следа НК, с	до 350	
длина провода телеуправления, км		
торпедная катушка лодочная	до 25	
буксируемая катушка	до 5	
топливо	жидкое унитарное	
двигатель	аксиально-поршневой	
движитель	Водомет	



Система автоматического управления и регулирования энергосиловой установки обеспечивает:

- недопущение несанкционированного запуска двигателя до полного выхода торпеды из трубы торпедного аппарата;
- запуск двигателя и систем пропульсивного комплекса по задаваемому алгоритму;
- многократное переключение работы ЭСУ с одного режима на другой;
- регулирование расхода топлива в зависимости от глубины хода торпеды на каждом режиме;
- аварийное стопорение торпеды.



1 — блок приборов управления; **2** — резервуар топлива; **3** — сменная втулка; **4** — ампульное устройство; **5** — курковое устройство; **6** — фильтр; **7** — регулятор давления воды; **8** — запорное устройство воды; **9** — переключатели режимов; **10** — водяной бак; **11** — насос воды; **12** — запорное устройство; **13** — воспламенитель; **14** — двигатель; **15** — регулятор давления азота; **16** — трубопровод подачи азота на раздвижение рулей; **17** — стартовый баллон подачи масла; **18** — клапан; **19** — гидронасос; **20** — регулятор давления масла; **21** — рулевые машинки; **22** — бачок для масла; **23** — фиксатор; **24** — клапан предельного давления; **25** — насос масла; **26** — дроссель; **27** — насос топлива; **28** — электрогенератор; **29** — устройство запуска; **30** — стартовый пороховой заряд; **31** — камера сгорания; **32** — трубный предохранитель; **33** — регулятор расхода топлива; **34** — клапан подпора; **35** — запорное устройство; **36** — ампульное устройство топлива; **37, 38** — баллоны азота; **39** — катушка провода телеуправления.

При предстартовой подготовке с носителя по проводу ввода данных через разъем АЭРВД в АМ вводятся параметры управления системами торпеды. АМ проверяет сохранность электрических цепей и состояние приборов, обеспечивающих старт торпеды. Поршневая группа двигателя заранее устанавливается в положение, при котором устройство запуска 29 через один из цилиндров сообщается с камерой сгорания 31.

При выстреливании:

- зацеп торпедного аппарата разворачивает рычаг куркового устройства, который замыкает электроцепь, от стартовой батареи к трубному предохранителю 32 и в бортовую интегрированную управляющую систему. В АМ подается сигнал о срабатывании куркового устройства;
- от АМ подается электрический импульс «ГС» на зажигание пиропатрона ампульного устройства азотного баллона 37, открывающего доступ азота в трубопроводы установки;
- азот из баллона через курковое устройство поступает в трубный предохранитель и прижимает его рычаг к дорожке торпедного аппарата; проходя через регулятор давления 15, азот поступает в стартовый баллон масла 17, вытесняя масло на работу рулевых машинок 21; при достижении за насосом 19 давления большего, чем за баллоном 17, подача масла к рулевым машинкам происходит от насоса;
- одновременно азот заполняет трубопроводы от баллона 37 до входа в запорные устройства 35 и 12.

При выходе из ТА срабатывает трубный предохранитель, после чего АМ в задаваемой временной последовательности подает электрические команды:

- «Сброс УВВ» — на отсоединение от торпеды лодочной буксируемой катушки и провода ввода данных; с этого момента питание всех электрических сетей торпеды происходит от стартовой батареи, а в дальнейшем от электрогенератора 28;
- «РР» — на пиропатрон запирающего устройства 12, давлением продуктов сгорания которого разрывается рвушка, и азот поступает на разворачивание рулей;
- «Зап. ПД» — на пиропатрон запорного устройства 35, после срабатывания которого азот поступает в фиксатор 23, освобождает двигатель и поступает в устройство запуска двигателя 29, воздействует на ударное устройство, которое воспламеняет капсулу; фарс огня проходит по каналам в камеру сгорания 31 и поджигает воспламенитель и стартовый пороховой заряд (СПЗ) 30; продукты сгорания СПЗ приводят в действие двигатель, движитель, насосы и электрогенератор; одновременно азот поступает в переключатель режимов 9 и в запорное устройство воды 8, где открывает путь заборной воде в насос 11 и в регулятор расхода 33;
- «Наддув» — на пиропатрон ампульного устройства азотного баллона 38; срабатывание ампульного устройства открывает доступ азота к ампульному устройству 4 резервуара топлива;
- «Пуск В» — на пиропатрон ампульного устройства 4, в результате чего открывается доступ в резервуар 2, в первые секунды — азоту, в дальнейшем - заборной воде.

Переход на основное топливо происходит при достижении частоты электрических импульсов, создаваемых генератором, заданной величины. При этом АМ подает электрическую команду «Пуск Т» на пиропатрон ампульного устройства 36, разрывается рвушка, и под заданным подпором топливо поступает в насос 27, который через регулятор расхода 33 подает топливо в камеру сгорания. Незначительное время в камере сгорания происходит совместное горение основного топлива и СПЗ. Клапан подпора 34 находится в открытом положении только при давлении в резервуаре топлива не менее заданного — при меньших давлениях клапан закрыт и переход на основное топливо невозможен.

Температура парогаса в камере сгорания и на входе в двигатель на послестартовых режимах постоянна и равна температуре горения топлива. Мощность двигателя и ее постоянство в заданном диапазоне изменения глубин хода торпеды обеспечивается регулятором расхода 33. Его работа основана на создании необходимого перепада давления на дросселе, лимитирующем расход за счет слива избыточного топлива. Требующийся для стабилизации мощности закон изменения расхода создается чувствительным элементом регулятора, выполненным в виде двух жестко соединенных поршеньков разной площади с односторонним подводом к ним заборной воды. Разные законы на I и II режимах достигаются путем изменения площади одного из поршеньков при переключении режима.

Переключение режима работы двигателя производится по команде «Реж.», подаваемой от АМ на электромоторчик переключателя режимов 9. По этой команде переключатель стравливает или впускает азот в регулятор расхода. Давление азота, а в случае стравливания — усилие пружины, перемещают шток, изменяющий площадь проходного сечения дросселя, а следовательно, и мощность двигателя.

Охлаждение камеры сгорания и двигателя производится забортной водой, нагнетаемой насосом 11 в наиболее напряженные узлы — головку и корпус камеры сгорания, газораспределительный механизм, блок цилиндров, устройство запуска. Распределение воды по каналам охлаждения осуществляется дросселями. Часть воды за узлами охлаждения через клапан выбрасывается за борт.

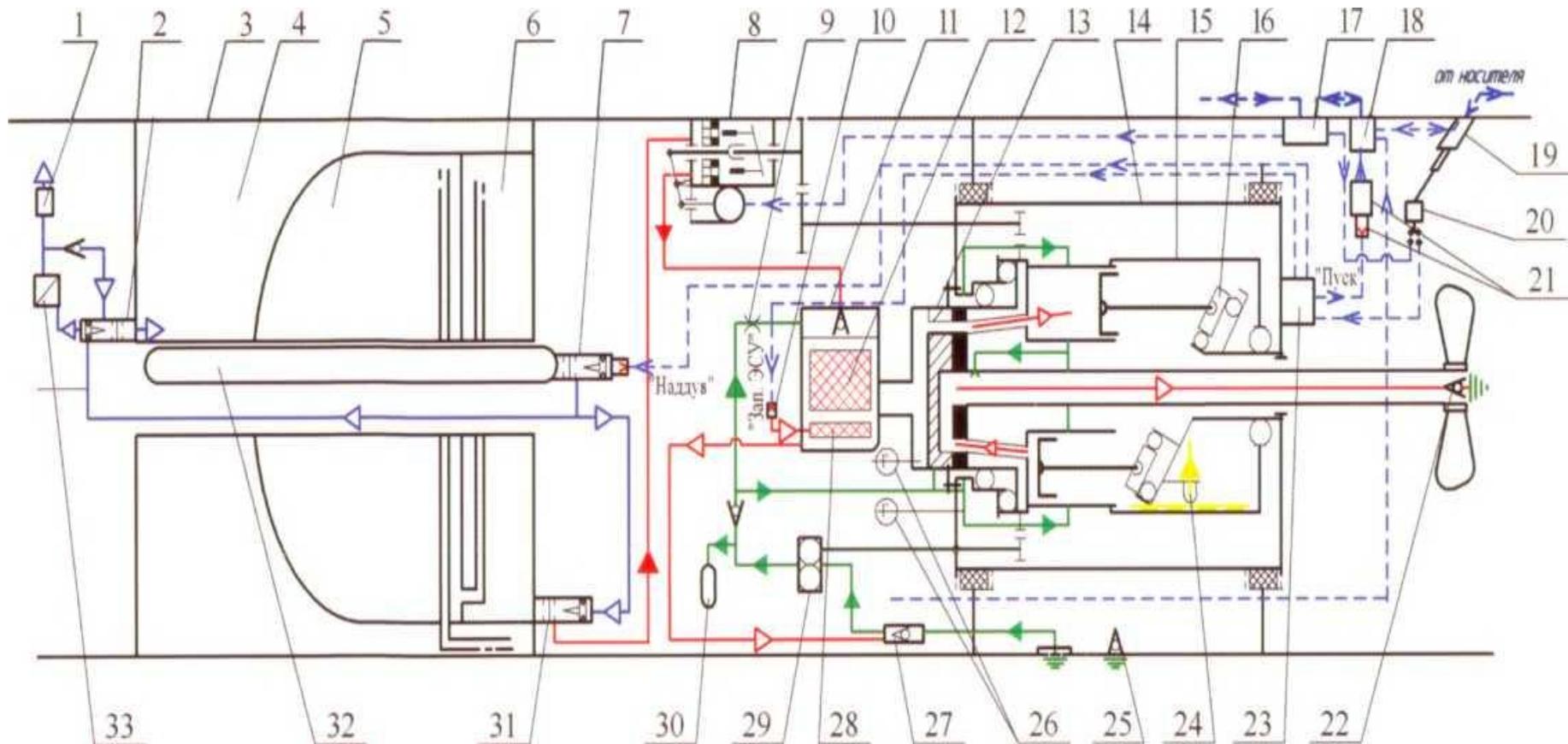
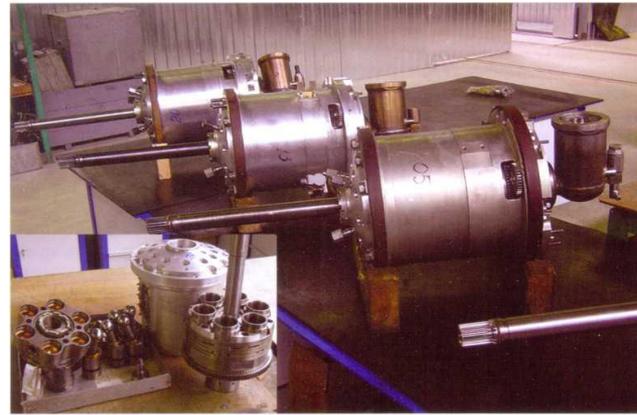
Стопорение боевой торпеды происходит при невыходе торпеды из трубы торпедного аппарата или при несанкционированном отклонении торпеды после старта от заданного курса. При отсутствии в течение 5 с сигнала о срабатывании трубного предохранителя АМ подает команду «ЗР» («закрыть рули») на пиропатрон, открывающий выход азота из баллона 37 в отсек и через предохранительный клапан за борт. Выброс азота из баллона 37 делает невозможным ни запуск двигателя, ни раскрытие рулей. При отклонении торпеды от заданного курса на угол, больший заданного, АМ подает электрокоманду «Стоп», поступающую на пиропатроны ампульных устройств 4 и 36. Ампульные устройства закрывают проходные сечения трубопроводов, подача топлива прекращается и двигатель останавливается; торпеда тонет.

МТТ

В соответствии с паспортом «торпеда МТТ предназначена для уничтожения подводных лодок (ПЛ) и применяется в составе торпедных противолодочных комплексов надводных кораблей (НК), подводных лодок, боевых частей ракетных противолодочных комплексов НК и ПЛ, и авиационных комплексов», и имеет следующие основные ТТХ:

калибр	324 мм
длина, не более	3200 мм
масса, не более	390 кг
масса взрывчатого вещества, до	60 кг
диапазон скоростей	$30 \pm 5 - 50 \pm 1,5$ уз
дальность хода при максимальной скорости	9 км
дальность хода при минимальной скорости	20 км
глубины хода и др.	15-600 м





1 — предохранительный клапан; **2** — ампульное устройство; **3** — ампулизованный резервуар топлива; **4** — маршевая ёмкость; **5** — промежуточная ёмкость; **6** — заборная ёмкость; **7** — ампульное устройство; **8** — насос топлива; **9** — дроссель; **10** — пиропатрон; **11** — камера сгорания; **12** — стартовый пороховой заряд; **13** — газораспределительный механизм; **14** — корпус двигателя неподвижный; **15** — вращающийся блок цилиндров; **16** — наклонная шайба; **17** — кормовой блок приборов управления; **18** — блок защиты и объединения источников питания; **19** — бортовой соединитель; **20** — концевой выключатель; **21** — стартовая тепловая батарея; **22** — выхлопной клапан; **23** — блок включения пиропатронов; **24** — черпак; **25** — предохранительный клапан; **26** — электрогенераторы; **27** — запирающее устройство воды; **28** — воспламенитель; **29** — насос забортной воды; **30** — баллон; **31** — ампульное устройство; **32** — баллон сжиженного углекислого газа; **33** — регулятор давления.

Модуль состоит из трех изолированных от заборной среды отделений: резервуарного, силового и хвостового. Основную часть резервуарного отделения занимает ампулизованный резервуар топлива 3 с полостями — маршевой 4, промежуточной 5 и заборной 6. В дейдвуде резервуара размещен баллон 32 со сжиженным углекислым газом, предназначенным после понижения давления в регуляторе 33 и испарения, для наддува топливного резервуара.

В силовом отделении на амортизаторах размещен двигатель 14, на передней и задней стенках которого закреплены: камера сгорания 11, насосы топлива 8 и заборной воды 29, электрогенераторы 26, запирающее устройство заборной воды 27, датчики давления. В заднем отсеке отделения находятся: стартовая тепловая батарея 21, блок защиты от повышенных напряжений и объединения питания от стартовой батареи и генераторов 18, блок включения пиропатронов 23 и регулятор напряжения электрогенераторов.

Хвостовое отделение выполнено с учетом последних тенденций мировой практики: увеличенный угол конусности хвостовой части, безрамное оперение, выдвижные закалиберные рули малого удлинения с профилем «Mandel» крестообразного расположения и приводом, использующим электромагнитные муфты. В отделении размещены: командно-коммутационный блок управления энергетической установкой и рулями 17 (БУК — блок управления кормовой), концевой выключатель 20 с бортовым соединителем 19, связывающим электроцепи торпеды и носителя, рули, стабилизаторы и водометный движитель.

С целью уменьшения акустической активности водомет спроектирован с разным количеством лопастей на рабочем колесе и направляющем аппарате — соответственно 14 и 11. Для крепления и ориентации торпеды в пусковом контейнере, для предотвращения раскрутки рабочего колеса водомета в контейнере и для предохранения рулей при вхождении торпеды в воду на хвостовой части размещен защитный стабилизирующий кронштейн. Отсоединяется кронштейн от торпеды при запуске двигателя напором выхлопных газов.

Управление всеми системами торпеды осуществляет аппаратный модуль, основные блоки которого размещены в боевом модуле торпеды. Часть аппаратного модуля, управляющая ЭСУ и рулями (БУК) 17, помещена в хвостовом отделении. Исходные данные алгоритма поведения торпеды на дистанции вводятся в аппаратный модуль с носителя при предстартовой подготовке торпеды.

Запуск торпеды производится в следующей последовательности:

по электрической команде с носителя «Пуск»:

- поджигается пиропатрон стартовой батареи 21 — с этого момента питание всех электроцепей происходит от стартовой батареи;

- срабатывает газогенератор транспортно-пускового контейнера, продукты сгорания которого выбрасывают торпеду в воздух — электросвязь торпеды с носителем обрывается:

срезается чека в телескопическом устройстве бортового соединителя 19, срабатывает концевой выключатель 20 и замыкает линию опасных цепей, питающую блок включения пиропатронов 23;

2) по команде аппаратурного модуля «Зап. ЭСУ», датчиком для которой является приводнение торпеды:

- срабатывает пиропатрон 10, в результате чего последовательно зажигаются воспламенитель 28, стартовый пороховой заряд 12, продукты сгорания которого приводят в действие двигатель, т. е. начинают вращаться наклонная шайба 16 и блок цилиндров 15 с плитой ГРМ, картером, валом и рабочим колесом водомета;

- зубчатое колесо, закрепленное на блоке цилиндров, приводит в действие насос топлива 8, насос забортной воды 29 и генераторы 26;

- продукты сгорания из камеры поступают в запирающее устройство воды 27 и перемещают клапан, что открывает доступ забортной воде к насосу; воздух из насоса и трубопровода вытесняется в баллон 30;

3) по команде аппаратурного модуля «Наддув», выдаваемой при достижении частотой вращения электрогенераторов задаваемого значения:

- срабатывает пиропатрон ампульного устройства 7, разрушается рвушка, давление сжиженного углекислого газа в баллоне 32 падает, жидкость испаряется и газ под давлением поступает в ампульное устройство 2 резервуара топлива, разрушает рвушку, и, понизив в регуляторе 33 давление до 0,3 МПа, поступает в маршевую полость 4 резервуара топлива, обеспечивая бескавитационную работу топливного насоса и по мере израсходования топлива его перетекание из маршевой полости 4 в полости 5 и 6; ограничение величины давления наддува контролируется клапаном 1;

- углекислый газ из баллона 32 поступает в ампульное устройство 31, разрушается рвушка, и открывается доступ топлива к насосу 8, который начинает подавать его в камеру сгорания 11; после сгорания СПЗ установка переходит на установившийся режим работы;

- блок объединения источников электроэнергии 18 переключает питание всех электроцепей со стартовой батареи 21 на питание от электрогенераторов 26.

Распределение продуктов сгорания по цилиндрам осуществляет ГРМ, неподвижный золотник которого закреплен на фланце камеры сгорания, а вращающаяся плита — в блоке цилиндров. Охлаждение камеры сгорания и двигателя производится забортной водой, подаваемой насосом 29. За насосом часть воды поступает в рубашку камеры сгорания, другая — в рубашки цилиндров и подшипников по каналам в стенках блока цилиндров и картера. После охлаждения оба потока воды через золотник ГРМ впрыскиваются в выхлопные газы для их охлаждения и образовавшийся парогаз через выхлопной клапан 22 выбрасывается за задний срез торпеды.

Смазка и охлаждение подшипников наклонной шайбы, поршней, шаровых опор и подпятников шатунов производится маслом. Необходимый напор масла создается вращающимся корпусом блока цилиндров 15 — картером двигателя. Центробежными силами масло прижимается к периферийной оболочке картера, захватывается неподвижным черпаком 24, закрепленным на кинеторе, и через форсунку и отверстия в кинеторе и шатуне подводится ко всем парам трения и сливается в картер.

Управление мощностью двигателя, а следовательно, и скоростью торпеды, а также управление исполнительными механизмами рулей осуществляет кормовой блок управления 17. Основными функциями блока являются:

формирование исполнительных команд, поступающих на блок включения пиропатронов 23, в электродвигатель механизма изменения производительности насоса топлива 8 и исполнительные механизмы рулей;

обмен информацией с аппаратурным модулем торпеды, между внутренними абонентами энергодвигательного модуля, а в предстартовый период — и с носителем;

регистрация информации от датчиков.

Регулирование мощности двигателя производится за счет изменения расхода топлива. Для этого применена замкнутая по частоте вращения двигателя система регулирования, состоящая из датчика частоты вращения — генератора 26, электронного блока 17 и исполнительного механизма — насоса топлива 8.

Для изменения производительности насоса использован способ, ранее не применявшийся в торпедах. Суть его — в изменении фаз впуска-выпуска топлива, что требует разворота золотника насоса. Команда от кормового блока управления 17 поступает на электродвигатель механизма изменения производительности насоса. Вращение электродвигателя зубчатой передачей и системой рычагов преобразуется в линейное перемещение кривошипа золотника, и парой винт-гайка разворачивает золотник, что изменяет фазы впуска-выпуска топлива в плунжеры насоса. Как следствие, изменяются производительность насоса, мощность двигателя и скорость хода торпеды.

Способ регулирования производительности насоса позволяет изменять расход топлива G и задавать любое его значение в диапазоне $0-G_{max}$, т. е. сообщать торпедо любую скорость от нулевого до максимального значения. Это свойство, в частности, используется для стопорения торпеды. Механизм регулирования насоса снабжен конечным выключателем в цепи электродвигателя и датчиком положения золотника, который может информировать о величине расхода топлива и используется при настройке насоса.

В аварийных ситуациях кормовой блок управления 17 подает электрический сигнал в электродвигатель механизма изменения производительности топливного насоса 8, который переводит золотник насоса в положение, соответствующее нулевому расходу топлива, и двигатель прекращает работу.