

Рис. 1.3. Конструкция маршевого РДТТ второй ступени ракеты РСМ-45 баллистической ракеты: 1 - крышка; 2 - корпус; 3 - стыковочный шпангоут; 4 - заряд; 5 - разрезное управляющее сопло; 6 - фланец; 7 - управляющие двигатели; 8 - система управления соплом; 9 – воспламенитель; 10 - пиропатрон

Конструктивные особенности двигателей второй ступени РСМ-45

- тип топлива	СРТТ
- заряд	канальный
- корпус	органопластиковый
- количество сопел	1
- управление РДТТ	разрезное управляющее сопло, 2 автономных РДТТ управления по крену

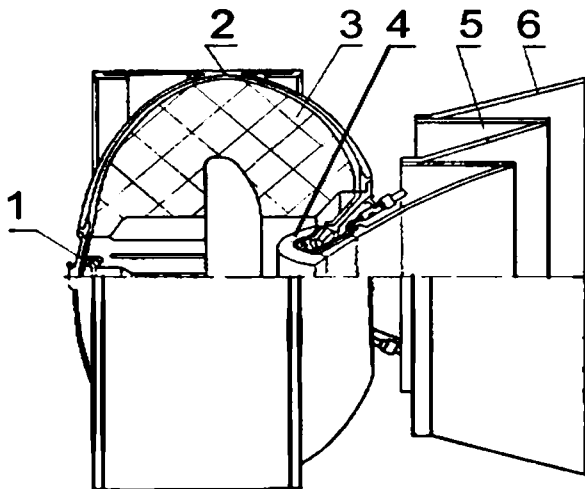


Рис. 1.5. Конструктивная схема маршевого РДТТ третьей ступени межконтинентальной баллистической ракеты МХ (США):

1 - воспламенитель; 2 - корпус; 3 - заряд; 4 - сопловой блок;
5, 6 - выдвигающиеся насадки

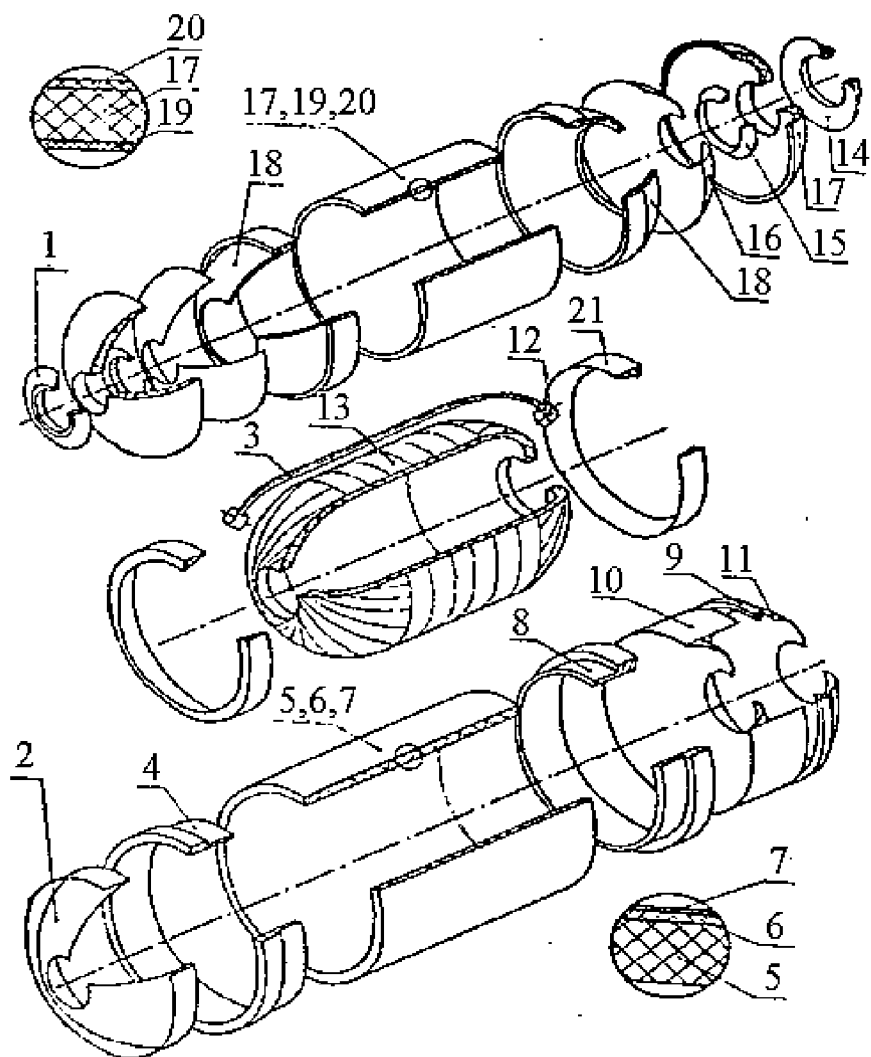


Рис. 1.19 Элементы конструкции корпуса двигателя [2]: 1 - передний фланец; 2 - наружный герметизирующий слой переднего днища; 3 - бортовая кабельная сеть; 4 - передний шпангоут; 5 - второй кокон, 6 - слой для защиты от влаги и других внешних воздействий; 7 - лакокрасочное покрытие; 8 - задний шпангоут; 9 - ДУЗ; 10 - наружный герметизирующий слой заднего днища; 11 - наружный покрытие из ТЗМ, 12 - разъем бортовой кабельной сети; 13 - силовая оболочка (первый кокон); 14 - задний (сопловой) фланец; 15 - клин, 16 - анти адгезионная пленка; 17 - внутреннее покрытие из ТЗМ; 18 - манжеты; 19 - ЗКС; 20 - герметизирующий слой; 21 - эластичный клин

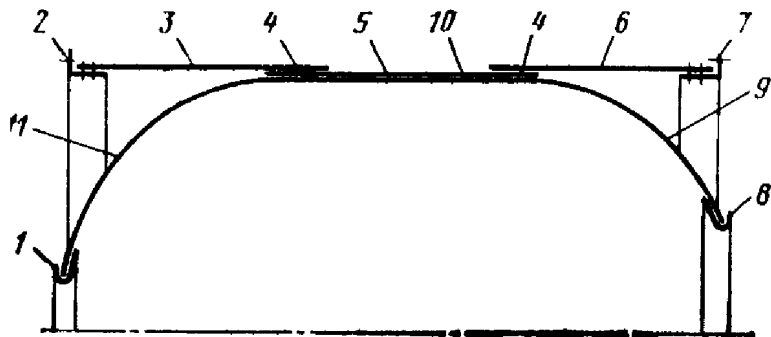


Рис. 1.20. Конструктивная схема корпуса РДТТ из композиционного материала: 1 - передний стыковочный фланец; 2 - передний шпангоут; 3 - передний узел стыка; 4 - зона соединения (намотки) узлов стыка с силовой оболочкой; 5 - кольцевые слои силовой оболочки; 6 - задний стыковочный узел; 7 - задний шпангоут; 8 – задний (сопловой) стыковочный фланец; 9 - заднее днище силовой оболочки; 10 - цилиндрическая часть силовой оболочки; 11 - переднее днище силовой оболочки

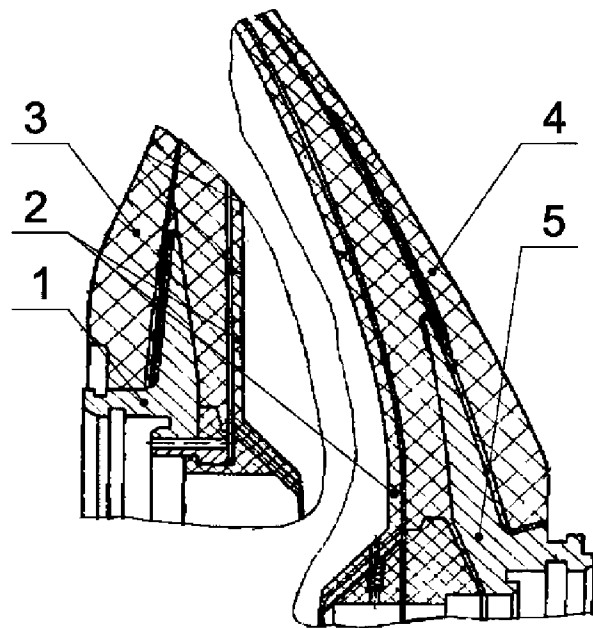
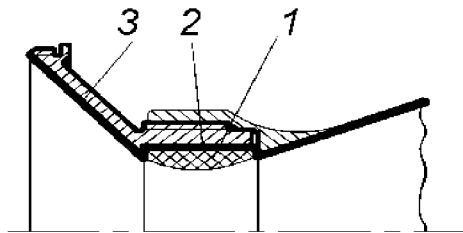
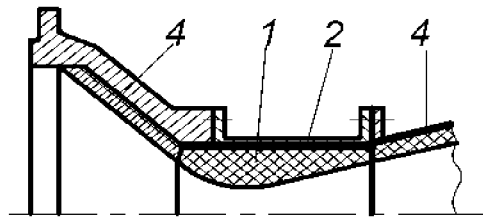


Рис. 1.22. Конструкция корпуса типа кокона в зоне полярных отверстий: 1 - передний стыковочный фланец; 2 - манжета; 3 - переднее днище силовой оболочки; 4 - заднее днище силовой оболочки; 5 - задний стыковочный фланец



а



б

Рис. 1.32. Принципиальные схемы составных сопловых блоков с теплоизоляционными вкладышами (а) и абляционной вставкой (б):

1 - вкладыш; 2 – теплоизоляция; 3 – теплозащитные элементы;

4 - абляционные вставки

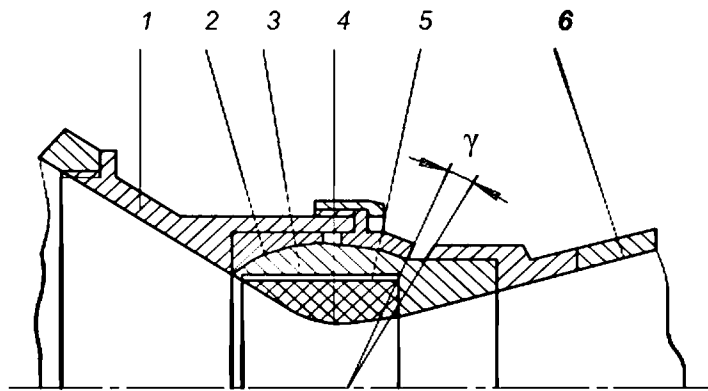


Рис. 1.35. ПУС со сферическим шарниром (карданный подвес условно не показан): 1 - основание сопла; 2 - подпятник; 3 - сферический наконечник; 4 - вкладыш; 5 - теплоизолирующий слой; 6 - сверхзвуковая часть сопла

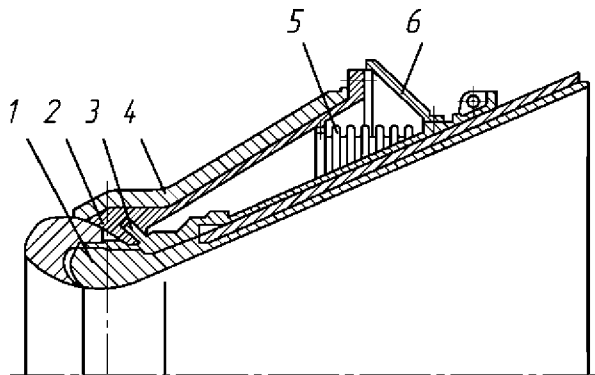


Рис. 1.36. Конструкция ПУС с сильфонным уплотнением: 1 – сопло;
2 – газоотбойник (первичное уплотнение); 3 – сферический шарнир;
4 – заднее днище; 5 – сильфон; 6 – кожух

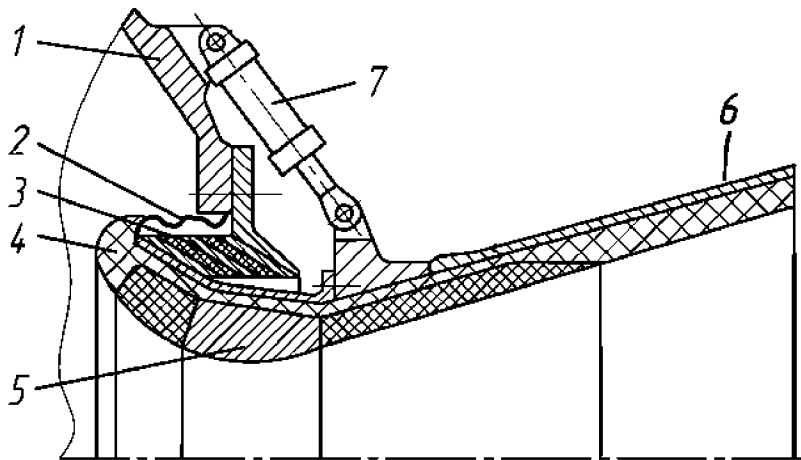
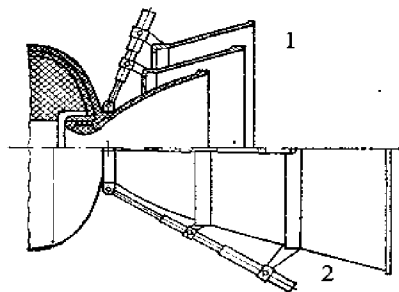
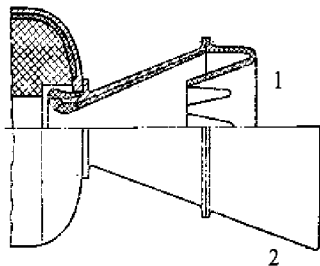


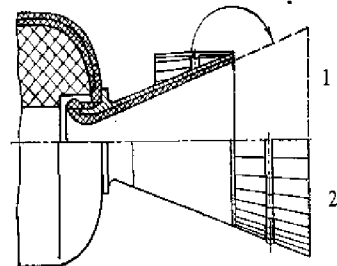
Рис. 1.37. ПУС с ЭОШ: 1 – днище; 2 – чехол; 3 – ЭОШ; 4 – сопла;
5 – элементы из ТЗМ; 6 – несущая оболочка сопла; 7 – рулевая машинка



а

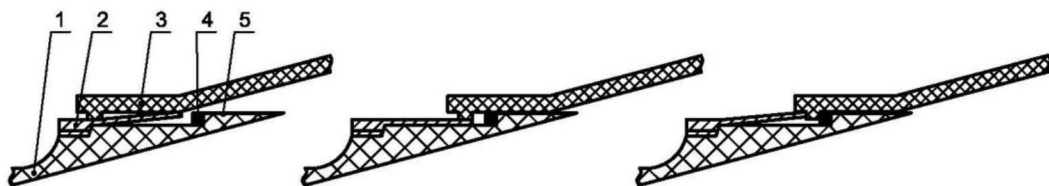


б



в

Рис. 1.39 Конструктивные схемы раздвижных сопел: с выдвигаемыми насадками (а); с легкодеформируемыми раструбами (б); с лепестковыми элементами (в): 1 – исходное положение; 2 – положение насадка после выдвижения



а



б

Рис. 1.40. Устройство фиксации и герметизации насадка сопла (а) и внешний вид сопла в процессе раздвижки (б): 1 – неподвижный раструб сопла; 2 – фиксатор; 3 – прокладка; 4 - герметизирующая манжета; 5 – сдвижной насадок

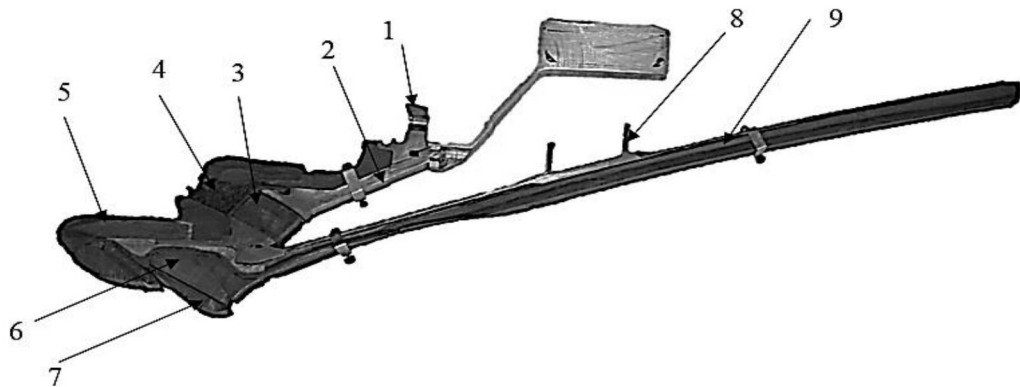


Рис. 1.42. Пример конструкции соплового блока (разрез): 1 – фланец;
 2 – заднее днище; 3 – ЭОШ; 4 – теплозащитный чехол ЭОШ; 5 – утопленная
 часть сопла («воротник»); 6 – теплоизоляция; 7 – сопловой вкладыш;
 8 – опоры рулевых машин; 9 – раструб сопла

**Таблица 2.1. Основные характеристики металлических материалов,
применяемых в РДТТ**

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Предел прочности σ_B , ГПа	Удельная прочность σ_B/ρ , м ² /с ²	Модуль упругости Е, ГПа
Конструкционные стали				
Ст45	7800	0,6	$0,75 \cdot 10^5$	200
60С2А	7700	1,6	$2,1 \cdot 10^5$	210
28Х3СНМВФА-Ш	7800	1,2	$1,5 \cdot 10^5$	200
Алюминиевые сплавы				
Д16	2780	0,45	$1,6 \cdot 10^5$	75
АМг6	2640	0,29	$1,2 \cdot 10^5$	70
Титановые сплавы				
BT3-1	4500	1,1	$2,0 \cdot 10^5$	120
BT23	4600	1,4	$3,0 \cdot 10^5$	110

Значительное улучшение массовых характеристик РДТТ может быть достигнуто благодаря использованию **композиционных материалов** [18].

Таблица 2.2. Основные характеристики композиционных материалов, применяемых в РДТТ [18]

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Предел прочности σ_b , ГПа	Удельная прочность σ_b/ρ , м ² /с ²	Модуль упругости Е, ГПа
Арамидные волокна				
СВМ (РФ)	1450	4,2	$28,9 \cdot 10^5$	125–135
ВНИИВЛОН (РФ)	1430	2,6	$18,1 \cdot 10^5$	110–130
Русар-С (РФ)	1440	4,2	$29,0 \cdot 10^5$	160
Армос (РФ)	1400	4,5	$32,0 \cdot 10^5$	275
Кевлар 29 (США)	1410	2,9	$21,0 \cdot 10^5$	235
Углеродные волокна				
ВМН-4 (РФ)	1710	2,2	$12,8 \cdot 10^5$	270
УКН-5000 (РФ)	1750	2,5	$14,2 \cdot 10^5$	210
КЭНС-П (РФ)	1740	2,4	$14,0 \cdot 10^5$	230
ЛУ-4 (РФ)	1700	3,5	$20,5 \cdot 10^5$	250
Торнелл 800 (США)	1800	5,5	$30,5 \cdot 10^5$	273
Целион СТ (США)	1800	4,3	$24,0 \cdot 10^5$	235
Стекланные волокна				
ВМ-1 (РФ)	2580	4,2	$16,2 \cdot 10^5$	95
ВМПС (РФ)	2580	4,5	$17,4 \cdot 10^5$	93
Е-стекло (США)	2600	3,3	$13,0 \cdot 10^5$	72
М-стекло (США)	2500	4,5	$17,2 \cdot 10^5$	85
Некоторые композиционные материалы				
ВМ-1 + эпоксидное связующее (РФ)	2200	2,1	$9,5 \cdot 10^5$	70
Армос +эпоксидное связующее (РФ)	1350	2,35...2,5	$17,4 \cdot 10^5$	93...100
Кевлар 29 +эпоксидное связующее (США)	1360	2,0	$14,7 \cdot 10^5$	90
Торнелл-800 + эпоксидное связующее (США)	1,55	1,4	$9,0 \cdot 10^5$	142

По интенсивности воздействия газового потока с полной температурой $T^* = 2500 \dots 3500$ К и скоростью u_z , теплонапряженные участки проточного тракта РДТТ можно разделить на следующие зоны:

- 1) переднего днища и корпуса ($u_z = 0 \dots 150$ м/с);
- 2) заднего днища ($u_z = 150 \dots 350$ м/с);
- 3) сужающегося (дозвуковой) части сопла ($u_z = 350 \dots 1000$ м/с);
- 4) трансзвукового участка сопла ($u_z \sim 1000$ м/с);
- 5) расширяющейся (сверхзвуковой) части сопла ($u_z = 1000 \dots 2800$ м/с).

Таблица 2.3. Основные характеристики ТЗМ

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	Удельная теплоёмкость С, кДж/(кг·К)
Стеклопластики			
ЕРДМ, П-5-7, П-5-2 (РФ)	940...1100	0,21...0,23	1,68
SBP(США)	1170	0,20...0,22	1,42
Каучуковые соединения			
Р-864, Р-998 (РФ)	1040...1300	0,21...0,27	1,68
NBP (США)	1220...1270	0,24...0,27	1,72

**Таблица 2.4. Основные теплофизические свойства
ТЗМ сопловых вкладышей**

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)		Удельная теплоёмкость С, кДж/(кг·К)	Максимальная рабочая температура $T_{\text{раб}}$, К
		вдоль волокна	поперек волокна		
Графит	1700	23...95		0,25...0,6	2070*
Силицированный графит	2000	98...120		0,7	2150
Пиролитический графит	1800...2200	89...370	0,45...3,59	0,22...0,5	2500*
Углерод-углерод	1400...1500	110...180		0,3...0,6	2800*
Вольфрам	19200	89...142		0,17	3680* (температура плавления)
Молибден	10200	70...130		0,25	2890* (температура плавления)

* - в инертной или восстановительной среде