



Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова



Кафедра А-1
«Ракетостроение»

Тема: «Зенитная управляемая ракета
малой дальности»

Студентка – Владимирова Д.Т.

Руководитель ВКР – доцент, к.т.н., Прядкин А.С.

г. Санкт-Петербург

2021 г.

Цель работы: спроектировать зенитную управляемую ракету в составе ЗРК малой дальности, с двигателем поперечного управления, для повышения эффективности боевого применения ЗРК.

Задачи:

1. Анализ ракеты-прототипа для формирования облика проектируемой ЗУР.
2. Разработка конструкции ДПУ с описанием технологии сборки.
3. Расчёт параметров ракеты в системе автоматизированного проектирования, разработанного на кафедре А1.
4. Сравнение прототипа и спроектированной ЗУР с ДПУ.

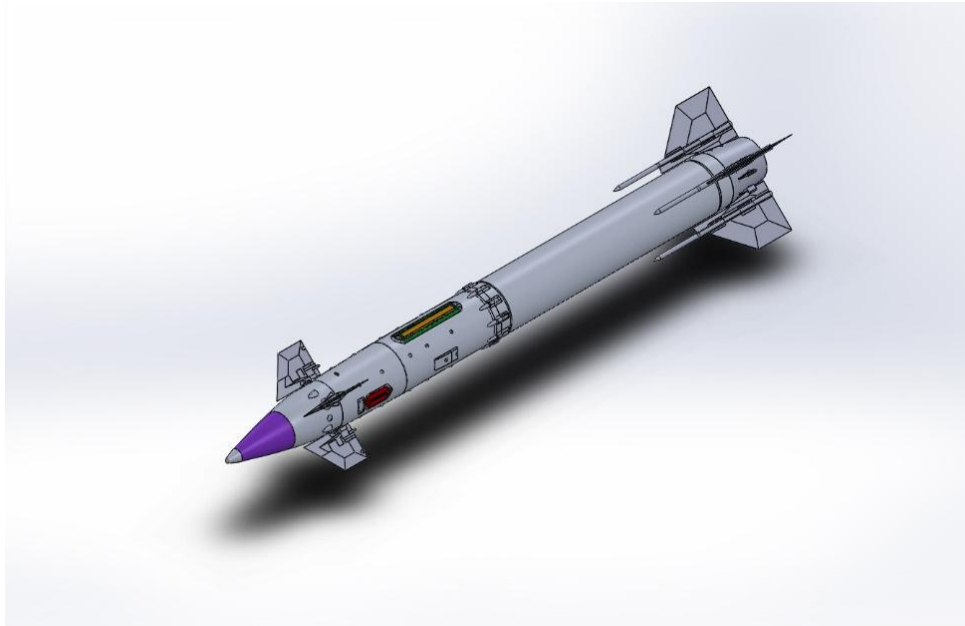
Техническое задание

Требуется спроектировать ЗУР минимальной массы, доставляющую полезную нагрузку заданной массы, на заданную дальность, со следующими исходными данными:

Масса боевой части, кг	15
Дальность поражения, км	1-10
Высота поражения цели, м	1-6000

Ракета твердотопливная, стартует из ТПК, базируется на мобильном носителе.

ЗУР 9М33 ЗРК «Тор-М1»



ЗУР 9М331

Характеристика	Значение
Масса ракеты, кг	167
Масса боевой части, кг	15
Длина ракеты, мм	2898
Диаметр корпуса, мм	240
Размах крыла, мм	650
Средняя скорость полёта ЗУР, м/с	700
Средний промах, м	8
Максимальный промах, м	15

Двигатель поперечного управления

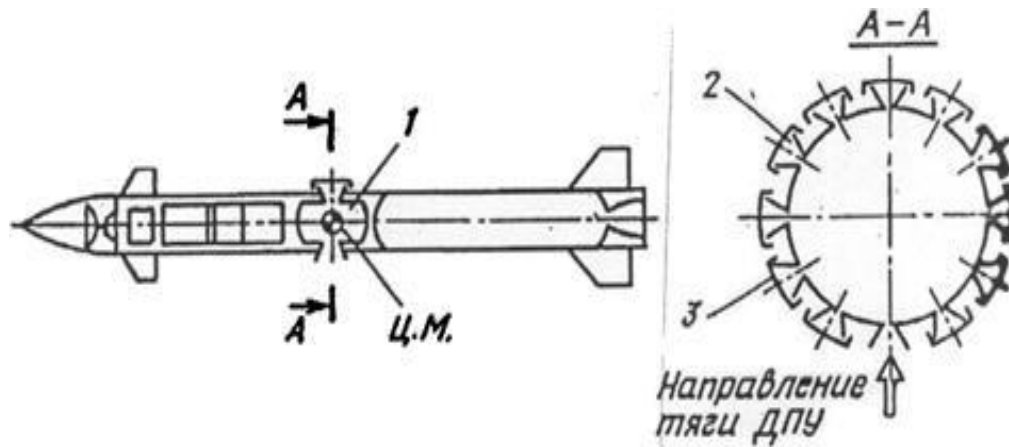


Рис. 1 Схема двигателя поперечного управления
1–ДПУ; 2– сопло; 3– клапан-заглушка.

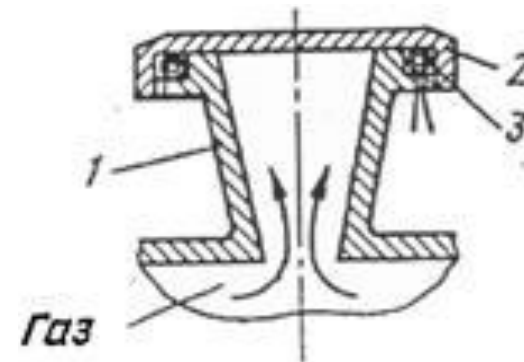


Рис. 2 Сопло ДПУ.
(1– сопло; 2– заглушка; 3–
электродетонатор)

Характеристики ЗУР 9М96Е и «Астер»

Параметр	Зенитная ракетная система (страна, разработчик)	
	SAMP T/N (Франция, "Талес")	"Триумф" (Россия, НПО "Алмаз")
	ЗУР (разработчик)	
	"Астер" («Аероспасьаль»)	9М96Е2 (МКБ "Факел")
Компоновочная схема ЗУР		
Аэродинамическая схема ЗУР	Двухступенчатая: ускоритель + вторая ступень нормальной схемы с крыльями малого удлинения	"Утка" с вращающимся блоком крыльев
Стартовая масса, кг: ЗУР маршевая ступень	510 100...110	420
Длина/диаметр, м: ЗУР маршевая ступень	4,8/0,54 2,6/0,18	5,65/0,24
Масса боевой части, кг	15...20	24
Система наведения	Инерциальная система + радиокоррекция + активное радиолокационное самонаведение	Инерциальная система + радиокоррекция + активное радиолокационное самонаведение
Способ газодинамического управления	Поперечное пропорциональное	Поперечное моноимпульсное
Устройство газодинамического управления	4-сопловой ДПУ с пропорциональным регулированием тяги	ДПУ, включающий в себя кольцо миниатюрных двигателей (микроРДТТ)

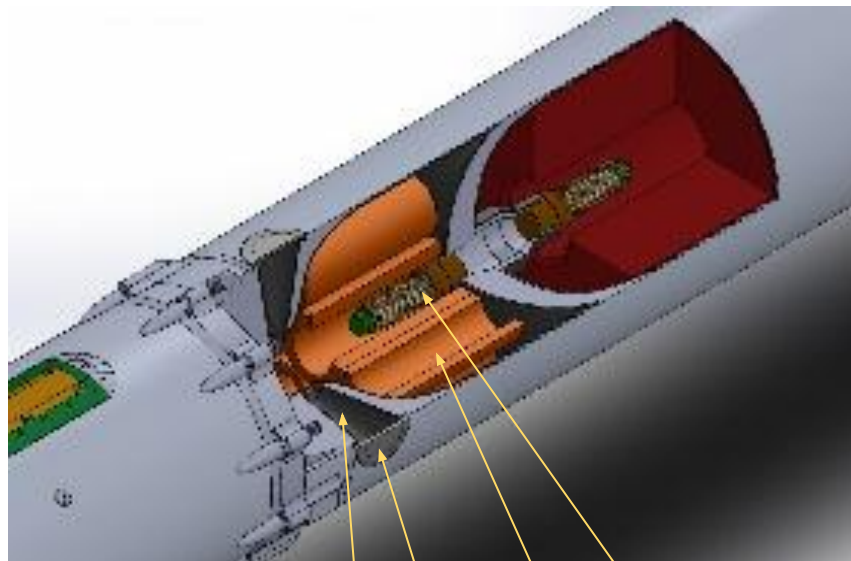
Параметры ДПУ

Диаметр, мм	240
Длина, мм	300
Время работы, с	2
Тяга, Н	250
Тип заряда	Многошашечный
Состав топлива	Перхлорат аммония 68%; полиуретан — 17%; Al — 15%.



Многошашечный заряд ДПУ

Конструкция спроектированного ДПУ



1. Сопло
2. Заглушка
3. Заряд твердого топлива
4. Воспламенитель

1

2

3

4

Оценка эффективности боевого применения ЗУР

$$G_0(r) = 1 - e^{-\frac{\delta^2}{r^2}}, \quad (1)$$

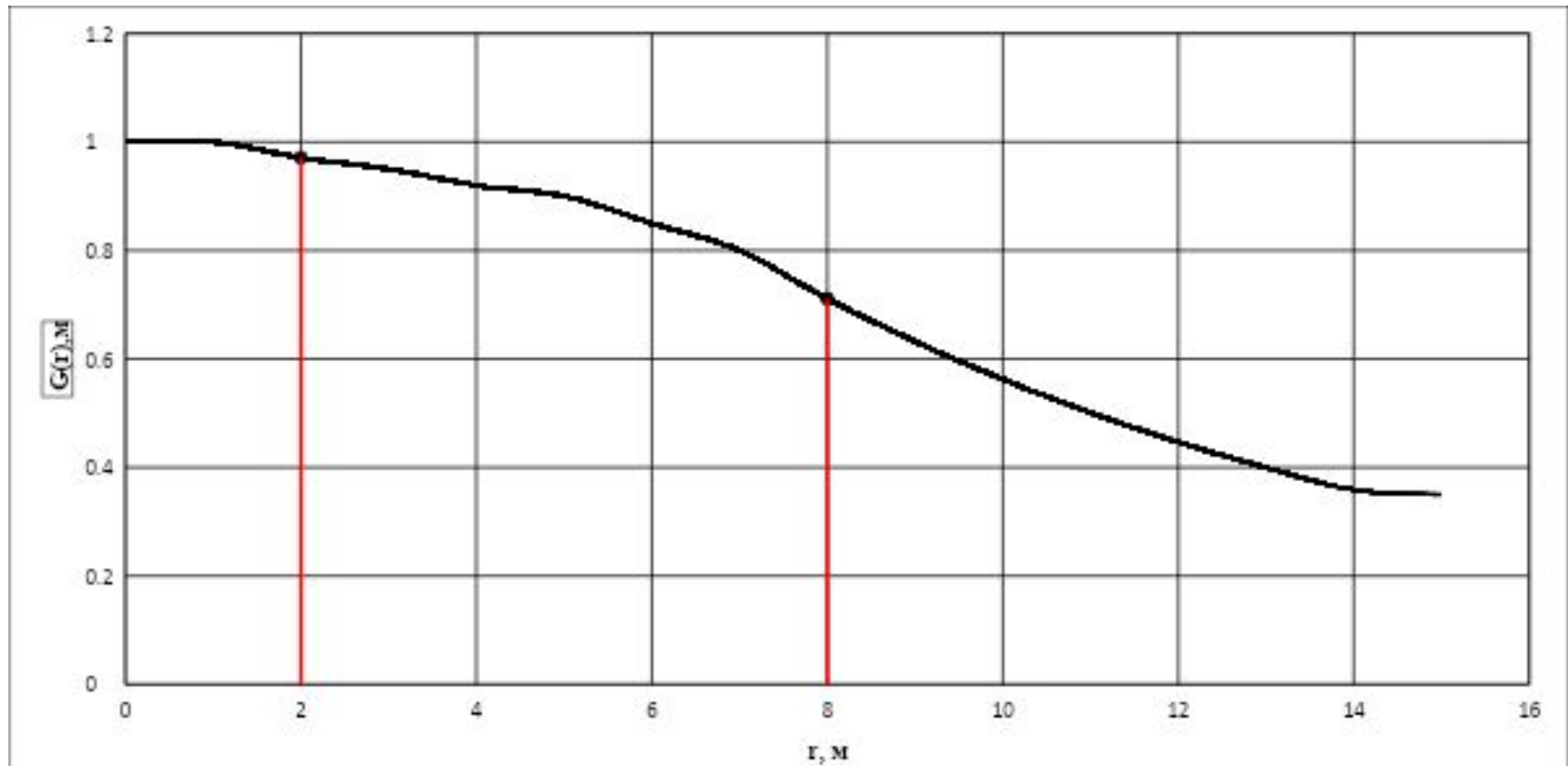
где:

$G_0(r)$ - вероятность поражения цели одной ЗУР (условный закон поражения цели);

δ - параметр условного поражения цели, м;

r – промах ракеты, м.

Зависимость вероятности поражения цели одной ракетой от величины промаха



$$G_0(2 \text{ метров}) = 0,971;$$

$$G_0(8 \text{ метров}) = 0,711.$$

Прирост вероятности поражения цели при уменьшении промаха

При установке ДПУ вероятность увеличилась на 0,26, что составило 22,8%.

Согласно руководящих документов, стрельба по воздушным целям, как правило, ведется двухракетным залпом.

Вероятность поражения цели m ракетами:

$$P_m = 1 - (1 - P_1)^m \quad (2)$$

При $r=8$ метров: $P_2 = 1 - (1 - 0,791)^2 = 0,956$;

При $r=2$ метров: $P_2 = 1 - (1 - 0,971)^2 = 0,999$;

При уменьшении промаха до 2 метров, вероятность поражения цели двумя ракетами в сравнении с одной возрастает незначительно (на 0,028). Стрельба двухракетным залпом становится нецелесообразной, что позволяет экономить боезапас ЗУР при незначительном снижении эффективности боевого применения комплекса.

Сравнение ракет

Характеристика	Прототип 9М331	Спроектированная ЗУР
Масса ракеты, кг	167	168
Масса боевой части, кг	15	15
Длина ракеты, мм	2898	2898
Диаметр корпуса, мм	240	240
Дальность, км	10	7,5
Промех, м	8	2
Вероятность поражения цели при стрельбе одной ракетой	0,791	0,971
Вероятность поражения цели при стрельбе двумя ракетами	0,956	0,999

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ прототипа, с целью формирования облика проектируемой ЗУР.
2. Разработана конструкция ДПУ и описана технология её сборки.
3. Проведен расчёт параметров проектируемой ЗУР, проведено сравнение ЗУР-прототипа и спроектированной ЗУР с ДПУ.
4. За счёт применения ДПУ, величину промаха возможно сократить на 6 метров, при этом вероятность поражения цели одной ЗУР возрастает на 0,26 (22,8 %).
5. Вероятность поражения цели одной ракетой незначительно отличается от вероятности поражения цели двумя ракетами, что позволяет экономить боезапас ЗУР при использовании ДПУ.