

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений .....	3
Предисловие .....	7
<b>Глава 1. Общие сведения о крылатых ракетах .....</b>	<b>9</b>
1.1. Краткая историческая справка .....	10
1.2. Крылатые ракеты первого поколения (до 1960 года) .....	13
1.3. Крылатые ракеты второго поколения (1960–1975) .....	22
1.4. Крылатые ракеты третьего поколения (1975–1990) .....	30
1.5. Крылатые ракеты четвертого поколения (1990–2020) .....	45
1.5.1. Стратегические КР .....	48
1.5.2. Оперативно-тактические КР .....	52
1.5.3. Тактические КР общего назначения .....	54
1.6. Планирующие управляемые авиационные контейнеры .....	55
1.7. Гиперзвуковые крылатые ракеты пятого поколения (с 2020 г. по н/в) .....	62
1.8. Программы развития систем с гиперзвуковыми крылатыми ракетами .....	66
<b>Глава 2. Системная методология проектирования крылатых ракет и их комплексов .....</b>	<b>71</b>
2.1. Основные понятия и определения .....	71
2.2. Основные направления общей теории систем .....	82
2.2.1. Системотехника .....	83
2.2.2. Исследование операций .....	84
2.2.3. Системный анализ .....	86
2.2.4. Проектная эффективность .....	95
2.3. Методы учета фактора неопределенности .....	97
2.4. Методы учета фактора времени .....	104
2.5. Методы научно-технического прогнозирования .....	109
<b>Глава 3. Внешнее проектирование крылатых ракет .....</b>	<b>120</b>
3.1. Крылатая ракета как базовый элемент комплекса высокоточного оружия ...	120
3.1.1. Общая характеристика комплексов КР .....	120
3.1.2. Комплексы КР воздушного базирования .....	126
3.1.3. Комплексы КР морского базирования .....	136
3.1.4. Комплексы КР наземного базирования .....	138
3.2. Типовые объекты воздействия крылатых ракет .....	138
3.2.1. Морские цели .....	138
3.2.2. Наземные цели .....	148
3.3. Типовые модели систем ПВО целей .....	152
3.3.1. Система ПВО корабельных группировок .....	152
3.3.2. Система ПВО наземных целей .....	158
3.4. Типовые расчетные задачи .....	159
3.5. Тактико-технические требования к крылатым ракетам .....	163
<b>Глава 4. Структурно-параметрический синтез облика крылатых ракет .....</b>	<b>180</b>
4.1. Методические основы синтеза облика крылатых ракет .....	180
4.2. Декомпозиция объекта проектирования, задач, критериев .....	182
4.3. Матрицы проектных решений облика крылатых ракет .....	201

4.4. Структурно-логическая схема формирования рационального облика крылатых ракет .....	208
4.5. Постановка задачи формирования технического облика крылатых ракет ...	214
4.5.1. Специализированная КР .....	214
4.5.2. Многоцелевая унифицированная КР .....	218
4.6. Методы решения задач структурно-параметрического синтеза .....	220
4.6.1. Методы морфологического синтеза .....	222
4.6.2. Методы параметрической оптимизации .....	226
<b>Глава 5. Управление разработкой проекта создания крылатых ракет .....</b>	<b>229</b>
5.1. Основные понятия и определения системы управления проектом .....	229
5.2. Этапы разработки системы управления проектом .....	232
5.3. Сетевая модель реализации проекта .....	235
5.4. Оптимизация распределения бюджета проекта при ограниченном финансировании .....	241
5.5. Оценка рисков проекта .....	243
5.6. Оценка технико-экономической эффективности проекта .....	245
<b>Глава 6. Экономические характеристики крылатых ракет .....</b>	<b>251</b>
6.1. Затраты на научно-исследовательские работы .....	253
6.2. Затраты на опытно-конструкторские разработки .....	256
6.3. Затраты на серийное изготовление .....	262
6.4. Затраты на эксплуатацию .....	267
<b>Глава 7. Обоснование рационального уровня унификации и типажа многоцелевых крылатых ракет .....</b>	<b>270</b>
7.1. Анализ возможных направлений разработки унифицированных многоцелевых крылатых ракет .....	270
7.2. Методы оценки влияния унификации на технико-экономические показатели .....	277
7.2.1. Влияние унификации на сокращение времени разработки .....	278
7.2.2. Влияние унификации на стоимость производства .....	279
7.2.3. Влияние унификации на эксплуатационные затраты .....	281
7.3. Обоснование типажа крылатых ракет и их основных подсистем .....	285
7.3.1. Содержание проблемы .....	285
7.3.2. Модель обоснования типажа .....	288
<b>Глава 8. Модели проектирования крылатых ракет .....</b>	<b>294</b>
8.1. Цели и задачи проектирования .....	294
8.2. Формирование «опорного» облика .....	296
8.2.1. Выбор аэродинамической схемы .....	296
8.2.2. Выбор внешних форм и геометрических параметров .....	309
8.2.3. Выбор типа двигательной установки .....	321
8.2.4. Выбор типа топлива ВРД .....	338
8.2.5. Выбор типа системы подачи топлива .....	340
8.2.6. Выбор типа и параметров воздухозаборника .....	343
8.2.7. Выбор конструкционного материала .....	350
8.2.8. Формирование «опорного» варианта облика .....	354
8.3. Баллистическое проектирование .....	358
8.3.1. Блок-схема баллистического проектирования .....	358
8.3.2. Уравнения движения ЛА .....	360
8.3.3. Приближенная оценка потребной относительной массы топлива .....	364
8.4. Оценка теплового состояния .....	365
8.5. Определение стартовой массы .....	371
8.5.1. Масса боевого оснащения .....	372
8.5.2. Масса бортового оборудования .....	387

8.5.3.	Масса двигательной установки . . . . .	392
8.5.4.	Масса конструкции . . . . .	395
8.6.	Формирование компоновочной схемы . . . . .	397
8.6.1.	Общие требования к компоновке . . . . .	397
8.6.2.	Определение объемных характеристик и геометрических размеров . . . . .	398
8.6.3.	Обеспечение устойчивости и управляемости . . . . .	403
8.6.4.	Обеспечение требований продольной балансировки . . . . .	404
8.6.5.	Конструктивно-компоновочные схемы . . . . .	405
8.7.	Система автоматизированного проектирования как инструмент более углубленного проектирования . . . . .	409
Глава 9.	<b>Показатели заметности крылатых ракет и способы их снижения . . . . .</b>	421
9.1.	Физические поля объектов и средства получения информации . . . . .	421
9.1.1.	Физические поля объектов и их параметры . . . . .	421
9.1.2.	Средства получения информации об объектах. Основные характеристики . . . . .	425
9.2.	Модели оценки показателей заметности ЛА . . . . .	437
9.2.1.	Модели оценки показателей радиолокационной заметности . . . . .	438
9.2.2.	Модели расчета показателей инфракрасного излучения . . . . .	501
9.2.3.	Модели оценки показателей визуальной заметности . . . . .	511
9.2.4.	Оценка показателей лазерной заметности . . . . .	516
9.2.5.	Оценка акустической заметности . . . . .	517
Глава 10.	<b>Эффективность крылатых ракет . . . . .</b>	520
10.1.	Схема операции и показатели эффективности крылатых ракет и их комплексов . . . . .	520
10.1.1.	Схема операции и ее модель . . . . .	520
10.1.2.	Методический подход к оценке эффективности КР . . . . .	524
10.1.3.	Показатели эффективности . . . . .	529
10.2.	Эффективность преодоления системы противовоздушной обороны . . . . .	534
10.2.1.	Вероятность преодоления КР зон ответственности зенитно-ракетных комплексов . . . . .	534
10.2.2.	Вероятность преодоления КР зон ответственности истребительной авиации . . . . .	549
10.2.3.	Вероятность преодоления КР зон ответственности зенитно-артиллерийских комплексов . . . . .	552
10.3.	Эффективность функционирования бортовых систем крылатых ракет . . . . .	553
10.3.1.	Эффективность радиоэлектронного подавления РЭС комплексов ПВО . . . . .	553
10.3.2.	Вероятность поиска, обнаружения, селекции и захвата цели на участке самонаведения КР на ордер кораблей АМГ . . . . .	557
10.3.3.	Вероятность наведения и поражения цели КР . . . . .	562
10.4.	Оценка эффективности залпа крылатых ракет на базе имитационного моделирования . . . . .	564
10.4.1.	Блок-схемы решения задачи и описание исходных данных . . . . .	565
10.4.2.	Алгоритмы расчетных блоков . . . . .	569
Глава 11.	<b>Надежность крылатых ракет . . . . .</b>	576
11.1.	Основные понятия и положения теории надежности . . . . .	576
11.2.	Проектировочная надежность и модели ее оценки . . . . .	582
11.2.1.	Особенности постановок задач и основные допущения . . . . .	583
11.2.2.	Надежность элементов конструкций . . . . .	586
11.2.3.	Надежность бортовой аппаратуры . . . . .	588
11.2.4.	Надежность двигательных установок . . . . .	592

11.3. Нормирование надежности . . . . .	594
11.3.1. Коэффициент безопасности. . . . .	594
11.3.2. Оценка надежности по результатам натурных испытаний. . . . .	596
11.4. Методы обеспечения надежности . . . . .	598
11.4.1. Прямые внешние факторы и меры защиты . . . . .	598
11.4.2. Косвенные внешние факторы и меры защиты. . . . .	600
Библиографический список . . . . .	602

**Гусейнов Арсен Буйдалаевич  
Трусов Владимир Николаевич  
Туркин Игорь Константинович**

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРЫЛАТЫХ РАКЕТ**

Редактор *М.С. Винниченко*  
Компьютерная верстка *О.А. Пелипенко*

Сдано в набор 12.03.2021. Подписано в печать 23.06.2021.

Бумага офсетная. Формат 70×100 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 49,40. Тираж 1000 экз.

Изд. № 907.

Издательство МАИ  
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4  
Москва, А-80, ГСП-3 125993

Отпечатано в типографии ООО «Август Борг»  
107497, Москва, ул. Амурская, д. 5, стр. 2