

УДК 629.7.05(075)

ББК 052я7

К82

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Ю. М. З а б о л о т н о в,  
канд. техн. наук М. В. Б о р и с о в

*Крикунов, Михаил Михайлович*

**К82      Оптимизация программ управления гиперзвукового  
летательного аппарата на участке разгона-набора высоты  
в атмосфере:** учебное пособие / *М.М. Крикунов*. — Самара:  
Издательство Самарского университета, 2023. — 92 с.

**ISBN 978-5-7883-1950-6**

Рассматриваются вопросы оптимизации программ управления гиперзвукового летательного аппарата на участке разгона-набора высоты.

Пособие предназначено для научно-методического сопровождения курсов «Оптимальное управление», «Методы решения оптимизационных задач динамики полёта», «Практикум по методам оптимизации», читаемых обучающимся Самарского университета по направлениям подготовки 24.04.02 Системы управления движением и навигация, 01.03.03 Механика и математическое моделирование соответственно, и может быть использовано при выполнении выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров соответствующих специальностей.

Разработано на кафедре динамики полёта и систем управления Самарского университета.

УДК 629.7.05(075)

ББК 052я7

ISBN 978-5-7883-1950-6

© Самарский университет, 2023

# Оглавление

<b>Введение</b>	<b>5</b>
<b>Глава 1. Вопросы оптимизации движения ГЛА</b>	
<b>в атмосфере</b>	<b>8</b>
1.1. Оптимизация траекторий ГЛА	8
1.2. Оптимизация разгона-набора высоты сверхзвукового самолёта	10
1.3. Основные трудности применения строгих методов оптимизации	17
1.4. Характерные особенности оптимального движения в атмосфере	20
<b>Глава 2. Некоторые сведения из теории</b>	
<b>оптимального управления</b>	<b>27</b>
2.1. Функционалы и функциональные пространства	27
2.2. Вариация функционала. Необходимое условие экстремума функционала	33
2.3. Основная формула для вариации функционала	34
2.4. Задача с подвижными границами	37
2.5. Постановка задачи оптимального управления непрерывной динамической системой	39
2.6. Игольчатая вариация управления	40
2.7. Основная теорема принципа максимума. Функция Гамильтона и её свойства	42

<b>Глава 3. Задача оптимального управления углом</b>	
<b>атаки</b>	<b>48</b>
3.1. Постановка задачи	48
3.1.1. Уравнения движения	48
3.1.2. Математическая постановка	50
3.2. Принцип максимума	52
3.2.1. Сопряжённая система	52
3.2.2. Постановка краевой задачи	53
3.3. Прикладное математическое обеспечение	56
<b>Глава 4. Оптимальный разгон-набор высоты ГЛА</b>	
<b>с <math>M_{\max} = 6</math></b>	<b>58</b>
4.1. Объект управления	58
4.1.1. Компоновочная схема	58
4.1.2. Аэродинамические характеристики	60
4.1.3. Высотно-скоростные характеристики	63
4.2. Характеристики атмосферы	68
4.3. Характеристики модели движения	70
4.4. Граничные условия краевой задачи	71
4.5. Метод редукции к задачам Коши	74
4.6. Оптимальные характеристики ГЛА	
с перспективным ВРД	81
<b>Заключение</b>	<b>83</b>
<b>Список сокращений и условных обозначений</b>	<b>84</b>
<b>Список литературы</b>	<b>86</b>
<b>Приложение А. Интерполяция с использованием</b>	
<b>кубических сплайнов</b>	<b>90</b>