



**ДЛЯ ВУЗОВ**

---

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ САМОЛЕТОВ

Издание пятое,  
переработанное  
и дополненное

*Под редакцией академика РАН*  
М. А. Погосяна

Допущено федеральным учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника» в качестве учебника для студентов, обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение», по направлениям подготовки 24.03.04 «Авиастроение» и 24.04.04 «Авиастроение»

---

МОСКВА  
«ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
2018

УДК 629.73(075)

ББК 39.53я73

П78

*Редакционная коллегия:* М. А. Погосян — председатель,  
Н. К. Лисейцев — редактор-составитель, Д. Ю. Стрелец — член коллегии

*Авторы:* М. А. Погосян, Н. К. Лисейцев, Д. Ю. Стрелец, В. А. Киселев,  
А. З. Тарасов, О. С. Долгов, Э. Н. Дудар, В. П. Тимошенко, Н. А. Еремин,  
Е. А. Пеньков, В. А. Клягин, Л. Г. Фортинов, А. М. Хайров

*Рецензенты:* В. Г. Гайнутдинов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой  
конструкции и проектирования летательных аппаратов  
Казанского национального исследовательского технического  
университета им. А. Н. Туполева;  
В. А. Комаров, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой конструкции  
и проектирования летательных аппаратов Самарского национального  
исследовательского университета им. академика С. П. Королёва

**Проектирование самолетов** / под ред. М. А. Погосяна. — 5-е изд.,  
П78 перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение. — 864 с.: ил.

ISBN 978-5-6040281-5-5

Излагаются основанные на принципах системного подхода и достижениях современных информационных технологий методы общего проектирования пилотируемых и беспилотных самолетов различного типа и назначения, а также проблемы проектирования их структурно-функциональных элементов.

В 5-м издании (4-е изд., репр., 2005 г.) отражены современные достижения в авиационной теории и методах проектирования самолетов различных типов, включая воздушно-космические, беспилотные и самолеты гидроавиации.

Для студентов, обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение», по направлениям подготовки 24.03.04 «Авиационное машиностроение» (бакалавриат) и 24.04.04 «Авиационное машиностроение» (магистратура), а также может быть полезна инженерам и научным работникам, занимающимся проблемами проектирования самолетов, а также всем, кто хочет самостоятельно изучить современные методы проектирования самолетов.

УДК 629.73(075)

ББК 39.53я73

ISBN 978-5-6040281-5-5

© ООО «Издательство «Инновационное  
машиностроение», 2018

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации.

# Оглавление

Основные обозначения, сокращения и индексы.....	7
Предисловие.....	11
Введение .....	14
<b>ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ОБЩЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ САМОЛЕТА</b>	
<b>Глава 1. Проектирование — ключевой этап процесса разработки нового самолета и его модификаций .....</b>	<b>23</b>
1.1. Цели и задачи проектирования. Самолет как объект проектирования .....	23
1.2. Организация и направления совершенствования процесса проектирования.....	25
Вопросы для самопроверки .....	37
Список литературы.....	37
<b>Глава 2. Теоретические и методологические основы проектирования самолетов .....</b>	<b>38</b>
2.1. Природа процесса проектирования .....	38
2.2. Научные основы методологии автоматизированного проектирования .....	43
2.3. Структурно-функциональная схема самолета как объекта проектирования. Типы проектных моделей.....	50
2.4. Типы проектных задач и структура алгоритмов их решения. Оптимизация в проектировании .....	55
2.5. Проблемы комплексной автоматизации проектно-конструкторских работ .....	58
Вопросы для самопроверки .....	60
Список литературы.....	60
<b>Глава 3. Исходные данные для проектирования. Условия и связи, определяющие область существования проекта.....</b>	<b>62</b>
3.1. Вводные замечания .....	62
3.2. Подготовка исходных данных для проектирования .....	63
3.3. Логическая схема процесса формирования облика самолета. Основные ограничения, определяющие область существования проекта.....	72
Вопросы для самопроверки .....	79
Список литературы.....	79
<b>Глава 4. Анализ и выбор схемы самолета и типа силовой установки .....</b>	<b>80</b>
4.1. Выбор общей схемы самолета .....	80
4.2. Выбор аэродинамической схемы самолета.....	84
4.3. Выбор схемы самолета по отдельным признакам.....	125
4.4. Выбор типа, числа и схемы размещения двигателей на проектируемом самолете .....	127
4.5. Формирование конструктивно-силовой схемы самолета.....	139
4.6. Подход к выбору схемы самолета .....	140
Вопросы для самопроверки .....	143
Список литературы.....	143
<b>Глава 5. Определение проектных параметров самолета.....</b>	<b>144</b>
5.1. Номенклатура проектных параметров.....	144
5.2. Методика и структура алгоритма определения проектных параметров .....	146
5.3. Определение взлетной массы самолета.....	154

5.4. Определение проектных параметров среднемагистрального пассажирского самолета . . . . .	161
Вопросы для самопроверки . . . . .	174
Список литературы . . . . .	174
<b>Глава 6. О весовом проектировании самолетов . . . . .</b>	<b>175</b>
6.1. Определение массы самолета в третьем приближении . . . . .	175
6.2. Пересчет весовых характеристик самолета . . . . .	177
6.3. Задачи весового планирования и контроля . . . . .	180
6.4. О коэффициенте роста взлетной массы по дополнительной массе частей самолета . . . . .	181
6.5. Определение моментов инерции самолета . . . . .	185
Вопросы для самопроверки . . . . .	188
Список литературы . . . . .	188
<b>Глава 7. Компоновка самолета . . . . .</b>	<b>189</b>
7.1. Определение и задачи компоновки . . . . .	189
7.2. Аэродинамическая компоновка . . . . .	190
7.3. Объемно-весовая компоновка и центровка . . . . .	215
7.4. Конструктивно-силовая компоновка . . . . .	242
7.5. Увязка формы и построение внешних обводов самолета . . . . .	251
7.6. Оформление результатов компоновки . . . . .	259
Вопросы для самопроверки . . . . .	261
Список литературы . . . . .	261
<b>Глава 8. Связи между параметрами и характеристиками самолета. Пути улучшения характеристик . . . . .</b>	<b>264</b>
8.1. Взлетно-посадочные характеристики . . . . .	265
8.2. Дальность полета . . . . .	279
8.3. Максимальная скорость полета . . . . .	282
8.4. Скороподъемность и «потолок» самолета . . . . .	293
8.5. Маневренные характеристики самолета . . . . .	295
8.6. О критериях оценки эффективности боевых маневренных самолетов . . . . .	299
Вопросы для самопроверки . . . . .	304
Список литературы . . . . .	304
<b>Глава 9. Оптимизация в проектировании. Методы решения оптимизационных задач . . . . .</b>	<b>305</b>
9.1. Роль и место оптимизации в проектировании. Типы оптимизационных задач . . . . .	305
9.2. Постановка задачи оптимального проектирования . . . . .	309
9.3. Методы оптимизации . . . . .	311
9.4. Заключительные замечания . . . . .	324
Вопросы для самопроверки . . . . .	327
Список литературы . . . . .	327
<b>ГЛАВА 10. Особенности проектирования пассажирских и транспортных самолетов . . . . .</b>	<b>328</b>
10.1. Основные тенденции и история развития пассажирских самолетов . . . . .	328
10.2. Возрастание размеров пассажирских и грузовых самолетов . . . . .	334
10.3. Компоновка пассажирской кабины . . . . .	341
10.4. Аварийно-спасательные мероприятия . . . . .	346
10.5. Размещение бортпроводников. Компоновка бытовых и багажных помещений . . . . .	349
10.6. Особенности аэродинамической компоновки пассажирских самолетов. Выбор тяговооруженности . . . . .	353
10.7. Особенности проектирования сверхзвуковых пассажирских самолетов . . . . .	357
10.8. Особенности проектирования грузовых самолетов . . . . .	362
Вопросы для самопроверки . . . . .	364
Список литературы . . . . .	365
<b>Глава 11. Особенности проектирования боевых маневренных самолетов . . . . .</b>	<b>366</b>
11.1. Тактико-технические требования, предъявляемые к боевым маневренным самолетам . . . . .	367

11.2. Связь маневренных характеристик с конструктивными параметрами	368
11.3. Пути выполнения требований устойчивости и управляемости боевых маневренных самолетов	379
11.4. Направления развития боевой маневренной авиации	383
11.5. Новые технологии перспективных боевых маневренных самолетов	389
11.6. Обеспечение малой заметности самолета	412
Вопросы для самопроверки	419
Список литературы	419
<b>Глава 12. Особенности проектирования самолетов короткого и вертикального взлета и посадки</b>	<b>421</b>
12.1. Вводные замечания	421
12.2. Самолеты короткого взлета и посадки	422
12.3. Самолеты вертикального взлета и посадки	441
Вопросы для самопроверки	474
Список литературы	474
<b>Глава 13. Особенности проектирования воздушно-космических и гиперзвуковых самолетов</b>	<b>475</b>
13.1. Классификация и решаемые задачи	475
13.2. Особенности полета ВКС и гиперзвукового самолета	479
13.3. Определение основных параметров ВКС	504
13.4. Аэродинамическое проектирование ВКС и ГС	512
13.5. Тепловое проектирование ВКС и гиперзвуковых самолетов	516
13.6. Силовые и теплозащитные конструкции ВКС и ГС	521
Вопросы для самопроверки	525
Список литературы	525
<b>Глава 14. Особенности проектирования самолетов гидроавиации</b>	<b>526</b>
14.1. Вводные замечания	526
14.2. Особенности проектирования летательных аппаратов гидроавиации	527
14.3. Заключение	553
Вопросы для самопроверки	556
Список литературы	558
<b>Глава 15. Беспилотные самолеты</b>	<b>559</b>
15.1. Роль и место беспилотных самолетов	559
15.2. Беспилотные самолеты в составе беспилотного авиационного комплекса	562
15.3. Особенности компоновки и определения проектных параметров беспилотных самолетов различных типов	574
Вопросы для самопроверки	584
Список литературы	584
<b>ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТЕЙ САМОЛЕТА</b>	
<b>Глава 16. Проектирование крыла</b>	<b>587</b>
16.1. Общие сведения	587
16.2. Основные геометрические параметры крыла	588
16.3. Аэродинамические характеристики крыльев умеренных и больших удлинений ( $\lambda > 3$ )	592
16.4. Аэродинамические характеристики крыльев малого удлинения	608
16.5. Характеристики аэроупругости крыла	611
16.6. Крылья изменяемой геометрии	617
16.7. Механизация крыла	621
Вопросы для самопроверки	640
Список литературы	640
<b>Глава 17. Проектирование фюзеляжа</b>	<b>641</b>
17.1. Назначение и особенности проектирования	641

17.2. Параметры фюзеляжа, их влияние на его характеристики	643
17.3. Форма поперечного сечения фюзеляжа	648
17.4. Особенности формы носовой и хвостовой частей фюзеляжа	651
17.5. Выбор параметров фюзеляжа многоместных пассажирских самолетов	655
17.6. Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей	662
17.7. Особенности проектирования конструкции фюзеляжей самолетов интегральных схем	672
17.8. Современные методы проектирования КСС	676
17.9. Метод построения теоретически оптимальных конструкций	677
17.10. Метод улучшающих вариаций	680
17.11. Метод прямого сравнения	682
Вопросы для самопроверки	683
Список литературы	683
<b>Глава 18. Проектирование силовой установки самолета</b>	<b>684</b>
18.1. Силовая установка как подсистема самолета	684
18.2. Характеристики авиационных двигателей	685
18.3. Воздухозаборники современных ГТД	694
18.4. Система выхлопа	711
18.5. Установка двигателей на самолетах	716
18.6. Шум реактивных самолетов	720
18.7. Топливная система	727
Вопросы для самопроверки	734
Список литературы	735
<b>Глава 19. Проектирование оперения</b>	<b>736</b>
19.1. Основные понятия. Задачи проектирования оперения	736
19.2. Выбор формы оперения	739
19.3. Выбор формы и параметров органов управления	744
19.4. Проектирование конструктивно-силовой схемы и схемы стыковки оперения	750
Вопросы для самопроверки	761
<b>Глава 20. Проектирование систем управления самолетом</b>	<b>762</b>
20.1. Состав системы управления и задачи ее проектирования	765
20.2. Контур управления. Его основные элементы и их характеристики	778
20.3. Основные особенности характеристик устойчивости и управляемости современных скоростных самолетов и методы их улучшения	788
Вопросы для самопроверки	809
Список литературы	810
<b>Глава 21. Проектирование шасси</b>	<b>811</b>
21.1. Выбор схемы шасси	811
21.2. Выбор основных геометрических параметров шасси	818
21.3. Выбор числа опор и колес	825
21.4. Единый метод оценки ACN—PCN	830
21.5. Силовые и кинематические схемы убирающегося шасси	832
21.6. Конструктивные решения, уменьшающие объемы шасси в убранном положении	838
Вопросы для самопроверки	841
Список литературы	842
Приложение I. Типовая весовая сводка самолета	843
Приложение II. Пример технического задания на проектирование пассажирского самолета	847
Приложение III. Поляры самолетов некоторых типов	849
Приложение IV. Характеристики турбореактивных авиационных двигателей	853
Приложение V. Характеристики стандартной атмосферы (по ГОСТ 4401—81)	861
Приложение VI. Характеристики авиационных колес	862