

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**В. В. Бирюк, А. П. Толстоногов, И. В. Коломин**

## **Системы охлаждения двигателей летательных аппаратов**

Электронное учебное пособие

Самара  
2011

УДК 629.76

Автор: **Бирюк Владимир Васильевич,**  
**Толстоногов Арлен Петрович,**  
**Коломин Илья Викторович**

Рецензенты:

зав. кафедрой «Теоретические основы теплотехники и гидромеханики» СГТУ Кудинов В.А.  
научный руководитель НОЦ ГДИ СГАУ, д.т.н., профессор кафедры теории двигателей  
СГАУ Матвеев В.Н.

Компьютерная верстка: Кутырева Г. П.

**Бирюк, В. В. Системы охлаждения двигателей летательных аппаратов.** [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. В. Бирюк, А. П. Толстоногов, И. В. Коломин ; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон. текстовые и граф. дан. ( 1.8 Мбайт ). – Самара, 2011. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Приведены теоретические основы процессов охлаждения, основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Рассматриваются вопросы различные типы теплообменных аппаратов, системы охлаждения основных типов двигателей летательных аппаратов. Обсуждаются методы выбора системы охлаждения и порядок расчета системы охлаждения двигателя. Учебное пособие предназначено для подготовки аспирантов по специальности 05.07.05.

Подготовлено на кафедре теплотехники и тепловых двигателей СГАУ.

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2011.



## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация.....	5
Введение .....	6
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ОХЛАЖДЕНИЯ .....	7
1.1 ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕПЛООБМЕНА .....	7
1.1.1 Способы передачи энергии в тепловой форме.....	7
1.2 ТЕПЛООБМЕН ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ .....	8
1.2.1 Основные понятия и определения.....	8
1.2.2 Теплопроводность стенок различной формы.....	10
1.2.2.1 Теплопроводность плоской стенки .....	10
1.2.3 Теплопроводность цилиндрической стенки.....	13
1.3 Конвективный теплообмен .....	14
1.3.1 Определение численного значения коэффициента теплоотдачи .....	16
1.4. Теплообмен излучением.....	19
1.4.1 Основные законы теплового излучения .....	21
1.4.3 Лучистый теплообмен между телами .....	22
1.5 Теплопередача .....	22
1.5.1 Общие сведения .....	22
1.5.1.1 Теплопередача через плоскую стенку.....	22
1.5.1.2 Теплопередача через цилиндрическую стенку .....	24
1.5.1.3 Теплопередача через оребренную стенку.....	25
1.6. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов .....	26
Глава 2. Теплообменные аппараты и системы охлаждения .....	31
2.1 Радиаторы .....	32
2.2 Алюминиево-паяные теплообменники .....	34
2.3 Теплообменные устройства охлаждения наддувочного воздуха (интеркулеры) .....	37
2.3.1 Интеркулеры воздух/воздух.....	38
2.3.2 Интеркулеры воздух/вода .....	39
2.3.3 Комбинированные системы .....	39
Глава 3. Системы охлаждения основных типов ДЛА .....	40
3.1 Системы охлаждения поршневых двигателей .....	40
3.1.1 Классификация систем охлаждения поршневых двигателей .....	41
3.1.2 Выбор системы охлаждения двигателя .....	42
3.1.3 Основные задачи расчёта систем охлаждения поршневых двигателей .....	43
3.1.4 Методика ориентировочного расчёта радиатора системы жидкостного охлаждения .....	44
3.1.5 Условия работы вентиляторов.....	45
3.1.6 Ориентировочный расчёт основных характеристик вентилятора .....	46
3.1.7 Расчет системы воздушного охлаждения. Общие положения .....	47
3.1.8 Общая методика подбора вентилятора .....	48
3.2 Системы охлаждения газотурбинных двигателей .....	49
3.2.1 Особенности работы и проектирования лопаток турбины .....	49
современных ГТД .....	49
3.2.2 Температуры газа и тепловые потоки в лопатках газовых турбин .....	50
3.2.3 Материалы деталей газовых турбин .....	51
3.2.4 Температурные напряжения, их особенность .....	52
3.2.5 Основные сведения о тепловом состоянии лопаток газовых турбин .....	53
3.2.6 Опытно-экспериментальные исследования элементов охлаждения и лопаток турбин на установках и в составе двигателя .....	56
3.3 Системы охлаждения ракетных двигателей.....	58
3.3.1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖАРОСТОЙКИХ И ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	64
3.3.1 Основные характеристики многоразовой транспортной .....	66