

УДК 629.7.048(075.8)

С 409

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *В.Н. Ярыгин*, ИТ СО РАН  
д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой ТЭС *С.Л. Елистратов*, НГТУ

Работа подготовлена на кафедре технической теплофизики  
для студентов I–VI курсов ФЛА НГТУ (специальности 24.05.07, 24.04.04,  
16.03.01, 16.04.01, 03.06.01) дневного отделения

**С 409 Системы жизнеобеспечения и оборудование летательных аппаратов:** учебное пособие / А.В. Чичиндаев, Ю.В. Дьяченко, В.А. Спарин, И.В. Хромова; под ред. А.В. Чичиндаева. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 319 с. (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-3904-3

Рассматриваются специальные вопросы, учитываемые при проектировании систем жизнеобеспечения для современной авиации. Излагаются особенности строения атмосферы и физических условий по высотам полета летательных аппаратов. Дается представление о воздействии физических факторов среды на организм человека: давления, температуры, влажности воздуха; воздействии высотных и динамических факторов полета. Материал учебного пособия содержит описания устройства, принципа действия, особенностей работы систем жизнеобеспечения. Описываются методы расчета и проектирования элементов систем жизнеобеспечения: гермокабин ЛА, систем кондиционирования воздуха, систем индивидуального жизнеобеспечения, приводятся необходимые справочные материалы. В основу пособия положены оригинальные авторские результаты, полученные при выполнении научно-исследовательских работ по заказам ряда авиационных фирм. Материал является базовым для курсов «Системы жизнеобеспечения», «Системы индивидуального жизнеобеспечения», «Проектирование СКВ» для студентов вузов (специальности 24.05.07, 24.04.04, 16.03.01, 16.04.01, 03.06.01).

**УДК 629.7.048(075.8)**

**ISBN 978-5-7782-3904-3**

© Чичиндаев А.В., Дьяченко Ю.В.,  
Спарин В.А., Хромова И.В., 2019  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	9
Введение .....	11
<b>Глава 1. Физические свойства магнитосферы и атмосферы Земли .....</b>	<b>17</b>
1.1. Строение магнитосферы Земли .....	18
1.1.1. Магнитосфера Солнца .....	18
1.1.2. Строение и особенности магнитосферы Земли .....	18
1.2. Солнечное неионизирующее излучение .....	22
1.2.1. Спектральный состав солнечного излучения .....	22
1.2.2. Компоненты солнечного излучения .....	25
1.2.3. Распределение солнечного излучения на Земле .....	28
1.3. Особенности строения атмосферы .....	30
1.3.1. Тропосфера .....	32
1.3.2. Стратосфера .....	34
1.3.3. Мезосфера .....	35
1.3.4. Ионосфера .....	36
1.3.5. Экзосфера .....	38
1.4. Изменение параметров воздуха в атмосфере .....	38
1.4.1. Газовый состав .....	38
1.4.2. Температура .....	42
1.4.3. Давление .....	43
1.4.4. Плотность воздуха .....	45
1.4.5. Влажность воздуха .....	46
1.4.6. Международная стандартная атмосфера .....	49
<b>Глава 2. Воздействие факторов внешней среды на человека .....</b>	<b>51</b>
2.1. Влияние давления среды на человека .....	51
2.1.1. Основы дыхательной деятельности человека .....	51
2.1.2. Напорная характеристика легочного тракта .....	54
2.1.3. Влияние давления среды на дыхательную деятельность .....	56
2.2. Влияние температуры среды на человека .....	63
2.2.1. Устройство системы терморегуляции человека .....	63
2.2.2. Расчет теплового баланса человека .....	66
2.2.3. Тепловые состояния организма человека .....	72



2.2.4. Влияние влажности, скорости среды .....	77
2.2.5. Влияние температуры воды .....	82
2.3. Воздействие высотных факторов на человека .....	85
2.3.1. Развитие кислородного голодания по высотам .....	85
2.3.2. Аэроэмболизм и высотный метеоризм .....	90
2.3.3. Тканевая эмфизема .....	93
2.3.4. Влияние перепадов давления (взрывная декомпрессия) .....	95
2.4. Воздействие динамических факторов полета .....	96
2.4.1. Моделирование работы кровеносной системы .....	98
2.4.2. Воздействие линейных перегрузок на организм .....	102
2.4.3. Воздействие нелинейных перегрузок на организм .....	105
2.4.4. Влияние гравитации на организм .....	105
2.4.5. Влияние вибраций и шумов на организм человека .....	106
2.5. Воздействие высотной радиации на человека .....	109
2.5.1. Биологическое действие ионизирующего излучения .....	109
2.5.2. Действие высотного атмосферного излучения .....	112
2.5.3. Требования к биологической защите .....	113
<b>Глава 3. Кондиционирование воздуха в кабинах летательных аппаратов .....</b>	<b>117</b>
3.1. Тепловой режим гермокабины .....	117
3.1.1. Требования к параметрам воздуха в гермокабинах .....	117
3.1.2. Тепловая защита гермокабины .....	118
3.1.3. Воздухораспределение в гермокабинах .....	120
3.2. Тепловой баланс гермокабины .....	122
3.2.1. Конвективный тепловой поток .....	122
3.2.2. Тепловые потоки излучения .....	124
3.2.3. Тепловые потоки, проникающие в гермокабину .....	127
3.2.4. Внутренние источники теплоты и влаги .....	129
3.2.5. Уравнение теплового баланса кабины и расчетные условия .....	132
3.3. Тепловой режим кабины с конвективной термостабилизацией .....	134
3.4. Тепловой режим кабины с панельной термостабилизацией .....	136
3.5. Регулирование давления воздуха в гермокабинах .....	138
3.5.1. Требования к давлению воздуха в гермокабинах .....	138
3.5.2. Программы регулирования давления воздуха в гермокабинах .....	139
3.5.3. Системы автоматического регулирования давления .....	143
<b>Глава 4. Авиационные системы кондиционирования воздуха .....</b>	<b>145</b>
4.1. Назначение и классификация авиационных СКВ .....	145
4.1.1. Состав и назначение авиационных СКВ .....	145
4.1.2. Общая классификация СКВ .....	147
4.1.3. Требования, предъявляемые к СКВ .....	147
4.1.4. СКВ с воздушными холодильными машинами .....	149



4.1.5. СКВ с парокомпрессионными холодильными машинами .....	152
4.2. Принципиальные схемы систем охлаждения СКВ .....	154
4.2.1. СКВ открытого типа с вентилятором .....	154
4.2.2. СКВ открытого типа с компрессором (с наддувом) .....	157
4.2.3. Комбинированные СКВ с компрессором и вентилятором .....	159
4.2.4. СКВ с парокомпрессионными холодильными машинами .....	160
4.3. Принципиальные схемы систем поддержания влажности СКВ .....	162
4.3.1. СКВ с увлажнением воздуха .....	162
4.3.2. СКВ с влагоотделением в линии низкого давления .....	163
4.3.3. СКВ с влагоотделением в линии высокого давления .....	164
4.4. Основы расчета и проектирования СКВ .....	167
4.4.1. Основы проектирования СКВ .....	167
4.4.2. Расчет СКВ с влагоотделением в линии низкого давления .....	172
<b>Глава 5. СКВ с отделением влаги на высоком давлении .....</b>	<b>181</b>
5.1. Особенности теплообмена влажного воздуха в СКВ .....	181
5.1.1. Основные проблемы охлаждения влажного воздуха в СКВ .....	181
5.1.2. Высаждение влаги в линии низкого давления .....	185
5.1.3. Высаждение влаги в линии высокого давления .....	187
5.1.4. Основные агрегаты подсистемы высаждения влаги .....	190
5.2. Классификация СКВ с отделением влаги на высоком давлении .....	194
5.2.1. Общая классификация СКВ с отделением влаги на высоком давлении .....	194
5.2.2. Сравнение СКВ пассажирских самолетов .....	196
5.2.3. Общее сравнение схем .....	200
5.3. Система кондиционирования воздуха самолета Ту-204 (Ту-214, Ту-334) .....	201
5.3.1. Принципиальная схема СКВ Ту-204 .....	201
5.3.2. Конструкция основного узла охлаждения .....	206
5.3.3. Схема и особенности работы основного узла охлаждения .....	210
5.3.4. Современная разработка по проектированию СКВ .....	212
<b>Глава 6. Агрегаты систем кондиционирования воздуха .....</b>	<b>213</b>
6.1. Турбохолодильные установки .....	214
6.1.1. Назначение, устройство и классификация ТХ .....	214
6.1.2. Особенности конструкции турбин ТХ .....	218
6.1.3. Особенности конструкции тормоза ТХ .....	222
6.1.4. Особенности конструкции ТХ .....	224
6.2. Теплообменные аппараты .....	226
6.2.1. Назначение, устройство и классификация ТА .....	226
6.2.2. Схемы продувки авиационных ТА .....	231
6.2.3. Особенности первичного теплообменника СКВ .....	235
6.2.4. Особенности теплообменника-конденсатора СКВ .....	238



6.2.5. Особенности воздушно-испарительных теплообменников .....	247
6.3. Вспомогательная аппаратура .....	249
6.3.1. Вспомогательные газодинамические устройства .....	249
6.3.2. Устройства влажностной обработки воздуха .....	254
6.3.3. Вспомогательные устройства .....	259
<b>Глава 7. Индивидуальные системы обеспечения жизнедеятельности .....</b>	<b>261</b>
7.1. Принципы и способы защиты человека в высотных полетах .....	261
7.1.1. Особенности индивидуальных СОЖ .....	261
7.1.2. Дыхание чистым воздухом .....	264
7.1.3. Дыхание воздухом, обогащенным кислородом .....	266
7.1.4. Дыхание чистым кислородом под избыточным давлением .....	267
7.2. Системы кислородного питания .....	270
7.2.1. Общетехнические требования к СКП .....	270
7.2.2. Основные типы СКП .....	271
7.2.3. Устройство и принцип работы основных узлов СКП .....	277
7.2.4. Устройство и принцип работы регуляторов давления .....	280
7.2.5. Источники кислорода на борту .....	284
7.2.6. Комплекты кислородного оборудования .....	287
7.3. Высотное снаряжение .....	292
7.3.1. Кислородные маски .....	292
7.3.2. Герметичные шлемы .....	295
7.3.3. Высотно-компенсирующие костюмы .....	296
7.3.4. Вентилируемые и противоперегрузочные костюмы .....	299
7.3.5. Высотные скафандры .....	301
7.3.6. Морской спасательный костюм .....	302
7.3.7. Области применения различных типов высотного снаряжения .....	304
Библиографический список .....	305
Приложение 1. Физические свойства сухого воздуха при давлении 101,325 кПа ....	312
Приложение 2. Оптические характеристики материалов .....	313
Приложение 3. Поглощательная и пропускательная способность стекол .....	314
Приложение 4. Зависимость плотности потока прямого излучения от высоты полета .....	315
Приложение 5. Характеристики теплоизоляционных материалов .....	316
Приложение 6. Международная стандартная атмосфера .....	317
Приложение 7. Зависимости тепло- и влаговыделений человека от температуры воздуха в кабине .....	318