

С.Л. БАРБОТЬКО, О.С. ВОЛЬНЫЙ,
О.А. КИРИЕНКО, Е.Н. ШУРКОВА



ОЦЕНКА ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ,
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ, МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**С.Л. Барботько, О.С. Вольный,
О.А. Кириенко, Е.Н. Шуркова**

ОЦЕНКА ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ,
МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ,
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ,
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ**

Под общей редакцией
академика РАН, профессора Е.Н. Каблова

Допущено Федеральным Учебно-методическим объединением
по укрупненной группе специальностей и направлений 22.00.00. «Технологии материалов»
в качестве учебного пособия при подготовке магистров
(направление 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»)
и аспирантов (направление 22.06.01 «Технологии материалов»)

МОСКВА
ВИАМ
2018

УДК 669.81:678.8
ББК 30.3+38.96:39.5
О-93

Рецензенты: главный научный сотрудник ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ)» ГНЦ РФ, доктор технических наук *Э.К. Кондрашов*; профессор кафедры пожарной безопасности в строительстве Академии государственной противопожарной службы МЧС России, доктор технических наук *А.Б. Сивенков*

Барботько С.Л., Вольный О.С., Кириенко О.А., Шуркова Е.Н.

О-93 Оценка пожаробезопасности полимерных материалов авиационного назначения: анализ состояния, методы испытаний, перспективы развития, методические особенности / под общ. ред. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ, 2018. – 424 с. : ил.

ISBN 978-5-905217-35-7

Впервые в отечественной практике приведены обобщенные и систематизированные данные о методах испытаний полимерных материалов авиационного назначения для определения характеристик пожарной опасности. Рассмотрены состояние дел с пожарной безопасностью авиационной техники, основы процесса горения полимерных материалов, история и перспективы развития авиационных требований по пожарной безопасности. Подробно описаны применяемые квалификационные методы оценки, перспективные для введения в нормативную квалификационную базу, исследовательские, а также натурные и масштабные методы испытаний. Проведено их сопоставление с применяемыми в других отраслях промышленности квалификационными методами. Рассмотрены методические особенности проведения испытаний и трактовки получаемых результатов.

Учебное пособие предназначено для студентов и аспирантов, обучающихся по специальности «Материаловедение (машиностроение)», специализация «Материалы и технологии для авиационной техники» по курсу «Пожарная безопасность полимерных материалов авиационного назначения». Книга может быть полезна для широкого круга инженерных и научных работников, конструкторов НИИ, КБ и заводов, которые по роду своей деятельности участвуют в разработке или выборе материалов и элементов конструкций, проведении испытаний и проектировании изделий авиационного назначения.

УДК 669.81:678.8
ББК 30.3+38.96:39.5

ISBN 978-5-905217-35-7

© ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

От издателя	8
Введение	11
Глава 1. Пожарная опасность авиационной техники, процессы горения полимерных материалов и развитие нормативных требований по пожаробезопасности	16
1.1. Анализ статистических данных по авиационным происшествиям, сопровождающимся пожаром	16
1.2. Анализ применения полимерных материалов в изделиях авиационной техники.	29
1.3. Процессы горения полимерных материалов	35
1.3.1. Тепло- и массоперенос в процессах горения	37
1.3.2. Механизмы термодеструкции органических полимеров. Влияние химического состава и строения полимера	38
1.4. Развитие авиационных норм в части пожаробезопасности, требований к материалам и методам оценки.	51
1.5. Состав авиационных норм, параграфы и пункты, содержащие требования по пожарной безопасности	62
Литература	70
Вопросы к главе	78
Глава 2. Квалификационные методы оценки пожарной безопасности авиационных материалов, классификация материалов и допустимые значения согласно требованиям авиационных норм	80
2.1. Методы оценки горючести	80
2.1.1. Испытания на горючесть образца в вертикальном положении	87
2.1.2. Испытания на горючесть образца в горизонтальном положении	92
2.1.3. Испытания на горючесть образца в положении под углом 45 градусов к горизонту	95
2.1.4. Испытания на горючесть образца в положении под углом 60 градусов к горизонту	97
2.2. Метод определения воспламеняемости подушек кресел.	99

2.3. Метод определения огнестойкости панелей багажных отсеков	112
2.4. Метод испытаний по определению тепловыделения материалов кабин при воздействии теплового излучения	117
2.5. Метод определения дымообразования	135
2.6. Метод испытания по определению характеристик воспламеняемости термо/звукоизоляционных материалов и распространения пламени по ним.	147
2.7. Метод определения устойчивости к прогоранию материалов тепловой/акустической изоляции.	156
Литература	167
Вопросы к главе	169

Глава 3. Дополнительно используемые квалификационные методы для оценки пожарной безопасности материалов авиационного назначения	171
3.1. Методы оценки огнестойкости и огнестойкости	171
3.1.1. Метод оценки огнестойкости мест хранения отходов.	181
3.1.2. Метод испытаний трубопроводов для силовых установок	183
3.1.3. Метод испытаний на стойкость к проникновению огня в силовых установках	187
3.1.4. Оценка огнестойкости материалов и элементов конструкций капота мотогондолы, внешней обшивки фюзеляжа и несущей части крыла	191
3.1.5. Метод оценки огнестойкости электрических соединений в огнепреграждающих перегородках	193
3.1.6. Метод испытаний электрических проводов, расположенных в пожароопасных зонах	197
3.2. Метод оценки стойкости материалов герметичных надувных спасательных конструкций к воздействию теплового потока	201
3.3. Метод оценки горючести материалов авиационных пледов	205
3.4. Оценка токсичности продуктов горения	207
3.4.1. Метод оценки токсичности продуктов горения на лабораторных животных.	207

3.4.2. Метод измерения концентраций токсичных газов в продуктах горения путем их измерения при проведении испытаний в дымовой камере	211
3.5. Метод оценки дымообразующей способности электрических проводов	216
3.6. Метод испытаний с использованием керосиновой горелки для оценки воспламеняемости магниевых сплавов, применяемых в конструкциях авиационных кресел	219
Литература	222
Вопросы к главе	224
Глава 4. Методы испытаний, перспективные для применения в авиационной отрасли	226
4.1. Метод латерального распространения пламени	227
4.2. Метод оценки огнестойкости обшивок фюзеляжа и измерения количества выделяемого дыма и токсичных газов материалами внешнего контура авиационной техники.	234
4.3. Метод определения вертикального распространения пламени.	239
4.4. Методы оценки пожаробезопасности аппаратуры и электронных модулей	241
Литература	242
Вопросы к главе	244
Глава 5. Исследовательские методы испытаний материалов авиационного назначения	246
5.1. Оценка предельных условий горения по концентрации кислорода	246
5.1.1. Метод определения кислородного индекса	246
5.1.2. Метод определения предельной концентрации кислорода	250
5.1.3. Метод определения температурного индекса.	251
5.2. Методы оценки воспламеняемости и распространения пламени при воздействии повышенной температуры и/или внешнего теплового потока	251
5.2.1. Метод испытаний по определению степени распространения пламени по горизонтальной поверхности образца	252

5.2.2. Метод определения распространения пламени по электропроводам при воздействии теплового потока	254
5.2.3. Метод определения индекса распространения пламени . . .	255
5.2.4. Оценка распространения пламени снизу вверх по вертикальному образцу при повышенных температурах . .	258
5.2.5. Оценка распространения пламени снизу вверх по вертикальному образцу при одновременном воздействии теплового потока	261
5.2.6. Оценка воспламеняемости и прогораемости материалов при воздействии теплового потока	262
5.3. Методы определения выделения тепла при горении	264
5.3.1. Методы бомбовой калориметрии по определению теплот сгорания и горения	265
5.3.2. Метод определения выделяемого тепла по потреблению кислорода (cone calorimeter)	268
5.3.3. Метод оценки с использованием микрокалориметра сгорания	272
5.4. Токсикологическая оценка продуктов горения	275
5.5. Дымообразующая способность	279
5.6. Оценка пожароопасности магниевых сплавов	280
5.7. Испытания на огнестойкость напряженных образцов и оценка сохраняемости физико-механических характеристик полимерных конструкционных материалов при воздействии огня	284
Литература	287
Вопросы к главе	295
Глава 6. Натурные и масштабные методы испытаний	297
6.1. Натурные и полномасштабные испытания на пожароопасность изделий и компонентов авиационной техники	297
6.1.1. Натурные и полномасштабные испытания авиационной техники	298
6.1.2. Натурные и полномасштабные испытания компонентов (элементов конструкций)	307
6.2. Среднемасштабные методы испытаний	309
6.3. Маломасштабные испытания	310
Литература	311
Вопросы к главе	314

Глава 7. Сопоставление применяемых в различных отраслях промышленности методов испытаний полимерных материалов на пожарную безопасность	316
7.1. Методы оценки распространения пламени	321
7.2. Методы оценки способности к воспламенению от открытого пламени и самостоятельному затуханию (методы оценки горючести).	326
7.3. Метод оценки воспламеняемости при воздействии теплового потока	330
7.4. Методы оценки дымообразующей способности.	330
7.5. Методы оценки тепловыделения при горении	332
7.6. Методы оценки токсичности продуктов горения	337
7.7. Методы оценки огнестойкости	343
7.8. Комплексная оценка пожарной безопасности	343
Литература	344
Вопросы к главе	355
Глава 8. Методические особенности проведения испытаний и оценка основных факторов, влияющих на пожаробезопасность полимерных материалов авиационного назначения и конструктивных элементов на их основе	357
8.1. Влияние толщины образца на регистрируемые параметры пожарной опасности	369
8.2. Влияние продолжительности экспозиции на значения регистрируемых параметров горючести	379
8.3. Оценка пожарной безопасности клеев	382
8.4. Влияние структуры композиционного материала и конструктивного элемента	387
8.5. Влияние воздействия факторов окружающей среды на характеристики пожарной безопасности	389
8.6. Оценка влияния пигментов/наполнителей	394
Литература	399
Вопросы к главе	405