

Ю. М. Тарнопольский, И. Г. Жигун,  
В. А. Поляков

# **ПРОСТРАНСТВЕННО- АРМИРОВАННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**СПРАВОЧНИК**



Москва  
«Машиностроение» 1987

ББК 34.43  
Т21  
УДК 620.18 (035)

Рецензент чл.-кор. АН СССР В. В. ВАСИЛЬЕВ

**Тарнопольский Ю. М. и др.**

Т21 **Пространственно-армированные композиционные материалы: Справочник/ Ю. М. Тарнопольский, И. Г. Жигун, В. А. Поляков — М.: Машиностроение, 1987. — 224 с.: ил.**

(В пер.): 1 р. 20 к.

Изложены методы расчета упругих свойств композиционных материалов с пространственными схемами армирования. Приведены упругие, теплофизические и прочностные характеристики пространственно-армированных композиционных материалов с разной структурой армирования. Рассмотрено влияние структурных и технологических параметров, объемного содержания и свойств арматуры и матрицы на характеристики композиционных материалов.

Для инженерно-технических работников, занимающихся созданием материалов, конструированием и производством изделий из композиционных материалов.

Т 2704010000-239  
038 (01)-87 239-87

ББК 34.43  
6П7.55

#### СПРАВОЧНИК СПЕЦИАЛИСТА

**Юрий Матвеевич ТАРНОПОЛЬСКИЙ, Иван Григорьевич ЖИГУН,  
Валерий Аркадьевич ПОЛЯКОВ**

### **ПРОСТРАНСТВЕННО-АРМИРОВАННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Редактор **Е. В. Медведева**. Художественный редактор **С. С. Водниц**.  
Переплет художника **А. А. Лукьяненко**. Технический редактор **Е. П. Смирнова**.  
Корректоры: **О. Е. Мишина, Л. Е. Сонюшкина**  
ИБ № 4911

Сдано в набор 27.02.86. Подписано в печать 19.01.87. Т-04534. Формат 60×90<sup>1/16</sup>.  
Бумага офсетная № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,0.  
Усл. кр.-отт. 14,0. Уч.-изд. л. 18,35. Тираж 8000 экз. Заказ 67. Цена 1 р. 20 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение», 107076,  
Москва, Стромьинский пер., 4

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3	4.2. Влияние структурных параметров	95
ГЛАВА 1		4.3. Жесткость при одноосном нагружении	98
Типы структурных схем	4	4.4. Прочность при одноосном нагружении	111
1.1. Принципы классификации	4	4.5. Натяжение арматуры	118
1.2. Слоистые структуры	4	ГЛАВА 5	
1.3. Пространственно-армированные структуры	10	Композиционные материалы, армированные системой трех нитей	121
1.4. Предельные коэффициенты армирования пространственных структур	19	5.1. Расчетные модели	121
ГЛАВА 2		5.2. Модель, учитывающая плотность укладки волокон	127
Методы определения механических свойств	26	5.3. Анализ моделей	139
2.1. Вводные замечания	26	5.4. Механические свойства	146
2.2. Растяжение	26	5.5. Влияние полимерной матрицы на формирование механических свойств	156
2.3. Сжатие	33	5.6. Влияние структурных факторов на механические свойства	160
2.4. Изгиб плоских образцов	38	5.7. Оценка эффективности армирования в третьем направлении	164
2.5. Сдвиг	42	ГЛАВА 6	
ГЛАВА 3		Углерод-углеродные композиционные материалы	167
Трехмерноармированные среды	48	6.1. Способы изготовления	167
3.1. Элементарный слой	48	6.2. Свойства композиционных материалов 3D и Мод 3	172
3.2. Расчет упругих характеристик слоя	53	6.3. Влияние термической обработки на формирование свойств	181
3.3. Принцип сложения слоев	64	6.4. Особенности свойств углерод-углеродных композиционных материалов	184
3.4. Четырехнаправленные композиционные материалы 4D	74	6.5. Характер разрушения	200
3.5. О методах усреднения жесткостей многонаправленных композиционных материалов	82	ГЛАВА 7	
3.6. Влияние многонаправленности волокон на деформируемость пространственно-армированных композиционных материалов	86	Композиционные материалы, армированные вискеризованными волокнами	201
ГЛАВА 4		7.1. Принципы создания композиционных материалов	201
Композиционные материалы, армированные системой двух нитей	91	7.2. Определение упругих характеристик	203
4.1. Расчет упругих характеристик	91	7.3. Свойства	206
		7.4. Учет степени вискеризации арматуры	213
		Список литературы	218