

**В. Ф. КАБЛОВ, Ю. А. ГАМЛИЦКИЙ,
В. Н. ТЫШКЕВИЧ**

**МЕХАНИКА
АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ
И РЕЗИНОКОРДНЫХ
КОМПОЗИТОВ**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.Ф. Каблов, Ю.А. Гамлицкий,
В.Н. Тышкевич

МЕХАНИКА
АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ
И РЕЗИНОКОРДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Монография



Волгоград
2014

УДК 531/534

ББК 22.2

Рецензенты:

Кафедра «Химия и технология переработки эластомеров» Московского государственного университета тонкой химической технологии имени М.В. Ломоносова, заведующий кафедрой, д.т.н., профессор Люсова Л. Р.

Заведующий кафедрой «Общая физика» филиала ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет (МЭИ)» в г. Волжском, д.ф.-м.н., доцент Кульков В. Г.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Каблов В.Ф.

Механика армированных пластиков и резинорддных компози-
тов: монография/В.Ф. Каблов, Ю.А. Гамлицкий, В.Н. Тышкевич –
ВПИ (филиал) ВолгГТУ, Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2014 – 348 с.
ISBN 978-5-9948-1365-2

В монографии обобщены материалы исследований авторов по механике армированных пластиков и резинорддных композитов.

Рассмотрены структурные особенности и механические свойства полимерных композиционных материалов.

Описан феноменологический подход к оценке жёсткости и прочности слоистых полимерных композитов при статическом, малоцикловом нагружении и малых деформациях в линейной постановке.

Представлен расчётно-экспериментальный метод определения упругих свойств резин, наполненных активным наполнителем при больших деформациях в нелинейной постановке и сложном напряжённо-деформированном состоянии.

Приведены методики моделирования реального напряжённо-деформированного состояния резинорддных деталей шин и резинотехнических изделий на специальных образцах в условиях статических, динамических и усталостных испытаний. Представлен подход к определению усталостных характеристик РКК с учётом условий вулканизации и нагружения шины, позволяющий прогнозировать работоспособность резинорддных деталей шины на основе лабораторных испытаний резинорддных образцов.

Представлена концепция прогнозирования работоспособности пневматических шин на стадии их проектирования.

Монография может быть полезна техническим работникам и аспирантам, специализирующимся в области проектирования и производства изделий из армированных пластиков и резинорддных композитов; студентам высших учебных заведений, обучающихся по технологическим направлениям и специальностям.

Табл. 55. Ил. 100. Библиогр.: 413 назв.

ISBN 978-5-9948-1365-2

© Волгоградский государственный
технический университет, 2014

© Волжский политехнический институт, 2014

© Коллектив авторов, 2014

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие.....	5
Глава 1. Особенности структуры и механические свойства армированных пластиков и резинокордных композитов.....	8
1.1. Структура и свойства армированных пластиков и резинокордных композитов.....	8
1.2. Армирующие материалы.....	18
1.2.1. Стекловолоконные волокна (18)	
1.2.2. Углеродные волокна (22)	
1.2.3. Органические волокна (24)	
1.2.4. Борные волокна (25)	
1.2.5. Текстильный корд (26)	
1.2.6. Металлокорд (38)	
1.3. Полимерные матрицы.....	42
1.3.1. Определения, основные физико-механические свойства (42)	
1.3.2. Полимерные связующие (пластмассы) (58)	
1.3.2.1. Эпоксидные связующие (61)	
1.3.2.2. Полиэфирные связующие (71)	
1.3.2.3. Фенолформальдегидные связующие (72)	
1.3.2.4. Кремнийорганические связующие (72)	
1.3.2.5. Полиимидные связующие (72)	
1.3.3. Резины (72)	
1.3.3.1. Общие сведения. Механические характеристики (72)	
1.3.3.2. Резины для обрешивания текстильного корда (77)	
1.3.3.3. Резины для металлокордного композита (81).	
Глава 2. Методы определения напряженно-деформированного состояния, прочности и прогнозирование работоспособности конструкций из армированных пластиков и резинокордных композитов	85
2.1. Методы расчёта конструкций из композитов.....	85
2.2. Методы определения напряженно-деформированного состояния резинокордных композитов и пневматических шин.....	91
2.3. Упругие потенциалы резины.....	108
2.4. Расчётные и экспериментальные методы прогнозирования работоспособности резинокордных композитов и пневматических шин.....	119
Глава 3. Прочность и жёсткость слоистых композитов при статическом и малоцикловом нагружении	137
3.1. Соотношения упругости	137
3.2. Определения упругих постоянных слоистых пакетов.....	144
3.3. Применение феноменологических критериев прочности для анизотропных материалов.....	148
3.3.1. Критерий Мизеса–Хилла и другие квадратичные критерии (154)	
3.3.2. Тензорно-полиномиальные критерии прочности (155)	
3.3.3. Оценка достоверности критериев прочности экспериментальными методами (160)	
3.3.4. Построение поверхностей прочности (163)	
3.4. Расчёты на прочность при статическом нагружении.....	165
3.5. Расчёты на прочность при малоцикловом нагружении.....	170

Глава 4. Упругие потенциалы резины и моделирование сложного однородного напряженно-деформированного состояния (НДС) в лабораторных условиях	175
4.1. Упругий потенциал несжимаемого тела для случая изотропности в деформированном состоянии	175
4.2. Новый подход к построению упругого потенциала наполненной резины	181
4.3. Сложное НДС как суперпозиция чистого и простого сдвигов.....	193
4.4. Частный случай простого сдвига	196
4.5. О возможности построения упругого потенциала по результатам одноосного растяжения-сжатия	197
4.6. Экспериментально-расчетный метод определения плотности энергии деформации в зависимости от инвариантов тензора деформации	198
4.7. Свойства резин в сложном НДС	204
4.8. Задача Ламе для больших деформаций резины	219
Глава 5. Моделирование реальных условий нагружения резинокордных композитов	224
5.1. Резинокордные однослойные образцы с «косой» нитью (ОКН). Критерии однородности деформации резины между нитями корда.....	225
5.2. Расчет НДС резинокордного слоя.....	234
5.3. Соотношения для связи НДС каркаса и брекера шины с НДС ОКН.....	244
5.4. Различия НДС ОКН с металлическим и текстильным кордом.....	252
Глава 6. Механические свойства ОКН и показатели работоспособности брекера и каркаса пневматических шин.....	259
6.1. Объекты и методы испытаний.....	259
6.2. Результаты испытаний на прочность при растяжении.....	262
6.3. Результаты усталостных испытаний.....	273
6.4. Характер разрушения ОКН.....	287
6.5. Коммутативность усталостной выносливости.....	291
Глава 7. Концепция прогнозирования работоспособности пневматических шин на стадии их проектирования.....	293
7.1. Общие замечания.....	293
7.2. Целевое назначение лабораторных испытаний.....	295
7.3. Концептуальные вопросы технологического обеспечения качества.....	300
7.4. Схема организации исследований при разработке нового изделия.....	308
7.5. Прогнозирование работоспособности резинокордных деталей шин с учетом условий реальной эксплуатации.....	315
7.6. Задачи дальнейших исследований.....	321
Список литературы.....	323