



А. Я. БАШКАРЕВ В. И. ВЕТТЕГРЕНЬ М. А. СУСЛОВ

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

А. Я. Башкарев В. И. Веттегрень М. А. Суслов

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

 **ИЗДАТЕЛЬСТВО**
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Санкт-Петербург

2016

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машиноведения и основ конструирования Института металлургии, машиностроения и транспорта СПбПУ *М. А. Скотникова*
Доктор технических наук, заведующий лабораторией трения и износа Института проблем машиноведения РАН *Ю. А. Фадин*

Башкарев А. Я. Долговечность полимерных композитов / А. Я. Башкарев, В. И. Веттегрень, М. А. Суслов. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. — 147 с.

В книге излагаются результаты многолетних научных исследований и опыта практического применения полимерных композиционных материалов, полученные в трех известных организациях: Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого, Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук и ОАО Центральный научно-исследовательский институт материалов. Наибольшее внимание в книге уделено результатам исследования механизмов разрушения и прогнозированию долговечности адгезионных соединений полимеров с металлами и полимерных антифрикционных композитов.

Материал книги может быть интересен и полезен специалистам в области создания и применения полимерных конструкционных композитов, а также студентам, аспирантам и ученым, занимающимся проблемами материаловедения.

Печатается по решению

Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

© Башкарев А. Я., Веттегрень В. И.,
Сулов М. А., 2016

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2016

ISBN 978-5-7422-5108-8

Оглавление

Список обозначений.....	6
Переводные множители.....	12
Введение.....	13
1. Механизм разрушения полимерных материалов и композитов.....	14
1.1. Роль термических флуктуаций в механизме разрушения полимеров и композитов.....	15
1.2. Возбужденные («перенапряженные») химические связи... ..	19
1.3. Разрывы полимерных молекул.....	25
1.4. Трещины и механизм их укрупнения.....	27
2. Кинетика разрушения полимеров и композитов на их основе в широком диапазоне температур.....	28
2.1. Температурные зависимости прочности полимеров	28
2.2. Энергия активации разрушения композитов в диапазоне температур между T_t и T_b	31
2.3. Влияние статистики молекулярных колебаний на кинетику разрушения полимеров и композитов.....	34
2.4. Временная зависимость прочности при $T < T_t$	39
2.5. Описание температурно-временной зависимости прочности при $T > T_b$	39
2.6. Температурная зависимость прочности трехмерно армированного углерод-углеродного композита.....	43
2.7. К вопросу о величине параметров U_0 и γ	49
Заключение.....	50
3. Граничные слои и их влияние на прочность композитов.....	51
Введение.....	51
3.1. Внутренние напряжения в граничных слоях и их влияние на прочность композитов.....	51
3.1.1. Напряжения, вызванные адгезионной связью полимеров с металлами.....	51
3.1.2. Внутренние напряжения, обусловленные различием КТР полимера и металла.....	61
3.2. Динамика прочности адгезионных соединений между полимерами и металлами.....	64

3.3. Влияние формы и концентрации частиц наполнителя на прочность композитов.....	69
Заключение.....	76
4. Механизм и кинетика трения полимеров и полимерных композитов.....	75
4.1. Введение.....	77
4.2. Кинетика изнашивания.....	77
4.2.1. Определение температуры в зоне трения.....	78
4.2.2. Кинетика разогрева при трении.....	81
4.2.3. Зависимость фрикционных параметров от давления.....	85
4.2.4. Кинетика изнашивания наполненных композитов.....	86
4.2.5. Зависимость силы трения между композиционным материалом и металлическим контртелом от температуры.....	91
4.2.6. Кинетика разогрева в области температур, превышающих T_g	93
4.3. Деструкция полимеров и полимерных композитов при трении.....	95
4.4. Определение допустимого давления в узле трения.....	97
4.5. Динамика разрушения при трении волокнистого композита.....	99
4.6. Зависимость коэффициента трения композита от свойств матрицы.....	101
Заклучение.....	107
5. Влияние окружающей атмосферы на кинетику разрушения.....	106
5.1. Влияние воды на кинетику разрушения под действием растягивающих напряжений.....	108
5.2. Напряжения в граничных слоях с воздушной атмосферой и их влияние на кинетику разрушения.....	118
5.3. Влияние окружающей среды на трибологические свойства композитов.....	123
Заклучение.....	125
6. Влияние формы и концентрации частиц наполнителя на теплофизические свойства композитов.....	126
Введение.....	126
6.1.1. Температуропроводность композитов.....	126
6.1.2. Теплоемкость композитов.....	131

<i>6.2. Коэффициент теплового расширения композитов.....</i>	<i>133</i>
<i>Заключение.....</i>	<i>137</i>
<i>Список использованных источников.....</i>	<i>138</i>