

**Г. В. Пачурин**

**В. В. Галкин**

**В. Г. Пачурин**

**СОПРОТИВЛЕНИЕ  
УСТАЛОСТИ  
КОНСТРУКЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ  
ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**



**ТОНКИЕ  
НАУКОЕМКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

**Г. В. ПАЧУРИН, В. В. ГАЛКИН, В. Г. ПАЧУРИН**

**СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ  
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Под общей редакцией Г. В. Пачурина

Допущено Учебно-методическим объединением вузов  
по образованию в области автоматизированного машиностроения  
(УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов  
высших учебных заведений, обучающихся по направлению  
«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»

Старый Оскол  
ТНТ  
2021

**УДК 621**  
**ББК 34.4**  
**П 219**

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В. К. Мусаев*  
доктор технических наук, профессор *Н. А. Кузьмин*  
кандидат технических наук, профессор *С. М. Шевченко*

**Пачурин Г. В., Галкин В. В., Пачурин В. Г.**

**П 219 Сопротивление усталости конструкционных материалов при разных температурах : учебное пособие / Г. В. Пачурин, В. В. Галкин, В. Г. Пачурин; под общ. ред. Г. В. Пачурина. — Старый Оскол : ТНТ, 2021. — 212 с. : ил.**

**ISBN 978-5-94178-700-5**

В издании рассмотрена проблема повышения эксплуатационной надёжности холодноштампованных металлических материалов в изделиях инженерных конструкций, испытывающих циклические нагрузки в условиях криогенных, комнатных и повышенных температур. На основании аналитического обзора, изучения теории вопроса, оригинальных комплексных структурно-механических и фрактографических исследований определены основные закономерности усталостного разрушения металлов и сплавов при разных температурах.

Результаты исследований позволяют прогнозировать и оптимизировать режимы технологической обработки металлических материалов с целью повышения долговечности изделий и снижения их материалоемкости.

Предназначено для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлениям «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Техносферная безопасность», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Материаловедение и технологии материалов», «Металлургия», «Машиностроение», «Энергетическое машиностроение», «Теплоэнергетика и теплотехника».

Представленный материал также может быть полезен научным и инженерно-техническим работникам автомобильной, авиационной, судостроительной и других металлообрабатывающих отраслей промышленности.

**УДК 621**  
**ББК 34.4**

**ISBN 978-5-94178-700-5**

© Пачурин Г. В., Галкин В. В.,  
Пачурин В. Г., 2021  
© Оформление. ООО «ТНТ», 2021

## Оглавление

Введение .....	6
<b>Глава 1. ПРОБЛЕМЫ УСТАЛОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ .....</b>	<b>11</b>
1.1. Сопротивление усталости и долговечность металлических материалов при различных температурах .....	12
1.2. Влияние вида и режима технологической обработки на температурную зависимость долговечности материалов....	15
1.2.1. Механическая обработка.....	15
1.2.2. Термомеханическая обработка.....	17
1.2.3. Объёмное пластическое деформирование .....	18
1.2.4. Сварка.....	20
1.3. Процесс усталостного разрушения металлов и сплавов при различных температурах .....	21
1.3.1. Зарождение усталостных трещин .....	22
1.3.2. Скорость развития усталостных трещин .....	23
1.3.3. Фрактографический анализ усталостных изломов.....	27
<i>Контрольные вопросы.....</i>	<i>30</i>
<b>Глава 2. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....</b>	<b>31</b>
2.1. Материалы, режимы их обработки и методика испытаний.....	31
2.2. Результаты экспериментов и их анализ .....	32
<i>Контрольные вопросы.....</i>	<i>39</i>
<b>Глава 3. ЦИКЛИЧЕСКАЯ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ .....</b>	<b>40</b>
3.1. Цветные металлы и сплавы.....	40
3.1.1. Медь М1, латунь Л63, бронза БРБ-2 .....	40
3.1.2. Алюминиевые сплавы В95пчТ2, Д19АМ и 01420Т..	46



3.1.3. Титановые сплавы ОТ4-1 и ВТ20 .....	50
3.2. Конструкционные стали .....	52
3.2.1. Мартенситные стали 40Х, 20Х13, 14Х17Н2 и ВНС-2М .....	52
3.2.2. Аустенитная сталь ЭИ878-М1 и сварные соединения из стали 12Х18Н10Т .....	56
3.2.3. Ферритно-перлитные стали 08кп, 08пс, 08Ю, 08ГСЮТ и 07ГСЮФТ.....	64
3.2.4. Сварные соединения из сталей 08кп, 08пс, 20кп, 07ГСЮФ, 08ГСЮФ .....	66
<i>Контрольные вопросы</i> .....	67

**Глава 4. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
НА СТРУКТУРНУЮ ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ МЕТАЛЛОВ  
И СПЛАВОВ В ПРОЦЕССЕ УСТАЛОСТИ ПРИ РАЗНЫХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ .....**

4.1. Кривые изменения текущего прогиба.....	68
4.2. Влияние технологической обработки на структуру и сопротивление усталостному разрушению металлических материалов при разных температурах .....	73
4.2.1. Медь М1 .....	74
4.2.2. Латунь Л63 .....	83
4.2.3. Алюминиевый сплав В95пчТ2 .....	88
4.2.4. Мартенситные стали 40Х, 20Х13, 14Х17Н2 и ВНС-2М .....	90
4.2.5. Ферритно-перлитные стали 08кп, 08пс, 08Ю, 08ГСЮТ, 07ГСЮФТ .....	93
<i>Контрольные вопросы</i> .....	96

**Глава 5. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА  
УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛОВ  
И СПЛАВОВ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ .....**

5.1. Термообработанные материалы .....	98
5.2. Предварительно деформированные металлы и сплавы.....	107
<i>Контрольные вопросы</i> .....	121

<b>Глава 6. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ .....</b>	<b>122</b>
6.1. Сопоставление стандартных механических характеристик при статическом нагружении металлов и сплавов с их усталостными свойствами .....	122
6.2. Закономерности влияния предварительного пластического деформирования на сопротивление усталости металлов и сплавов .....	127
Контрольные вопросы .....	138
<b>Глава 7. ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТОК В ПРОИЗВОДСТВЕ ...</b>	<b>139</b>
7.1. Листовые гофрированные панели летательных аппаратов ....	139
7.1.1. Конструктивно-эксплуатационные характеристики изделия и применяемые материалы .....	140
7.1.2. Технологические процессы изготовления изделия — листовой гофрированной панели летательных аппаратов ...	144
7.1.3. Напряжённо-деформированное состояние в элементе жёсткости гофрированной панели-рифте и его особенности в зависимости от технологического процесса штамповки изделия .....	151
7.1.4. Методика и оборудование механических испытаний и структурных исследований .....	159
7.1.5. Сведения по долговечности материалов для гофрированных панелей после предварительной пластической обработки .....	161
7.1.6. Методика оценки эксплуатационной долговечности штампуемых листовых гофрированных панелей .....	163
7.2. Снижение металлоёмкости некоторых металлических элементов автобуса ПАЗ .....	167
Контрольные вопросы .....	169
<b>Заключение .....</b>	<b>170</b>
<b>Приложения .....</b>	<b>174</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>201</b>