

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТВЕРДЕНИЯ,  
ПРОЧНОСТИ, РАЗРУШЕНИЯ  
И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА,  
БЕТОНА И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ НИХ**

---

**В ТРЕХ ТОМАХ**

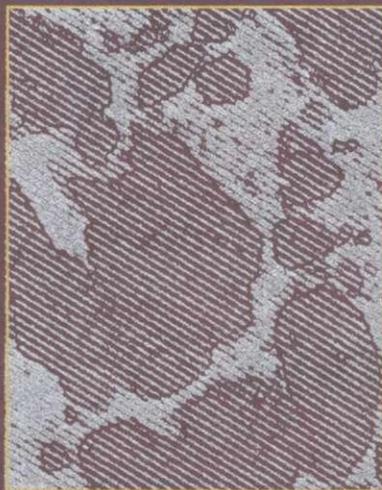
---

**А.Н. ПЛУГИН, А.А. ПЛУГИН, О.А. КАЛИНИН,  
С.В. МИРОШНИЧЕНКО, Д.А. ПЛУГИН,  
А.С. КАГАНОВСКИЙ, Ал. А. ПЛУГИН,  
О.В. ГРАДОБОВЕВ, О.С. БОРЗЯК**

---

**ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТИ,  
РАЗРУШЕНИЯ  
И ДОЛГОВЕЧНОСТИ  
БЕТОНА, ЖЕЛЕЗОБЕТОНА  
И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ НИХ**

**Том 3**



ОСНОВЫ ТЕОРИИ  
ТВЕРДЕНИЯ, ПРОЧНОСТИ,  
РАЗРУШЕНИЯ  
И ДОЛГОВЕЧНОСТИ  
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА, БЕТОНА  
И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ НИХ

В ТРЕХ ТОМАХ

Под редакцией лауреата Государственной  
премии Украины в области науки и техники,  
доктора химических наук,  
профессора А.Н. ПЛУГИНА

А.Н. ПЛУГИН, А.А. ПЛУГИН, О.А. КАЛИНИН,  
С.В. МИРОШНИЧЕНКО, Д.А. ПЛУГИН,  
А.С. КАГАНОВСКИЙ, Ал.А. ПЛУГИН,  
О.В. ГРАДОБОВЕВ, О.С. БОРЗЯК

ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТИ,  
РАЗРУШЕНИЯ  
И ДОЛГОВЕЧНОСТИ  
БЕТОНА, ЖЕЛЕЗОБЕТОНА  
И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ НИХ

Том 3

В монографии приведен критический анализ традиционных положений и теорий сопротивления материалов, механики разрушения, бетоноведения о структуре, прочности, деформациях, разрушении твердых тел. Представлена новая количественная теория прочности, разрушения, долговечности портландцементного камня и бетона, основанная на развитых авторами положениях коллоидной химии и физико-химической механики дисперсных систем и материалов, в частности на представлениях об электроповерхностных потенциалах, свойствах, явлениях и взаимодействиях.

Для аспирантов, докторантов, их научных руководителей и консультантов, научных работников, а также для студентов и преподавателей вузов строительного профиля, специалистов строительных и соответствующих эксплуатационных организаций.

У монографії наведено критичний аналіз традиційних положень і теорій опору матеріалів, механіки руйнування, бетонознавства про структуру, міцність, деформації, руйнування твердих тіл. Подано нову кількісну теорію міцності, руйнування, довговічності портландцементного каменю і бетону, обґрунтовану на розвинутих авторами положеннях колоїдної хімії та фізико-хімічної механіки дисперсних систем і матеріалів, зокрема на уявленнях про електроповерхневі потенціали, властивості, явища і взаємодії.

Для аспірантів, докторантів, їхніх наукових керівників і консультантів, наукових працівників, а також студентів і викладачів вузів будівельного профілю, спеціалістів будівельних і відповідних експлуатаційних організацій.

**Рецензенты:** д-р техн. наук, проф. *В.И. Братчун*,  
д-р техн. наук, проф. *Е.К. Пушкарева*

***Видання здійснено частково за державним замовленням  
на випуск видавничої продукції***

***Рекомендовано к печати ученым советом  
Украинской государственной академии железнодорожного транспорта***

Научно-издательский отдел физико-математической  
и технической литературы

Редактор *В.В. Вероцкая*

© А.Н. Плугин, А.А. Плугин, О.А. Калинин,  
С.В. Мирошниченко, Д.А. Плугин,  
А.С. Кагановский, Ал.А. Плугин,  
О.В. Градобоев, О.С. Борзяк, 2012

© НПП «Издательство "Наукова думка"  
НАН Украины», дизайн, 2012

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ПОЛОЖЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ О ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ БЕТОНА И СТАЛИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАСЧЕТАХ КОНСТРУКЦИЙ</b> .....	5
1.1. Реальная микроструктура стали и ее электроповерхностные свойства.....	6
1.2. Основные понятия и экспериментальные данные о прочности и деформациях в сопротивлении материалов.....	11
1.3. Трактовка экспериментальных данных о механических свойствах различных материалов в сопротивлении материалов.....	27
1.3.1. Развитие представлений о межзерновых контактах в металлах на основе единичных электрогетерогенных контактов.....	28
1.3.2. Характер разрушения при сжатии пластичных и хрупких материалов. Диаграмма сжатия.....	31
1.3.3. Сравнение механических свойств пластичных и хрупких материалов. Концентрации напряжений.....	34
1.4. Анализ основных положений методов расчетов строительных конструкций в сопротивлении материалов.....	39
1.4.1. Главные площадки и главные напряжения.....	39
1.4.2. Условие прочности и жесткости.....	42
1.4.3. Метод расчета по предельным состояниям.....	42
1.5. Анализ теорий прочности, разработанных в сопротивлении материалов.....	46
1.5.1. Сущность теорий прочности.....	46
1.5.2. Теория (критерий) наибольших нормальных напряжений (первая (I) теория прочности).....	49
1.5.3. Теория (критерий) наибольших линейных деформаций (вторая (II) теория прочности).....	50
1.5.4. Теория максимальных касательных напряжений (третья (III) теория прочности).....	53
1.5.5. Энергетическая теория прочности (четвертая (IV) теория прочности).....	54
1.5.6. Недостатки всех теорий прочности сопротивления материалов.....	56
1.6. Механизм деформаций в металлах в сопротивлении материалов.....	56
1.7. Новые модели прочности и деформационные свойства металлов.....	63
<b>ГЛАВА 2. АНАЛИЗ И РАЗВИТИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕОРИЙ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ БЕТОНА В НАУКЕ О БЕТОНЕ И МЕХАНИКЕ РАЗРУШЕНИЙ МАТЕРИАЛОВ</b> .....	69
2.1. Теории прочности и механизм разрушения.....	69
2.1.1. Феноменологические теории прочности.....	69
2.1.2. Статистические теории прочности.....	70

## Оглавление

2.1.3. Структурные теории прочности бетона.....	77
2.1.4. Обобщенная теория прочности Выродова.....	80
2.1.5. Флуктуационная (кинетическая) теория прочности Журкова.....	81
2.1.6. Представления о теоретической прочности материалов.....	83
2.2. Взаимосвязь прочности бетона и его деформаций при нагружении.....	88
2.2.1. Диаграммы сжатия бетона.....	88
2.2.2. Диаграмма состояний бетона.....	90
2.3. Механизм разрушения цементного камня и бетона.....	92
2.3.1. Механизм разрушения цементного камня по А.Е. Шейкину.....	92
2.3.2. Механизм разрушения бетона при осевом сжатии.....	98
2.3.3. Развитие представлений о контактах между структурными элементами в цементном камне и бетоне на основе единичных электрогетерогенных контактов.....	111
2.4. Положения механики разрушения материалов.....	114
2.4.1. Определение размеров трещин в механике разрушений с помощью существующих методов исследований.....	114
2.4.2. Основные теоретические положения механики разрушения материалов.....	118
2.4.3. Развитие теории трещинообразования материалов, в том числе металлов и бетона, на основе электрогетерогенных взаимодействий.....	123
2.5. Взаимосвязь между прочностью и основными показателями прочности цементного камня и бетона.....	127
2.5.1. Взаимосвязь между прочностью цементного камня и его пористостью.....	128
2.5.2. Связь прочности цементного камня с характеристиками его микро-структуры.....	130
2.5.3. Связь прочности цементного камня с его относительной плотностью, степенью гидратации $\alpha$ и $V/C$ .....	131
2.5.4. Зависимость прочности бетона от объемной концентрации геля.....	137
2.5.5. Отношение между прочностями при сжатии и растяжении бетона.....	138
2.5.6. Сцепление между бетоном и арматурой.....	143
<b>Г Л А В А 3. НОВАЯ КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И БЕТОНА.....</b>	<b>146</b>
3.1. Развитие представлений о теоретической прочности материалов на основе электроповерхностного потенциала.....	148
3.2. Новая количественная теория прочности портландцементного камня.....	151
3.2.1. Модель реальной структуры цементного камня и бетона.....	151
3.2.2. Теория прочности цементного камня на основе электрогетерогенных взаимодействий.....	155
3.2.3. Производственная проверка корректности теории и уравнения прочности портландцементного камня.....	172
3.2.4. Теория применение добавок-суперпластификаторов.....	175
3.2.4.1. Механизм влияния добавок-суперпластификаторов на свойства цементно-водных смесей.....	175
3.2.4.2. Определение оптимального количества добавки-суперпластификатора.....	177
3.3. Новая количественная теория прочности бетона.....	178

## Оглавление

3.3.1. Структурные характеристики бетона на мезо- и макроуровнях .....	178
3.3.2. Структурные характеристики бетона на микроуровне .....	187
3.3.3. Влияние структурных характеристик бетона на его деформации .....	187
3.4. Уточненные формулы закона водоцементного отношения для бетона .....	188
3.5. Новые способы определения составов бетонов .....	197
3.5.1. Способ определения состава высокопрочного, трещиностойкого и водонепроницаемого бетона .....	197
3.5.2. Способ определения состава суперпластифицированного наполнен- ного бетона требуемой прочности .....	201
<b>Г Л А В А 4. ТЕОРИЯ РАЗРУШЕНИЯ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ НЕГО В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ .....</b>	<b>210</b>
4.1. Новые характеристики бетона, определяющие его долговечность .....	210
4.1.1. Долговременная и быстронатекающая, в том числе повторяющаяся, ползучесть бетона как фактор снижения его трещиностойкости и долговечности .....	210
4.1.1.1. Установка УРС рычажного типа со сменными грузами .....	210
4.1.1.2. Виды и стадии долговременного деформирования цементного камня при сжатии и соответствующие феноменологические уравнения .....	210
4.1.1.3. Механизм быстронатекающей и долговременной ползучести цементного камня и бетона .....	215
4.1.1.4. Механизм повторяющейся быстронатекающей ползучести цементного камня .....	227
4.1.2. Безнапорная водопроницаемость бетона .....	229
4.2. Механизм выщелачивания и долговечности бетона .....	235
4.2.1. Механизм выщелачивания и долговечности бетона при фильтрации воды через него .....	235
4.2.2. Механизм выщелачивания и долговечности бетона при омывании конструкции мягкими водами .....	238
4.3. Новые представления об электрокоррозионном разрушении бетона под влиянием токов утечки .....	240
4.3.1. Возникновение токов утечки на конструкциях, эксплуатируемых на электрифицированном железнодорожном транспорте .....	241
4.3.2. Механизм возникновения механических напряжений в бетоне конструкций от пульсирующего однонаправленного напряжения .....	244
4.3.3. Лабораторные исследования влияния пульсирующего однонаправ- ленного тока и обводнения на бетонные образцы .....	247
4.3.3.1. Методика проведения исследований .....	247
4.3.3.2. Исследование электрических характеристик .....	249
4.3.3.3. Исследование прочности .....	251
4.3.3.4. Физико-химические исследования .....	252
4.3.3.5. Основы прогнозирования долговечности обводненного бетона при его электрокоррозии пульсирующим однонаправленным током .....	275
Заключение .....	279
Список литературы .....	281