



СТРОИТЕЛЬСТВО



Е.Г. Величко

СТРОЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

ISBN 978-5-7264-1461-4

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017
© Оформление.
ООО «Ай Пи Эр Медиа», 2017

Москва 2017

УДК 691-4
ББК 38.3
В27

Рецензенты:

член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор *Б.В. Гусев*,
президент Российской инженерной академии, заведующий кафедрой
«Строительные материалы и технологии» МИИТ;
доктор технических наук, профессор *В.Н. Соков*,
профессор кафедры ТКМиПХ НИУ МГСУ

Величко, Евгений Георгиевич.

В27 Строение и основные свойства строительных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Г. Величко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (7 Мб). — Москва : Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2017. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-1461-4 (сетевое)

ISBN 978-5-7264-1460-7 (локальное)

Изложены основные свойства строительных материалов с использованием фундаментальных положений термодинамики, молекулярной физики, коллоидной химии и физико-химической механики высококонцентрированных дисперсных систем. Рассмотрена взаимосвязь свойств со структурой материалов, весьма подробно изложены долговечность на примере бетонов и методы повышения качества их путем применения химических модификаторов. Используются результаты фундаментальных исследований ведущих ученых и научных коллективов, выполненных в различных направлениях науки, применительно к рассматриваемой тематике в разных странах, в том числе за последние годы.

Для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство. Также может быть полезно инженерно-техническим работникам промышленных предприятий и проектных организаций, организаторам производства и строителям-практикам.

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017
© Оформление.
ООО «Ай Пи Эр Медиа», 2017

Редактор *Е.А. Копылова*
Технический редактор *Е.В. Кузнецова*
Корректор *А.С. Полева*
Компьютерная верстка *С.С. Сизиумовой*
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2007, приложение pdf2swf из ПО Swftools, ПО IPRbooks Reader,
разработанное на основе Adobe Air

Подписано к использованию 27.01.2017. Объем данных 7 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ–МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

ООО «Ай Пи Эр Медиа».
Тел. 8-800-555-22-35, (8452) 24-77-97, вн. 208,
E-mail: izdat@iprmedia.ru, mail@iprbookshop.ru.
www.iprbookshop.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----|
| Предисловие | 6 |
| Введение | 8 |
| 1. СТРОЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ | 16 |
| 1.1. Общие сведения | 16 |
| 1.2. Связь строения, состава и свойств | 19 |
| 1.2.1. Строение материалов. Общие сведения | 19 |
| 1.2.2. Параметры и равновесие | 23 |
| 1.2.3. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и компоненты | 25 |
| 1.2.4. Химический и минеральный составы | 29 |
| 1.2.5. Классификация структуры | 29 |
| 1.2.6. Строение кристаллов | 33 |
| 1.2.7. Аморфные тела | 36 |
| 1.2.8. Внутрикристаллические силы | 38 |
| 1.2.9. Симметрия кристаллов | 45 |
| 1.2.10. Пространственная решетка | 48 |
| 1.2.11. Классификация кристаллов | 52 |
| 1.2.12. Строение реальных кристаллов | 54 |
| 1.2.13. Реальные кристаллы. Блочная структура | 59 |
| 1.2.14. Дислокации и дефекты | 60 |
| 1.2.15. Теоретическая и техническая прочность кристаллов | 68 |
| 1.2.16. Структурные несовершенства в кристаллах | 70 |
| 1.2.17. Поли- и монокристаллы. Поверхностные дефекты | 71 |
| 1.2.18. Типы структуры в дисперсных системах | 87 |
| Вопросы для самоконтроля по разделу 1 | 94 |
| 2. СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ | 96 |
| 2.1. Физические свойства и их разновидности | 96 |
| 2.1.1. Физические свойства | 96 |
| 2.1.2. Гидрофизические свойства | 100 |
| 2.1.3. Теплофизические свойства | 141 |
| 2.2. Механические свойства. Деформации | 179 |
| 2.2.1. Общие сведения | 179 |
| 2.2.2. Деформации и напряжения | 180 |
| 2.2.3. Упругая деформация и тепловое расширение | 194 |
| 2.2.4. Зависимость деформации от напряжения | 195 |
| 2.2.5. Механизм пластической деформации | 196 |
| 2.2.6. Дислокации в кристаллах | 200 |

| | |
|--|-----|
| 2.2.7. Прочность | 204 |
| 2.2.8. Твердость, истираемость, износ | 231 |
| 2.2.9. Релаксация | 232 |
| 2.3. Химические свойства строительных материалов..... | 236 |
| 2.3.1. Коррозия бетона | 239 |
| 2.4. Специальные свойства строительных материалов..... | 339 |
| Вопросы для самоконтроля по разделу 2 | 342 |
| 3. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКООБРАЗНЫХ СИСТЕМ..... | 344 |
| 3.1. Общие положения | 344 |
| 3.2. Реологические свойства | 346 |
| 3.3. Бетонная смесь..... | 355 |
| 3.3.1. Общие сведения. Классификация..... | 355 |
| 3.3.2. Методы определения удобоукладываемости бетонной смеси... | 366 |
| 3.3.3. Сохраняемость удобоукладываемости и другие свойства бетонной смеси..... | 374 |
| 3.4. Добавки для бетонов и строительных растворов | 380 |
| 3.4.1. Общие сведения. Определения..... | 380 |
| 3.4.2. Добавки, регулирующие свойства бетонных и растворных смесей | 383 |
| 3.4.3. Пластифицирующе-водоредуцирующие добавки..... | 390 |
| 3.4.4. Свойства смесей, пластифицированных суперпластификаторами..... | 426 |
| 3.4.5. Суперпластификаторы в литых и самоуплотняющихся бетонных смесях..... | 428 |
| 3.4.6. Влияние суперпластификаторов на свойства бетонов с низким водоцементным отношением | 430 |
| 3.4.7. Пластифицирующие добавки | 433 |
| 3.4.8. Пластификаторы в производстве портландцемента | 441 |
| 3.4.9. Техничко-экономическая эффективность применения пластифицирующих добавок..... | 445 |
| 3.4.10. Добавки стабилизирующие, снижающие растворо- и водоотделение..... | 449 |
| 3.4.11. Добавки, регулирующие сохраняемость подвижности бетонных смесей | 453 |
| 3.4.12. Порообразующие добавки | 456 |
| 3.4.13. Пенообразующие добавки | 462 |
| 3.4.14. Газообразующие добавки | 466 |
| Вопросы для самоконтроля по разделу 3 | 469 |
| Предметный указатель | 471 |
| Библиграфический список..... | 475 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Строительные материалы» для подготовки инженеров-строителей преподается более ста лет. За этот период в России было издано большое количество учебников и учебных пособий по курсу «Строительные материалы», в которых на высоком научном уровне рассмотрены виды, общие свойства, структура материалов и научно обоснованные области их рационального применения в строительстве с максимальной технико-экономической эффективностью. Рассмотрение свойств материалов в означенной учебной литературе обычно выполняется в небольшом объеме, несмотря на общность их для большинства видов строительных материалов. По этой причине возникла необходимость подготовки и издания более подробного специального курса «Строение и основные свойства строительных материалов», облегчающего изучение и усвоение сложного общего курса «Строительные материалы».

Предлагаемое читателю учебное пособие написано по некоторым разделам курса, который читался автором в течение ряда лет на кафедре «Строительное материаловедение» студентам всех специальностей, обучающимся в Московской государственной академии коммунального хозяйства и строительства. В пособии при необходимости приводятся классификации строительных материалов, рекомендуемые действующими нормативными документами, их общие свойства, исторические справки об авторах, предложивших методы изучения каких-либо свойств, а также большой объем специального справочного материала.

Предпринята попытка изложения свойств материалов с использованием фундаментальных положений термодинамики, молекулярной физики, коллоидной химии и физико-химической механики высококонцентрированных дисперсных систем, что в незначительной степени усложнило представленный материал, а, с другой стороны, сделало его более понятным и научно обоснованным, облегчающим восприятие.

При изложении общих свойств материала в учебном пособии зачастую приводятся различные примеры свойств конкретных материалов, в большинстве случаев бетонов и цементов, т.е. строительных материалов, наиболее применяемых в современном строительстве. В частности, на примере бетона рассмотрены долговечность строительных материалов и методы ее повышения. Изложены реологические свойства строительных материалов, а затем рассмотрены свойства бетонных

смесей и методы регулирования их химическими добавками-модификаторами. Для более правильного восприятия студентами этого вопроса приводится классификация добавок для бетонов и строительных растворов в соответствии с ГОСТ 24211-2008 и подробно рассмотрен класс добавок, регулирующих свойства бетонных и растворных смесей: пластифицирующие — суперпластифицирующие, пластифицирующие; водоредуцирующие — суперводоредуцирующие, водоредуцирующие; стабилизирующие; регулирующие сохраняемость подвижности; увеличивающие воздухо-(газо) содержание. Например, при рассмотрении суперпластификаторов приводятся свойства и механизм действия добавок третьего поколения на поликарбоксилатной основе и технические эффекты, обеспечиваемые от применения их в бетонных смесях и бетонах. Очевидно, что настоящее учебное пособие «Строение и основные свойства строительных материалов» в некоторой степени с более подробным изложением содержания материала поможет студентам в изучении сложного общего курса «Строительные материалы».

Автор благодарит всех читателей, замечания которых будут способствовать улучшению книги.

Автор учебного пособия Е.Г. Величко