



СТРОИТЕЛЬСТВО

**МЕХАНИЧЕСКОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
КОМПЛЕКСЫ**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе
бакалавриата по направлению подготовки 270800 «Строительство»
(профиль «Механическое оборудование и технологические комплексы
предприятий строительных материалов, изделий и конструкций»)
(14.05.2014 г., № 102-15/829)*

Москва 2015

УДК 666.9: (621.7(8, 92) +666.7 +691.3(4, 5))

ББК 38.6-5

М55

Рецензенты:

кандидат технических наук *Л.Н. Беккер*,
директор ООО «СКТБ МПСМ»;
доктор технических наук, профессор,
заслуженный строитель Российской Федерации *Ю.А. Минаков*,
Поволжский государственный технологический университет;
доктор технических наук, профессор *Е.М. Кудрявцев*,
заведующий кафедрой СиПТМ ФГБОУ ВПО «МГСУ»

Авторы:

С.М. Пуляев (гл. 1–4); М.А. Степанов (гл. 5–8);
Б.А. Кайтуков (гл. 6–10, 12, 14); Н.А. Лукьянов (гл. 6–8);
Н.А. Дьяконов (гл. 9, 11, 13, 15, 16–20); П.Д. Капырин (гл. 20)

М55 **Механическое** оборудование и технологические комплексы :
учебное пособие / С.М. Пуляев, М.А. Степанов, Б.А. Кайтуков
и др. ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос.
строит. ун-т. Москва : МГСУ, 2015. 480 с.
ISBN 978-5-7264-1001-2

Изложены основные теоретические сведения, основы расчета и проектирования машин и оборудования; дано описание конструкций машин и оборудования, принципа их действия; предложен выбор и расчет технологических линий и комплексов оборудования.

Для студентов бакалавриата всех форм обучения по направлению 270800 «Строительство», профилю «Механическое оборудование и технологические комплексы для производства строительных материалов, изделий и конструкций».

УДК 666.9: (621.7(8, 92) +666.7 +691.3(4, 5))

ББК 38.6-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Производство строительных материалов и изделий из них является одной из важнейших составляющих современной экономики развитого государства. Естественно, что на современном этапе технического развития этот процесс невозможен без средств механизации и соответствующего оборудования.

Для лучшего понимания назначения того или иного оборудования необходимо знать технологические процессы, которые происходят при производстве строительных материалов, изделий и конструкций, а также их основные свойства и характеристики. Номенклатура производимых материалов, а также изделий и конструкций весьма обширна, поэтому в рамках данного издания приводятся лишь основные сведения о части используемых в строительстве материалов.

При изложении материала авторы придерживаются положений и указаний, содержащихся в ГОСТах и СНИПах, в которых сформулированы основные требования, правила использования и производства строительных материалов. Правомерность использования этих документов ограничилась 2010 г. После принятия Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» эти положения должны быть заменены на правовые документы европейского типа, однако в настоящее время этот процесс затягивается.

В учебном пособии приводится материал, необходимый и достаточный для практических и лабораторных занятий, курсовых и дипломных проектов.

Глава 1

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.1. Общие сведения

Единой, всеобъемлющей классификации строительных материалов не существует. Была сделана попытка составить по аналогии с периодической таблицей химических элементов Менделеева периодическую таблицу строительных материалов, которая не увенчалась успехом.

В настоящее время строительные материалы чаще всего классифицируются по назначению, исходя из условий работы материала в сооружении. Так, материалы делятся на две группы: *конструкционные* и *специального назначения*.

К конструкционным материалам, которые воспринимают различные нагрузки (от собственной массы, от массы установленного оборудования, снеговые, ветровые и т.д.) и используются для несущих конструкций, относятся:

- 1) природные каменные;
- 2) вяжущие;
- 3) искусственные каменные, получаемые:
 - а) омоноличиванием с помощью вяжущих веществ (бетоны, растворы);
 - б) спеканием (керамические материалы);
 - в) плавлением (стекло, ситаллы);
- 4) металлы (чугун, сталь, алюминий, сплавы);
- 5) пластмассы;
- 6) древесина;
- 7) композиционные (асбестоцемент, стеклопластики, бетонополимеры).

К материалам специального назначения, название которых говорит об их функции, относятся:

- 1) теплоизоляционные;
- 2) акустические;
- 3) гидроизоляционные, кровельные и герметизирующие;
- 4) отделочные;

- 5) химстойкие;
 - 6) антикоррозийные;
 - 7) огнеупорные;
 - 8) материалы для защиты от радиационных воздействий и др.
- Каждый материал обладает комплексом разнообразных свойств.

Свойство — способность материала определенным образом реагировать на отдельный или чаще всего действующий в совокупности с другими внешний или внутренний фактор.

1.2. Связь состава, структуры, строения и свойств материалов

Свойства материалов взаимосвязаны с их составом, структурой и внутренним строением.

Если для природных материалов (каменные материалы, древесина) возможно только частичное изменение их свойств, например, пропитка древесины антисептиками, которые препятствуют гниению древесины, то при получении искусственных материалов технологию следует рассматривать с точки зрения ее влияния на строение, структуру и, как следствие, на получение материалов с заданными свойствами.

Строительные материалы характеризуются *химическим, минеральным и фазовым* составами.

По химическому составу материалы делятся на органические (древесина, битум, полимеры) и минеральные, т.е. неорганические (природный камень, кирпич, бетон), а также металлы (чугун, сталь, алюминий). Органические материалы горючи, а минеральные нет.

Химический состав некоторых материалов иногда выражают количеством содержащихся в них оксидов. Оксиды, химически связанные между собой, образуют минералы, которые характеризуют минеральный состав материала. Варьируя содержание и количество минералов, можно получить материалы с разными свойствами (например, портландцемент, быстротвердеющий и сульфатостойкий цемент и т.д.).

Фазовый состав — это соотношение между твердым каркасом материала и порами. Фазовый состав, а также фазовые переходы воды в порах материала взаимосвязаны со всеми свойствами и поведением материала при эксплуатации.

Свойства материала взаимосвязаны с его структурой. При изучении структуры материала различают *макро-* и *микроструктуры*.

Макроструктура — это строение, видимое невооруженным глазом. Микроструктура — строение, видимое под микроскопом.

Материалы могут иметь следующую макроструктуру:

1) рыхлозернистую — состоящую из отдельных не связанных друг с другом зерен (песок, гравий, цемент);

2) конгломератную — когда зерна прочно соединены между собой (бетон, керамические материалы);

3) ячеистую — которая характеризуется большим количеством равномерно распределенных по объему материала макро- и микропор (ячеистые бетоны, пеностекло);

4) волокнистую (древесина, минеральная вата);

5) слоистую (фанера, текстолит).

Волокнистой и слоистой структурам присуща *анизотропия*, т.е. различие свойств в различных направлениях (например, прочность вдоль и поперек волокон).

Внутреннее строение материалов изучают методами рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии и т.д. По взаимному расположению атомов и молекул материалы могут быть кристаллическими и аморфными. Неодинаковое строение кристаллических и аморфных материалов определяет и различие их свойств. Материалы аморфного строения химически более активны, имеют меньшие прочность и теплопроводность, чем кристаллические такого же состава.

1.3. Физические свойства

Истинная плотность — это масса единицы объема материала в абсолютно плотном (т.е. без пор) состоянии:

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \text{ г / см}^3; \text{ кг / м}^3,$$

где m — масса материала; V_a — объем материала без пор.

Истинная плотность — физическая константа, которая не может меняться без изменения химического состава или внутреннего строения материала.

Средняя плотность — это масса единицы объема материала в естественном (т.е. вместе с порами) состоянии:

$$\rho_m = \frac{m}{V_e} \text{ г / см}^3; \text{ кг / м}^3,$$

где m — масса образца материала; V_e — объем образца материала.

Средняя плотность строительных материалов может меняться в широких пределах: от 10...20 кг/м³ для самых легких пенопластов до 7850 кг/м³ для стали. Даже один вид строительных материалов в зависимости от технологии получения, структуры и назначения имеет разную среднюю плотность. Например: кирпич полнотелый — 1600...1900 кг/м³, тяжелый бетон — 1800...2500 кг/м³, пенопласты — 10...200 кг/м³ и т.д.

В последующем средняя плотность будет именоваться просто плотность.

Насыпная плотность — масса единицы объема материала в насыпном состоянии. Определяется для сыпучих материалов (цемент, песка, щебня и т.п.).

Абсолютное большинство материалов имеют в своем объеме поры, поэтому у них истинная плотность всегда больше средней. Степень заполнения объема материала материалом называется **коэффициентом плотности**, который рассчитывается по формуле

$$K_{пл} = \frac{\rho_m}{\rho} 100 \%$$

Степень заполнения объема материала порами называется **пористостью**. В сумме $K_{пл}$ и пористость составляют 1, или 100 %.

Пористость определяется по формуле

$$П = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho} \right) 100 \%$$

и может колебаться в широких пределах: от 0,2...0,8 % у гранита и свыше 90 % у пенопластов. Размеры пор могут быть от миллионных долей до нескольких миллиметров. По характеру поры могут быть сообщающимися или замкнутыми.

Пористость — важнейшая характеристика материала, связанная с рядом других свойств. От величины пористости, характера и размера пор зависят средняя плотность, прочность, теплопроводность, морозостойкость, долговечность, гигроскопичность и водопоглощение, водопроницаемость и др.

1.4. Гидрофизические свойства

Свойства, связанные со статическим или циклическим воздействием воды или водяного пара на материал, называются *гидрофизическими свойствами материалов*.

Гигроскопичность — способность материала поглощать и конденсировать водяные пары из воздуха. Зависит от величины пористости, характера и размера пор, а также от параметров окружающей среды (температуры и относительной влажности воздуха). В самом общем случае — чем больше пористость, тем выше гигроскопичность.

Капиллярное всасывание — способность материала при непосредственном контакте с водой поднимать ее на определенную высоту по капиллярным порам, которые имеют размер от 1000Å до 10 мкм .

Влажность — это относительное содержание влаги в материале:

$$W = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}} 100 \%,$$

где $m_{\text{с}}$ — масса материала, высушенного до постоянной массы, г; $m_{\text{вл}}$ — масса влажного материала, г.

Все материалы имеют ту или иную влажность, которая зависит от условий эксплуатации, величины пористости, характера и размера пор материала. Влажность влияет на ряд свойств материалов (плотность, прочность, теплопроводность и др.).

Влажностные деформации — увеличение линейных размеров и объема материала при его увлажнении (набухание) или уменьшение — при высыхании (усушка). Зависят от строения материала.

Материалы высокопористого и волокнистого строения, способные поглощать много воды, характеризуются большой усадкой (древесина $30\text{...}100\text{ мм/м}$; ячеистый бетон $1\text{...}3\text{ мм/м}$), материалы с маленькой пористостью — незначительной усадкой (гранит $0,02\text{...}0,06\text{ мм/м}$).

Водопоглощение — способность материала поглощать и удерживать воду при непосредственном контакте с ней. Количество воды, которое поглотил образец, отнесенное к его массе в сухом состоянии, называют водопоглощением по массе W_m , а отнесенное к его объему — водопоглощением по объему W_v :

$$W_m = \frac{m_b - m_c}{m_c} 100 \%;$$

$$W_o = \frac{m_b - m_c}{V_e \rho_b} 100 \%,$$

где m_b — масса материала, насыщенного до постоянной массы, г; m_c — масса сухого материала, г; V_e — объем материала в естественном состоянии; ρ_b — плотность воды, г/см³.

Водопоглощение зависит от величины пористости, характера и размеров пор.

Между этими водопоглощениями существует взаимосвязь:

$$\frac{W_o}{W_m} = \rho_m, \text{ откуда } W_o = W_m \cdot \rho_m.$$

Последняя формула удобна для определения W_o в случае затруднения определения объема материала, когда он имеет неправильную геометрическую форму.

Коэффициент насыщения — степень заполнения пор материала водой:

$$K_n = \frac{W_o}{\Pi} \leq 1.$$

Этот коэффициент позволяет оценить структуру материала. Уменьшение K_n при постоянной величине пористости свидетельствует о сокращении открытой пористости.

Водостойкость — способность материала сохранять прочность при увлажнении. Характеризуется коэффициентом размягчения

$$K_p = \frac{R_b}{R_c} \leq 1,$$

где R_b и R_c — пределы прочности при сжатии соответственно водонасыщенного и сухого материала.

Материалы, имеющие $K_p > 0,8$, считаются водостойкими и их разрешается применять в сырых условиях эксплуатации, материалы с $K_p < 0,8$ — неводостойкими.

Воздухостойкость — способность материала выдерживать многократные циклические воздействия увлажнения и высушивания без заметных деформаций и потери механической прочности.

Водопроницаемость — способность материала пропускать воду под давлением. В строительстве чаще необходимо противоположное свойство — водонепроницаемость, которая характеризуется или периодом времени, по истечении которого проявляются признаки просачивания воды через материал, или величиной давления воды, при котором она не проходит через материал. Эти свойства зависят от величины пористости, характера и размера пор.

Морозостойкость — способность материала, насыщенного водой, выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без значительных признаков разрушения и существенного снижения прочности. Это свойство взаимосвязано с долговечностью, зависит от величины пористости, характера и размера пор, начальной прочности, а также от условий эксплуатации. Характеризуется количеством циклов попеременного замораживания при температуре $-15...-17$ °С и оттаивания в воде при температуре $+20$ °С. Число циклов (марка или класс), которое должен выдерживать материал, в зависимости от его назначения, указывается в нормативных документах. Материал считается выдержавшим испытание, если после заданного количества циклов потеря массы и снижение прочности не превышают значений, указанных в нормативных документах.

1.5. Теплофизические свойства

Это группа свойств, которые характеризуют отношение материала к постоянному или периодическому тепловому воздействию.

Теплоемкость — свойство материала аккумулировать теплоту при нагревании. Теплоемкость C (кДж/кг °С) характеризуется количеством тепла кДж, необходимым для нагревания 1 кг материала на 1 °С.

Вода имеет высокую теплоемкость (4,2 кДж/кг °С), строительные материалы более низкие величины: лесные материалы 2,39...2,72 кДж/кг °С, каменные 0,75...0,92 кДж/кг °С, сталь 0,48 кДж/кг °С, поэтому с увлажнением материалов их теплоемкость увеличивается.

Теплопроводность — свойство материала передавать теплоту через свою толщу от одной поверхности к другой. Теплопроводность λ (Вт/м °С) характеризуется количеством тепла, проходящим через

материал площадью 1 м^2 , толщиной 1 м в течение одной секунды, при разности температур на противоположных поверхностях в $1 \text{ }^\circ\text{С}$. Теплопроводность материала зависит от его химического состава, строения и структуры, степени влажности, характера и размера пор, а также от температуры, при которой происходит передача тепла.

Тепловой поток проходит через «каркас» материала и поры. Каркас материала кристаллического строения более теплопроводен, чем каркас материала из того же состава, но аморфного строения.

В сухом состоянии поры материала заполнены воздухом, теплопроводность которого в неподвижном состоянии значительно ниже теплопроводности любого «каркаса» и составляет всего $0,023 \text{ Вт/м }^\circ\text{С}$. Поэтому малотеплопроводные материалы имеют большую (до $90\text{...}95\%$) пористость. При одинаковой величине пористости мелкопористые материалы и материалы с замкнутыми порами имеют меньшую теплопроводность, чем крупнопористые и материалы с сообщающимися порами. Это связано с тем, что в крупных и сообщающихся порах усиливается перенос тепла конвекцией, т.е. движущимся воздухом, что повышает суммарную теплопроводность.

С увеличением влажности материала теплопроводность возрастает, так как вода, заполняющая поры, имеет теплопроводность $0,58 \text{ Вт/м }^\circ\text{С}$, что в 25 раз выше теплопроводности воздуха. Еще в большей степени возрастает теплопроводность при замерзании воды в порах, так как теплопроводность льда составляет $2,3 \text{ Вт/м }^\circ\text{С}$, что в 100 раз больше теплопроводности воздуха.

С повышением температуры теплопроводность большинства строительных материалов возрастает.

Приведем показатели теплопроводности некоторых строительных материалов, $\text{Вт/м }^\circ\text{С}$: пенопласт — $0,03\text{...}0,05$, минеральная вата — $0,06\text{...}0,09$, древесина — $0,18\text{...}0,36$, кирпич керамический полнотелый — $0,8\text{...}0,9$, кирпич керамический пустотелый — $0,3\text{...}0,5$, бетон тяжелый — $1,3\text{...}1,5$, ячеистый бетон — $0,1\text{...}0,3$, сталь — 58 .

Термическая стойкость — способность материала выдерживать чередование резких тепловых изменений. Зависит от однородности материала и *коэффициента линейного температурного расширения* (КЛТР), который характеризует изменение линейных размеров материала при его нагревании на $1 \text{ }^\circ\text{С}$. Чем меньше КЛТР и выше однородность материала, тем выше его термическая стойкость.

Огнеупорность — способность материала выдерживать длительное воздействие высокой температуры, не деформируясь и не рас-

плавляясь. Материалы, которые выдерживают температуру свыше 1580 °С, называют огнеупорными, от 1350 до 1580 °С — тугоплавкими, ниже 1350 °С — легкоплавкими, до 1000 °С — жаропрочными.

Огнестойкость — способность материала противостоять действию высоких температур и воды в условиях пожара без потери несущей способности. По отношению к действию огня материалы делятся на несгораемые (кирпич, бетон, сталь), трудносгораемые (асфальтобетон, фибролит), которые горят только при наличии источника огня, и сгораемые (древесина, битум, смолы).

Огнестойкость конструкции выражается промежутком времени в часах, в течение которого не происходит потеря несущей способности. Несгораемые материалы не всегда обладают высокой огнестойкостью: например, сталь при высоких температурах деформируется, а бетон растрескивается.

1.6. Механические свойства

Механические свойства отражают способность материала сопротивляться силовым, тепловым, усадочным или другим внутренним напряжениям.

При приложении внешних сил материал деформируется. Деформации могут быть *обратимыми* и *необратимыми*. В свою очередь обратимые деформации могут быть *упругими* и *эластичными*. Характер и величина деформаций зависят от величины нагрузки, скорости нагружения и температуры материала.

Упругость — свойство материала при воздействии нагрузки изменять свои размеры и форму и полностью восстанавливать их после снятия нагрузки.

Пластичность — свойство материала при воздействии нагрузки в значительных пределах изменять свои размеры и форму без разрушения сплошности и сохранять их после снятия нагрузки.

Хрупкость — свойство материала разрушаться под действием нагрузки без заметных пластических деформаций. Многие строительные материалы (кирпич, бетон, стекло и др.) являются хрупкими. У хрупких материалов прочность при сжатии существенно больше (в 10...20 раз) прочности при растяжении.

Прочность — свойство материала сопротивляться внутренним напряжениям, которые возникают при действии внешних нагрузок.

Материал в сооружении подвергается тем или иным воздействиям, которые вызывают напряженное состояние (сжатие, растяжение, изгиб, кручение, сдвиг, скалывание и др.).

В самом общем случае напряжение

$$\sigma = \frac{P}{F},$$

где σ — напряжение, МПа ($1 \text{ кН/см}^2 \approx 10 \text{ МПа} \approx 100 \text{ кг/см}^2$); P — нагрузка, кН; F — площадь поперечного сечения образца до испытания, см^2 .

Величина напряжения зависит от величины нагрузки. Максимального значения, при котором наступает разрушение материала, напряжения достигают при разрушающей нагрузке. Прочность характеризуется пределом прочности

$$R = \frac{P_{\text{разр}}}{F}, \text{ МПа.}$$

Предел прочности одного и того же материала может иметь различную величину в зависимости от размера образца, его формы, скорости нагружения, а также конструкции прибора, на котором проводятся испытания, поэтому для получения объективных результатов необходимо строго соблюдать все условия испытаний, которые установлены для данного материала соответствующими нормативными документами.

Предел прочности при сжатии определяется на образцах правильной геометрической формы: кубы, призмы, цилиндры. Разрушающая нагрузка, как правило, определяется на гидравлическом прессе:

$$R_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{разр}}}{F}, \text{ МПа.}$$

Прочность различных материалов на сжатие варьируется от 0,5 до 1000 МПа и выше. У некоторых материалов прочность на сжатие характеризует их марки или классы, т.е. качество.

Предел прочности на растяжение определяется на образцах-стержнях, образцах-призмах или «восьмерках», которые имеют переменное сечение. Разрушающая нагрузка определяется на разрывных машинах:

$$R_{\text{раст}} = \frac{P_{\text{разр}}}{F}, \text{ МПа.}$$

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
1.1. Общие сведения	4
1.2. Связь состава, структуры, строения и свойств материалов.....	5
1.3. Физические свойства	6
1.4. Гидрофизические свойства	8
1.5. Теплофизические свойства	10
1.6. Механические свойства	12
1.7. Физико-химические свойства	14
Глава 2. СТРОИТЕЛЬНАЯ КЕРАМИКА	
2.1. Общие сведения	15
2.2. Сырьевые материалы	16
2.3. Общая схема производства керамических изделий.....	19
Глава 3. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА	
3.1. Общие сведения	28
3.2. Основные свойства вяжущих.....	29
3.3. Сырьевые материалы	30
3.4. Общие принципы производства неорганических вяжущих веществ.....	31
3.5. Воздушные вяжущие вещества	34
3.6. Гидравлические вяжущие вещества	39
Глава 4. БЕТОНЫ	
4.1. Общие сведения	49
4.2. Материалы для изготовления тяжелого бетона	51
4.3. Свойства бетонной смеси	53
4.4. Прочность тяжелого бетона.....	56
4.5. Проектирование состава бетона	58
4.6. Основы технологии бетона	59
4.7. Свойства тяжелого бетона	62
4.8. Понятие о железобетоне	64
4.9. Легкие бетоны на пористых заполнителях.....	64
4.10. Ячеистые бетоны.....	66
Глава 5. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПРИВОДА, МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ	
5.1. Требования, предъявляемые к механизмам привода, машинам и оборудованию	68

5.2. Выбор электромеханического привода машин и оборудования.....	74
5.3. Гидропневмопривод механического оборудования.....	83
Глава 6. ДРОБИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	
6.1. Основные сведения об измельчении.....	96
6.2. Щековые дробилки.....	101
6.3. Конусные дробилки.....	116
6.4. Валковые дробилки.....	124
6.5. Дробилки ударного действия.....	131
6.6. Бегуны.....	143
Глава 7. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОРТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
7.1. Способы сортирования материалов.....	149
7.2. Конструкция просеивающих элементов.....	151
7.3. Вибрационные грохоты.....	154
7.4. Машины и оборудование для воздушной сепарации материалов.....	162
7.5. Машины и оборудование для гидравлической классификации и обогащения материалов.....	169
7.6. Машины для промывки строительных материалов.....	173
Глава 8. МАШИНЫ ДЛЯ ПОМОЛА	
8.1. Мельницы.....	176
8.2. Конструкции барабанных (трубных) мельниц.....	177
8.3. Основы расчета барабанных мельниц.....	181
8.4. Схемы помольных установок.....	183
8.5. Мельницы с повышенной скоростью движения рабочих органов.....	185
8.6. Мельницы ударного действия.....	190
8.7. Мельницы для особо тонкого измельчения.....	193
Глава 9. СМЕСИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ	
9.1. Общие сведения и классификация.....	198
9.2. Гравитационные бетономесители.....	199
9.3. Смесители принудительного действия.....	207
9.4. Смесители для приготовления легких бетонов.....	213
9.5. Смесители для приготовления строительных растворов.....	217
9.6. Вибрационные смесители.....	221
9.7. Расчет параметров смесителей с горизонтальным смесительным валом.....	222
9.8. Расчет роторных смесителей.....	223
9.9. Смесители для перемешивания порошковых масс.....	227
9.10. Смесители для приготовления жидких суспензий и эмульсий.....	230

9.11. Лопастные смесители для перемешивания глиномасс	231
9.12. Смесители для приготовления шлама	234
9.13. Особенности эксплуатации смесителей	236
Глава 10. БЕТОННЫЕ И РАСТВОРНЫЕ ЗАВОДЫ И УСТАНОВКИ	
10.1. Процесс приготовления бетонов и растворов	238
10.2. Основные типы бетонных и растворных заводов	238
10.3. Автоматизация смесительных заводов и установок	248
10.4. Выбор смесительного оборудования завода	
Выбор типа и схемы бетонорастворосмесительного завода	249
Глава 11. МАШИНЫ ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ	
11.1. Бункера	253
11.2. Затворы бункеров	255
11.3. Питатели	257
11.4. Дозаторы	263
Глава 12. ОБОРУДОВАНИЕ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ ЗАВОДОВ И УСТАНОВОК	
12.1. Технологические схемы дробильно-сортировочных заводов	270
12.2. Передвижные дробильно-сортировочные установки	277
12.3. Определение основных параметров оборудования завода	285
Глава 13. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И УКЛАДКИ БЕТОННЫХ И РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ	
13.1. Классификация оборудования	289
13.2. Бетоноукладчики и бетонораздатчики	289
13.3. Конструкции бетоноукладчиков и бетонораздатчиков	292
13.4. Расчет бетоноукладчиков и бетонораздатчиков	299
13.5. Оборудование для транспортирования бетонов и растворов по трубам	304
Глава 14. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРАВКИ, РЕЗКИ И ГИБКИ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ И СЕТОК	
14.1. Оборудование для правки, резки и гибки	309
14.2. Оборудование арматурного цеха	311
14.3. Правильно-отрезные станки	313
14.4. Автоматизированные линии	319
Глава 15. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ	
15.1. Способы уплотнения бетонных смесей	323
15.2. Вибрационное оборудование для уплотнения бетонных смесей	324
15.3. Оборудование для производства железобетонных труб	340
15.4. Кассетные установки	351
15.5. Оборудование для формирования многопустотных панелей	354

15.6. Передвижные (скользящие) виброформы	359
15.7. Оборудование для непрерывного стандового формования железобетонных изделий	360
Глава 16. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА	
16.1. Общие сведения	363
16.2. Технологические линии для производства цемента	365
16.3. Оборудование для производства цемента	374
16.4. Агрегаты различных методов производства цемента	383
Глава 17. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА	
17.1. Общие сведения	388
17.2. Технологические схемы и схемы цепей оборудования производства силикатного кирпича	391
17.3. Прессы для производства силикатного кирпича	394
Глава 18. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ИЗДЕЛИЙ	
18.1. Общие сведения	402
18.2. Оборудование для производства асбестоцементных изделий	405
18.3. Выбор оборудования	408
18.4. Обрезка и обточка труб	415
18.5. Новые способы формования	416
Глава 19. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА	
19.1. Оборудование для производства керамического кирпича. Метод пластического формования	421
19.2. Технологические комплексы полусухого прессования керамического кирпича	437
19.3. Комплексы производства керамического кирпича шликерным способом	447
Глава 20. ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ	
20.1. Поточно-агрегатный способ производства	452
20.2. Конвейерные линии	457
20.3. Кассетное производство	462
20.4. Стандовые технологические линии	466
20.5. Технологические линии с циркуляцией поддонов (паллет)	469
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	472
Библиографический список	473

Учебное издание

**Пуляев Сергей Михайлович, Степанов Михаил Алексеевич,
Кайтуков Бадраз Амурханович и др.**

**МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ**

Редактор, корректор *Т.Н. Дони́на*
Верстка *О.Г. Горюно́вой*
Дизайн обложки *Д.Л. Разумно́го*

Подписано в печать 17.03.2015 г. И-118. Формат 60×84/16.
Усл.-печ. л. 27,9. Уч.-изд. 28,0. Тираж 200 экз. Заказ 62

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный строительный университет».

Издательство МИСИ – МГСУ.
129337, Москва, Ярославское ш., 26.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru.

Отпечатано в типографии Издательства МИСИ – МГСУ.
Тел. (499) 183-91-90, (499) 183-67-92, (499) 183-91-44