

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова

В. М. Воронцов, И. И. Немец

СТЕКЛО И КЕРАМИКА В АРХИТЕКТУРЕ

Учебное пособие



Белгород
2010

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

В. М. Воронцов, И. И. Немец

СТЕКЛО И КЕРАМИКА В АРХИТЕКТУРЕ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по направлению 270100 «Строительство»

Белгород
2010

УДК 691 (075)

ББК 38.3я7

В-75

Рецензенты:

Заведующий кафедрой «Дизайн окружающей среды»
Харьковского государственного технического университета
строительства и архитектуры, доктор архитектуры,
профессор *В. П. Мироненко*

Заведующий кафедрой «Архитектурные конструкции»
БГТУ им. В. Г. Шухова
профессор *И. А. Дегтев*

Воронцов, В. М.

В-75 Стекло и керамика в архитектуре: учебное пособие / В. М. Воронцов, И. И. Немец. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 106 с.
ISBN 978-5-361-00116-3

В пособии излагается история развития стеклоделия и строительной керамики, приводятся классификационные признаки керамических и стеклянных материалов, их свойства и области применения в современной архитектуре. Большое внимание уделяется характеристике и назначению эффективных материалов, обладающих высокими технико-эксплуатационными качествами, эстетичностью, экологической чистотой.

Учебное пособие может быть использовано студентами-архитекторами специальностей 270301 – Архитектура и 270302 – Дизайн архитектурной среды при изучении дисциплины «Архитектурное материаловедение».

УДК 691 (075)

ББК 38.3я7

ISBN 978-5-361-00116-3

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ.....	6
1.1. Становление и развитие строительной керамики.....	7
1.2. Классификация керамических материалов и изделий.....	14
1.3. Свойства керамических материалов и изделий, способы их декорирования.....	17
1.3.1. Свойства.....	17
1.3.2. Декоративное оформление изделий.....	19
1.4. Разновидности керамических материалов и изделий, области их применения.....	21
1.4.1. Стеновые материалы.....	21
1.4.2. Материалы для наружной облицовки.....	25
1.4.3. Материалы для внутренней облицовки.....	32
1.4.4. Кровельная черепица.....	37
1.4.5. Санитарно-технические изделия.....	39
1.4.6. Клинкерный кирпич.....	40
1.4.7. Керамические трубы.....	41
1.4.8. Керамические изделия специального назначения.....	41
1.4.9. Архитектурно-художественная керамика.....	43
1.5. Керамика в современном строительстве и архитектуре.....	47
2. МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СТЕКЛА И СИТАЛЛОВ.....	53
2.1. История развития стеклоделия.....	54
2.2. Понятие о стеклообразном состоянии и структуре стекла.....	65
2.3. Классификация стеклоизделий.....	66
2.4. Свойства стекла.....	68
2.4.1. Эксплуатационно-технические свойства.....	68
2.4.2. Дефекты стекла.....	70
2.5. Виды стекла и изделия из него.....	71
2.5.1. Листовое строительное стекло.....	71
2.5.2. Облицовочное стекло.....	74
2.5.3. Стекло со специальными свойствами.....	78
2.5.4. Конструктивные изделия из строительного стекла.....	81
2.5.5. Теплоизоляционные и звукоизоляционные стеклоизделия.....	85
2.5.6. Архитектурно-художественные изделия из стекла.....	87
2.5.7. Другие изделия из стекла.....	88
2.6. Ситаллы и шлакоситаллы.....	90
2.6.1. Свойства ситаллов.....	91
2.6.2. Шлакоситаллы.....	92
2.6.3. Области применения ситаллов и шлакоситаллов.....	93
2.7. Стекло в архитектуре.....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	102
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	103

ПРЕДИСЛОВИЕ

Архитектурное материаловедение – это наука, изучающая классификационные признаки, свойства и области применения строительных материалов и изделий в своей совокупности. Строительные материалы – это та база, из которой создаются строительные объекты, и от их правильного выбора зависит долговечность, надежность, удобство и красота современных зданий и сооружений. Так, Д. П. Айрапетов, автор последнего учебника по архитектурному материаловедению и книги «Материал и архитектура», назвал строительные материалы «папирой зодчего».

Архитектор в отличие от строителя еще и художник. Он должен творчески подходить к своим архитектурным замыслам, уметь точно подбирать материал для каждой составной части проектируемого им объекта, проводить грамотный расчет и воплощать свой проект в жизнь. Не случайно архитектурные шедевры простояли века, над ними не властвует время.

Современная стройиндустрия располагает десятками, а то и сотнями разновидностей различных строительных материалов и изделий, ассортимент которых все увеличивается. Каждый материал обладает определенными эксплуатационными преимуществами и недостатками, и, чтобы сделать точный, безошибочный выбор материала, максимально используя его полезные качества, необходимы глубокие знания его свойств и областей применения.

В настоящее время в учебном процессе по названной дисциплине используется лишь один учебник – уже упомянутая книга Д. П. Айрапетова «Архитектурное материаловедение», изданная в 1983 г. За это время многое изменилось: исчез СССР, а вместе с ним – плановая экономика. На смену последней пришел рынок, требования которого – прочный, надежный, конкурентоспособный и эстетичный материал, а следовательно, изменились и требования к качеству материала: к его эксплуатационно-техническим характеристикам, экологичности, комфортности. С каждым годом на строительном рынке появляются все новые и новые эффективные материалы, отличающиеся прочностью, легкостью, эстетичностью. Поэтому необходим современный подход к изучению данной дисциплины.

Цель авторов настоящего учебного пособия – частично восполнить существующий пробел в учебно-методической литературе и использовать в учебном процессе сведения о новейших строительных материалах и изделиях, их применении в архитектурном творчестве.

ВВЕДЕНИЕ

Современный рынок предлагает архитекторам, строителям и дизайнерам широчайший ассортимент строительных материалов и изделий, который постоянно пополняется все более новыми качественными видами строительной продукции. Важное место среди них занимают такие древние и такие молодые в современном понимании материалы, как керамические и стекломатериалы.

В настоящее время керамика и стекло прочно заняли передовое место среди конструкционных и отделочных материалов. Они позволяют создавать уникальные здания и сооружения, не имеющие аналогов в мировой истории архитектуры. Высокая механическая прочность, атмосферостойкость, долговечность и надежность отвели этим материалам ведущую роль в современной архитектуре. Не случайно более 50 % выпускаемых в нашей стране строительных материалов – керамические, а площадь остекления современных зданий составляет 50–80 %.

Трудно назвать отрасль стройиндустрии, где не использовалась бы керамика. Это стеновые, облицовочные, теплоизоляционные и огнеупорные материалы; дорожный кирпич и керамические трубы; санитарно-технические изделия и пористые заполнители; скульптура и садово-парковые архитектурные формы; декоративные вазы и настенные панно и т.д. Керамика по своей природе поистине уникальна: керамическим изделиям можно придавать всевозможную форму, а их лицевую поверхность офактуривать, покрывать глазурями, ангобами, декорировать. С древних времен в обиход вошло керамическое изобразительное искусство, которое постоянно совершенствуется.

Стекло – уникальное изобретение человечества – обеспечивает связь человека, находящегося в помещении, с природой и окружающей средой. Без стекла помещения лишаются натурального света; оно является незаменимым компонентом при эксплуатации любого здания.

Стекло и изделия на его основе имеют также широкий спектр применения: оконные и витринные стекла, зеркала и декоративно-отделочные стекла, стеклопакеты и стеклоблоки, ячеистое стекло и стекловолокно, ситаллы и шлакоситаллы и т.д. Как и керамика, стекло является предметом изобразительного искусства. Издавна мастера-стеклодувы создавали неопишуемые по красоте шедевры, художественное великолепие отображено в стекломозаике, цветных витражах.

Оба материала – стекло и керамика уникальны по своей сути и незаменимы. Прочность и надежность керамики, светопрозрачность и

эстетичность стекла предопределили их главенствующую роль в современной стройиндустрии.

1. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Керамическими называют искусственные каменные материалы и изделия, полученные в результате технологической обработки минерального сырья и последующего обжига при высоких температурах. Само слово «керамика» происходит от греческих слов *keramos* – глина и *keramikos* – гончарное искусство. Иными словами, керамические изделия изготовляют из глины путем придания ей в пластическом состоянии заданной формы с последующими процессами сушки и обжига.

Производство керамических изделий – одно из самых древних ремесел. Начиная с каменного века изготавливались простые глиняные сосуды как необходимая утварь для хранения пищи и воды. В эпоху палеолита существовали сделанные из глины скульптуры людей и животных. Когда человек научился добывать огонь, производство керамических изделий сделало большой шаг вперед. Изделия из глины, обожженные для придания им твердости, были известны еще за 15 тыс. лет до н.э.

Искусство керамики – изготовление различных предметов из глины – древнейший вид народного ремесла. С незапамятных времен керамические изделия служили человеку. Повсюду, где имелись природные запасы глины, пригодной для обработки, мастера-гончары создавали всевозможные по форме и декору цветочные горшки, кувшины, миски, фляги, блюда, вазы и многие иные предметы, необходимые в быту. Пластичность глинистого материала, его тональность, колористическое многообразие глазурей, которые придают изделиям сочную и пеструю окраску, способствовали тому, что керамические изделия выполняли не только исключительно утилитарную функцию, они становились произведениями искусства.

Керамика разных эпох отмечена характерными чертами своего времени. Интерес к ней сохраняется и в настоящее время. Ныне керамика широко используется в отделке фасадов зданий, оформлении интерьеров, в садово-парковой архитектуре, в декоративно-прикладном искусстве.

Простота технологии и неисчерпаемая сырьевая база для производства керамических изделий самых разнообразных видов предопределили их широкое и повсеместное распространение. Этому способствуют также высокая прочность, долговечность, экологическая без-

вредность и декоративность керамики. И в настоящее время керамика остается одним из основных строительных материалов, применяемых практически во всех конструктивных элементах зданий и сооружений.

1.1. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Историческое значение керамики велико. Она сопутствует человеку с незапамятных времен, о чем свидетельствуют археологические находки и архитектурные памятники многих стран мира и нашей страны в частности. В керамическом искусстве каждой из стран отразилась определенная эпоха. Именно керамика позволила человеку выйти из пещер, благо даря ей он смог строить себе жилье практически в любой местности и во всех климатических зонах [1]. Еще древние заметили, что глина во влажном состоянии легко принимает любую форму. Позднее человек научился закреплять эту форму обжигом (первоначально – на обычном костре, позднее появилась гончарная печь) и создавать сосуды для пищи и воды.

Ранние глинобитные постройки относятся к VIII тысячелетию до н.э. Они изготавливались из сырой глины и волокон тростника – это прообраз современных композиционных материалов – и представляли собой саманный и сырцовый кирпич. Обожженный кирпич появился в IV столетии до н.э. Самые первые постройки из кирпича обнаружены в Древнем Египте и Ассирии. Керамическое искусство этих стран было тесно связано с художественным оформлением зданий. В частности, египтяне владели секретом изготовления цветных глазурованных изделий, ассирийцы – цветного глазурованного кирпича и изразцов с рельефной поверхностью. Облицовочная керамика египтян сохранилась и поныне. Всему миру известны глазурованные инкрустации в форме дисков или прямоугольных плиток; а также изразцы, часть которых сейчас хранится в Лондонском и Берлинском национальных музеях. Для украшения дворцов и религиозных построек египтяне применяли цветной глазурованный кирпич и облицовочные плитки, из которых составляли монументальные панно. Основными сюжетами были военные и бытовые сцены.

Египетская культура подготовила почву для развития кирпичного производства; его расцвет начался не на Ниле, а в долине рек Тигра и Евфрата – в Месопотамии. Зодчие Месопотамии отошли от прямолинейности, характерной для египетской архитектуры, чему способствовало широкое строительство из кирпича, который позволял разнообразить форму возводимых сооружений. Древняя Вавилония, особенно ее

южная часть, была лишена и дерева и камня. Тем ценнее для вавилонян оказалась глина, поэтому кирпич стал преобладающим материалом в архитектуре Месопотамии.

Природа натолкнула вавилонских зодчих на создание доступного и удобного в применении строительного материала – глиняного кирпича. Мудрые вавилонские жрецы признали изделия из глины достойными служить богам: ведь по их учению даже люди были созданы из глины, а кирпич боги послали людям, чтобы закрепить их на земле.

Раскопки в Вавилоне подтверждают существование массивных крепостных стен из кирпича. На возведение знаменитой Вавилонской башни пошло не менее 40 млн шт. кирпичей. Они были с клеймом царя Навуходоносора, по велению которого и строили башню. Кирпичи обычных зданий не клеймились и не обжигались, хотя в этот период их уже клали не сырыми, а после сушки на солнце.

В Древней Месопотамии широко использовались глазурованный кирпич и облицовочная керамика, причем приемы украшения зданий глазурованными материалами оказали впоследствии большое влияние на искусство народов Востока. В частности, вавилонский стиль фризового рельефа был перенесен в Персию. В Древней Персии также господствовал синтез архитектуры и декоративно-прикладного искусства. Из Египта и стран Азии производство глазурованных изделий постепенно перекочевало в Грецию, а затем на территорию современной Италии.

Архитектурные сооружения Древней Греции возводили в основном из известняка или мрамора. Тем не менее греческие зодчие высоко ценили глину и широко ее использовали для своих построек. Однако глиняные сооружения, относящиеся к эллинскому периоду, до нас не дошли. По свидетельству античных авторов, это были постройки из необожженного кирпича, который применялся даже в культовых зданиях (храм Геры в Олимпии). Обожженный же кирпич («плинфос») начал применяться значительно позднее: не ранее IV в. до н.э.

Гончарное искусство у греков было настолько популярно, что интерьер греческого жилого дома был немислим без ваз и декоративной скульптуры, главным образом терракотовой. Недаром название одного из предместий Афин «Керамик» относится к району, славившемуся своими гончарами. Это был период расцвета не только архитектуры, но и художественных ремесел, особенно керамики.

Керамическому искусству греческой классики (VI–V вв. до н.э.) свойственны ясность конструкции, устойчивость формы, пропорциональность членений, жизненность сюжета, функциональность формы и назначения. Для росписи ваз из красной глины греческие мастера ис-

пользовали огнеупорный черный лак, секрет производства которого не раскрыт до настоящего времени.

Затем наступила эпоха Древнего Рима с его достижениями в области строительства. В отличие от греческих зодчих, культивировавших идеал гармонии и красоты, римляне превращали возведение общественных зданий в средство возвеличивания и прославления правящей знати. В это время ведется строительство грандиозных общественных зданий и сооружений.

Одним из главных достижений в области строительной техники римлян принято считать перекрытие огромных внутренних пространств, свободных от промежуточных опор. И вавилоняне и греки тоже знали арку и свод, но только в Риме они были доведены до совершенства и получили всеобщее распространение. Керамическое производство в Риме достигло большего совершенства, чем в Вавилоне или Афинах. В отличие от греков, которые чаще всего отделывали здания путем обработки самих архитектурных элементов, римляне, прежде всего, возводили основные конструкции здания из кирпича или бетона, а уже затем приступали к его облицовке.

Многочисленные памятники материальной культуры свидетельствуют о широком применении керамики в Древней Индии и Китае. Там еще во II–I тысячелетиях до н.э. изготавливалась глазурованная посуда и сосуды из высококачественной белой глины – каолина, который стал впоследствии основным материалом для производства фарфора. Фарфоровое производство, возникшее в глубокой древности, достигло своего совершенства в Танскую эпоху. К этому времени относится создание многочисленных печей для обжига фарфора, самой знаменитой из которых была Синчжоу в провинции Хэбэй, поставлявшая белоснежный фарфор к императорскому двору. Само слово «фарфор» имеет арабское происхождение и соответствует значению «императорский».

Но не только фарфоровой посудой славилось керамическое искусство Древнего Китая. Середина I тысячелетия до н.э. характеризуется строительством в Китае крупных оборонительных и ирригационных сооружений. Грандиозным памятником этого периода является Великая Китайская стена, возведение которой было начато в IV в. до н.э. из кирпича и камня с земляной засыпкой. Облицовка ее некоторых секций состоит из 3–4 слоев кирпича, так близко прилегающих друг к другу, что они не пропускают влагу. Общая длина стены со всеми ответвлениями составляет 4247 км, ширина – от 5 до 8 м, высота – до 10 м. По верху стены пролегла дорога, огороженная зубцами с бойни-

цами. Эта уникальная по своему масштабу достопримечательность Древнего мира сохранилась и поныне (рис. 1).

Во второй половине II в. до н.э. возник и стал развиваться тип культового буддийского сооружения – пагоды, представляющие собой башнеобразные многоярусные строения. Самой знаменитой из них является Даяньта – «Большая пагода диких гусей», выстроенная в Сиани из кирпича в 652 г. Семиярусная квадратная в плане пагода высотой 60 м имеет арочные окна и коническую крышу.



Рис. 1. Великая Китайская стена

После распада Римской империи центром средневекового керамического искусства стала Византия. Там ведущим направлением в архитектуре стали базиликальные и купольные здания из обожженного кирпича, созданные на основе античных традиций. Наиболее значительный памятник византийского зодчества – храм Святой Софии, воздвигнутый в Константинополе в 532–537 гг. Здание стоит уже более 14 веков, что свидетельствует о долговечности использованных строительных материалов, главным образом обожженного кирпича, который в византийской архитектуре, как и в архитектуре Месопотамии, занял главенствующее положение.

Другим важным центром средневековой культуры был Средний Восток, где наивысшего подъема архитектура и искусство достигли в

XIV– XV вв. в эпоху правления Тимура. По его указу в Самарканде были воздвигнуты величественные дворцы, мечети, минареты. Своим величием и ослепительным блеском они поражали всех приезжих. Самарканд называли жемчужиной Востока. Изразцы, которыми облицовывали сооружения – это сплошная цветная мозаика, ковер, покрывающий стены, двери, пол. И поныне многие монументальные здания Самарканда принадлежат к замечательным памятникам средневековой архитектуры. Среди них – грандиозная мечеть Биби-Ханым, ансамбль Шахи-Зинда, состоящий из мавзолеев для высшего духовенства и знати, медресе Улугбека. Значительные сооружения возводились в Бухаре и других городах Средней Азии. Все они поражали богатством орнамента (рис. 2).

В эпоху Возрождения кирпич завоевал ведущее место среди строительных материалов, вытеснив каменные блоки и бутовый камень, а черепица стала почти единственным кровельным покрытием. С конца XIV в. в Западной Европе наблюдается обновление керамического производства. Древнее гончарное мастерство было забыто, поэтому потребовалось много лет на его восстановление. Забытое искусство впервые возрождается в Испании, в областях, оккупированных маврами. [2].



Рис.2. Медресе Улугбека (1420) в Самарканде (слева) и медресе Надир Диван-биги (1622) в Бухаре (справа)

Покрытые глазурью декорированные кирпичи, вазы, блюда и другие изделия изготовлялись на Балеарских островах, один из которых – Майорка и дал им название «майолика». Виднейшим представителем майоликового искусства в эпоху Возрождения стал известный флорен-

тийский скульптор Лука Делла Роббиа (1399–1482), основавший знаменитую династию мастеров-керамистов и вошедший в историю развития керамики не только своими выдающимися скульптурными работами, но и тем, что первым в Европе стал применять белую оловянную глазурь.

В Германии из плотной спекшейся глиняной массы изготавливали так называемый каменный товар, в основном метлахские плитки и посуду, которая под названием рейнской вывозилась во Францию, Голландию и Англию. В Голландии, в Дельфте, выделялась прекрасная синевая керамика.

Трудно найти здание эпохи Ренессанса, автор которого в той или иной степени не воспользовался бы изделиями из керамики. В интерьерах европейских дворцов значительную декоративную роль играют каминные, в которых причудливо соединяются изделия из камня, керамики, металла. Внутренняя отделка стен не обходится без глазурованных плиток. А на черепичных крышах появляются кирпичные дымовые трубы с такими затейливыми завершениями, что они становятся полноправными архитектурными элементами. Даже крепостные сооружения из кирпича в эту эпоху являются произведениями искусства.

На территории Древней Руси производство строительной керамики было широко развито уже в X в. Так, при сооружении Десятинной церкви, Софийского собора и Золотых ворот в Киеве применялся обожженный кирпич – «плинфа», размером 340×270×40 мм. Многоцветными, напоминающими мрамор и яшму, керамическими плитками облицовывали стены и полы в каменных постройках Киева и Чернигова, когда на Западе изготавливали лишь двухцветные керамические плитки без применения цветных глазурей. Киевская керамика в X–XII вв. экспортировалась в другие страны.

Издавна Россия славилась искусством изготовления самобытных керамических изразцов для облицовки каминов, печей, стен и красочных панно. Отличительная особенность изразцов заключается в способности выдерживать быстрое нагревание и аккумулировать тепло. Древние зодчие создавали панно из изразцов на стенах княжеских дворцов, церквей, соборов. Изразцовые печи – неотъемлемая деталь жилища Киевской Руси [3].

Во многих русских городах X–XIII вв. было развито гончарное ремесло. В Москве строительство кирпичных зданий (церквей, башен, крепостей) началось с 1367 г., но широкое распространение оно получило только с середины XV в., когда из кирпича стали строить жилые дома. Во второй половине XV в. были построены Успенский собор в Московском Кремле и дворец в Угличе. В 1532 г. в селе Коломенском

под Москвой была сооружена церковь Вознесения, а в 1555–1560 гг. – храм Василия Блаженного (Покровский собор) на Красной площади (рис. 3). Все эти сооружения являются выдающимися памятниками русской архитектуры. При постройке храма Василия Блаженного широко использовались обыкновенный и цветной кирпич, черепица и другие керамические изделия. В то же время начинается изготовление покрытых разноцветными глухими глазурями изразцов из кирпичных глин. При этом состав белой оловянной глазури был открыт на Руси раньше, чем в других европейских странах.

Качество изготавливаемого на Руси кирпича было высоким. Посетивший Москву в XVI в. Петр Аленский писал, что кирпичи в этой стране превосходны, «московиты» весьма искусны в изготовлении их. Увеличение объема строительства и связанная с этим необходимость повышения выпуска строительных материалов привели к созданию в царствование Ивана Грозного «Приказа каменных дел», который был организован в 1584 г. Создание этого «Приказа» способствовало централизованному государственному строительству, главным образом, оборонного значения и обеспечению его строительными материалами.

Вторая половина XVII и начало XVIII вв. по праву считаются периодом блестящего расцвета русской кирпичной архитектуры. Именно



Рис. 3. Собор Василия Блаженного

в это время начали применять резные кирпичные детали с яркой окраской и цветные изразцы, что знаменовало собой новый этап в развитии русского зодчества. Постройки того времени имеют сравнительно небольшие размеры, отличаются простотой и практичностью планировки, но в то же время необычайно богатым «цветом», в частности нарядной кирпичной выкладкой.

При Петре I появляется новый архитектурный прием, характеризующийся применением более строгих стандартных белокаменных деталей, четко выделяющихся на фоне

красных кирпичных стен. В середине XVIII в. Д. И. Виноградов создал оригинальный русский фарфор, который существенно отличался по

своему составу от китайского и саксонского. Почти одновременно с Виноградовым, но независимо от него М. В. Ломоносов разработал свыше 50 различных рецептов получения фарфора.

В XIX в. выпуск керамических изделий расширился и совершенствовался. Были созданы кирпичные заводы в Москве, Петербурге, Харьковской и Киевской губерниях. В дальнейшем и в России и за рубежом кирпич оставался основным стеновым материалом. Его использовали и в лицевой кладке, и загоняли в толщину стен или внутрь колонн. До нынешнего времени кирпич и другие виды строительной и декоративной керамики широко применяют в строительстве.

В настоящее время в нашей стране действует целая индустрия строительной керамики, включающая заводы по производству кирпича, фасадной облицовочной керамики, плиток для пола, санитарно-технических изделий, глазурованных плиток и т.п.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Керамические изделия классифицируют по структуре, степени спеченности, состоянию поверхности и назначению.

По структуре спекшейся керамической массы различают грубую и тонкую керамику.

Изделия, имеющие в изломе грубозернистое строение, относятся к грубой керамике. Изделия с тонкозернистым строением составляют класс тонкой керамики. Они имеют плотную монолитную структуру и равномерно окрашены.

По степени спеченности керамические материалы подразделяются таким образом:

1. Пористые – имеющие водопоглощение более 5 %.
2. Плотные (спекшиеся). Имеют водопоглощение не более 5 %, их еще называют каменно-керамическими.

Пористые материалы могут впитывать от 5 до 20 % воды по массе или 12–35 % по объему. При необходимости их покрывают глазурями или ангобами. Плотные не пропускают воду. Они могут быть неглазурованными и глазурованными. Плотные керамические изделия издают при ударе чистый, долго не затухающий звук; пористые – глухой, быстро затухающий звук.

По состоянию поверхности керамические материалы бывают глазурованными или ангобированными и неглазурованными. О назначении глазурей и ангобов будет сказано ниже.

По назначению все керамические материалы и изделия делят на следующие виды:

- стеновые (кирпич строительный обыкновенный, кирпич и камни пустотелые и пористые, крупные пустотелые блоки);
- для наружной облицовки (кирпич лицевой и камни облицовочные, фасадные плитки, терракотовые плиты, ковровая мозаика);
- для внутренней облицовки (глазурованные плитки, встроенные детали, плитки для пола);
- кровельные (черепица);
- санитарно-технические изделия (умывальные столы, раковины, унитазы, писсуары, бидэ, сливные бачки);
- дорожные (клинкерный кирпич);
- трубы канализационные и дренажные;
- керамические изделия специального назначения (теплоизоляционные, кислотоупорные, огнеупорные).

Особое место в классификации керамических материалов и изделий занимает архитектурно-художественная керамика. Она предназначена для нарядной отделки зданий, художественного оформления интерьеров, переходов, тротуаров, выставочных павильонов, парков и садов. К этой категории керамики относятся изделия в основном из терракотовых и майоликовых масс, которые условно подразделяются:

- на изделия для облицовки экстерьеров;
- изделия для облицовки интерьеров.

Основными традиционными видами архитектурно-художественной керамики являются: терракота, майолика, фаянс, фарфор, каменная масса [4].

Терракота (итал. terra cotta – обожженная земля) представляет собой неглазурованный пористый керамический материал с цветным оттенком. Для терракоты характерна гамма оттенков от бледно-розового, желтовато-кремового и сероватого до кирпично-красного, иногда вишневого. Окраска зависит от количества примесей железа в исходной массе. Терракота находит широкое применение в изделиях строительного, бытового и художественного назначения (стеновые материалы, архитектурные детали, фигурные части архитектурной отделки, фасадные плитки, изразцы, вазы, садово-парковая скульптура).

Майолика (старое название острова Майорка – Majolika, откуда ввозилась в Италию испано-мавританская глазурованная керамика). В XIV– XV вв. так называлась любая глазурованная керамика, но в современном декоративно-художественном искусстве майоликой называют фаянсовые изделия с белым или цветным оттенком, расписанные

красками по свежей, еще не обожженной глазури. Майолика – пористый материал с гладкой или рельефной поверхностью, покрытый глазурью. Применяется для изготовления бытовых и художественных изделий (кувшинов, ваз, статуэток), а также для архитектурно-художественного оформления интерьеров.

Фаянс (итальянский город Фаэнца – один из центров производства глазурованной керамики) – твердый мелкопористый материал белого цвета, отличается от фарфора непрозрачностью и большим водопоглощением (от 5 до 12 %), из-за чего его покрывают глазурью. Фаянс не просвечивает. Применяется в производстве облицовочной плитки и посуды, декоративных и санитарно-технических изделий (наряду с фарфором и полуфарфором). По своим техническим, а также гигиеническим свойствам фаянс значительно уступает фарфору, его стоимость значительно ниже последнего.

Полуфарфор – тонкокерамический материал, занимающий по составу и своим основным свойствам среднее положение между фарфором и фаянсом. Он характеризуется высокой плотностью и почти совсем не просвечивает. Из полуфарфора изготавливают различную посуду и санитарно-технические изделия.

Фарфор – представляет собой белый плотный спекшийся, непроницаемый для жидкостей и газов (даже в неглазурованном виде) керамический материал с раковистым изломом. Фарфор просвечивает в тонких слоях. Легкие удары деревянной палочкой о край фарфорового изделия вызывают чистое и продолжительное звучание. Он характеризуется высокой механической прочностью, термостойкостью и химической стойкостью, отсутствием открытой пористости. Его водопоглощение менее 0,5 %. Применяется для изготовления санитарно-технической, бытовой и художественной керамики. Фарфоровые изделия санитарно-технического назначения также покрывают глазурью для придания им гладкости и повышения санитарно-гигиенических свойств.

Каменная масса – близкий к фарфору плотный материал, отличается от последнего цветом (преимущественно серый, коричневый) и непрозрачностью. Этот материал имеет высокую механическую прочность, устойчивость к химическим воздействиям и высокую термостойкость. Из каменной массы изготавливают изделия технического назначения, в частности химическую аппаратуру, кухонную посуду, декоративные изделия.

1.3. СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ, СПОСОБЫ ИХ ДЕКОРИРОВАНИЯ

1.3.1. Свойства

Физико-механические свойства керамических изделий определяются их структурой. Керамические материалы представляют собой композиционные материалы, в которых матрица или непрерывная фаза представлена остывшим расплавом, а дисперсная фаза – нерасплавленными частицами глинистых, пылевидных и песчаных фракций, а также пораи и пустотами, заполненными воздухом. К основным технико-эксплуатационным характеристикам керамических материалов и изделий следует отнести плотность, механическую прочность, водопоглощение, теплопроводность, морозостойкость и внешний вид.

Плотность керамических материалов и изделий зависит от их химико-минералогического состава, способа формования и степени обжига. Большей плотностью отличаются материалы, обжигаемые почти до полного спекания без вспучивания (клинкерный кирпич, плитки для пола). Истинная плотность спекшейся керамической массы составляет $2,5\text{--}2,7 \text{ г/см}^3$. Средняя плотность зависит от пористости и пустотности и составляет у различных изделий от 300 до 2300 кг/м^3 .

Прочность керамических материалов зависит от качества исходного сырья, условий его подготовки, формования и других факторов. Прочность при сжатии (марочность) керамических изделий изменяется в пределах от 0,05 до 1000 МПа. Наибольшую прочность имеют изделия со спекшимся без деформации черепком.

Водопоглощение часто используется для характеристики плотности и пористости керамических изделий. Для обеспечения надежного сцепления с раствором стеновые керамические материалы должны иметь водопоглощение не менее 6–8 %. Его верхний предел не ограничивают, так как с возрастанием водопоглощения увеличивается пористость и улучшаются теплоизоляционные свойства. В различных керамических изделиях в зависимости от пористости водопоглощение меняется от 0 до 70 %.

Теплопроводность абсолютно плотной спекшейся керамики составляет $1,16 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, теплоемкость керамических материалов в среднем колеблется от 0,75 до $0,92 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$.

Морозостойкость. Стеновые материалы должны выдерживать не менее 15 циклов, а изделия для облицовки фасадов зданий не менее 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Внешний вид керамических изделий имеет значение при использовании их для кладки и облицовки фасадов зданий и внутренних помещений. Он оценивается показателями внешнего вида: точностью формы, отсутствием искривлений поверхностей, ребер и отклонений сторон от прямого угла, трещин, выцветов, пятен и т.д. Изделия тонкой керамики еще характеризуются степенью белизны, просвечиваемостью, блеском глазури, совершенством декора.

Белизна для фарфоровых и фаянсовых изделий – признак высокого качества. Она определяется как величина отраженного поверхностью изделия светового потока по сравнению с белизной эталона (в процентах) – баритовой пластинки, белизна которой принята за 100 %. Белизну фарфоро-фаянсовых изделий определяют фотометрами. Белизна зависит от чистоты исходных сырьевых материалов (особенно каолинов), наличия в них красящих оксидов железа, титана, марганца, зернового и минерального состава компонентов массы, режима обжига.

Просвечиваемость (t) фарфоровых изделий характеризуется отношением интенсивности светового потока (Φ), прошедшего через фарфоровый материал, к световому потоку (Φ_0), падающего на него:

$$t = \Phi / \Phi_0 \cdot 100 \%.$$

Просвечиваемость придает «теплоту» и привлекательность фарфоровым изделиям. Она зависит от структуры, фазового состава и толщины стенок фарфоровых изделий и колеблется в пределах от 0,2 до 2 %.

Блеск глазури – важнейший фактор в оценке эстетических свойств изделий художественной керамики. Светорассеяние поверхности при направленном освещении обнаруживают по блеску, проявляющемуся в том, что яркость поверхности в направлении зеркального отражения оказывается больше, чем в других направлениях. Блеск поверхности глазурного покрова тем больше, чем выше коэффициент преломления слоя глазури, так как с его повышением увеличивается зеркальная составляющая, создающая впечатление блеска (эталонном блеска принят блеск увиолевого стекла, равный 65 %).

Отличительной особенностью керамики является высокая механическая прочность, термостойкость и коррозионная стойкость. Но для всех видов керамики имеется один существенный недостаток – высокая хрупкость. Вместе с тем технико-эксплуатационные свойства керамики постоянно совершенствуются за счет правильного выбора химического состава сырья, методов формования, условий обжига. Ценность керамических материалов во многом обусловлена их высокими

теплофизическими свойствами. Эти свойства имеют общее значение независимо от того, где керамические материалы применяются.

1.3.2. Декоративное оформление изделий

На керамические изделия в декоративных целях и для улучшения их устойчивости к внешним воздействиям наносят различного рода покрытия. Различают три основных способа покрытий: глазурирование, ангобирование и нанесение рисунка (декорирование).

Глазурирование – процесс нанесения на керамическую поверхность тонкого слоя (0,1–0,3 мм) стекла, придающего этой поверхности глянец и улучшающего ее механические и физико-химические свойства. Глазурь закрепляется путем обжига. По своему составу глазури более легкоплавкие, чем основной материал, что позволяет им легко растекаться по глазурируемой поверхности и прочно сцепляться с ней. Гладкая поверхность глазури способствует увеличению механической прочности, химической стойкости, долговечности, гигиеничности керамических изделий и повышению их эстетических и эксплуатационных свойств.

Глазури бывают белые и цветные, прозрачные и глухие, блестящие и матовые, легкоплавкие и тугоплавкие, а также с металлическим отливом. Прозрачные глазури применяют чаще всего для покрытия фарфоровых и фаянсовых изделий. Глухие (эмали) используются для покрытия облицовочных плит, печных изразцов и других изделий строительной и тонкой керамики.

Глазурирование изделий строительной керамики производится тремя основными способами: поливом изделий глазурной суспензией (керамическая плитка), окунанием в глазурную суспензию (санитарные изделия и трубы) и тонким распылением (пульверизацией). Глазурированные керамические изделия обжигают однократно или двукратно. При однократном обжиге на высушенное изделие наносят слой глазури, подсушивают и помещают в печь для обжига, где осуществляется как процесс спекания основной массы, так и расплавление глазури. При двукратном обжиге вначале изделие обжигают без глазури (утельный обжиг), затем на его поверхность наносят слой глазури и обжигают вторично (политой обжиг), при этом происходит расплавление глазури на изделии.

Ангобирование – нанесение на поверхность необожженного керамического изделия тонкого слоя (1,0–1,5 мм) белой или цветной глины или приготовленного на ее основе ангоба. Ангоб – это матовое белое или цветное покрытие, приготовленное из тугоплавких светложгущих-

ся глин. Ангоб, являясь более плотным, чем материал ангобируемого изделия, занимает как бы промежуточное положение между материалом изделия и глазурью. Его наносят на изделие для получения более гладкой поверхности, для маскировки нежелательной окраски изделия, создания рельефного рисунка и т.д. При этом изделие получается двухслойным. Между собой слои должны быть тесно связаны, хорошо подогнаны по коэффициенту линейного расширения, не давать трещин и не отслаиваться, поэтому эти массы должны быть близки по составу.

Ангоб, как правило, наносится на сырое необоженное изделие. В отличие от глазури ангоб не дает при обжиге расплава, а образует матовое покрытие.

Декорирование – это украшения на керамических изделиях, выполненные специальными керамическими одноцветными или многоцветными красками. Кроме того, изделия могут украшаться растворимыми солями красящих окислов и глазурями с металллическим отливом (люстрами). Краски при декорировании наносят различными способами: украшением декалькоманией, печатью, штампом, ручной раскраской при помощи кисти, фотокерамикой.

Украшение декалькоманией сводится к тому, что одноцветный или многоцветный рисунок, отпечатанный литографическим способом, керамическими красками по бумаге переносится на предварительно обожженное изделие. Поверхность изделия покрывается специальной мастикой, на которую наклеивается бумага с рисунком (декалькомания). Место приклейки рисунка просушивают, затем бумагу и пленку мастики смачивают раствором аммиака. При этом избыток мастики смывают, а бумага легко отделяется от рисунка. Далее изделие просушивают и обжигают.

Украшение печатью ведется только одноцветными красками. Рисунок методом гравюры наносят на медные валки или пластины, канальцы которых заполняются керамической краской. На такие матрицы укладывается тонкая папиросная бумага и давлением через войлочную прокладку на специальных ротационных или вальцевых прессах краска из канальцев переносится на бумагу, оставляя на ней все контуры рисунка. Бумагу с рисунком во влажном состоянии наклеивают на поверхность керамического изделия и прикапыванием войлочного ролика переводят его с бумаги на изделие. Далее, после просушки изделие направляется на обжиг.

Украшение штампом применяют при подглазурных и надглазурных раскрасках и только для однотонных рисунков фарфоро-фаянсовых изделий. Штамп представляет собой рельефно вырезанный рисунок на резиновой пластинке, которая приклеивается на мягкую

резиновую губчатую подушку или на вогнутую стальную полосу. На рельефную поверхность штампа роликом наносится краска. Прижимая штамп к поверхности изделия, получают на ней одноцветный рисунок.

Ручная раскраска кистью применяется при производстве высокохудожественных изделий из фарфора и фаянса. Такие работы выполняют квалифицированные мастера-художники. Керамические краски соответствующих цветов по заданному рисунку кистью наносят на поверхность изделия. Затем его просушивают и обжигают.

Способ фотокерамики отличается от декалькомании лишь тем, что рисунок при данном способе получают фотографическим процессом.

Назначение декора – повысить эффект, производимый цветом материала и его формой.

1.4. РАЗНОВИДНОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ, ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

1.4.1. Стеновые материалы

К группе стеновых материалов относятся кирпич глиняный обыкновенный, пустотелый, пористо-пустотелый, легкий, пустотелые керамические камни и блоки.

Наиболее распространенными из стеновых материалов являются керамический кирпич и камни. Кирпич глиняный обыкновенный имеет размеры 250×120×65 мм (одинарный), 250×120×88 мм (утолщенный), 288×138×63 мм (модульный) и 288×138×88 мм (модульный утолщенный). Самая большая грань кирпича называется постелью, боковая – ложком, торцевая – тычком (рис. 4).

Кирпич глиняный обыкновенный применяется для кладки наружных и внутренних стен, столбов, фундаментов, сводов и других частей зданий, в которых полностью используется его высокая прочность. Обычный строительный кирпич имеет довольно высокую плотность (1600–1800 кг/м³) и высокую теплопроводность, поэтому приходится возводить наружные стены большей толщины, чем это требуется по расчету на прочность. В подобных случаях более эффективно применение не столь прочного, но менее теплопроводного пустотелого, пористо-пустотелого и легкого кирпича.

Пустотелый кирпич имеет круглые отверстия, прямоугольные или щелевые пустоты. Пористо-пустотелый кирпич получают аналогично пустотелому, но в глину вводят выгорающие добавки. Кирпич строительный легкий изготавливают как из глины с выгорающими добавками,

так и из диатомитов или трепелов с выгорающими добавками и без них.

Пустотелый кирпич применяется для наружных и внутренних стен зданий, а также в цоколях зданий выше гидроизоляционного слоя. Его нельзя применять для фундаментов и цоколей зданий ниже гидроизоляционного слоя и для стен помещений с повышенной влажностью. Легкий кирпич используется для наружных и внутренних стен зданий с нормальной влажностью помещений.

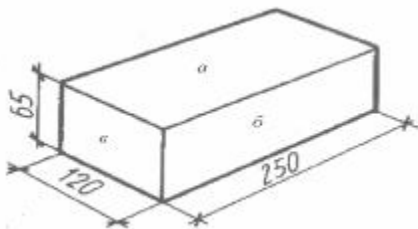


Рис.4. Кирпич керамический обыкновенный:
a – постель; *б* – ложок; *в* – тычок

Следует отметить, что в нашей стране керамический кирпич является одним из самых распространенных строительных материалов, объем его производства составляет около 60 % от общего объема строительных материалов. Из кирпича возводится половина всех жилых, общественных и промышленных зданий. Номенклатура конструктивных материалов из кирпича очень разнообразна, но больше всего изготавливается обыкновенного полнотелого кирпича, который предназначается для применения в таких конструкциях, где его прочность может быть максимально использована. Качество кирпича определяет ГОСТ 530–2007.

Кирпич должен быть морозостойким, т.е. выдерживать частые изменения температуры без видимых признаков разрушения, сцепляться накрепко со строительным раствором. Поэтому его пористость должна быть не менее 6–8%, но не более 20 %. Кирпич имеет марки по прочности: 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, что соответствует пределу прочности при сжатии, выраженному в кгс/см². Марки по морозостойкости (выражены в циклах попеременного замораживания и оттаивания): 15, 25, 35, 50. Масса кирпича обыкновенного не должна превышать 4,3 кг, а его теплопроводность составляет 0,6–0,8 Вт/(м·К).

Кирпич пустотелый, пористо-пустотелый и легкий имеет те же размеры, что и обыкновенный кирпич, но легче последнего по массе, что дает возможность снизить массу стены и повысить ее теплофизи-

ческие свойства. Пустотелый кирпич изготавливают со сквозными и несквозными круглыми, щелевидными, реже овальными или квадратными пустотами (рис. 5).

Благодаря тому что диаметр сквозных пустот не превышает 16 мм, а ширина щели – 12 мм, в процессе кладки строительный раствор незначительно заполняет пустоты, и кладка из пустотелого кирпича обладает пониженной теплопроводностью. Поэтому его применяют преимущественно для наружных стен жилых домов.

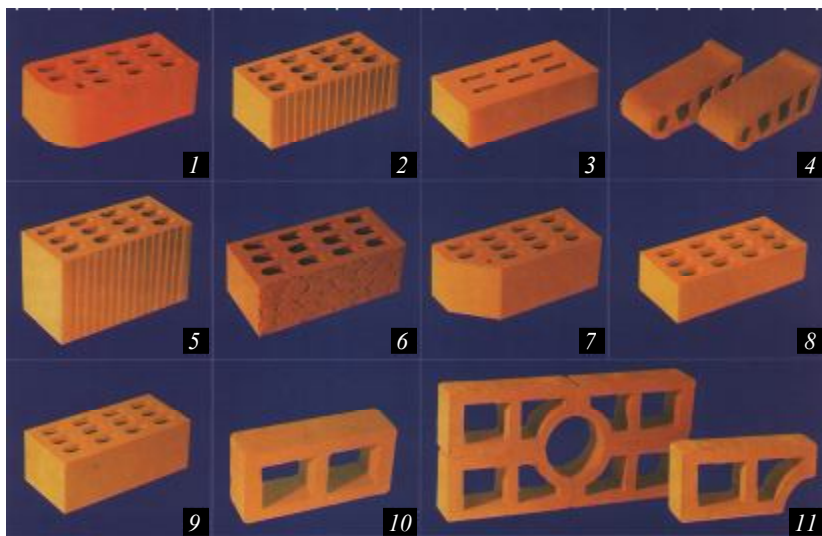


Рис. 5. Виды пустотелого кирпича:

- 1, 6 – для отделки дверных и оконных проемов;
- 2, 8, 9 – для кладки наружных и внутренних стен и облицовочных работ;
- 3 – для кладки наружных и внутренних стен, печей, каминов, фундаментов;
- 4 – для декорирования оконных проемов; 5, 7 – для облицовочных работ;
- 10, 11 – для строительства декоративных беседок, заборов, ограждений

Пустотелые керамические камни имеют следующие размеры (мм):

- камень обычный – $250 \times 120 \times 138$;
- камень модульных размеров – $288 \times 138 \times 138$;
- камень модульных размеров укрупненный – $288 \times 288 \times 88$.

Керамические камни имеют больший размер, чем кирпич, поэтому их выпускают только пустотелыми (рис. 5, поз. 5). Их плотность колеблется в пределах $1300\text{--}1450 \text{ кг/м}^3$, марки по прочности 75, 100, 125 и 150. Керамические камни используют для кладки несущих стен од-

ноэтажных и многоэтажных зданий и для внутренних несущих стен и перегородок. Применение этого материала позволяет снизить толщину и массу стеновых конструкций и уменьшить количество швов по сравнению с обычной кирпичной кладкой.

Пустотелый кирпич с плотностью не более 1400 кг/м^3 и камни с плотностью не более 1450 г/м^3 относятся к *эффективным*. Они имеют преимущества перед полнотелым кирпичом, так как обладают пониженной массой и лучшими теплозащитными свойствами, что позволяет уменьшить толщину возводимых стен, сократить расход кирпича на кладку, уменьшить массу строительной конструкции и ее нагрузку на фундамент. Об этом говорят технико-экономические показатели производства и применения эффективных пустотелых керамических изделий по сравнению с показателями для полнотелого кирпича:

- снижение расхода сырья – 25–30 %;
- снижение расхода топлива – не менее 10 %;
- сокращение расхода стеновых материалов – до 30 %;
- сокращение трудовых затрат – до 15 %;
- уменьшение себестоимости – 10–20 %.

Кроме того, такие изделия не деформируются, а их применение в строительстве, благодаря пониженной теплопроводности, позволяет снизить толщину наружных стен зданий на 25–30 %. Приведенные затраты на 1 м^2 стены, выложенной из эффективного кирпича, снижаются по сравнению с кладкой из полнотелого кирпича на 30 %. Содружество науки и производства позволило не только значительно облегчить массу керамических изделий, максимально увеличив их размеры, но также существенно улучшить их конструктивные свойства (прочность, надежность, трещиностойкость) [5].

По классу эффективности, согласно ГОСТ 530–2007, они делятся на пять групп (табл. 1):

Таблица 1

Оценка класса эффективности пустотелых кирпичей и камней в зависимости от плотности и теплопроводности

Плотность, кг/м^3	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Класс эффективности
До 800	Менее 0,20	Высокой эффективности
801–1000	0,20–0,24	Повышенной эффективности
1001–1200	0,24–0,36	Эффективные
1201–1400	0,36–0,46	Условно-эффективные
Более 1400	Более 0,46	Обыкновенные

Крупноформатные пустотелые блоки – новое поколение керамических стеновых материалов. Сохранив в себе преимущества керамического кирпича: экологичность, долговечность, комфортный микроклимат в доме – они за счет своих крупных размеров и высокой пустотности обеспечивают значительную экономию времени и средств на строительные работы, обладают отличными теплоизоляционными свойствами. Они имеют размеры от $250 \times 120 \times 138$ до $510 \times 240 \times 215$ мм и массу от 3,8 до 21 кг, марочную прочность М100 и М150, морозостойкость – 50 циклов. Примеры пустотелых блоков приведены на рис. 6.

1.4.2. Материалы для наружной облицовки

Облицовка керамикой не только придает декоративность, но и защищает конструкцию от внешних воздействий. Материалы для наружной (фасадной) облицовки зданий и сооружений включают в себя лицевой кирпич и камни, крупноформатные облицовочные плиты и фасадную плитку, ковровую мозаику, различные архитектурные детали (терракоту).

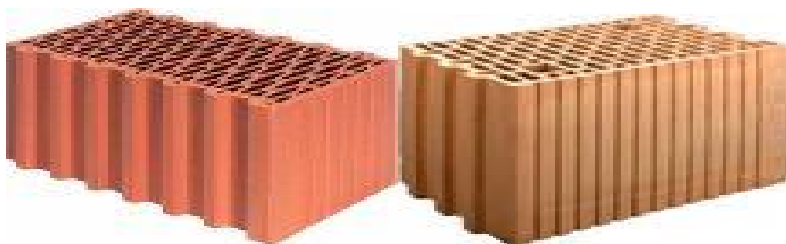


Рис. 6. Многопустотные керамические блоки

Лицевой кирпич отличается от обычного тем, что у него ложка и тычок (или два тычка) имеют улучшенное качество поверхности: гладкая без дефектов поверхность, ровная окраска, возможная рельефная обработка поверхности или ее офактуривание (двухслойное формование, глазурирование, ангобирование), а также окрашивание пигментами. Лицевые поверхности не должны иметь выцветов, высолов, крупных включений и других дефектов [6].

Лицевой кирпич и камни изготавливают как из красножгущихся, так и беложгущихся глин. Марки лицевого кирпича такие же, как и у обычного; морозостойкость – не менее 25 циклов. Выпускают лицевой кирпич и камни различных цветовых тонов, подбирая такой состав

сырья и режим обжига, который обеспечивает высокоэстетическую устойчивую окраску. Лицевой кирпич, являясь облицовочным материалом, одновременно играет роль несущего стенового материала. Его изготавливают пустотелым или сплошным. Исходя из назначения и формы, различают следующие виды лицевого кирпича: рядовой (для кладки стен), рядовой профильный (для кладки карнизов, поясков, капителей, колонн и т.п.) и фасонный (для оформления углов, дверных и оконных проемов) (рис. 7).

Высокие декоративные и конструктивные свойства лицевого кирпича позволили применять его в кладке одновременно с обычным кирпичом и нести с ним одинаковую нагрузку. Его использование дает возможность значительно снизить стоимость и трудоемкость отделки фасадов, ибо при этом отпадает необходимость специального крепления облицовки, которое связано с известными трудностями и не всегда надежно.

При применении лицевых материалов стоимость стен несколько увеличивается. Это повышение стоимости примерно равно стоимости оштукатуривания фасадов. Однако, если учесть последующие эксплуатационные расходы на ремонт оштукатуривания стен и их периодическую окраску, то приведенная стоимость стен из лицевых материалов окажется на 15 %, а трудозатраты на 25 % ниже, чем оштукатуренных стен.

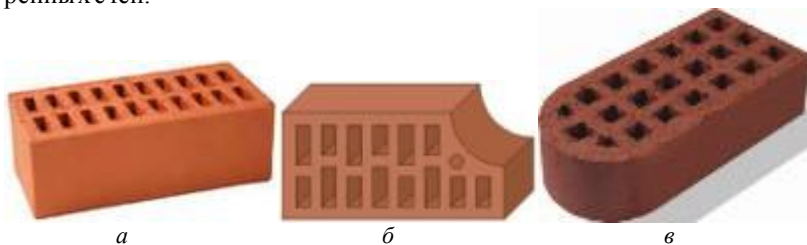


Рис. 7. Виды лицевого кирпича:

а – рядовой; *б* – рядовой профильный; *в* – фасонный с закруглением

Своеобразный эстетический эффект достигается при использовании в стенах профильного и рельефно-фактурного кирпича. В русской архитектуре профильный кирпич применяется с XV в. В старинных постройках лицевой кирпич имеет тычок с горизонтальными или вертикальными профилями, предназначенными для кладки карнизов, поясков, тяг, узлов. В русской кладке профили кирпича редко были образованы правильными кривыми, они либо очерчивались трехцентрковой кривой, либо окружность имела центр, находящийся далеко за пределами кирпича. Получали профиль теской обычного кирпича или в спе-

циальных формах. Мастерство русских зодчих позволяло минимальным числом типов профильного кирпича достигать большей выразительности отдельных элементов и фасадов.

Не менее эстетичный эффект имеет фактура кирпича, которая помогает выявить конструктивную роль той или иной части здания. Так, «грубая» фактура в виде крупноразмерного кирпичного руста или кирпичей с поверхностью под колотый камень чаще всего применяется для отделки массивных несущих частей здания – цоколей, подпорных стен. Шероховатую или матовую фактуру используют для отделки стен вышележащих этажей, простенков, поясов, карнизов. Глянцевые поверхности (из глазурованного или ангобированного кирпича) целесообразны для обрамления фактурных или цветowych пятен. Однако зачастую архитекторы, опасаясь сделать кладку слишком пестрой, используют в основном однотипные фигурные или фактурные изделия. Это придает стене пластичность и конструктивную устойчивость.

Плиты и плитки фасадные. Плитки фасадные применяют для облицовки наружных стен и поверхностей стеновых панелей, для отделки лоджий, эркеров, вставок, поясов, обрамления окон и дверных проемов. Эти изделия должны обладать высокой морозостойкостью, водонепроницаемостью, атмосферостойкостью, прочностью и надежностью крепления.

Фасадные плитки обычно изготавливают из беложгущихся глин с добавками и без них, иногда глазуруют. Они подразделяются на плоские, предназначенные для облицовки плоских поверхностей стен, и угловые – для облицовки наружных углов, откосов, проемов, пилястр. В зависимости от формы плитки бывают квадратные, прямоугольные и фигурные.

Крупноразмерные керамические плиты выпускают размером от 500×500 до 1000×1000 мм и толщиной 6–10 мм. Эти плиты крепят на фасаде с помощью металлических раскладок. Один из вариантов таких плит называют *керамогранитом*.

Плиты и плитки для наружной облицовки изготавливают с гладкой и рифленой поверхностью, одноцветными и многоцветными, неглазурованными и глазурованными (рис. 8). Для улучшения сцепления они имеют рифленую тыльную поверхность или пазы с сечением «ласточкин хвост». Глазурь на таких плитках позволяет придавать им необходимую окраску. Они обладают высокими декоративными и эстетическими свойствами и предназначены для облицовки фасадов зданий одновременно с кладкой стен из мелкоштучных изделий. Отделка фасадов керамическими плитками не только очень выразительна с архитектурной точки зрения, но и долговечна. Вместе с тем они сложны в

изготовлении, дороги, громоздки и требуют много высококачественного сырья, вследствие чего выпускаются в ограниченном количестве [7].



Рис. 8. Образцы керамических глазурованных фасадных плиток

Керамический гранит. Этот материал появился совсем недавно, но стал очень популярным. По внешнему виду (зернисто-кристаллической структуре и цветовой гамме) он напоминает природный гранит. Физико-механические свойства керамогранита близки, а порой и превосходят свойства гранита природного. Керамогранит отличается очень низкой пористостью, его водопоглощение не превышает 0,5 %, что предопределяет высокую морозостойкость материала. Это особенно важно при использовании керамогранита для наружной облицовки в климатических условиях России.

Плиты из керамогранита выпускают больших размеров – от 20×20 до 60×60 и 60×120 см при толщине от 7 до 30 мм. Более прочными и популярными считаются плиты толщиной 10–14 мм. Они особенно хороши для пола в производственных помещениях. Керамогранит имеет богатую гамму расцветок. Поверхность плит, в зависимости от вида механической обработки, может быть полированной, шлифованной или шероховатой. Области применения плит и плиток из керамогранита самые разнообразные: от облицовки фасадов зданий и устрои-

ства покрытий полов в магазинах, банках до отделки стен и полов в жилых помещениях.

Главная особенность керамогранита – его высокая прочность и низкая пористость. Художественный эффект, которого можно добиться с помощью этого материала, и его отличные технические характеристики вывели керамогранит в лидеры современного рынка вентилируемых фасадов. К тому же он не требует практически никакого ухода. Плиты из керамогранита в точности имитируют различные виды натурального камня: мрамор, гранит и другие породы. Керамогранит полностью сохраняет структуру и рисунок натурального камня, но не имеет дефектов, снижающих прочность природных каменных материалов. Возможность изготовления крупноформатных плит из керамогранита – его главное отличие от обычной керамики. Крупный формат позволяет формировать эксклюзивные фасады, придает зданиям строгие, элегантные очертания, обеспечивает максимальную функциональность (рис.9).

Керамогранит за довольно короткий срок не только вышел на лидирующие позиции среди материалов родственного назначения, но и продолжает теснить их с мирового рынка строительных и отделочных



Рис. 9. Фрагмент фасада здания, облицованного керамогранитом

материалов. Это обусловлено уникальной морозоустойчивостью и, как следствие, неограниченными возможностями его использования по сравнению с обычной керамической плиткой и натуральным камнем. Он способен выдерживать мороз до -50°C , что позволяет использовать его для облицовки фасадов в условиях Крайнего Севера [8].

Любой натуральный камень для облицовки фасада – обязательно пористый и испещрен всевозможными прожилками. Со временем такая облицовка в любом случае станет рыхлой, камень будет крошиться и откалываться. Таких проблем удастся избежать при облицовке здания гладким полированным керамогранитом. Помимо этого, данный материал обладает еще одним замечательным качеством – стойкостью к действию кислот и прочих «едких» веществ. В числе бесспорных

достоинств керамогранита – его твердость (7–8 по Моосу) и высокая износостойкость. Таким образом, срок службы керамогранита – не менее ста лет, но даже спустя столько времени следов износа на таком фасаде видно не будет, так как керамогранит имеет однородный рисунок на всю глубину.

Керамический гранит – экологически чистый материал, поскольку, кроме всех перечисленных свойств, он также не выделяет вредных веществ в окружающую среду даже при довольно сильном нагревании, а его химическая инертность и низкое водопоглощение (0,1–0,2 мас. %) являются залогом бактериостатичности. Благодаря тому, что компоненты для производства керамогранита тщательно отбираются по показателю радиоактивности, конечный продукт гарантированно избавлен от повышенного фона, чего нельзя однозначно сказать о многих сортах природного гранита и других вулканических породах (базальт, лабрадорит, габбро).

Керамогранитом можно облицовывать не только внутренние и наружные стены, навесные вентилируемые фасады, где он просто незаменим, но и укладывать на балконах или на открытых террасах. Его физико-механические свойства высоки. Основные достоинства:

- высокая прочность при сжатии;
- устойчивость к истиранию;
- низкая пористость (практически не поглощает влагу);
- стойкость к резким перепадам температуры;
- высокая морозостойкость;
- устойчивость к химическим реагентам и загрязнениям;
- стойкость к процессу старения под влиянием времени и ультрафиолета;
- однородность поверхностного и объемного состава;
- широкая гамма цветов и оттенков;
- высокие потребительские и эксплуатационные характеристики.

Среди недостатков следует отметить высокую хрупкость – у него некая схожесть по структуре со стеклом, а также низкую прочность на изгиб.

Коврово-мозаичные плитки (ковровая керамика) представляют собой мелкогабаритные тонкостенные плитки (глазурованные и неглазурованные), наклеенные в виде ковров на бумажную основу. Лицевая поверхность плиток покрывается прозрачной или глухой, блестящей или матовой, белой или цветной глазурью. Применяют покрытия с цветными глазурями под названием «березка», «мимоза», «малахит» и тому подобное, которые имитируют природные материалы.



Рис. 10. Мозаичный ковер из мелкоформатных плиток (слева) и стена, облицованная ковровой керамикой (справа)

Мелкоформатные керамические плитки нашли применение в облицовке внутренних и наружных поверхностей стен жилых, общественных и промышленных зданий, ограждений балконов и лоджий, а также для монументно-декоративных работ. Использование их для облицовки цоколей и карнизов зданий не допускается ввиду повышенного водопоглощения.

Коврово-мозаичные плитки поставляются в виде ковров, состоящих из оберточной или мешочной бумаги, на которую лицевой поверхностью наклеены плитки специальным костным клеем. Изготавливают ковры с прямолинейными горизонтальными и вертикальными швами, с мозаичным узором или с произвольным неориентированным набором (рис. 10). Плитки укладываются в гнезда специальных матриц, которые заливаются цементно-песчаным раствором. Далее осуществляют пропарку, после которой бумага удаляется.



Рис. 11. Архитектурная терракотовая отделка

Архитектурная терракота – это однотонные неглазурованные керамические изделия, изготовленные из светложущихся глин. Представляют собой крупноразмерные облицовочные изделия в виде плит, частей колонн, наличников и других архитектурных деталей. Это очень долговечный декоративно-облицовочный материал, незначительно уступающий природному камню по свойствам, но значительно менее трудоемкий в производстве. Терракотовые изделия имеют водопоглощение 8–10 %, морозостойкость – более 25 циклов, при дли-

тельной эксплуатации не меняют своего цвета.

К терракотовым изделиям относятся изделия для устройства поясов, карнизов, кронштейнов, капителей, пилястр, колонн, барельефов, художественных вставок, панно и т.п. Применение архитектурно-художественной керамики дает возможность архитектору придать облицовываемой поверхности требуемую выразительность (рис. 11). Античная архитектурная терракота иногда расписывалась ангобами. В настоящее время терракотовые изделия получают окрашенными, вводя в шихту минеральные красители или окрашивая только верхний слой изделия в период формовки.

Устойчивость терракоты к атмосферным воздействиям и способность сохранять свой первоначальный вид определили ее ценность как строительного материала. Широкое применение терракоты объясняется еще и тем, что из глины гораздо легче изготавливать скульптурные изображения или повторяющиеся детали оформления здания, чем из природного камня.

1.4.3. Материалы для внутренней облицовки

При внутренней облицовке зданий каждая деталь выглядит отчетливее, чем при фасадной, поэтому к внешнему виду изделий для внутренней облицовки предъявляются более строгие требования, а именно: достижение значительной точности размеров и правильности формы. Равномерность окраски при внутренней облицовке зданий играет намного большую роль, чем при наружной. Учитывая, что внутренняя облицовка зданий обычно не находится в сфере действия отрицательных температур, требования по морозостойкости к ней не предъявляются. Однако она должна отличаться водонепроницаемостью, огнестойкостью, достаточной прочностью, а в некоторых случаях – особо высокой сопротивляемостью ударным и истирающим воздействиям (плитки для полов).

К изделиям для облицовки интерьеров относятся плитки для внутренней облицовки, встроенные детали, плитки для полов (крупные и мозаичные), архитектурная майолика.

Плитки для внутренней облицовки. Они имеют разнообразную форму и различные размеры, глазурованную и неглазурованную поверхность. Они подразделяются на *майоликовые* и *фаянсовые*. Фаянсовые изготавливаются из сырьевой смеси каолина, полевого шпата и кварцевого песка, а майоликовые – из красножгущихся глин с последующим глазурованием. Так же, как и фасадные, по форме они бывают квадратные, прямоугольные и фигурные (рис.12).



Рис.12. Плитки для внутренней облицовки

Плитки для внутренней облицовки выпускают разнообразных типоразмеров. Их часто называют «кафельными». Они имеют пористую структуру и с лицевой стороны покрываются глазурью. Пористый черепок снижает массу плитки и улучшает сцепление с клеящим материалом, а глазурь придает декоративность и гигиеничность. Наносимые глазури могут быть цветными и бесцветными, прозрачными и глухими, гладкими и рельефными, одноцветными и многоцветными. Традиционный размер плиток в России был 15×15 см. Сейчас популярны более крупные прямоугольные плитки, например, размером 20×30 см. Несмотря на различные фасоны и размеры толщина плиток не должна превышать 6 мм, для плиточных плиток максимально допустимая толщина составляет 10 мм. Современные плитки имеют вы-

сокую точность размеров и формы. В настоящее время на рынке имеется не только большой выбор импортной и отечественной плитки различных размеров, цветов и рисунков, но и дополнительных элементов к ним (бордюры, угловые плитки и т.д.). Все это позволяет обеспечить высокое качество отделки.

Наряду с декоративными качествами, плитки должны быть термостойки, их водопоглощение не должно превышать 16 мас. %. Они находят применение в помещениях, требующих повышенной чистоты в жилых, общественных и промышленных зданиях, в санитарно-технических узлах, а также в помещениях с повышенной влажностью.

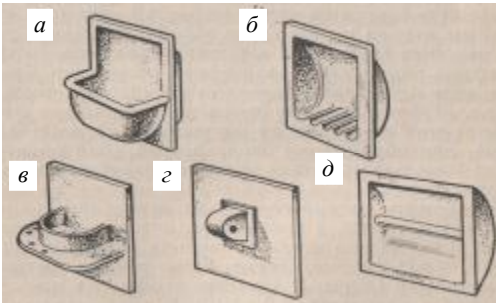


Рис. 13. Встроенные детали:

- а* – устройство для мочалок; *б* – мьльница;
в – подстаканник и полочка для щеток;
г – кронштейн для вешалки; *д* – держатель бумаги

В отличие от фасадных, к плиткам для внутренней облицовки не предъявляют требований по морозостойкости. Вместе с тем они имеют высокую водонепроницаемость, гигиеничность, долговечность и эстетичность. Именно они и призваны создавать разнообразную облицовку стен санузлов жилых зданий и гостиниц, бытовых помеще-

ний предприятий, многочисленных помещений больниц и поликлиник, столовых и кухонь, бань и прачечных, плавательных бассейнов и станций метрополитена. Плитки для внутренней облицовки разнообразны по форме, цвету, фактуре и рисунку на лицевой поверхности. Без них невозможно квалифицированное создание современных интерьеров. Их нельзя использовать для наружной облицовки, так как пористый материал зимой быстро разрушается.

Встроенные детали – это части внутреннего оборудования санитарно-технических помещений (кухонь, ванных комнат и т.д.) в жилых, общественных и промышленных зданиях, которые устанавливают одновременно с облицовкой стен (рис. 13).

Плитки для полов принадлежат к группе каменно-керамических изделий, отличительной особенностью которых является малая пористость, высокая плотность, большая сопротивляемость истирающим усилиям, огнестойкость, устойчивость против атмосферных воздействий. Благодаря этому плитки для полов широко применяют для на-

стилки полов в различных промышленных, жилищно-бытовых и общественно-культурных зданиях. Главным образом эти плитки используются в помещениях, где предъявляются исключительно высокие требования к чистоте (предприятия пищевой промышленности, больницы, школы, бытовые помещения, санузлы зданий); где полы подвергаются воздействию жиров, кислот, щелочей и других химических веществ (предприятия химической промышленности, лаборатории); где полы вследствие большого движения людей подвергаются сильному истиранию (железнодорожные вокзалы, станции метро); где полы являются декоративным элементом в архитектурном оформлении помещений (вестибюли общественных зданий, клубы, театры, магазины). Для их изготовления используют качественные огнеупорные и тугоплавкие пластичные глины с добавками или без них. Формуют плитки прессованием из полусухих масс под давлением 25–30 МПа.

Производство плиток для полов возникло во второй половине XIX в. в немецком городе Метлах, отсюда и их устаревшее название «метлахские». Исходя из формы и размеров, различают плитки треугольные, квадратные, прямоугольные, шести- и восьмигранные, их половинки и т.д. Лицевая поверхность плиток бывает гладкой, шероховатой, тисненой, рельефно-глазурованной, глазурованной, орнаментированной (рис. 14), в то время как их тыльная поверхность снабжается бороздками глубиной 1–2 мм для лучшего соединения с вяжущим раствором. Обычно плитки для полов изготавливаются белого, желтого и красного цветов; другие цвета плиток получают по специальному заказу [9].

Наименьший размер плиток по длине и ширине составляет 48 мм, наибольший – 300 мм. Плитки, имеющие размер по длине и ширине до 50 мм, относятся к ковровой мозаике и выпускаются в виде ковров. Толщина плиток колеблется в пределах 10–15 мм, мозаичных – 4–6 мм. Мозаичные плитки отличаются друг от друга цветом или узором (рис. 15).

Плитки для полов должны иметь правильную геометрическую форму, а лицевая поверхность быть свободной от пятен, пузырей и царапин, обладать высокой износостойкостью. Водопоглощение – не более 4 %. Такие плитки хорошо моются (мало впитывают влаги), но вследствие сравнительно большой теплопроводности не применяются в жилых помещениях (полы холодные). Тротуары также нельзя выкладывать такими плитками, так как зимой они очень скользкие. Вместе с тем в связи с появлением подогреваемых полов круг помещений, где целесообразно применение таких плиток, будет расширяться.



Рис. 14. Керамические плитки для полов

Архитектурная майолика – это керамические изделия, изготовленные из глин, содержащих большое количество тонкодисперсного известняка. Данные изделия покрываются глухими глазурями или расписываются «по сырцу». К архитектурной майолике относится художественная керамика с естественным цветом черепка, ангобированная, покрытая цветными глазурями, а также составные рельефные и барельефные облицовки. Она применяется в виде фасонных деталей, плиток и печных изразцов.



Рис. 15. Рисунки мозаичных полов

Архитектурная майолика применяется для облицовки фасадов и внутренних стен станций метрополитена, выставочных залов, для обрамления окон, дверей, балконов и др. Используют ее и для изготовления предметов декоративно-художественного назначения (вазы, настенные блюда, скульптура). Из-за высокой пористости (до 15 %), недостаточной прочности на изгиб (30–50 МПа), невысокой термостойкости и склонности к растрескиванию майоликовые изделия имеют ограниченное применение. Наиболее широкое распространение получила фаянсовая майолика.

1.4.4. Кровельная черепица

Керамическая черепица – один из старейших, долговечных и огнестойких кровельных материалов. В античную эпоху черепицей покрывали храмы и жилища. Позднее ее стали применять в странах с более суровым климатом. Дешевые кровли из соломы, теса и гонта (деревянной дощечки) были недолговечны и часто служили причиной пожара. Появление черепицы объясняется требованиями огнестойкости. Но в романской и готической архитектуре зодчие отдавали предпочтение черепице не только из-за данной особенности, оценивая высокую надежность и эстетичность этого материала. На протяжении многих ве-

ков черепица украшала крыши зданий и в Древнем Китае, воспроизводя своими очертаниями и цветом силуэты окрестных холмов.

Применялась черепица и в Древней Руси при покрытии храмов, монастырей и других зданий. В ходу была плоская и лотковая черепица. Она давно уже не применяется ввиду малой герметичности покрытия и большой массы. Следует отметить, что в бывшем СССР (за исключением Прибалтики) черепица применялась редко из-за сложности изготовления и появления кровельных покрытий из шифера и других более доступных материалов. Вместе с тем опыт Западной Европы показывает, что черепица не только надежно защищает сооружение от атмосферных осадков и солнечной радиации, но и позволяет создавать необходимую архитектурную форму.

Черепицу изготавливают из лучших сортов пластичных кирпичных глин, отощенных молотым черепичным боем или кварцевым песком. Она должна быть хорошо обожжена, иметь в изломе мелкозернистое строение, выдерживать сосредоточенную нагрузку не менее 7 МПа, издавать при ударе чистый звук, обладать морозостойкостью не менее 25 циклов. Высокие эксплуатационно-технические качества черепицы характеризуют также ее высокая огнестойкость, химическая стойкость, водонепроницаемость. Вместе с тем она придает зданиям высокую архитектурно-художественную форму, эстетична, долговечна и надежна (рис.16). Однако производство кровельной черепицы трудоемко, возникает необходимость большого уклона крыш (не менее 30°), кровля из нее отличается значительной массой, что требует особой прочности конструкции строения и высокой трудоемкости кровельных работ [10].



Рис. 16. Кровли, покрытые натуральной черепицей

Кровельная черепица доказала свое право занимать лидирующие позиции на рынке кровельных материалов многовековой практикой. Натуральная черепица является одним из древнейших кровельных материалов, используемых строителями на протяжении многих веков. И сегодня около 87 % крыш в центральной и западной Европе покрыты натуральной черепицей.

1.4.5. Санитарно-технические изделия

Проблема водоснабжения и канализации жилищ возникла еще в Древнем Египте и Месопотамии. Наиболее сложные санитарно-технические устройства прошлого были созданы в Древнем Египте и Древнем Риме. По своим масштабам они несколько не уступали современным сооружениям. Дальнейшее развитие санитарной техники приходится на Англию и Францию XVIII в. Тогда были изобретены ватерклозеты, началась разработка и изготовление санитарного фаянса – ванн, раковин, умывальников, унитазов.

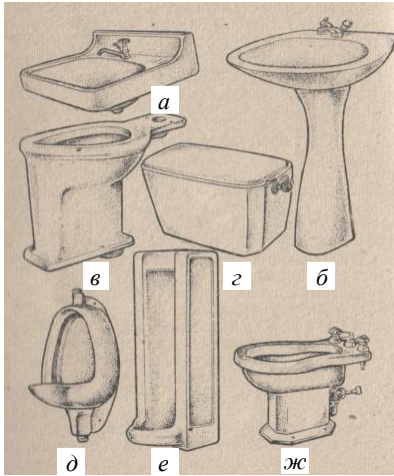


Рис. 17. Ассортимент санитарных керамических изделий:

а – прямоугольный умывальник со спинкой; *б* – умывальник на постаменте; *в* – унитаз-компакт тарельчатый; *г* – смывной бачок к унитазу-компакт; *д* – настенный писсуар; *е* – напольный писсуар; *ж* – биде

Их изготавливали из бело-жгущейся пластичной глины, каолина, кварца и полевого шпата и обжигали при очень высокой температуре. Кроме Англии и Франции, чуть позже подключилась к производству этих изделий Германия.

Изделия заливали в гипсовые формы на гончарном круге. Далее их покрывали легкоплавкими глазуриями, содержащими свинец. Когда санитарные изделия стали массовыми, составы фаянса упростились, а глазурь стали применять с большим содержанием глинозема и добавками окиси олова.

В настоящее время керамические санитарно-технические изделия изготавливаются из фарфора, полуфарфора и фаянса способом шликерного литья. К ним относятся: умывальные столы, унитазы, ванны, биде, писсуары, бачки смывные, фонтанчики питьевые и т.п. (рис. 17).

Данные изделия относятся к типу тонкокерамических, отличаются пластичной и скульптурной формой и предназначены для создания бытового комфорта. Все санитарные керамические изделия глазуруют для придания им необходимых свойств и улучшения внешнего вида. Керамические санитарно-технические изделия отличаются декоративностью, универсальной химической стойкостью; благодаря твердой и гладкой поверхности легко чистятся, длительное время сохраняя свои свойства. Недостаток таких изделий, как и керамики в целом, – высокая хрупкость. Несмотря на это керамика остается лучшим материалом для санитарно-технических изделий [11].

1.4.6. Клинкерный кирпич

Это кирпич, обожженный до полного спекания. Его выпускают размером 220×110×65–75 мм с гладкой и офактуренной поверхностью и применяют для покрытий дорог и тротуаров, кладки цоколей, столбов и стен особо ответственных сооружений, а также для облицовки зданий и гидротехнических сооружений. К нему предъявляются особо повышенные требования по морозостойкости и истиранию.

Клинкерный кирпич – экологически чистый материал, полученный в результате высокотемпературного обжига пластичных глин отборного качества. При температуре до 1200°С процесс идет до полного спекания без остекловывания поверхности. В результате получается кирпич без включений и пустот. Такая технология гарантирует ему высокую прочность и долговечность.

Еще одно преимущество клинкерного кирпича – его высокая атмосферостойкость и устойчивость к механическим повреждениям. Таким образом, фасады из такого кирпича практически не подвергаются загрязнению даже в условиях воздействия среды с высоким содержанием вредных примесей.

Клинкер (англ. *clinker* – застывшая лава) с легкостью выдерживает даже самые неблагоприятные погодные условия, сохраняя свой цвет и не требуя дополнительных средств на его поддержание в отличном состоянии в течение десятилетий. Разнообразие цветов, фактур и размеров кирпича позволяет воплощать любые архитектурные задумки (рис 18).

Изделия из клинкера используются там, где требуется длительное сохранение высоких эксплуатационных свойств и эстетичного вида в условиях достаточно жестких внешних воздействий, преимущественно для высококачественной облицовки (отделки) различных архитектурных форм [12].



Рис. 18. Фасад здания (слева) и тротуарная дорожка (справа), выложенные из клинкерного кирпича

1.4.7. Керамические трубы

Они имеют две разновидности: канализационные и дренажные. *Канализационные* представляют собой плотные, спекшиеся, водонепроницаемые керамические изделия цилиндрической формы с раструбом на одном конце. Их покрывают снаружи и изнутри химически стойкой глазурью. Наличие тонкого слоя глазури на поверхности труб обеспечивает их высокую водонепроницаемость, стойкость к действию кислот и щелочей.

Канализационные трубы предназначены для устройства производственных и хозяйственно-фекальных канализационных сетей, для транспортирования сточных вод и жидких отходов химических производств. Иногда их применяют для сооружения водосточных сетей в агрессивных грунтовых водах.

Дренажные трубы – изделия, предназначенные для сбора и отвода грунтовых вод с целью понижения их уровня, осушения почвы и массива под сооружение. Их изготавливают как неглазурованными без раструбов, так и глазурованными с раструбами различных диаметров.

1.4.8. Керамические изделия специального назначения

К ним относятся теплоизоляционные, кислотоупорные и огнеупорные изделия.

К **теплоизоляционной керамике** относятся эффективные пористые и пустотелые кирпичи и камни, керамзит и аглопорит. Об эффек-

тивности и назначении пористых и пустотелых кирпичей и камней было сказано в соответствующем разделе, поэтому здесь речь пойдет о керамзите и аглопорите.

Керамзитовый гравий – искусственный пористый материал ячеистого строения с преимущественным содержанием закрытых пор, получаемый путем вспучивания легкоплавких глинистых пород при ускоренном обжиге. Гранулы керамзитового гравия имеют форму, приближенную к сферической. Характерной особенностью керамзита является его относительно высокая прочность при малой плотности. Это позволяет получать на его основе легкий бетон и изделия из него с высоким коэффициентом конструктивного качества (0,25 против 0,18 для обычного бетона той же прочности).

Керамзитовый гравий, в зависимости от насыпной плотности, разделяют на 12 марок (кг/м^3): 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800. Чем ниже насыпная плотность, тем выше марка. В зависимости от свойств керамзит применяют для изготовления керамзитобетона и конструктивного железобетона, для теплоизоляционных засыпок и других целей.

Аглопорит – искусственный легкий пористый материал, получаемый из глинистого легкоплавкого сырья его термической обработкой на агломерационных машинах с последующим дроблением. В зависимости от размера зерен аглопорит (керамический щебень) подразделяют на фракции (мм): мелкий – 5–10, средний – 10–20 и крупный – 20–40.

Аглопорит используется в основном как заполнитель для легких бетонов при изготовлении из них стеновых изделий – однослойных панелей, крупных и мелких блоков, панелей перекрытий, для устройства теплоизоляционных засыпок и прочих видов строительных работ.

К **кислотоупорным** керамическим изделиям относятся плотные спекшиеся изделия, газо- и водонепроницаемые, с высокой механической прочностью и химической стойкостью при длительном воздействии кислот, щелочей и газов. Эти изделия представляют собой кислотоупорные кирпичи и плитки, применяемые для футеровки реакционных аппаратов, котлов, смесителей, хранилищ, сосудов различного назначения. Для повышения коррозионной стойкости некоторые изделия покрываются кислотоупорной глазурью.

Керамические кислотоупорные изделия широко используются в химической, текстильной, целлюлозно-бумажной, гидролизной, фармацевтической, электрохимической и других отраслях промышленности.

Огнеупорами называются материалы, способные в процессе эксплуатации в промышленных тепловых установках длительно выдерживать различные механические и химические воздействия при температурах выше 1000°C . Они применяются в металлургической, керамической и цементной промышленности для кладки и футеровки обжиговых печей. Их огнеупорность должна быть от 1580 до 1770°C . Материалы с огнеупорностью $1770\text{--}2000^{\circ}\text{C}$ называются высокоогнеупорными.

1.4.9. Архитектурно-художественная керамика

Архитектурно-художественная керамика включает декоративные садово-парковые вазы, монументальную скульптуру, настенные панно, детали ажурных решеток, фонтанов, декоративные барельефы, изразцы и другие архитектурные изделия.

Наиболее ранние свидетельства о применении декоративных плиток из керамики, покрытых глазурями или эмалями, в отделке зданий относятся к Древнему Египту и Месопотамии. Древняя архитектура отличалась разнообразными изразцами, на ярко-синем фоне которых выделялись белые, желтые, оранжевые, зеленые и черные орнаментальные узоры и рисунки. В каждой стране декор был своеобразен, меняясь в различные эпохи, но общими были высокое мастерство композиции, великолепная проработка рельефа, яркие и чистые тона красок и глазури.

Процветала декоративная керамика и на Руси. В русском архитектурном декоре отражались вкусы народных мастеров, создававших праздничность и нарядность древних храмов, трапезных палат, княжеских и боярских теремов. Возникшие на Руси терракотовые рельефные изразцы были удачной творческой переработкой традиционной белокаменной резьбы. Их производство было организовано в 1653 г. на Валдае приглашенными туда белорусскими мастерами. Мастера знали секрет изготовления глухих оловянных эмалей четырех цветов (белого, желтого, бирюзово-зеленого и синего) полупрозрачной коричневой поливы, которая на красной поверхности изразца давала различные оттенки. Эти многоцветные изразцы отвечали настроениям того времени, прекрасно сочетаясь со своеобразным декором зданий.

Изразцы – это облицовочные майоликовые плитки, имеющие с тыльной стороны румпы в виде открытой коробки, предназначенной для крепления в кладке стен, печей, каминов (рис. 19). Каждый изразец устанавливался на отведенное ему место в кладке, которая доводилась до ее верхнего края, после чего румпы изразцов и промежутки между

ними заполнялись раствором. В начале XVIII в. изразцовый декор фасадов зданий постепенно выходит из моды. Изразцы используются только в интерьерах, для облицовки печей. В петровскую эпоху меняется декор: рельефы постепенно уменьшаются, а роспись усложняется.



Рис. 19. Изразцы – разновидность декоративной керамики

В настоящее время декоративная керамика широко применяется в архитектуре – это и настенные панно, и декоративные композиции, и решетки, и элементы малых форм, и изделия унитарного назначения. В последние годы отношение архитекторов к декоративной керамике изменилось. Все чаще на стенах домов стали появляться керамические мозаики, росписи по облицовочным плиткам и терракотовые рельефы. В интерьерах и парках нередко можно встретить керамические вазы и декоративную скульптуру [13].

Этому способствует богатейшая палитра, позволяющая в керамике реализовать самые сложные творческие замыслы, причем известные виды живописной техники получают в керамике свою специфическую образность, не утрачивая с годами и даже столетиями своей первоначальной красоты и свежести. Майолика, терракота, шамот являются более распространенными видами современной керамики, используемыми художниками, дизайнерами и архитекторами для оформления интерьеров. Декорирование керамики имеет свои особенности, которые зависят от состава глин, способа формования, режима сушки и обжига, а главное – от приемов росписи и глазурования.

Красота терракотовых изделий, например, создается за счет пластики формы и натурального цвета обожженной глины. На протяжении многих поколений этот простой, но очень выразительный прием использовался народными мастерами, его и сейчас с успехом применяют для создания рельефов, панно, декоративных скульптур.

Изделия из *шамота*, которые изготавливаются с добавлением в глиномассу молотой керамики или обожженной огнеупорной глины, отличаются своеобразной зернистой структурой. Современные художники широко применяют шамот для создания декоративных ваз, крупногабаритных барельефов или скульптурных композиций. Шамотные массы легко обрабатываются, не трескаются и не коробятся при обжиге, и хотя обожженный шамот сам по себе достаточно красив, глазурирование придает ему особую привлекательность. Глазури не ложатся ровно на его зернистую поверхность, а свободно и живописно растекаются. Он также хорошо окрашивается ангобами и оксидами металлов.

Самым распространенным видом художественной керамики является майолика. Наиболее традиционно и перспективно по достигаемому световому эффекту декорирование изделий цветными глазурями. Световые возможности этого способа поистине безграничны. Покрытие изделий непрозрачными эмалями создает не меньший эффект, но применяется преимущественно в тех случаях, когда необходимо получить контрастную светлую роспись по темному материалу. Традиционна и роспись по белой эмали.

Разнообразны способы использования декоративной керамики на фасадах. Здесь в основном применяются панно и мозаика, а также барельефы и объемные декоративные детали из терракоты и глазурованной керамики. В современных интерьерах общественных зданий высокий архитектурно-художественный эффект создают орнаментальные и тематические настенные панно. Техника их исполнения разнообразна:



Рис. 20. Фрагмент карниза с архитектурной вставкой

это и роспись на стандартных облицовочных плитках керамическими эмалями, и мозаика, набранная из кусочков колотой керамики, построение рисунка и узора из прямоугольных или вырезанных по контуру плиток или выложенных цветных кирпичей. В зависимости от архитектурного замысла панно могут иметь самостоятельную композицию или составлять единое целое с фактурной обработкой стены.

Широко применяют и объемные керамические изделия – декоративные вазы, сосуды, чаши, скульптуру. В интерьерах они нужны не только для украшения и создания необходимого настроения, но и для организации пространства, внесения элемента непосредственности. Этим задачам лучше всего соответствует объемная декоративная скульптура из терракоты или шамота, так как в керамической скульптуре ценится ассоциативность, изобразительность, декоративность. Приведем примеры некоторых видов архитектурно-художественной керамики.

Архитектурные вставки. К этому виду облицовочной керамики относятся изделия переменного сечения с орнаментированной поверхностью. Пример архитектурных вставок в сочетании с другими видами изделий облицовочной керамики показан на рис. 20. Здесь архитектурная вставка представляет собой крупноразмерную плиту, на лицевой поверхности которой имеется орнамент.

Камни для оград и клумбовых ограждений. Для декоративного

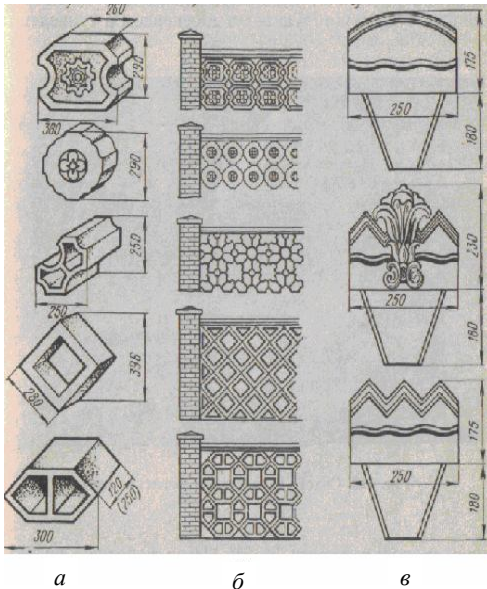


Рис. 21. Примеры камней для оград, для ограждений клумб и газонов: а – камни для оград; б – пример решения; в – камни для ограждения клумб и газонов

оформления населенных мест, садов, парков и набережных применяется архитектурная керамика малых форм: камни для оград, керамический штакетник, поребрик, камни для клумбовых ограждений, детали для фонтанов и т.п. Название камней определяет и их назначение. По виду и размерам они могут быть разнообразны в зависимости от замысла архитектора. Некоторые из них получили наибольшее признание и распространение, вошли в каталоги (рис. 21) [14].

Керамические вазы, торшеры, скульптура. Назначение керамических ваз, торшеров и скульптур такое же, как и других изделий архитектурной

керамики малых форм – укреплять и благоустраивать сады, парки, интерьеры зданий. По виду и размерам они разнообразны. Очень крупные изделия могут состояться из нескольких частей, деталей. Пример использования керамической вазы для украшения парка, сада, показан на рис. 22.

Архитектурно-художественная керамика приобрела значение собирательного термина, так как общность технологии изготовления художественных изделий в фарфоре, фаянсе, майолике, терракоте и других керамических материалов позволяет объединить эти изделия в одну группу. Изделия архитектурно-художественной керамики играют важную роль в жизни современного человека. Они повседневно его окружают, являясь предметами первой необходимости, и в то же время украшают его жилище.

1.5. КЕРАМИКА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ



Рис. 22. Садово-парковая ваза

Строительная керамика – самый древний, но и самый молодой строительный материал. В европейских странах строительство из кирпича имеет многовековую историю. Архитекторы умело использовали физико-механические свойства кирпича, применяя его в высотных для того времени зданиях сложной формы. Декоративные свойства строительной керамики, умелое чередование повторяющихся фрагментов позволили архитекторам добиться неповторимости отделки фасадов, решения оконных и дверных проемов.

Сам термин «керамика» как вид изобразительного искусства настолько многообразен, что создает пространство разнообразных стилей, техник и направлений. Она охватывает огромное временное пространство.

Керамика как вид искусства определилась в своей самоценности. Керамисты чувствуют себя творцами, способными созидать из первооснов материи – земли, воды, огня – свой мир, одухотворенный их фантазией, чувствами и размышлениями. В керамике соединяются формотворческие и изобразительные начала, она становится синтетическим искусством, оперирующим как архитектурно-тектоническими, так и пластическими средствами, живописными и графическими.

Появляются понятия «керамопластика» и «кераможивопись». Ныне керамика широко используется в интерьере в виде декоративных перегородок, решеток. Из керамических кирпичей изготавливают каминные. Украшениями служат и керамические рельефы, орнаментальные и тематические панно, декоративные вазы, чаши, сосуды, цветочные горшки, используемые как в виде отдельных изделий, так и в композициях, которые создают особый настрой и уют. Немалой популярностью пользуются разные по форме и размеру вазы, настенная керамика – декоративные блюда, пласти, тарелки. При умелом подборе такого рода керамических предметов они неплохо вписываются в интерьер и дополняют его.

Важнейшим компонентом дизайна является керамическая плитка. Она служит одним из определяющих элементов не только интерьера, но и городской архитектуры. Отличные технические характеристики этого фактурного и выразительного материала позволяют использовать его даже в самых сложных условиях эксплуатации.

Использование керамических глазурованных плиток в жилых зданиях обуславливается не только повышением гигиеничности и эстетических качеств, но также пожарной безопасностью. Облицовка керамической плиткой интерьеров общественных зданий отвечает обязательным функциональным требованиям по огнестойкости и легкости уборки. Последнее качество особенно важно в промышленных и больничных зданиях, где отделка должна выдерживать применение различных химических реагентов.

Керамические облицовочные изделия на протяжении многих веков широко использовались для защитно-декоративной отделки на фасадах и в интерьерах. Появившись в Египте и Вавилоне на заре цивилизации, они стали важнейшими элементами декоративного украшения зданий. Современная облицовочная керамика ведет свое происхождение от древнегреческих прислонных плит, майоликовых изделий Италии и изразцов Древней Руси.

В России в настоящее время намечается значительное увеличение малоэтажного (главным образом одно- и двухэтажного) домостроения. Растущие объемы коттеджного и офисного строительства, появление на строительном рынке современных отделочных материалов привели к существенному улучшению архитектурных решений. При современных повышенных требованиях к архитектурному облику и тепловой защите зданий керамический кирпич и камни остаются основными конструкционными материалами, лучшими в экологическом, теплозащитном и декоративном отношении.

В стенах зданий и ограждающих конструкциях лицевой пустотелый кирпич несет функции конструкционного материала и декоративно-защитного слоя. Он хорошо удерживает тепло зимой и отдает его летом, создает благоприятный температурно-влажностный климат в помещении, требует меньшего расхода энергии на отопление зданий. Построенные с облицовкой таким кирпичом здания и сооружения практически не требуют ремонта в течение всего периода эксплуатации. Своеобразный эстетический эффект достигается при использовании в стенах профильного лицевого кирпича. Особо следует выделить лицевую глазурованную и ангобированную керамику, которая существенно повышает архитектурно-художественные достоинства возводимых с тропительных объектов.

Со временем дерево разрушается, металл ржавеет, бетон под воздействием агрессивных осадков теряет свой товарный вид, а кирпич становится еще ценнее, так как приобретает новое эстетическое качество – старого вечного материала. По оценке коэффициента комфортности, создаваемого из строительных материалов жилья, на первом месте находятся деревянные дома, затем из керамического кирпича, далее – из ячеистого бетона, а дома из железобетона занимают последнее место. К тому же долговечность и огнестойкость кирпича не вызывают сомнений.

Производство эффективных и долговечных отделочных материалов из керамики – это не только экономический или технический вопрос, но также эстетический и социальный, поскольку от его решения во многом зависит, каков будет облик наших домов. Не случайно ставится задача внедрения таких строительных изделий, которые смогут обеспечить долговечность, комфортабельность и архитектурную выразительность зданий и сооружений.

Современные керамические материалы, в том числе лицевой кирпич и керамические камни, используемые для отделки зданий, должны обладать:

- выразительными декоративными качествами, в первую очередь разнообразным и ярким цветом;
- долговечностью, обусловливаемой в слоистых изделиях необходимым сцеплением отделочного слоя с конструктивным керамическим материалом, высокими физико-механическими свойствами, а для применения на фасадах – морозостойкостью и цветоустойчивостью при различных атмосферных воздействиях;
- высокими эксплуатационными качествами, исключающими необходимость частых ремонтов;

- технологичностью, дающей возможность вписаться в существующую строительную технологию;
- экономичностью не только по единовременным затратам, но и по эксплуатационным расходам в течение определенного срока службы.

Именно такие стеновые материалы, удовлетворяющие требованиям прочности, теплоизоляции и декоративности, наиболее эффективны и целесообразны для современного строительства.

Периодические изменения требований к жилищу вступают в противоречие со сроками физической амортизации жилых зданий. Сближение сроков физической и моральной амортизации жилища является одной из задач современной архитектуры. И с этой точки зрения кирпичные здания имеют большие преимущества. Обладая наивысшей физической надежностью, кирпичные здания, имеющие многовековые национальные традиции, лучше поддаются реконструкции. Практика подтверждает, что большинство кирпичных зданий отличается долготой, их легче модернизировать [15].

В современной архитектуре широко применяется и декоративная керамика – рельефы, вставки, настенные панно, решетки, осветительная аппаратура, объемные конструкции. Для их декорирования применяется богатейший арсенал приемов и средств, накопленный за многие столетия развития керамического производства, – ангобы, цветные глазури и эмали, роспись солями металлов, надглазурными и подглазурными красками. Художники и архитекторы используют самые разнообразные керамические материалы: шамот и терракоту, майолику и фаянс, фарфор и каменную массу.

Выпуск архитектурно-художественной керамики сейчас неуклонно растет. Возросшая народная культура меняет наши представления об интерьере жилища, требует от художников, дизайнеров и архитекторов постоянного участия в его создании, и керамика должна и может помочь им в этом.

Имеются многочисленные примеры умелого сочетания керамики с другими материалами – камнем, металлом, бетоном, древесиной. Особо следует отметить использование керамики в застройке малых архитектурных форм: парапетов, дорожек, подпорных стенок, фонтанов, скамеек, обрамлений тротуаров. Интересен опыт применения керамических плит и клинкера для покрытия полов открытых помещений различных общественных сооружений – торговых центров, аэровокзалов, гостиниц, административных зданий. Глубокие научные исследования структуры и свойств керамических материалов, совершенствование технологических процессов их производства, разработка прие-

мов декорирования открывают все новые пути для дальнейшего использования керамики в современном строительстве.

В керамической архитектуре появляются новые веяния. Так, в последнее время стали популярны так называемые *вентилируемые фасады*, которые позволяют эффективно рационализировать потребление энергии не только в многоквартирных и офисных зданиях, но и в индивидуальных коттеджах. Инженерное решение состоит в том, что



Рис. 23. Фрагмент вентилируемого фасада

между внешним керамическим фасадом и его скрытыми от глаз несущими стенами, к которым фасад крепится при помощи несложных приспособлений, образуется воздушная камера. Эта камера не заменяет традиционные теплоизоляционные материалы, но повышает их результативность в несколько раз (рис. 23).

Главным преимуществом вентилируемого фасада является его энергосберегающая способность при использовании отопления в зимние месяцы и система кондиционирования воздуха в летние. Энергосбережение составляет от 25 до

50 %. Это означает, что вентилируемый фасад может вдвое сократить затраты энергии, необходимой для «климатизации», т.е. подогрева или охлаждения помещений. Вентилирующая воздушная камера и скрытая за фасадом теплоизоляция предотвращают зимой потери тепла, накопленного внутри здания, а летом сокращают нагрев, функционируя как натуральный радиатор. Нагретый воздух внутри камеры поднимается вверх. Зимой, благодаря этому эффекту, происходит удаление излишней влаги, конденсирующейся в результате перепада температур.

Техника вентилируемого фасада может применяться не только в новых зданиях. Она делает более рентабельной и реставрацию старых построек, ведь для установки керамических или керамогранитных панелей требуется только закрепление на стене специальных держателей. Монтаж производится с минимальными трудозатратами и в короткие сроки, так как сами панели и крепления изготавливаются заранее и не требуют дополнительной подготовки старого фасада.

Керамический вентилируемый фасад усиливает действие обычных теплоизоляционных и звукопоглощающих материалов. Жители больших и даже средних городов все больше страдают от уличного шума, который в некоторых странах признается одним из видов загрязнения окружающей среды. Вентилируемые фасады составляют еще одну

преграду на пути звуковых волн, препятствуя их проникновению внутрь здания.

Вывод очевиден – и строительные и декоративные изделия из керамики полностью оправдывают все затраты по повышению их качества и долговечности, если они будут отвечать не только функциональным, но и современным эстетическим требованиям. А уж от архитектора зависит, как конкретно эти качества он воплотит в эффективные и полезные керамические изделия. От характера архитектурно-художественных изделий зависит не только стиль жилого и общественного интерьера, но и облик наших улиц. Декоративная керамика является как бы продолжением архитектуры, она довершает творчество зодчего, придавая его произведению характер законченного художественного целого (рис. 24).



Рис. 24. Фрагмент вестибюля, отделанного керамикой

Фактурные и цветовые качества керамики, разнообразие форм, различных по масштабу, богатая палитра средств декорирования – все это предоставляет художникам и архитекторам огромные возможности для воплощения самых смелых творческих замыслов. Такие традиционные техники декорирования, как фреска и сграффито, получают в керамике свое особенное развитие. Другое преимущество керамики – возможность сочетать в одном изделии различные способы декорирования, что почти невозможно при использовании других материалов.

Среди всех известных материалов по совокупности физико-химических, механических и художественно-эстетических свойств керамика не имеет себе равных. Без керамических изделий нельзя себе представить наш быт и работу всех отраслей промышленности. С керамикой связывают перспективы дальнейшего научно-технического прогресса. Несмотря на появление новых, эффективных строительных материалов, керамика остается незаменимой в строительстве и архитектуре, и более того, сфера применения керамических строительных материалов постоянно расширяется.

2. МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СТЕКЛА И СИТАЛЛОВ

Стекло имеет богатейшую историю и обширный опыт применения в современном строительстве. В арсенале современного архитектора стекло является одним из основных строительных материалов. На заре становления новой архитектуры именно стекло – материал промышленного века – было выбрано для воплощения смелых архитектурных идей в сооружениях, оказавших влияние на ее последующее развитие. Благодаря применению стекла современная архитектура характеризуется такими важнейшими чертами, как открытость, разомкнутость, взаимное проникновение, перетекание и слияние внутреннего и наружного пространства, насыщенность светом.

Исключительное значение стекла в нашей жизни объясняется его замечательными свойствами, резко отличающими его от всех известных нам материалов. Самое примечательное из них – прозрачность. Светопрозрачные ограждения позволяют нам с успехом использовать лучистую солнечную энергию для естественного освещения зданий. Стекло по своему функциональному назначению призвано обеспечивать связь человека, находящегося в помещении, с окружающим пространством.

Стекло – один из прекраснейших материалов, изобретенных более 3 тыс. лет до н.э. Несмотря на «солидный возраст», оно до сих пор честно служит людям, с каждым годом открывая свои новые качества. Стекло – это красивые дома и сверхпрочные материалы, художественные изделия и ткани. Это один из материалов, которым никогда не перестанут любоваться люди [16].

Сегодня стекло применяется уже не только как прозрачное заполнение проемов, но и как полноценный стеновой, кровельный, декоративный и даже конструкционный материал. Не случайно наступивший XXI в. называют эрой стекла.

2.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СТЕКЛОДЕЛИЯ

История возникновения стеклоделия насчитывает несколько тысячелетий. Производство стекла возникло примерно за 4–5 тыс. лет до н.э., причем первоначально стекло осваивалось в качестве глазури на керамических изделиях. Самые ранние предметы из стекла находят среди остатков материальной культуры древнейших цивилизаций Древнего Египта и Передней Азии. Стекловидные полупрозрачные или непрозрачные, различно окрашенные шлаки, получавшиеся при оплавлении песка в контакте со щелочной древесной золой, которые древние мастера находили в печах после плавки металла или обжига керамики, вероятно, и явились тем материалом, из которого развилась глазурь, а затем и стекло. Изготовление глазури было распространено в IV тысячелетии до н.э. в Месопотамии, Египте, на территории современной Сирии. Стекланной глазурью покрывали керамические вазы, туалетные предметы (бусы), различные предметы роскоши. Этот материал приближался к стеклу только по своему химическому составу, но не обладал прозрачностью и назвать его стеклом можно лишь условно.

Техническое открытие глазури было первым шагом на пути, который в дальнейшем привел к производству стекла. Археологические находки свидетельствуют, что стеклянные бусы появились уже в IV тысячелетии до н.э. в Египте. В VIII–VI вв. до н.э. центром развития стеклоделия становится Месопотамия. Письменными свидетельствами производства стекла являются глиняные таблички, относящиеся к VII в. до н.э. Среди различных трактатов по медицине, химии, геологии найдены рецепты изготовления цветного, золоченого и прозрачного стекла. Красота стекла, особенно цветного, определила его использование на этой стадии для изготовления украшений, небольших флаконов и сосудов, для инкрустации посуды и других предметов. Поэтому в первую очередь выпускались цветные стекла. Древние мастера изготавливали стекла широкой цветовой гаммы: голубое, синее, аметистовое (фиолетовое), пурпурное, рубиново-красное, зеленое, желтое, коричневое, черное и др. К 1200 г. до н.э. египтяне начали изготавливать литое, а затем и прессованное стекло. Далее в развитии стеклоделия не наблюдалось сколько-нибудь заметного прогресса вплоть до рубежа нашей эры.

К этому периоду стекло еще не родилось как строительный материал. Настоящая революция в технологии стеклоделия совершилась только с изобретением процесса выдувания. На пороге новой эры летоисчисления произошли два знаменательных в истории стеклоделия

события: люди научились варить прозрачное, бесцветное, как горный хрусталь, стекло и вырабатывать из него выдуванием большие красивые сосуды. Стекло впервые предстало во всем блеске своих бесподобных природных качеств как единственный материал, способный ограничивать пространство, пропуская световые лучи. Это настолько ошеломило людей, что они в течение нескольких веков меняли стекло на золото [16].

В античных стеклах, в отличие от древнеегипетских, в которых преобладали легкоплавкие рецепты с повышенным содержанием щелочей и незначительным количеством извести, составы приближаются вплотную к современным. После завоевания римлянами в I в. до н.э. древнейших и к тому времени развитых центров стеклоделия – Сирии и Египта, производство стекла быстро распространилось на всю территорию империи. Спрос на стеклянные изделия возростал. Богатства, хлынувшие в Рим со всей обширной завоеванной территории, главным образом, направлялись на потребление. Высокое развитие получили ремесла, изобразительное искусство, но особого расцвета достигла архитектура. Постоянный приток рабов и материальных ресурсов позволил развернуть небывалые масштабы строительства. Строились дворцы, храмы, театры, термы, акведуки, триумфальные арки и т.д. Римские зодчие создали величайшие произведения, используя новейшие приемы и конструкции, с особой пышностью украшая интерьеры. Необычность стекла в эту пору была дополнительным фактором, привлечшим внимание зодчих. По свидетельству Плиния Старшего, стеклянными пластинками декорировали стены, колонны, потолки и полы. Этот период можно считать по праву началом рождения стекла как строительного материала [17].

В раскопках на территории Римского государства и его европейских провинций находят однотипные кубки простой цилиндрической формы, часто из окрашенного стекла с хорошо выполненными рельефными изображениями боев гладиаторов. Ими награждались победители. Широкое применение в этот период получила мозаика из цветных стекол. Не будет преувеличением сказать, что стекло заново создало этот древний вид искусства. По красоте стекло превзошло многие ранее применявшиеся мозаичные материалы; это сделало его чрезвычайно популярным. В Римской империи мозаика стала признанным методом декорирования. Ею украшали бассейны фонтанов, стены терм и нимфеев, полы и стены дворцов и особняков.

Однако человечество было еще очень далеко от введения в свой повседневный быт оконного стекла. Применение стекла в строительстве в качестве облицовочного декоративного материала, с которым мы

сталкиваемся с очень древних времен, продолжалось и во времена Римской империи. Облицовка стен, колонн, потолков и полов цветным стеклом придавала помещениям роскошный вид. Стекло становится одним из самых ходовых товаров в торговых сношениях между странами средиземноморского побережья наряду с зерном, тканями, папирусом и некоторыми другими материалами первой необходимости.

Число стеклоделов в Риме уже в последние десятилетия I в. н.э. быстро росло, и они своими мастерскими и лавками занимали целые кварталы города. Позднее стекольные мастерские стали возникать не только в Риме, но и в других городах Италии, а затем и в Западной Европе. Они быстро и успешно развивались. Их расцвету способствовало изобретение бесцветного стекла, которое вначале использовалось для изготовления бус и посуды, линз, а затем оконного стекла и знаменитых венецианских зеркал.

С падением Римской империи пришли в упадок многие достижения материальной культуры римлян, в том числе и стекольное искусство.

Начало средневековья было временем полного упадка стеклоделия во всех западноевропейских странах, и лишь спустя 5–6 веков после распада Римской империи появляются признаки возрождения этого производства. Центром стеклоделия, начиная с XIII в., становится Венеция. На протяжении пяти веков, вплоть до XVIII в., стекло венецианских мастеров считалось лучшим в Европе. Изумительные по красоте сосуды, вазы, бокалы изготовлялись венецианскими мастерами на заказ высшей императорской знатью. Одним из величайших достижений венецианского стеклоделия является изобретение так называемого филигранного способа выработки стекла. Он отличается тем, что рисунок создается не на поверхности изделия, а внутри его стенок. Венецианские изделия филигранной техники и по сей день вызывают восхищение (рис. 25). Венецианским мастерам принадлежит еще одно изобретение – производство зеркал и люстр (до этого использовались металлические зеркала).

Характерная особенность венецианских зеркал – обрамление их богатой оправой, сделанной также из зеркального стекла и украшенной резьбой, гравировкой, позолотой. Это богатое убранство должно было подчеркивать редкость и ценность предмета, изготовление которого не удавалось человечеству в течение многих веков. Венецианские люстры с разнообразными декоративными элементами – гирляндами из цветов и листьев, гроздьями плодов, прихотливо изогнутыми рожками и розетками, выполненными из идеально прозрачного и чистого стекла, производили чарующее впечатление. Мода на венецианские барочные люстры продержалась до конца XVIII в. (рис. 26).



Рис. 25. Венецианские вазы

Искусство венецианских стеклоделов, вызывавшее в течение нескольких веков восхищение всего мира, не могло обойтись без подражания. Несмотря на строгие законы, охранявшие их секреты, многим венецианским мастерам удалось перебраться за границу и организовать в разных уголках Европы производство стекла венецианского типа. Прежде всего, это коснулось самой Италии, затем, с XV в., заводы венецианского стекла возникли во Франции, Германии, а в XVII–XVIII вв. – в Нидерландах и Англии. Поистине нужно признать, что в конце этого периода венецианские мастера выступили в роли учителей всей Европы.

В XVIII в. произошел спад венецианской стекольной промышленности. Она постепенно выходит из моды; наступает эпоха классицизма, которая порождает новый тип художественных стеклянных изделий. Пальма первенства в области стеклоделия переходит к Чехии, которая с конца XVII в. дебютирует на европейском рынке с продукцией своеобразного характера, представляющей собой тяжелые толстостенные сосуды, выполненные из великолепного бесцветного стекла и украшенного глубокой резьбой. Эти массивные кубки – прямая противоположность хрупким тонкостенным бокалам и чашам венецианских мастеров. Но стекло в них идеально, прозрачно, а полихромная игра света в глубоких гранях говорит об использовании непревзойденных оптических свойств стекла. Этот вид продукции под названием «богемский хрусталь» показан на рис. 27.

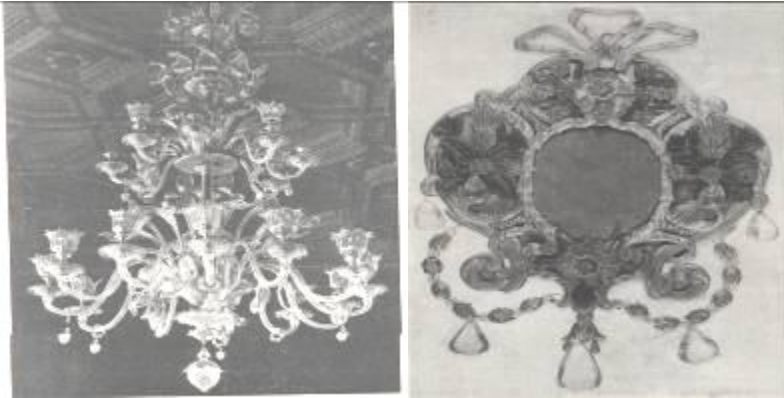


Рис. 26. Венецианские стеклоизделия: люстра и зеркало

Массивный граненый богемский хрусталь быстро вытеснил с европейских рынков легкие, нежные и хрупкие венецианские изделия. Он и доныне пользуется большой и вполне заслуженной славой. Чешские ремесленники развили и технологию гравировки стекла. Немного позднее в Англии освоили производство свинцового хрустала, который поражал сверканием шлифованных граней, преломляющих лучи света. Кроме того, английскому стеклу был свойствен очень красивый звон.



Рис. 27. Изделия из богемского хрустала

XVI–XVII вв. являлись временем подлинного возрождения стекольной промышленности. Прежде всего начинает изменяться облик

стекольных предприятий. На смену феодальных мастерских приходят стекольные мануфактуры. Масштабы производства растут, некоторые отрасли стекольной промышленности частично монополизуются. Условия конкуренции требуют усовершенствования техники производства, его технологических процессов. В эту же эпоху начинается возрождение и русской стекольной промышленности, разрушенной в свое время монголо-татарским нашествием.

Следует отметить, что и в домонгольский период в Древней Руси довольно широко было развито стеклоделие. Об этом свидетельствуют археологические раскопки в Киеве возле Десятинной церкви Киево-Печерской лавры. Там и в других районах города обнаружены остатки стекольных мастерских, относящиеся к XI–XII вв. Именно в это время на Руси было организовано производство стеклянных браслетов, перстней, бус, эмалей для глазурования сосудов, кусков многоцветной смальты. Это говорит о том, что наши предки – славяне домонгольского периода – располагали собственным, хорошо поставленным стекольным производством, размещавшимся по преимуществу в крупных городах и поставлявшим населению разнообразную продукцию в большом количестве.

Мастера стеклоделия того периода овладели великим мастерством. Высоко ценилась в Европе русская разноцветная смальта, изготавливались стеклянные сосуды и небольшого размера стеклянные диски хорошо проваренного, довольно бесцветного стекла с очень аккуратно завернутой кромкой, которые использовались в оконном остеклении. Однако оконное стекло в то время являлось роскошью, допускавшейся лишь в редких случаях – в основном при постройке храмов, на которые затрачивались огромные средства. Об использовании же оконного стекла широкими слоями населения еще не могло быть и речи. Оконные проемы городских жилых домов вплоть до XVI в. заделывались бычьим пузырем, промасленной тканью или слюдой, а в деревнях довольствовались дощатой задвижкой.

Массовое производство листового стекла, обеспечившее, наконец, людям свет и тепло в жилищах, стало налаживаться лишь с XVI–XVII вв. В те времена были известны три способа получения плоского (оконного) стекла. Первый из них состоял в том, что расплав стекла раскатывался подобно лепешке на каменной плите. Полученные таким образом пластины стекла имели небольшие размеры, их поверхность не отличалась высоким качеством, а толщина была значительна. Второй способ, так называемый цилиндрический или холявный, заключался в том, что из шарообразной стеклянной заготовки на конце трубки выдували длинный цилиндр. После охлаждения дно и верхнюю

часть откалывали, а цилиндр разрезали по длине и помещали на глиняную плиту в плавильную печь, где он распрямлялся в лист. Этот способ позволял получать тонкие листы прямоугольной формы, однако их поверхность сохраняла следы превращений цилиндрической поверхности в плоскую. Третий способ давал возможность получать диски толщиной 2–3 мм и диаметром до 1,5 м. Выдували большой стеклянный шар, который служил заготовкой. Его дно прикрепляли к специальному стержню (понтии), откалывали от выдуваемой трубки, а затем путем вращения превращали в плоский диск (лунный метод) [17].

Все плоские стекла, получаемые вплоть до XVI в., были крайне дороги и дефицитны, поэтому использовались, как правило, для остекления общественно значимых зданий или храмов. С появлением холявного и лунного методов листовое оконное стекло становится более доступным и постепенно приобретает широкое распространение. Однако оба эти способа были довольно трудоемки, и лишь в начале XX в. бельгийский изобретатель Э. Фурко запатентовал способ вертикального вытягивания листового стекла. Суть его сводилась к тому, что в расплавленную стекломассу погружали так называемую «лодочку» – специальное керамическое тело с продольной щелью (рис. 28, а). Затравочная рамка опускалась в эту щель и при вытягивании увлекала за собой стекломассу в форме длинной ленты, которая после отжига разрезалась. «Лодочка», придуманная Фурко, выполняла очень важную функцию – она не давала ленте стекла сужаться.

Метод Фурко быстро распространился по всей Европе, так как позволял выпускать значительное количество листового стекла. Другой способ вытягивания листового стекла, который отличался весьма высокой производительностью, разработал и реализовал американец Кольберн в 1916 г. В его основу был положен метод вертикально-горизонтального вытягивания. Он отличался от метода Фурко тем, что на высоте 60 см от поверхности стекломассы лента перегибалась через отполированный валик и двигалась уже в горизонтальном направлении (рис. 28, б).

Однако изготовленное по методам лодочного и вертикально-горизонтального вытягивания листовое стекло часто имело ряд дефектов, которые проявлялись в искажении предметов, находящихся за стеклом. С целью улучшения качества стекла, не используя дорогостоящую шлифовку и полировку, в 1928–1930 гг. был изобретен безлодочный способ вертикального вытягивания стекла, основанный на создании направленного потока стекломассы за счет поднятия или опускания специального «поплавка». Качество стекла, полученного

таким способом, было более высоким, но чтобы его обеспечить, требовалось строжайшее соблюдение всех технологических режимов.

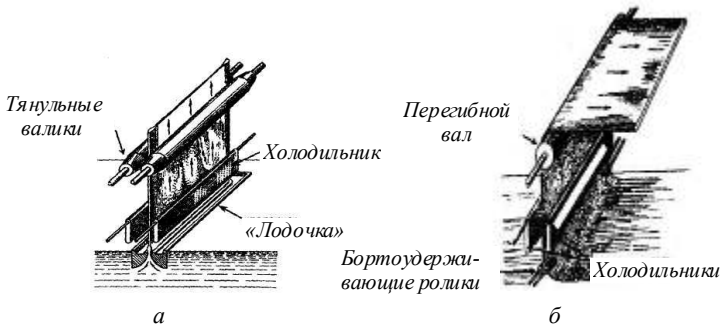


Рис. 28. Метод Фурко (а) и метод Кольберна (б)

Метод вертикального вытягивания стекла (со всеми названными разновидностями) превалировал в мире вплоть до последних десятилетий прошлого века. Однако в конце XX в. прогресс в науке, промышленности и общественной жизни привел к тому, что высококачественного листового стекла стало не хватать, поэтому на смену методу вертикального вытягивания стекла пришел принципиально новый метод, не требующий больших капиталовложений и дающий идеально плоский лист стекла. Это *флот-метод*.

Идею флот-способа (получение листового стекла на расплаве олова) придумали американцы В. Хилл и А. Хичкок. Но только в 1959 г. английская фирма «Pilkington Brothers Ltd» довела до промышленной реализации эту идею. С тех пор флот-способ становится основным в производстве листового стекла во всем мире. Такая популярность связана с высокой производительностью флот-установок и высоким качеством получаемого стекла [18].

Сущность флот-способа заключается в следующем (рис. 29). Дозированное количество стекломассы по сливному лотку выливается на идеально ровную поверхность расплавленного олова. Растекаясь по металлу, стекломасса превращается практически в идеально плоскую лужу. Регулируя с помощью специальных устройств толщину, из этой лужи затем формируют ленту за счет постоянного вытягивания. Стекло как бы плышет по олову.

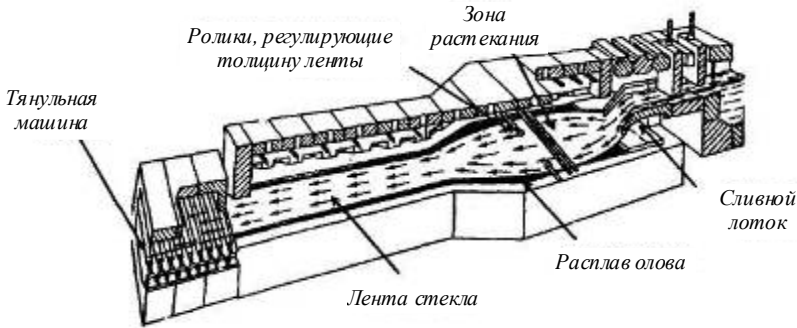


Рис. 29. Флоат-установка

Итак, история листового стекла началась довольно давно, примерно 4 тысячелетия назад, но получить листовое стекло высокого качества удалось лишь в конце 50-х гг. XX в.

В Древней Руси стекольное производство концентрировалось в основном в юго-западных областях, однако оно прекратило свое существование в период монголо-татарского ига. Мастерские были разрушены, высокая культура стеклоделия была утрачена. Однако период бурного возрождения производства стекла в Западной Европе в XVI–XVII вв. не миновал и Россию, где возник первый, крупный по тому времени, стекольный завод под Москвой, в селе Духанине. Основателем и владельцем Духанинского завода был шведский мастер Койэт. Завод выпускал очень простые ходовые изделия, главным образом питьевую посуду из стекла невысокого качества. Ассортимент продукции был крайне беден. Завод проработал до начала XVIII в. (около 70 лет) и существенного влияния на развитие русской стекольной промышленности не оказал. Более того, он не мог удовлетворить ни в качественном, ни в количественном отношении растущие с каждым годом потребности царского двора, и в 1668 г. строится второй завод в резиденции царя Алексея Михайловича – в Измайлово.

Измайловский завод существенно отличался от Духанинского. Царь пригласил знаменитых венецианских мастеров, которые подняли выпуск стекольной продукции по ее разнообразию и художественным достоинствам на большую высоту. Продукция завода носила парадный, придворный характер. Стекло производилось как бесцветное, так и окрашенное, прозрачное или заглаженное. Выпускался и свинцовый хрусталь. Стеклоизделия Измайловского завода славились далеко за пределами России и частично экспортировались в Персию. Таким об-

разом, русское художественное стекло конца XVII в. по качеству и разнообразию выпускаемых изделий нисколько не уступало заграничному. Измайловский завод прекратил свое существование почти одновременно с Духанинским, в самом начале XVIII в.

Бурное развитие всех видов промышленности России в первые годы царствования Петра I касалось в основном тех производств, которые непосредственно относились к снабжению армии и обороне страны, но среди этих неотложных задач стекло также не было забыто. Петр окружил стеклоделов большим вниманием и много сделал для его укоренения в России. По его приказу в 1705 г. под Москвой на Воробьевых горах был построен завод зеркального стекла. Он представлял собой передовое по тем временам предприятие, организованное по последнему слову современной техники. Петр оказывал особое покровительство развитию стеклоделия в России. Он строил новые заводы, отменил пошлины на стеклоизделия, привлекал для подготовки кадров иностранных мастеров, посылал русских учиться стекольному делу за границу. В 1715 г. стекольный завод на Воробьевых горах, представлявший кузницу отечественных кадров – стеклоделов, переезжает в Петербург. Этот завод производил оконное стекло и зеркала, различную хрустальную посуду, фонари и люстры для придворной знати. Качество данных изделий, как и мастерство их изготовителей, было чрезвычайно высоким.

В 1751 г. на Петербургский стекольный завод пригласили М. В. Ломоносова; ему было поручено наладить производство цветного стекла. Ломоносову удалось это, и завод стал выпускать изделия из разнообразного окрашенного стекла, а также входившие в то время в моду вещи из молочного непрозрачного стекла, расписанного эмалевыми красками. На заводе год от года повышали квалификацию работников, внедряли передовые методы производства, готовили кадры мастеров для других предприятий, и изысканная продукция предприятия являлась объектом всеобщего подражания.

В 1724 г. купцом Мальцовым был основан стекольный завод в Можайском уезде под Москвой. Через несколько лет наследники Мальцова возводят еще два завода – Дятьковский и Гусевский, которые и поныне являются одними из крупнейших центров отечественной стекольной промышленности. Благодаря талантов организаторов и правильно избранному курсу на удовлетворение потребностей широких масс населения, группа заводов Мальцова начинает расти с быстротой снежного кома. К концу XVIII в. их число достигло двадцати.

Кроме производства оконного листового стекла и бутылок всех типов, заводы Мальцова выпускали разнообразную посуду, начиная с

художественных хрустальных изделий и кончая посудой ординарного типа для населения. Мальцовскую посуду можно было встретить в любой русской деревне. Она отличалась простотой и целесообразностью своих форм и была доступна из-за невысокой стоимости. Таким образом, русское стеклоделие за двести лет, прошедших после постройки первых заводов в Москве, достигло больших успехов и превратилось в одну из важнейших отраслей промышленности страны.

В развитии русского стеклоделия и производства декоративных и архитектурных изделий большую роль сыграл М. В. Ломоносов. Он впервые поставил изготовление стекла на научную основу, добился больших успехов в окраске стекломассы. По его проекту была построена и пущена в эксплуатацию фабрика по производству цветного стекла. Он же является создателем в России «крупного мозаичного дела» – одного из благороднейших видов монументального искусства. Вместе со своими учениками Ломоносов создал из смальты целую серию мозаичных картин: «Полтавская баталия», портреты «Апостол Петр», «Елизавета Петровна», «Александр Невский» и др. Благодаря М. В. Ломоносову, впервые во многовековой истории стеклоделия наука о стекле была поставлена на должную высоту.

Выдающиеся архитекторы применяли стекло для украшения интерьера. Ч. Камерон отделал стеклом спальню Екатерины II. И. Е. Старов использовал стекло в убранстве Зимнего дворца, К. И. Росси делал рисунки для изделий императорского стекольного завода. Известен стеклянный столик с кувшином архитектора А. Н. Воронихина [19].

Прогресс в области технологии производства стекла, позволивший архитекторам использовать крупноразмерные стекла для заполнения светопроемов, цветные стекла для отделки фасадов, способствовал тому, что на рубеже XIX–XX вв. стекло прочно заняло свое место среди основных строительных материалов. В это же время произошли коренные изменения в технологии производства листового строительного стекла. Началась новая эра применения стекла как строительного материала, влияющего на архитектурный облик и конструктивные особенности общественных, производственных и жилых зданий.

При возведении зданий и сооружений, отличающихся необычными архитектурными формами, стекло начинает выступать в союзе с такими новыми строительными материалами, как стальные профили и железобетон. В середине XIX в. впервые в истории в Лондоне был воздвигнут «Хрустальный дворец» – пример «архитектуры железа и стекла». Достижениями прошлого века являются здание ООН в США и павильон СССР на Всемирной выставке в Брюсселе, выполненные из листового прозрачного стекла.

Современная стройиндустрия располагает большим разнообразием стеклоизделий. К ним относятся, кроме традиционных листовых и облицовочных, специальные стекла – увиолевые, фотохромные, солнцезащитные и теплозащитные. Хорошо зарекомендовали себя в архитектурных конструкциях стеклоблоки, стеклопакеты, панели из профильного стекла, эффективные утеплители из пеностекла, изделия на основе стекловолокна. Ни одно современное здание не может обойтись без применения стеклоизделий, ассортимент и области применения которых постоянно расширяются.

2.2. ПОНЯТИЕ О СТЕКЛООБРАЗНОМ СОСТОЯНИИ И СТРУКТУРЕ СТЕКЛА

Стекло – материал, получаемый путем охлаждения расплава в виде аморфного, хрупкого, в той или иной мере прозрачного тела. Стеклами называют переохлажденные жидкости, не успевшие при остывании перейти в кристаллическое состояние. Иными словами стекла – это жидкости, имеющие бесконечно большую вязкость, что и придает им многие свойства твердого тела. Стекла являются типичными представителями веществ, находящихся в так называемом *стеклообразном состоянии*, занимающем как бы промежуточное положение между кристаллическим и жидким. Стеклообразное состояние отличается от кристаллического тем, что в структуре стеклообразных веществ отсутствует дальний порядок – характерная для кристаллов строгая повторяемость одного и того же элемента структуры во всех направлениях. Структуру стеклообразных веществ отличает наличие ближнего порядка, т.е. существование отдельных упорядоченных групп. Из-за отсутствия упорядоченной решетки структура стеклообразных веществ в среднем однородна во всем объеме вещества, что является причиной их изотропности, т.е. одинаковости свойств в любом направлении. Стеклообразное состояние термодинамически неустойчиво (метастабильно), так как оно обладает большим запасом внутренней энергии, чем кристаллическое, в котором часть энергии затрачена на построение кристаллической решетки [20].

Все вещества, находящиеся в стеклообразном виде, обладают несколькими общими физико-химическими характеристиками, а именно:

- изотропны, т.е. их свойства одинаковы во всех направлениях;
- при нагреве не плавятся, а постепенно размягчаются, переходя из хрупкого в тягучее, высоковязкое состояние;
- размягчаются и отвердевают обратимо.

Для минеральных расплавов, используемых в производстве стекла, ценным признаком является их силикатная природа, т.е. преобладание в их составе силикатов. Именно силикатным расплавам присуща способность переходить при быстром охлаждении в стеклообразное состояние. Иными словами, стекло представляет собой сплав, состоящий из силикатов щелочных и щелочно-земельных металлов и кремнезема.

Комиссией по терминологии при Академии Наук бывшего СССР дается определение, которое может быть отнесено к любой стекловидной системе: «**Стеклом называются все аморфные тела, полученные путем переохлаждения расплава, независимо от их химического состава и температурной области затвердевания, и обладающие (в результате постепенного увеличения вязкости) механическими свойствами твердых тел, причем процесс перехода из жидкого состояния в стеклообразное должен быть обратимым**». Стекла – это переохлажденные расплавы, в состав которых входят оксиды кремния, щелочных и щелочноземельных металлов, фосфора, бора и т.п. [21].

2.3. КЛАССИФИКАЦИЯ СТЕКЛОИЗДЕЛИЙ

Стекла и изделия на их основе классифицируются по химическому составу и назначению. По химическому составу стекла различают следующим образом:

- элементарные, состоящие из атомов одного элемента;
- оксидные – на основе диоксида кремния (силикатные), оксидов фосфора, германия, бора и т.д.;
- галогенидные – на основе фторида бериллия, хлорида цинка;
- халькогенидные – из сульфидов, селенидов, теллуридов;
- смешанные.

Наиболее широкое применение находят оксидные силикатные стекла. Они составляют важнейшую группу массовых промышленных стекол. Их производство достигает 95 % от общего объема выпуска стекольной продукции.

По назначению стеклоизделия подразделяются на строительные, технические и бытовые. В класс *строительных* стекол входят изделия из стекла, используемые в строительстве: оконное, витринное, профильное, армированное, узорчатое, облицовочное, пеностекло, стекломозаика, стеклопакеты, стеклоблоки, витражи, архитектурно-строительные детали, стеклопластики и декоративно-отделочные стеклоткани. К *техническим* стеклам относятся: оптическое, химико-лабораторное, медицинское, электротехническое, транспортное, при-

борное, защитное, тепло- и звукоизоляционное, кварцевое, светотехническое. *Бытовое* стекло представляют: посуда, стеклотара, бытовые зеркала, эмали, глазури.

Основные виды архитектурно-строительного стекла:

1. Листовое строительное:

- оконное;
- витринное;
- зеркальное;
- узорчатое;
- армированное;
- волнистое.

2. Облицовочное:

- стемалит;
- марблит;
- цветное листовое;
- стеклянные облицовочные плитки;
- коврово-мозаичные плитки;
- смальта.

3. Стекло со специальными свойствами:

- солнцезащитное;
- пропускающее ультрафиолетовые лучи (увиолевое);
- поглощающее ультрафиолетовые лучи;
- закаленное;
- светочувствительное;
- многослойное (триплекс).

4. Конструктивные строительные изделия из стекла:

- стеклопакеты;
- пустотелые стеклянные блоки;
- профилированное стекло (стеклопрофилит);
- стеклянные трубы.

5. Тепло- и звукоизоляционное строительное стекло:

- ячеистое стекло (пеностекло);
- стекловолокно и изделия на его основе.

6. Архитектурно-художественное стекло:

- стеклянные архитектурные детали (розетки, филенки, перила, наличники, балясины и т.п.);
- витражи цветные;
- стеклянная скульптура (объемная и барельефная).

7. Стекло для санитарно-технических устройств:

- санитарно-техническое оборудование.

8. Стекло для оборудования внутренних помещений и инвентаря:

- мебель с отдельными элементами из стекла;
- стеклянные детали стенок шкафов;
- стеклянная осветительная аппаратура (люстры, торшеры, бра).

Изделия из архитектурно-строительного стекла эффективно используются при строительстве и монтаже различных по своему характеру и назначению элементов зданий и сооружений, а именно: наружных и внутренних стен, внутренних перегородок, междуэтажных и подвальных перекрытий, кровли и облицовки [22].

2.4. СВОЙСТВА СТЕКЛА

2.4.1. Эксплуатационно-технические свойства

Области применения стекол определяются их свойствами. Так, для листовых стекол важны: прочность при сжатии и растяжении, термические свойства, химическая стойкость, светопрозрачность.

Общими свойствами для всех видов стекла являются:

1. Отсутствие строго определенной температуры плавления (при нагревании оно размягчается и достаточно плавно переходит в жидкое состояние).
2. Изотропность.
3. Весьма несовершенная спайность (при раскалывании образуется так называемый раковистый излом).
4. Светопропускание (прозрачность), т.е. способность пропускать световые лучи.

Последнее свойство зависит от химического состава и других факторов и определяется процентной шкалой. Абсолютно прозрачных стекол не существует. Самые лучшие оптические стекла обладают светопропусканием 92–95 %. У оконного стекла оно равно 84–87 %. Прозрачные стекла одинаково пропускают все цвета спектра. Цветные стекла пропускают в основном тот цвет, в который они окрашены. Кроме видимых лучей, существуют еще невидимые лучи – ультрафиолетовые, которые слабо проходят через обыкновенное стекло, и инфракрасные (тепловые), которые обычное стекло пропускает хорошо [23].

Физические свойства стекла зависят от его химического состава, условий варки и последующей обработки.

Плотность. Большинство промышленных строительных стекол имеет плотность 2,2–2,9 г/см³, у оконного стекла она равна 2,5 г/см³.

Теплоемкость колеблется от 0,33 до 1,05 кДж/(кг·К). С повышением температуры теплоемкость увеличивается, причем до температуры

начала размягчения она возрастает незначительно, а при пластичном состоянии – гораздо быстрее.

Теплопроводность. Стекло плохо проводит тепло, его теплопроводность сравнительно невелика – 0,95–0,98 Вт/(м·К), поэтому оно медленно остывает, что позволяет выдувать из него различные изделия. Наибольшая теплопроводность у кварцевого стекла – 1,38 Вт/(м·К).

Термическое расширение у различных стекол колеблется от $5 \cdot 10^{-7}$ до $200 \cdot 10^{-7}$. Самый низкий коэффициент термического расширения имеет кварцевое стекло – $5,8 \cdot 10^{-7}$, оконное – $88 \cdot 10^{-7}$. Коэффициенты термического расширения совмещаемых стекол должны быть близкими по величине, в противном случае такое изделие разрушится по шву от возникающих напряжений.

Термостойкость играет существенную роль для стекол, которые используются в условиях резкой смены температуры. Наибольшей термостойкостью обладает кварцевое стекло, оно выдерживает резкий перепад температур до 1000°C. Термостойкость оконного стекла 80–90°C. Величина термостойкости находится в обратной зависимости от коэффициента термического расширения: чем выше коэффициент термического расширения, тем меньше его термостойкость и наоборот.

Механические свойства. *Прочность* также зависит от химического состава. У различного вида стекол предел прочности при сжатии колеблется от 500 до 2000 МПа (у оконного – 900–1000 МПа), т.е. по этому показателю стекла близки к чугунам и сталям. Однако прочность на растяжение в 15–20 раз меньше, чем при сжатии (35–100 МПа), а наименьшую прочность имеет стекло при изгибе – 5–20 МПа, поэтому толщина участков стекла в местах изгиба должна быть большой.

Твердость по Моосу 5–7, наиболее твердое – кварцевое стекло.

Хрупкость практически не зависит от состава, а зависит от формы, размеров и толщины. Стекло является типично хрупким материалом, что ограничивает его техническое применение.

Оптические свойства. Под ними подразумеваются светопрозрачность, светопоглощение, отражение и преломление света. При падении пучка света на поверхность стекла одна часть светового потока отражается, другая проходит через него, преломляясь. Однако небольшая часть света при этом поглощается стеклом. Поглощение света обусловлено присутствием в стекле некоторых химических соединений, вызывающих избирательное поглощение, т.е. лучей только с определенной длиной волны. Светопоглощение понижает общую светопро-

зрачность стекла. Как уже отмечалось, у оконного стекла она не превышает 87 %. Наивысшую светопрозрачность имеет кварцевое стекло [24].

Химическая стойкость в основном зависит от химического состава и определяется содержанием SiO_2 . Следует отметить, что химическая стойкость стекла высокая, однако хуже всего оно противостоит действию щелочей и плавиковой кислоты.

2.4.2. Дефекты стекла

Дефекты стекла – нарушения физической однородности и сплошности структуры. По физическому состоянию они подразделяются на газовые, стекловидные и кристаллические.

Газовые включения – это пузыри газов в стекломассе. Размер видимых пузырей колеблется от долей до нескольких миллиметров. Мельчайшие пузырьки называют *мошкой*.

Стекловидные включения – участки стекла, отличающиеся по своему химическому составу от основной массы. Их называют *свилями* и *шпирами*. Они отличаются от основной стекломассы плотностью, вязкостью, коэффициентом преломления и поэтому легко обнаруживаются невооруженным глазом. Обычно они бывают в виде полос, прямых или изогнутых нитей. Стекловидные включения могут создавать слоистость стекла, образовывать сплошные бесформенные участки. Иногда свиля могут быть причиной кристаллизации стекла. В этих случаях кристаллизация происходит вдоль свиля.

Кристаллические включения – наиболее опасный дефект стекла. Они портят внешний вид изделия, ухудшают оптическую однородность и снижают механическую прочность. Встречаются кристаллические включения в виде кристаллов различной формы: от мелких, видимых только при большом увеличении, до крупных, размером в несколько миллиметров. Они могут быть в стекле единичными или в виде больших скоплений.

Дефекты ухудшают внешний вид стекла, понижают его физико-химические свойства. Дефекты стекла разнообразны и возникают они могут по различным причинам: от неоднородности шихты, присутствия в ней инородных включений, нарушения технологического режима варки, кристаллизации стекла и т.д. [24].

2.5. ВИДЫ СТЕКЛА И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НЕГО

2.5.1. Листовое строительное стекло

Оконное. Этот вид стекла вырабатывают в виде плоских листов толщиной 2–6 мм. Предназначено для остекления световых проемов зданий и сооружений: оконных и дверных переплетов, фонарей верхнего света и витрин; является также исходным материалом для стеклопакетов и стемалита. Оконное листовое стекло должно быть бесцветно, обладать высокой светопрозрачностью, механической прочностью и химической стойкостью. Допускаются слабо-зеленоватые и слабо-голубоватые оттенки.

Витринное. Предназначено для остекления витрин и витражей в дворцах культуры, магазинах, выставочных залах. От оконного отличается толщиной (от 6 до 10 мм). Бывает полированным и неполированным, плоским или гнутым. К витринному стеклу предъявляются такие же требования, что и к оконному.

Зеркальное. Под этим термином принято понимать листовое стекло, толщина которого значительно превосходит толщину оконного и лежит в пределах от 6–8 мм до нескольких сантиметров. Стекло такого типа имеет в настоящее время широкое применение и расходуется в огромных количествах. Оно применяется для остекления оконных проемов парадных зданий общественного назначения: театров, клубов, дворцов культуры, магазинов и т.д. Большое количество его идет на производство зеркал. Они используются для архитектурно-художественного оформления и отделки внутренних помещений общественных и административных зданий, столовых, ресторанов, выставочных павильонов, магазинов и т.п.

В последнее время получило распространение листовое стекло, покрытое зеркально-отражающей пленкой и в то же время пропускающее около 80 % видимого света. Прозрачные зеркала такого типа с тонкой золотистой пленкой поглощают почти полностью ультрафиолетовые лучи, а проходящий через них видимый свет приобретает розовый оттенок, улучшающий вид предметов. Эти прозрачные и цветные зеркала применяют в универмагах для остекления витрин и устройства стеллажей, а также для создания всевозможных декоративных эффектов в интерьерах зданий.

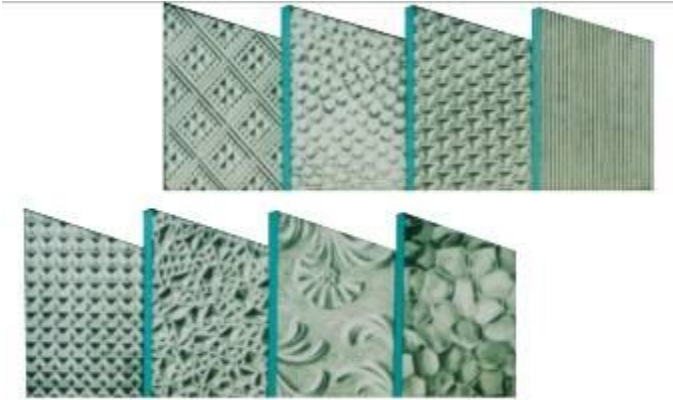


Рис. 30. Виды листового узорчатого бесцветного стекла



Рис. 31. Виды листового узорчатого цветного стекла

К числу новейших разработок в этой отрасли относятся *серебряные зеркала*, в наибольшей степени соответствующие современной моде. Серебряное покрытие наносится на высококачественное бесцветное или окрашенное в массу стекло розового, зеленого, синего, бронзового и других цветов. Это обеспечивает практически неограниченные возможности для полета фантазии дизайнеров.

Узорчатое. По всей поверхности стекла на одной или обеих его сторонах имеется четкий рельефный узор, который может быть окрашенным (рис. 30, 31). Применяется для декоративного остекления перегородок, дверей и оконных проемов, когда требуется получить рассеянный свет и частично исключить видимость, а также снизить уровень солнечной радиации.

Изготавливают такое стекло способом непрерывного проката между двумя вальками, из которых либо один, либо оба валька рифленые. Можно его изготавливать, обрабатывая гладкую поверхность песко-

струйным аппаратом, травлением, гравированием. Для получения на стекле прозрачного рисунка делают шаблон из плотной бумаги, который наклеивают на стекло и обрабатывают пескоструйным аппаратом. Шаблон предохраняет гладкое стекло от песчаной струи, оставляя под собой прозрачную поверхность и обеспечивая на открытой поверхности нужный рисунок.

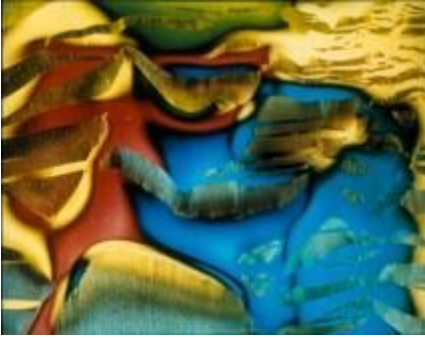


Рис. 32. Стекло «Метелица»

Разновидностью узорчатого стекла является *морозовидное* (имитация морозного узора). Его получают травлением поверхности плавиковой кислотой либо нанесением на матовую поверхность кистью тонкого слоя столярного клея. Когда клей застывает, стекло ставят возле отопительного прибора или выносят на солнце. Стекло при нагреве расширяется, а клей, высыхая, сжимается и отрывается от поверхности с тонкой пленкой стекла, придавая изделию причудливые рисунки. Необычайной игрой красок отличается стекло «Метелица» (рис. 32).

Волнистое. Профилем похоже на шифер, может быть кованным, узорчатым или армированным. Применяется в качестве кровельного материала для перекрытий пролетов зданий, стеклянных галерей, пасажей, гаражей и складских помещений.

Армированное. Имеет внутри квадратную сварную или шестигранную плетеную сетку из мягкой термически обработанной проволоки. Оно изготавливается с коваными поверхностями. Толщина листа 5–6 мм. Армированное стекло безопасно, так как при механическом и термическом разрушении листа отдельные куски удерживаются сеткой. Однако присутствие металлической сетки делает стекло менее прозрачным по сравнению с аналогичным стеклом без сетки. Применяется для ограждения балконов, лоджий, декоративных светопрозрачных плафонов, фонарей верхнего света, проемов лестничных клеток и других помещений, где необходима повышенная огнестойкость, и в местах, требующих защиты от попадания осколков стекла (рис. 33).

2.5.2. Облицовочное стекло

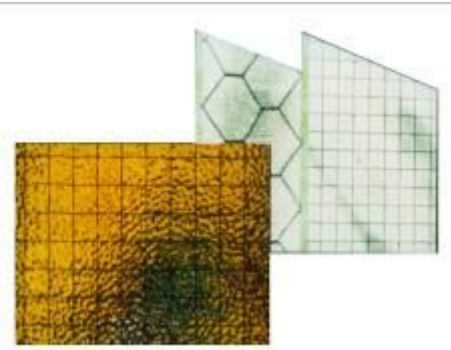


Рис. 33. Образцы армированного стекла

Стемалит. Представляет собой неполированное листовое стекло толщиной 6 мм, покрытое цветной эмалевой краской с тыльной стороны и прошедшее закалку (термообработку). Само название *стемалит* включает слова «стекло» и «эмаль», что подчеркивает конструктивную особенность данного материала. Термообработка обеспечивает прочное сцепление краски с поверхностью стекла.

Стемалит является долговечным и эффективным отделочным материалом. Он обладает высокой свето-, тепло- и морозостойкостью, влагонепроницаемостью, повышенной механической прочностью, хорошими декоративными качествами, цветоустойчивостью, относительно невысокой стоимостью и отвечает общестроительным требованиям. Эти качества определили успех стемалита у архитекторов и строителей [25].

Стемалит может с успехом применяться для внутренней облицовки на предприятиях пищевой и химической промышленности, торговли, для облицовки лестничных клеток, лечебных и административных сооружений, в фасадной облицовке (рис. 34).

Наиболее часто и в широких масштабах стемалит используется в наружной облицовке глухих участков навесных панелей, так называемых стен-экранов многоэтажных каркасных зданий. Такая панель состоит из 3–4 слоев различных по своим свойствам и назначению материалов, склеенных специальной мастикой или клеем.

Наружный лицевой слой панели выполняют из закаленного стемалита с гладкой или узорчатой поверхностью. Внутри панели располагается слой утеплителя (пеностекла, жестких стекловолоконных плит или их комбинации). Здания такой конструкции в большом количестве проектируются и возводятся в крупных городах Российской Федерации и всего мира. Их появление связано с экономическими соображениями и техническими решениями, используемыми в современном строительстве. Такие стены-экраны обеспечивают снижение

массы конструкции, их высокую долговечность и минимальные эксплуатационные затраты.



Рис. 34. Вид наружной облицовки административного здания листовым закаленным материалом «Стемалит»

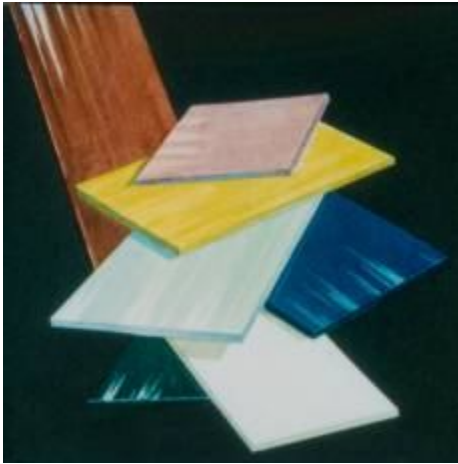


Рис. 35. Стекло цветное облицовочное «Марблит»

Марблит – облицовочное утолщенное плоское глушеное цветное стекло разнообразной окраски. Этот вид непрозрачного окрашенного по массе листового стекла имеет высокую механическую прочность, долговечность и широкие декоративные возможности. Наружная сторона марблита может быть полированной, узорчатой и необработанной – шероховатой. Тыльная сторона имеет рифления для лучшего закрепления листа при облицовке.

Марблит может выпускаться разнообразных цветов (молочно-белый, черный, красный, желтый, кремовый, салатный, синий, голубой, фиолетовый, серый, коричневый, мраморовидный и т.д.) в виде облицовочных плиток или панелей толщиной 6–7 мм (рис. 35). Из марблита изготавливают также уголки, желоба, профилированные элементы, плитусы и другие строительные детали. По своим механическим

свойствам марблит близок к обычному строительному стеклу.

Марблит с успехом используется для отделки лечебных помещений, предприятий общественного питания и пищевой промышленности, в облицовке санузлов и лестничных клеток, предприятий химиче-

ской промышленности. Плитки и панели из марблита могут применяться и для наружной облицовки зданий. Большая гамма цветов, долговечность и простота очистки позволяют при минимальных эксплуатационных расходах создать высококачественную и выразительную отделку элементов фасада.

Цветное листовое стекло. Используется для архитектурно-строительных целей – изготовления витражей, декоративного остекления общественных зданий, а также в качестве облицовочного материала. Бывает двух видов: окрашенное по всей массе и накладное, в котором на поверхность бесцветного стекла нанесен ровный слой окрашенного стекла толщиной 0,2–1,5 мм. Оба эти вида не только декоративны, но и часто эффективно уменьшают интенсивность светового потока и препятствуют перегреву помещений, т.е. обладают свето- и теплозащитными свойствами. По характеру окраски различают прозрачное и глушеное цветное листовое стекло.



Рис. 36. Листовое цветное стекло с рисунком

Основной областью применения цветного листового стекла является наружная и внутренняя отделка зданий (рис. 36). Наряду с цветными стеклами, широкое применение находят листовое эмалированное стекло и цветной триплекс. Эти стекла характеризуются высокой цветостойкостью, химической стойкостью, водонепроницаемостью, атмосферостойкостью, негорючестью и большим разнообразием расцветок. Стекла, используемые в наружной отделке, должны быть широкого ассортимента, отличаться красивым цветом и фактурой. Последняя может быть гладкой, «кованой» или рифленой.

Стекланные облицовочные плитки. Обычный размер 150×150 мм, изготавливают из цветного прозрачного или глушеного стекла, применяется для этой цели также накладное стекло или марблит. Плитки из накладного стекла применяют обычно для облицовки внутренних помещений, из марблита служат также для наружной облицовки зданий.

Коврово-мозаичные плитки. Имеют размер 20×20 и 30×30 мм и толщину 3–5 мм. Используются в качестве облицовочного материала для наружной и внутренней отделки жилых, общественных и про-

общественных зданий, а также в качестве облицовочного материала. Бывает двух видов: окрашенное по всей массе и накладное, в котором на поверхность бесцветного стекла нанесен ровный слой окрашенного стекла толщиной 0,2–1,5 мм. Оба эти вида не только декоративны, но и часто эффективно уменьшают интенсивность светового потока и препятствуют перегреву помещений, т.е. обладают свето- и теплозащитными свойствами. По характеру окраски различают прозрачное и глушеное цветное листовое стекло.

мышленных зданий и устройства художественных панно (рис. 37). Разнообразная палитра плиток дает возможность набирать из них мозаичные ковры заданного узора или рисунка, что повышает эффективность сборно-панельного домостроения. При таком наборе ковра плитки наклеивают лицевой стороной на прочный лист бумаги, а тыльную сторону соединяют с облицовываемой поверхностью бетонной панели цементным раствором. Армирующая плитки бумага в дальнейшем легко удаляется с поверхности панели. Мозаичная плитка должна быть правильной геометрической формы, иметь четкие торцевые грани, ее лицевая сторона должна быть гладкой, а тыльная – рифленой. Этим обеспечивается надежное сцепление плиток с цементным раствором.



Рис. 37. Панно из стеклянной плитки

По зарубежным и отечественным оценкам среди облицовочных материалов из стекла наименьшую стоимость имеет именно коврово-мозаичная плитка. С учетом эксплуатационных затрат она конкурирует с керамикой, цветными цементами, асбестоцементными листами и некоторыми другими отделочными материалами. По трудозатратам на устройство облицовок коврово-мозаичная плитка также более эффективна (рис. 38) [26].

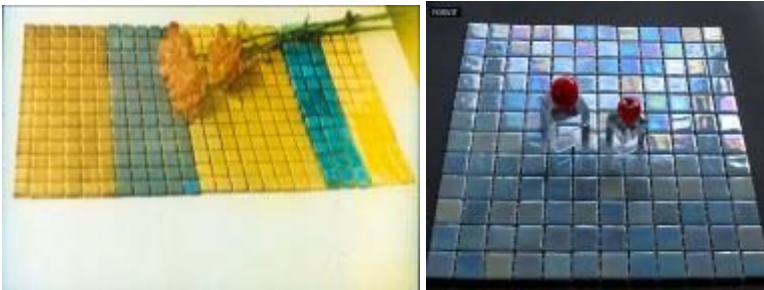


Рис. 38. Плитки стеклянные коврово-мозаичные

Смальта – кусочки неправильной формы непрозрачного листового или прессованного стекла различных цветов. Используется для мозаичных работ при наружной и внутренней отделке зданий.

2.5.3. Стекло со специальными свойствами

Каждый вид такого стекла создается для применения в определенных условиях и поэтому обладает только ему присущими свойствами.

Солнцезащитное. В спектре солнечного света на долю инфракрасных (тепловых) лучей приходится более половины всей солнечной энергии. Увеличение площади оконных проемов в жилых, административных и культурно-бытовых зданиях, особенно в районах с жарким климатом, требует применения стекол, которые частично или полностью поглощают ИК-часть спектра, чем способствуют защите помещений от вредного воздействия солнечной радиации.

Для достижения этих целей пользуются двумя типами стекол: окрасенными в массе окислами металлов (железа, хрома, вольфрама и др.) и стеклами, на поверхность которых нанесены прозрачные пленки на основе оксида кобальта, препятствующего проникновению части тепловых и световых лучей. Солнцезащитное стекло предназначено для остекления промышленных и гражданских сооружений, эксплуатируемых в районах с повышенной инсоляцией, т.е. освещением солнечными лучами. Основной областью использования солнцезащитных стекол являются здания, рассчитанные на длительное пребывание людей (производственные помещения, школы, лечебно-оздоровительные учреждения). Особенно эффективно применение теплозащитного стекла в зданиях с кондиционированными устройствами, так как в этом случае экономится электроэнергия, идущая на кондиционирование воздуха.

Увиолевое. Ультрафиолетовые лучи благотворно действуют на развитие жизнедеятельности человека, животных и растений. Эти лучи получили название *биологических* (лучи жизни). Обычное оконное стекло поглощает эту область спектра, однако специально приготовленные стекла могут пропускать биологически активную часть солнечного спектра. Такие стекла носят название *увиолевых*. Они способны пропускать от 25 до 75 % УФ-лучей. Их изготавливают из химически чистых материалов, не содержащих окислов железа.

Применяют увиолевые стекла для остекления лечебных и детских учреждений, школ, санаториев, оранжерей. Со временем увиолевое стекло «стареет», т.е. постепенно желтеет и у него снижается способность пропускать УФ-лучи.

Стекло, поглощающее ультрафиолетовые лучи. Для некоторых помещений необходима защита от УФ-лучей. Стремление защитить от их воздействия бумагу, ткани, пергамент, лаки, краски и тому подобные материалы часто приводит к необходимости проектировать здания библиотек, музеев, архивов и картинных галерей с минимальными площадями остекления или вообще без светопроемов. В то же время освещение естественным светом является необходимым условием для работы этих учреждений. В этих случаях светопроемы должны заполняться стеклами, поглощающими ультрафиолетовое и коротковолновое излучение солнечного спектра при высоком общем пропускании видимого света. Стекла такого типа содержат в своем составе оксиды свинца, церия и ванадия или имеют окисно-металлическое покрытие, в состав которого входят оксиды железа, кобальта, хрома, меди.

Закаленное. Представляет собой стекло, подвергнутое специальной термообработке – закалке, в результате которой в объеме стекла возникают равномерно распределенные внутренние напряжения, повышающие механическую прочность стекла и обеспечивающие особый (безопасный) характер его разрушения. Так, прочность при изгибе закаленного стекла может достигать 250 МПа, что в 5–7 раз выше, чем у обычного листового стекла. При разрушении закаленное стекло ментально и полностью распадается на мелкие, почти безопасные осколки с неострыми краями. Такое стекло способно выдерживать высокие перепады температур (от -70 до $+250^{\circ}\text{C}$). Благодаря этому свойству закаленное стекло широко применяется в противопожарном остеклении. Закаленное стекло устойчиво к значительной разнице температур внутри помещения и снаружи. Это свойство ценно в климатических условиях Российской Федерации, где температура воздуха зимой может достигать -30°C , а в помещении $+30^{\circ}\text{C}$.

Долгое время закаленное стекло применялось, главным образом, для остекления транспортных средств, но и в строительстве оно широко используется в последнее время, так как относится к разряду безопасных. Так, в Западной Европе при остеклении зданий выше пятого этажа применение закаленного стекла является обязательным. Оно используется для устройства интерьерных и фасадных светопрозрачных конструкций с повышенными требованиями к безопасности: остекления лоджий, балконов, куполов и световых фонарей зданий различного назначения, ограждения эскалаторов, автомагистралей и др. Часто оно применяется в виде стеклянных полотен дверных проемов, прозрачных неподвижных перегородок и панелей, покрытых цветными прозрачными пленками и керамическими красками. Закаленное стекло рационально применять в тех случаях, когда требуется повы-

шенная механическая прочность или термическая стойкость. Его нельзя резать, сверлить и подвергать другим видам механической обработки. Светопрозрачность закаленного стекла такая же, как и стекла до закалки.

Светочувствительное. Это обычное силикатное стекло, содержащее ингредиенты, способные образовывать после облучения ультрафиолетовыми лучами и последующей тепловой обработки фотографическое изображение в стекле. Облучение УФ-светом не вызывает видимых изменений в стекле, однако после нагрева его до температуры отжига, в нем выделяются частицы металла, образующие проявление изображения. Эти частицы могут развиваться до определенных контролируемых размеров и вызывать окрашивание стекла в красный, желтый, голубой, пурпурный, красно-оранжевый или янтарный цвета.

Светочувствительные свойства стекла объясняются общим принципом, заключающемся в том, что ионы некоторых металлов, содержащиеся в стекле в разных степенях окисления, способны образовывать активные центры – ядра будущих кристаллов. На эти центры при последующей тепловой обработке осаждаются ионы металлов и формируются металлические частицы коллоидных размеров, благодаря чему в таком стекле могут возникнуть коллоидные окраски большой интенсивности.

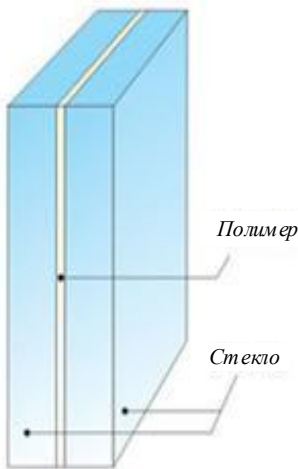


Рис. 39. Многослойное стекло
«Триплекс»

Светочувствительные стекла отличаются рядом ценных свойств: прочностью, цветоустойчивостью, незернистым изображением, точностью его воспроизведения, разнообразием контрастных оттенков, пространственностью, т.е. трехмерностью изображения, распространяющегося на некоторую глубину или через всю толщину стеклянной пластинки. Поэтому изображение в светочувствительном стекле не повреждается царапаньем, легко очищается от загрязнений, которые обычно трудно удалить с гравированного или травленого изображения. Данный вид стекла находит применение для декоративных стен-перегородок, обли-

цовочного материала и орнаментной черепицы, в качестве декоративного материала для фресковой живописи, ювелирных изделий, цветных оконных стекол.

Многослойное (триплекс). Наряду с закаленным, относится к ряду безопасных стекол. Для его изготовления используется силикатное стекло, два листа которого склеиваются между собой прозрачным органическим веществом (поливинилбутиральной пленкой), помещаемым между стеклами, и спрессовываются при давлении 2 МПа и температуре 50°С (рис. 39). При ударе растрескивается и не дает осколков, так как последние удерживаются пленкой. Дополнительно высокая прочность поливинилбутиральной пленки устраняет возможность сквозного пробоя, поэтому даже в случае разрушения стекла человек не может выпасть наружу. Применяется в остеклении транспортных средств, в последнее время – в остеклении высотных зданий. Цветной триплекс используется для витражей.

2.5.4. Конструктивные изделия из строительного стекла

Стеклопакеты. Представляют собой два (одинарный стеклопакет) или три листа (двойной пакет) оконного или витринного стекла, заключенных в металлическую или деревянную рамку, которая создает между ними герметично закрытый воздушный промежуток (рис. 40).

Стеклопакет является прозрачным теплоизоляционным и звукоизоляционным материалом. Для лучшей теплоизоляции воздух внутри пакета обезвоживают, а в некоторых случаях заполняют инертным газом. Наибольший теплоизолирующий эффект достигается при использовании в стеклопакетах энергосберегающего стекла. Расстояние между стеклами составляет 15–20 мм.

Применяют стеклопакеты для остекления оконных проемов, дверных полотен и витрин в жилых, общественных и промышленных зданиях. Использование стеклопакетов для остекления оконных переплетов позволяет значительно усовершенствовать их конструкцию, дает возможность применять промышленные методы остекления, сокращать трудовые затраты, улучшать освещение внутри зданий, уменьшать потери тепла через стекло, что соответственно снижает затраты на отопление в холодное время года. Стеклопакеты, как и стеклоблоки, не запотевают и не замерзают. Особый эффект имеют стеклопакеты с двойной воздушной прослойкой.



Рис. 40. Стеклопакеты

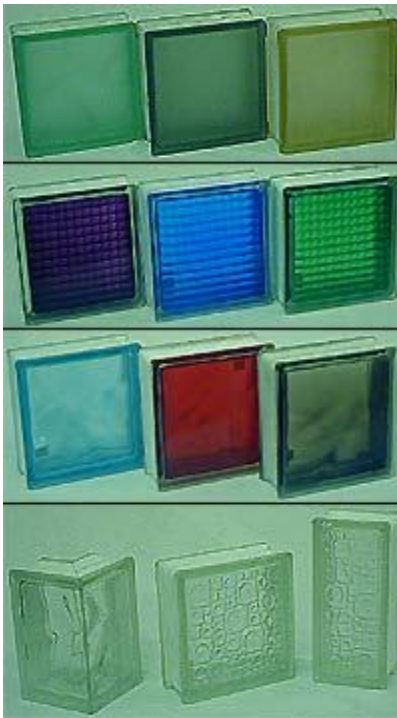


Рис. 41. Стеклоблоки

Стеклянные блоки.

Это изделия с герметично закрытой полостью, образованные в результате сварки двух отпрессованных полублоков. Наружные поверхности – гладкие, а внутренние, как правило, рифленые с рисунком. По форме они бывают квадратные, прямоугольные и угловые. По виду – бесцветные и цветные. Кроме того, они бывают одно- и двухкамерные. Торцевые грани блоков имеют рифления для лучшего сцепления с кладочным раствором (рис. 41).

Стеклоблоки получили широкое применение в строительстве. Они обеспечивают равномерное освещение помещений при полном использовании интенсивности солнечного света. Рассеивание света достигается за счет рифленых лицевых поверхностей. При выработке стеклоблоков в их внутренней полости остается горячий воздух, который после охлаждения находится в разреженном состоянии, поэтому они обладают хоро-

шими тепло- и звукоизоляционными свойствами. Благодаря высокой теплоизоляции, на стеклоблоках внутри зданий не происходит конденсации влаги даже при самых низких температурах наружного воздуха, а следовательно, их светопрозрачность и зимой и летом одинакова. Звукоизоляционную способность стены из стеклоблоков можно срав-

нить со звукоизоляционными свойствами кирпичных или бетонных стен толщиной 15–20 см. Непрозрачные, но пропускающие свет стены из стеклоблоков обеспечивают достаточную освещенность помещений внутри здания днем и светятся изнутри ночью, создавая эффектную панораму города.

Стеклоблоки используют в основном для возведения несущих стен. Стены из стеклоблоков обладают высокой прочностью, выдерживают значительные перепады температур, достаточно сейсмостойки и не горючи. При пожаре они не трескаются и не расплавляются в течение часа, поэтому стеклоблоки активно используются в пожароопасных помещениях.

Применяют блоки и для заполнения световых проемов в наружных стенах, а также для устройства лестничных клеток и внутренних перегородок. Широкое применение они нашли в производственных, общественных и жилых зданиях, в торговых, складских и спортивных помещениях. По сравнению с обычным остеклением использование стеклоблоков дает экономию эксплуатационных расходов за счет уменьшения затрат на отопление, ремонт, покраску, промывку и т.д. Эстетические возможности этого материала способствуют неожиданным решениям в оформлении интерьера жилых помещений.

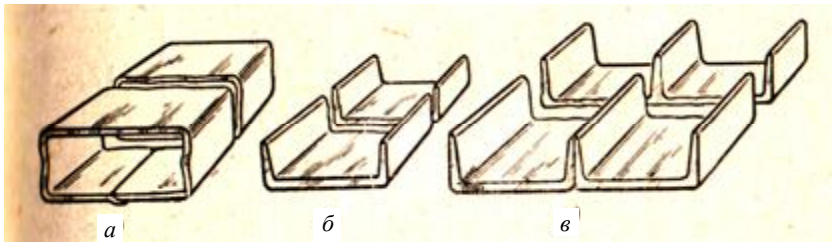


Рис. 42. Профильное стекло:
а – коробчатого сечения; б – швеллерного сечения; в – ребристого сечения

Профильное стекло (стеклопрофилит). Является самым перспективным среди строительных материалов из стекла. Оно светопрозрачно и создает в помещении мягкое рассеянное освещение. Его выпускают трех видов: коробчатого, швеллерного и ребристого сечения (рис. 42). Профильное стекло вырабатывают из термостойкого и обычного стекла. Оно может быть бесцветным, цветным, с окисно-металлическим (солнцезащитным) пленочным покрытием или армированным. Коробчатый стеклопрофилит носит название «стекор». Его выпускают длиной до 6 м, а швеллерный – до 4,2 м.

Применяется профильное стекло для заполнения световых проемов, устройства внутренних перегородок, наружных ограждающих стен в промышленных, служебных, торговых, складских и других помещениях.



Рис. 43. Стеклянные трубы

Стеклянные трубы. Представляют собой полые толстостенные прозрачные изделия, предназначенные для сооружения напорных, безнапорных и вакуумных трубопроводов, используемых для транспортирования агрессивных жидкостей и газов, пищевых продуктов и воды. В последнее время стеклянные и футерованные стеклом трубы находят все большее применение в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве. Их главным преимуществом является стойкость против агрессивного воздействия транспортируемых жидкостей. Высокая химическая стойкость стекла позволяет использовать стеклянные трубы взамен металлических в различных отраслях промышленности. Первые превосходят вторые по долговечности. Однако недостатком стеклянных труб является низкая прочность при ударе, что ограничивает их широкое использование.

Главный потребитель стеклянных труб – химическая и пищевая промышленность. В строительстве стеклянные трубопроводы нашли применение для скрытых электропроводок, изготовления стеклобетонных отопительных панелей, технологических трубопроводов и других целей (рис. 43).

2.5.5. Теплоизоляционные и звукоизоляционные стеклоизделия

Ячеистое стекло (пеностекло). Это легкий пористый материал, представляющий собой как бы затвердевшую стеклянную пену или, точнее, стекло, пронизанное огромным количеством пустот округлой формы размером 0,1–5 мм (рис. 44). Одним из его основных достоинств следует считать сочетание весьма малой тепло- и звукопроводности при небольшой плотности (200–500 кг/м³), достаточной прочности (до 10 МПа) и морозостойкости (до 50 циклов). Теплопроводность пеностекла составляет 0,07–0,08 Вт/(м·К), а коэффициент звукопоглощения – 0,4–0,5. Кроме того, оно не горит, не поглощает влагу, не набухает, отличается высокой долговечностью.



Рис 44. Образцы пеностекла и его поровая структура

Пеностекло нужно признать незаменимым материалом для заполнения конструкций внутренних и наружных стен зданий, в особенности высотных, где облегчение нагрузки на фундамент играет очень большую роль. Оно легко подвергается механической обработке: его можно пилить, резать, сверлить, шлифовать, обтачивать на токарном станке, склеивать между собой и с другими материалами. Все это расширяет области применения пеностекла. Хрупкость и малая термическая устойчивость – единственные недостатки этого материала, с которыми приходится мириться ради других его ценных свойств.

В строительстве в настоящее время используется пеностекло в виде блоков, отделочных плит и гранулированное. Блоки и плиты из пеностекла применяются как конструкционный и отделочный материал в

любых видах строительства. Их можно использовать в качестве наружного и внутреннего утеплителя стен, подвалов, для создания огнепреградительных конструкций. Пеностекло обеспечивает паро- и гидроизоляцию любых поверхностей и позволяет создавать ограждающие конструкции, обеспечивающие комфортный микроклимат в помещении. Гравий и щебень из ячеистого стекла используется как самостоятельный засыпной теплоизоляционный материал и в качестве заполнителя для легких бетонов и сэндвич-панелей.

Применение пеностекла в качестве теплоизоляционного материала распространено в промышленном и гражданском строительстве. Им изолируют полы, потолки, междуэтажные бетонные перекрытия. Крошку пеностекла используют для теплоизоляции кровли зданий. Достаточная прочность блоков пеностекла позволяет, в отличие от других изоляционных материалов, производить теплозащитную кладку стен без применения специальных креплений и металлической сетки. Пеностекло в качестве тепловой изоляции можно применять от температур глубокого холода до 450°C , кроме того, оно не боится воды [25].

Стекловолокно и изделия на его основе. Стекловолокно – это искусственное волокно, изготовленное различными способами из расплавленного стекла. Оно обладает высокой прочностью на растяжение (волокно диаметром 8–9 мкм выдерживает нагрузку 1500–4000 МПа), малой плотностью, высокими оптическими, диэлектрическими и теплофизическими свойствами, что позволяет применять его в различных областях техники, в частности для изготовления текстильных материалов и изделий, которые применяют в химической и автомобильной промышленности, строительстве, судостроении, авиационной и космической технике.

Изготовленные из стекловолокна ткани не горят, очень теплоустойчивы, обладают малой теплопроводностью, кислот- и водостойки. На основе стекловолокна получают высокопрочные композиционные материалы, где оно выступает в роли арматуры. Из стекловолокна в различном сочетании с пластмассами можно изготавливать непревзойденные по легкости, тепловой и звуковой изоляции конструкционные материалы, применяемые в строительстве жилых и общественных зданий [27]. Одним из самых распространенных теплоизоляционных материалов на основе стекловолокна является *стекловата*. Она очень эластична, сохраняет постоянный объем, химически нейтральна, погодоустойчива. Она применяется для заполнения различных пустот в двухслойных стенах и перекрытиях. Плотность стекловаты составляет $30\text{--}60\text{ кг/м}^3$. Маты из стекловолокна с бумажной прокладкой, пропи-

танные битумом или специальным вяжущим материалом, используются для теплоизоляции стен, потолков, полов и готовых строительных деталей.

Из стекловолокна изготавливают также новый материал для отделки стен – *стеклообои*. Они представляют собой материал, тканый из стеклянных волокон, с узором, нанесенным на лицевую поверхность красками. Такие обои не вызывают аллергии, не выделяют токсичных веществ в воздух помещений, обладают высокой пожаробезопасностью, паропроницаемостью, водонепроницаемостью, щелоче- и кислотостойкостью. Их можно промывать водой, они долговечны, надежны и эстетичны.

2.5.6. Архитектурно-художественные изделия из стекла

Витражи. В переводе с французского – застекление, вставка стекол. Художественные витражи – это картины или орнаментальные композиции, выполненные из цветного стекла или другого материала, пропускающего свет. Витражи используются в декоративных целях,



Рис. 45. Витражи станции «Новослободская» Московского метрополитена главным образом, как заполнители оконных и дверных проемов, перегородок, либо в качестве специально выполненных на стенах художественных панно, имитирующих естественный или искусственный подсвет. Художественный витраж представляет собой декоративное остекление в свинцовой пайке (оправе) в виде филенок, составленных из мелких кусков стекла разной конфигурации, цвета и смонтированных по эскизу в тонкий свинцовый переплет.

Витражи применяют в основном для оформления интерьеров культурно-бытовых зданий (клубов, дворцов культуры, детских, выставочных павильонов). Они отражают характер и назначение сооружения и дополняют его художественный образ, создавая многоцветные световые эффекты благодаря проходящему сквозь них свету (рис. 45).

Архитектурные детали из стекла. К ним относятся розетки, профилированные плиты, тяги обрамления проемов (рис. 46). Их получают путем литья и прессования с последующим отжигом.

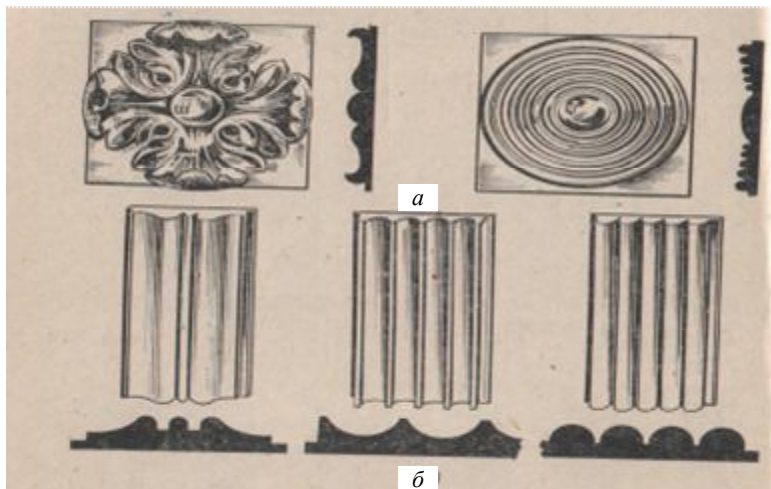


Рис. 46. Архитектурные детали из стекла:
а – розетки; б – профилированные плиты

Стеклянная скульптура. Этот вид художественного стекла предназначен для украшения интерьеров жилых и общественных помещений. При участии советского скульптора и художника И. Н. Витали разработан метод изготовления различных монументальных скульптур из стекла (рис. 47) [17].

2.5.7. Другие изделия из стекла

Стеклопластики. Представляют собой композиционные конструкционные материалы, состоящие из армирующего стекловолокна и синтетического связующего. Они имеют высокую прочность при отно-



Рис. 47. Скульптурный портрет А. С. Пушкина (скульптура И. Н. Витали)

нительно низкой плотности, обладают радиопрозрачностью (пропускают волны сантиметрового диапазона), очень высокими электроизоляционными характеристиками, коррозионной стойкостью.

В строительстве стеклопластики используются в виде плоских и гофрированных листов, окрашенных и неокрашенных. Плоские листы используются в основном для изготовления клееных трехслойных панелей. Гофрированные применяют в качестве ограждений промышленных зданий, теплиц, оранжерей, покрытий стадионов и т.п. Листовые стеклопластики обеспечивают достаточную освещенность помещения, занимая небольшую (до 15 %) площадь ограждений. Особенно эффективно применяются стеклопластики в покрытиях одноэтажных

промышленных зданий большой ширины и фонарях верхнего света [28].

Стеклофибробетон. Это цементный бетон, армированный волокнами из стекловолокна, дисперсно распределенными в его объеме. Благодаря армированию появляется возможность изготовления тонкостенных изделий, отличающихся малой массой, простотой обработки, низкими затратами на монтаж и транспортировку. Стеклофибробетон отличается высокой прочностью при сжатии и ударе, которая в 10–15 раз больше тех же показателей для обычного бетона, и повышенной прочностью при изгибе и растяжении в 4–5 раз.

В настоящее время накоплен значительный опыт использования стеклофибробетона при изготовлении архитектурных и конструктивных элементов для строительства и отделки зданий, подземных сооружений, благоустройства территорий и создании малых архитектурных форм.

Из готовых элементов стеклофибробетона можно собирать летние кафе, павильоны, магазины, пансионаты, кемпинги, коттеджи, навесы автовокзалов, торговые ряды и т.п. Линейные размеры готовых стандартных изделий из стеклофибробетона могут составлять от 3 до 15 м. При этом строительство заключается либо в установке одной готовой секции, либо в стыковке нескольких секций между собой, что значительно сокращает процесс по времени.

В жилищном строительстве из стеклофибробетона изготавливаются трехслойные стеновые панели, ограждения лоджий и балконов, козырьки входов, ванны, различные плиты пространственного перекрытия. Технические характеристики материала позволяют изготавливать из него различные варианты кровли: прямолинейные и криволинейные элементы складок, черепицу. Все это благодаря тому, что материал при малой толщине обладает значительной прочностью и небольшой массой [29].

Стеклофибробетон является идеальным материалом для изготовления элементов парапетов, шумозащитных ограждений мостов.

2.6. СИТАЛЛЫ И ШЛАКОСИТАЛЛЫ

Ситаллами называют стеклокристаллические материалы, полученные каталитической кристаллизацией стекол. При катализируемой управляемой кристаллизации зарождение и рост кристаллов происходит одновременно во всем объеме стекла. Ситаллы состоят из мельчайших кристаллов размером от долей до нескольких микронов с прослойкой между ними тончайших пленок стекла.

Ситаллы – сравнительно новые материалы, они были получены в 1955 г. в Румынии, а в 1957 г. – в США и СССР. Их изобретение явилось выдающимся событием в технике производства стекла, равноценным получению углеродистой стали. Ситаллы являются новым классом конструкционных, технических и строительных материалов, которым принадлежит большое будущее.

Структура ситаллов представляет собой кристаллическую и остаточную стекловидную фазы. Эти материалы, как правило, получают из расплавов, застывающих в стекловидной форме и способных при повторном нагреве выделять определенные кристаллические фазы. Для производства ситаллов используют технологию стекольного производства, несколько видоизмененную и дополненную в своей заключительной стадии процессом кристаллизации. С этой целью в обычную шихту для производства стекла вводят добавки – катализаторы кристаллизации. Завершается процесс отжигом, чтобы обеспечить необходимую степень закристаллизованности. Кристаллизация приводит к получению весьма мелкозернистой и равномерной структуры, обеспечивающей высокие термомеханические свойства изделий [25].

2.6.1. Свойства ситаллов

Как уже отмечалось, ситаллы имеют мелкие, равномерно распределенные по всему объему материала кристаллы, сросшиеся друг с другом или соединенные тонкими прослойками остаточного стекла. Благодаря особенностям своего строения, они обладают комплексом ценнейших физико-химических и эксплуатационных свойств, которые позволяют эффективно их использовать в строительстве. Особо следует отметить их относительно высокую твердость, влаго- и газонепроницаемость, значительную механическую прочность, термостойкость, отличные электроизоляционные свойства. Регулируя размеры, плотность и химико-минералогический состав кристаллов, можно получить ситалл с заранее заданными свойствами, удовлетворяющими специальным требованиям.

Плотность колеблется в пределах 2,4–2,7 г/см³, т.е. меньше, чем у алюминия.

Пористость. Ситаллы непористы, обладают нулевым водопоглощением.

Прочность. Ситаллы прочнее стекла, большинства керамических материалов и некоторых металлов. Прочность при изгибе может достигать 250–300 МПа, что выше, чем у кварцевого стекла, нержавеющей стали и титана.

Ситаллы не обладают вязкостью и ковкостью и относятся к хрупким материалам, хотя их ударная прочность выше, чем у стекла.

Твердость. Плотная микрокристаллическая структура обеспечивает ситаллам твердость при вдавливании, приближающуюся к твердости закаленной стали и превышающую твердость плавленого кварца, латуни, чугуна, нержавеющей высокоуглеродистой стали, гранита и стекла. Ситаллы обладают большим сопротивлением царапанью, которое почти не влияет на прочность.

Термостойкость. По значению низкого коэффициента линейного расширения она выше, чем у керамических материалов, и сравнима с термостойкостью плавленого кварца.

Теплопроводность. Ситаллы являются теплоизоляционными материалами. Известно, что стекло имеет низкую теплопроводность, возрастающую с температурой, а плотная керамика – более высокую, чем у стекла и уменьшающуюся с повышением температуры. Теплопроводность ситаллов также выше, чем у стекла, но мало изменяется с температурой.

Ситаллы превосходят по химической стойкости почти все используемые в технике вещества. Они могут длительно служить в условиях

высоких температур (до 1000°С). Их ценным свойством является высокая износостойчивость. Они значительно лучше, чем металлы, противостоят истиранию и обладают более длительными сроками службы в самых тяжелых условиях эксплуатации. Ситаллы могут быть совершенно непрозрачными, имея белую или иную окраску, либо прозрачными с легким коричневато-аметистовым оттенком.

2.6.2. Шлакоситаллы

Шлакоситаллы – это ситаллы на основе шлаков. Принципиально они не отличаются от технических ситаллов, поскольку для получения тех и других применяют одни и те же методы. Однако в общей проблеме стеклокристаллических материалов шлакоситаллы занимают особое место, определяемое возможными масштабами производства и дешевизной.

Первые шлакоситаллы были синтезированы в 1959 г. в СССР путем кристаллизации шлакового стекла. Их получение представляет собой один из наиболее радикальных и экономических способов утилизации промышленных отходов, позволяющих получить дешевый конструкционный строительный материал. Для производства шлакоситаллов имеется неограниченная сырьевая база в виде металлургических шлаков, используемых в огненно-жидком и гранулированном состоянии, а также золы от сжигания каменного угля и другие отходы силикатного происхождения.

Шлакоситаллы обладают высокой механической прочностью, превышающей прочность исходного стекла. Они имеют более высокие механические, термические и химические свойства, чем у многих других материалов. По прочности при сжатии они конкурируют с чугуном, алюминием и сталью. Прочность на изгиб у них больше, чем у стекла, фарфора, керамики, природного камня и приближается к прочности чугуна. Вместе с тем шлакоситалл в 3 раза легче последнего, и его хрупкость несколько ниже, чем у стекла. Мелкозернистая плотная структура шлакоситалла определяет его высокое сопротивление истиранию. Кроме того, он морозостоек, так как имеет практически нулевое водопоглощение.

Шлакоситаллы имеют высокую стойкость к действию воды, кислот, щелочей и солей, поэтому они являются весьма перспективными материалами для защиты строительных конструкций и химической аппаратуры от химической и атмосферной коррозии. Шлакоситалл, как и стекло, хорошо режется, шлифуется и полируется. Наличие в нем до 25–30 % стекловидной фазы позволяет закалять этот материал [30].

2.6.3. Области применения ситаллов и шлакоситаллов

Ситаллы и шлакоситаллы являются весьма перспективными материалами для применения в жилищном и промышленном строительстве в виде больших стеновых панелей-перегородок размером 3×10 м и несущих конструктивных элементов. Высокая прочность, легкость и огнестойкость обеспечивают им широкое применение в качестве облицовочного материала (под мрамор). Из шлакоситаллов рекомендуется изготавливать навесные самонесущие панели наружных стен зданий, перегородки, плиты и блоки для внутренней облицовки стен, мощения дорог и тротуаров, оконные коробки, ограждения балконов, лестничные марши, волнистую кровлю, санитарно-техническое оборудование, защитные износостойкие элементы и другие строительные детали.



Рис. 48. Отделка фасада здания плитами из шлакоситалла

Листовой ситалл и панели можно армировать металлом и покрывать керамическими красками с одной или обеих сторон. Цветной ситалл находит применение для изготовления архитектурных панелей, декоративных плиток для облицовки станций метро, крупногабаритной мозаики для площадей, цветных дорожных панелей для тротуаров, цветных скульптур. Пеноситалл, обладающий высокими теплоизоляционными свойствами, находит широкое применение как дешевый высокоэффективный материал.

Благодаря особенностям своего строения, ситаллы и шлакоситаллы обладают комплексом ценнейших физико-химических и эксплуатационных свойств, которые позволяют эффективно использовать их в

строительстве (рис. 48). В табл. 2 приведены их свойства в сравнении со свойствами оконного стекла.

Таблица 2

Физико-механические свойства ситаллов и шлакоситаллов

Свойства	Оконное стекло	Ситаллы	Шлакоситаллы
Плотность, г/см ³	2,5	2,5–7	2,5–2,6
Температура размягчения, °С	500	1050–1450	960
Коэффициент линейного расширения	$(9,2-10)10^{-6}$	$(6-8)10^{-6}$	$(6,5-7)10^{-6}$
Прочность при изгибе, МПа	5–20	120–300	90–130
Прочность при сжатии, МПа	900–1000	1000–1600	700–900

Большинство ситаллов и шлакоситаллов по стоимости конкурентоспособны с традиционными материалами, которые они могут заменить. В ряде случаев они не сравнимы с другими материалами и, обладая редким сочетанием физико-химических свойств, открывают новые возможности в науке и технике при решении сложных технических проблем.

2.7. СТЕКЛО В АРХИТЕКТУРЕ

Одним из величайших достижений человечества является изобретение стекла – материала, который благодаря уникальным физико-механическим и эстетическим характеристикам применяется сегодня не только в быту, но и практически во всех отраслях промышленности. Прозрачность, способность работать в широком диапазоне температур и при любых климатических условиях, высокая твердость, исключительная химическая стойкость, необычайно широкие декоративные возможности – таков далеко не полный перечень свойств, определивших рост популярности стекла при его использовании в качестве строительного материала.

Всего несколько десятилетий назад строительное стекло в России применялось лишь в двух вариантах: в оконных проемах и витражных конструкциях. С наступлением XXI в. в отечественном домостроении появилось относительно новое, но достаточно активно развивающееся направление – сплошное остекление фасадов.

Повальное увлечение стеклом объясняется довольно-таки легко: стеклянный фасад требует меньших затрат на эксплуатацию, нежели любая другая фасадная конструкция; сплошное остекление позволяет улучшить световой режим помещений, чем способствует обеспечению комфорта на рабочих местах и в быту, предоставляет возможность зрительно увеличить интерьер и установить визуальную связь внутреннего пространства здания с внешней средой.

Роль стекла в современном жилищном, промышленном и гражданском строительстве невозможно переоценить. Начав свое победное шествие с простого заполнения светопроемов зданий, стекло в настоящее время превратилось в незаменимый конструкционный материал, область применения которого простирается от заполнения светопроемов до создания самонесущих и несущих строительных конструкций – от зенитных фонарей, крыш, потолков и перекрытий до перегородок, стен, лестниц и даже элементов фундамента (рис. 49).



Рис. 49. Светопрозрачная стеклянная крыша (слева) и стеклянная винтовая лестница (справа)

Прекрасной иллюстрацией использования стекла, как архитектурного, так и конструктивного элемента в современных зданиях, стали многочисленные объекты, построенные в последние годы в Москве, Санкт-Петербурге и других городах нашей страны. Сегодня трудно представить Москву без таких прекрасных стеклянных дворцов, как выставочный комплекс на Красной Пресне – «Форум», пешеходный мост «Багратион», Дом музыки на Краснохолмской набережной, а также ряд новых гостиничных, торговых комплексов и спортивных

сооружений, где стекло играет главную роль в архитектуре здания (рис. 50).



Рис. 50. Дом музыки (слева) и торгово-пешеходный мост «Багратион» (справа) в Москве

Стекло по сравнению с другими строительными материалами наиболее полно удовлетворяет требованиям новых конструктивных и архитектурных решений в строительстве. Это обусловлено благоприятным сочетанием у стекла целого ряда ценных свойств, а именно: прозрачности, необходимой строительной прочности, малой теплопроводности, долговечности, способности воспринимать всевозможные тона окраски и создавать своеобразный световой эффект за счет преломления, отражения и рассеяния света при всевозможных переходах стекла от кристалльной прозрачности до состояния полной заглущенности.

На протяжении последних десятилетий стекло активно входит в интерьеры больших общественных сооружений – театров, гостиниц, аэропортов, вокзалов, дворцов культуры, офисов, научных и учебных заведений, лечебно-оздоровительных учреждений, санаториев и пансионатов. Характер современной архитектуры, просторы остекленных помещений располагают к созданию значительных по тематике монументальных произведений, а также новых видов архитектурно-декоративных композиций с применением стекла.

Обилие стекла в сооружаемых зданиях придает городам современный облик, повышает архитектурно-художественный уровень строительства и улучшает санитарно-гигиенические условия жизни населения. Применение стекла в качестве полноценного стенового материала в современных сооружениях разрушило жесткую зависимость между архитектурными элементами здания: высотой помещений, пролетом,

величиной окон, толщиной стен и т.д. В современной архитектуре стекло заняло исключительное положение среди материалов для ограждающих конструкций. Стекланные поверхности стали одним из основных средств выразительности в современной архитектуре [31].

Стекло – уникальный светопрозрачный материал, границы и возможности которого постепенно расширяются в соответствии с новыми требованиями рынка стекла по цветовой гамме, свето- и теплозащитным и прочностным характеристикам, габаритами остекления. В настоящее время, помимо традиционного остекления, все большим спросом пользуются различные виды свето-теплозащитного стекла, энергоберегающие стеклоконструкции, в том числе стеклопакеты, закаленные и многослойные стекла.

Эта тенденция обусловлена рядом факторов и, прежде всего, требованиями архитекторов и дизайнеров по архитектурной выразительности зданий, безопасности их эксплуатации, а также ужесточением требований по теплозащите и механической прочности светопрозрачных ограждений.

В связи с увеличением размера световых проемов современных зданий, применением новых видов строительства и новых архитектурных решений, существенно расширился ассортимент стекольной продукции. Во всем мире бурно развивается применение стекла для строительства, появляются его новые разновидности, увеличиваются площади остекления, создаются новые конструкции из стекла.

В современном строительстве применяются разновидности стекол, обладающие определенными свойствами. Это стекла с покрытием (низкоэмиссионные, пропускающие или отражающие солнечные лучи, инфракрасное излучение, радиоизлучение), стекло безопасное при эксплуатации (строительный триплекс, стекло с защитной пленкой, закаленное) и стекло с декоративными покрытиями.

Низкоэмиссионные покрытия предназначены для снижения коэффициента эмиссии у стекла, что позволяет уменьшить потери тепла через остекление.

Солнцезащитные покрытия служат для защиты помещений от проникновения избыточных солнечных лучей.

Отражающие покрытия используются для придания стеклу зеркального эффекта, они имеют высокий коэффициент отражения видимого света.

Радиозащитные и электропроводящие покрытия имеют малое электрическое сопротивление и в случае заземления позволяют защитить помещение от проникновения электромагнитного излучения или,

в случае подключения к источнику электрического тока, подогревать стекло.

Декоративные покрытия предназначены для придания большей архитектурной выразительности остеклению и обычно имеют серебристый, бронзовый, зеленый, синий цвет (практически можно получить любой цвет).

Особо быстро развивается применение стекол с низкоэмиссионными (теплосберегающими) покрытиями. Это вызвано острой проблемой энергосбережения при эксплуатации зданий и сооружений. Такие стекла обладают низкой излучательной способностью. Теплоизолирующие свойства низкоэмиссионного стекла значительно выше, чем обычного. Солнечное коротковолновое тепловое излучение проникает через стекло хорошо, а стремящееся выйти наружу изнутри длинноволновое излучение эффективно отражается от поверхности обратно. Особенно рекомендуется такое стекло в изолирующих стеклопакетах. Использование в стеклопакетах энергосберегающего стекла позволяет экономить около 15 % расходуемой на обогрев зданий тепловой энергии. Низкоэмиссионное стекло считается одной из крупнейших разработок в промышленности листового стекла в последние десятилетия.

В последнее время в России для строительных целей все чаще стали применять безопасные виды остекления. В настоящее время применяется три вида безопасных стекол: строительный триплекс, стекло с защитной полимерной пленкой и закаленное. Каждый из этих видов имеет свои преимущества и недостатки.

Строительный триплекс за счет большой толщины обладает самым большим термическим сопротивлением и самой большой звукоизолирующей способностью. среди других видов стекла. Многослойное стекло (его еще называют *ламинированным*) – превосходный травмобезопасный, шумо- и звукоизоляционный стекломатериал. Кроме того, оно защищает помещения от вредного воздействия УФ-лучей. В настоящее время строительный триплекс успешно используется в теплицах и ботанических садах, а также в качестве зенитных фонарей, стеклянных крыш зимних садов, крытых пешеходных зон, для остекления спортивных сооружений.

Стекло с защитной пленкой представляет собой листовое стекло, на которое наклеена специальная, особо прочная полимерная пленка. Поскольку она обладает высокой механической прочностью и создает небольшое напряжение сжатия, такое стекло немного менее хрупко, чем обычное листовое. Но основной смысл применения пленки состоит в том, что она удерживает осколки стекла при его механическом или термическом разрушении. С точки зрения оптических, акустиче-

ских и тепловых характеристик это – промежуточный вариант между ламинированным и закаленным стеклом.

Закаленное стекло представляет собой листовое стекло, подвергнутое специальной термообработке с целью создания заданного распределения напряжений по объему стекла. Такое стекло имеет в 5–10 раз больше прочность на удар, в 2–3 раза – на изгиб, в 3–4 раза – термостойкость (с 40 до 160°C). Закаленное стекло обладает самым большим коэффициентом светопропускания, самым низким сопротивлением теплопередаче и самой низкой звукоизолирующей способностью среди рассматриваемых вариантов безопасных стекол. Для закаленного стекла наиболее опасны коррозионные процессы, связанные с влагой (выщелачивание), так как при этом нарушается баланс напряжений в стекле.

Среди специальных видов стекол особое место в современной архитектуре прочно заняли также полированное, флоат-стекло, просветленное, самоочищающееся, гнутое, белое, тонированное.

Полированное стекло служит основой для производства стеклопакетов, витражей, витрин, зеркал, стеклянных дверей и перегородок. Его отличают высокие светопропускающие качества и эстетичный внешний вид. Дополнительная обработка наделяет листовое полированное стекло такими свойствами, как огнеупорность и безопасность (закаленное), звукоизоляция (ламинированное), способность сохранять внутреннее тепло (теплосберегающее).

Флоат-стекло является разновидностью листового стекла. Процесс его изготовления заключается в методе непрерывного литья стекло-массы на расплавленное олово и последующее охлаждение. Такое стекло не нуждается в дальнейшей шлифовке и полировке, оно отличается постоянной толщиной, отсутствием каких-либо изъянов, идеально ровной поверхностью и образцовым внешним видом. Область применения флоат-стекла столь же неограниченна, как и у обычного полированного стекла: его используют для остекления светопрозрачных конструкций в архитектуре, производстве зеркал, витрин, мебели и т.д.

Просветленное стекло – разновидность флоат-стекла, изготавливается на основе сырья с низким содержанием железа. Отличительной особенностью в сравнении с обычным стеклом является то, что просветленное стекло не имеет зеленоватого «бутылочного» оттенка и лучше пропускает солнечную энергию (максимальный коэффициент светопропускания достигает 95 %). Применяется для застекления всех видов жилых и общественных зданий, где требуется хорошее естественное освещение.

Самоочищающееся стекло имеет специальное покрытие из наночастиц, которое разлагает органические загрязнения на поверхности стекла. Это уникальное покрытие наносится путем напыления на готовое, но еще не остывшее стекло и придает ему в том числе и такое свойство, как гидрофильность – дождевые капли на стекле не скапливаются, а равномерно растекаются. При этом на самом стекле после высыхания не остается ни пятен, ни разводов.

Гнутое (моллированное) стекло производят путем медленного нагрева стекла до мягкого состояния и его дальнейшего гнущья (моллирования) до нужного шаблона. Такой вид стекла дает возможность решать многие архитектурные задачи, создавать криволинейные формы (рис. 51). Применяется гнутое стекло для оформления фасадов и интерьеров домов и офисов, изготовления автомобильных стекол, турникетов, холо дильных витрин, аквариумов, оранжерей и др.



Рис. 51. Гнутое (моллированное) стекло на фасадах зданий

Белое стекло иначе еще называется *опаловым* или *молочным*. Однослойная опаловая поверхность придает стеклу матовость и, как следствие, низкие светопропускающие качества. Используется белое стекло для изготовления межкомнатных дверей и перегородок, столешниц, посуды, люстр, светильников и др.

Тонированное стекло представляет собой прозрачное бесцветное или окрашенное в массе (бронзовое, серое, зеленое, синее) флоат-стекло. Оно характеризуется цветовым эффектом снаружи и внутри здания, слабым отражением цвета и защитой от солнечного излучения в результате поглощения солнечной энергии.

Подытожив сказанное, можно сделать вывод, что нельзя назвать один, самый лучший вариант применения стекла для фасадного и внутреннего остекления зданий. Для строительства необходимы все

виды стекла и выбор варианта остекления должен осуществляться в зависимости от условий эксплуатации на конкретном объекте с учетом всех влияющих факторов.

Учитывая мировой опыт применения стекла, следует предположить, что в ближайшее время в Российской Федерации архитектурно-строительное стекло различного функционального назначения станет одним из доминирующих компонентов в архитектуре, так как оно обеспечивает экологическую чистоту, современный дизайн и стиль, позволяет применять самые разнообразные архитектурно-световые решения в прозрачных конструкциях зданий, сооружений, малых архитектурных формах, в отделке помещений (рис. 52).



Рис. 52. Современные архитектурные решения в системе остекления зданий

Неисчерпаемые возможности стекла привлекают дизайнеров и архитекторов. Стекло позволяет создать уникальные дизайнерские образы и комфорт в доме, украшает наш быт. Современные светоотра-

жающие и теплосберегающие покрытия, нанесенные на стекло по специальной технологии, в десятки раз повышают энергоэффективность оконных блоков и снижают теплопотери зданий [32].

Стекло в архитектуре... Богатейшая история, множество направлений использования, бесчисленные примеры удачного, талантливого и непревзойденного применения. Ни одно современное произведение архитектуры не обходится без стекла, и роль его отнюдь не ограничивается простым заполнением светопроемов: сплошное остекление фасадов общественных зданий стало обычным архитектурным приемом. В наше время стеклянные дворцы различных офисов, торговых центров, учреждений культуры можно встретить практически во всех современных городах мира [33].

Президент Союза архитекторов России Ю. П. Гнедовский так охарактеризовал роль стекла в современной архитектуре: «Сегодня главное, что характеризует масштабные постройки, – это та легкость, которая создается обилием стекла. Звучание этой стеклянной симфонии можно почувствовать, глядя на новые здания Москвы и других городов России. Сегодняшнему архитектору не обойтись без умения работать со стеклом, без знания его свойств и возможностей».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ушла в прошлое бедная палитра средств, которыми располагал архитектор в своей деятельности. Материалы, бывшие в недавнем прошлом элитными, активно проникают в массовое строительство, вызывая ощутимый скачок качества архитектурных объектов и открывая пути к долгожданному разнообразию городской застройки. Сегодня реализуется возможность выбора номенклатуры и ассортимента строительных материалов, их технических, функциональных и эстетических свойств, позволяющих архитектору в полной мере реализовать все нюансы своих профессиональных идей.

Авторское право архитектора – свободно оперировать материально-технической продукцией – очень быстро нашло свое отражение в новейшей архитектуре, которая стала поистине презентацией современного состояния строительной базы.

Все шире разворачивается фронт строительства в России, все более творческим становится труд архитектурно-строительной сферы, возрастают требования к качеству архитектурной продукции. Технический прогресс и развитие стройиндустрии в настоящее время позволяют создавать строительные материалы с заданными свойствами, необ-

ходимыми не только с технической, но и с архитектурно-художественной точки зрения.

Стекло и керамика нашли свое отражение в современном облике строительных объектов. Эти материалы, известные с древних времен, не только не утратили своего значения, а, наоборот, приобрели новый статус в современном градостроительстве. Именно они являются сейчас основной материальной базой нынешней архитектуры, обеспечивая современным постройкам надежность, комфортность и красоту.

В работе над настоящим пособием авторы использовали новейшую информацию о научно-практических достижениях в области развития строительного материаловедения применительно к керамической и стекольной продукции, опираясь в основном на отечественный опыт. Авторы надеются, что изложенный материал будет доступен и понятен при изучении, а само пособие станет полезным источником справочной информации при освоении архитектурных дисциплин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Недилько, С.А.* Школьникам о керамике / С.А. Недилько. – Киев: Радянська школа, 1990. – 144 с.

2. *Нагибин, Г.В.* Технология строительной керамики / Г.В. Нагибин. – М.: Высшая школа, 1975. – 280 с.

3. *Гейман, Л.М.* Под знаком железа: декоративные камни – керамика – пигменты, коррозионные материалы / Л.М. Гейман, Н.Я. Госин. – М.: Наука, 1972. – 317 с.

4. Керамические материалы / Г.Н. Масленникова, Р.А. Мамаладзе, С. Миндзута, Коумото. – М.: Стройиздат, 1991. – 320 с.

5. *Золотарский, А.В.* Производство керамического кирпича / А.В. Золотарский, Е.Ш. Шейман. – М.: Высшая школа, 1989. – 263 с.

6. *Попов, К.Н.* Строительные материалы и изделия / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2005. – 438 с.

7. *Крупа, А.А.* Химическая технология керамических материалов / А.А. Крупа, В.С. Городов. – Киев: Вища школа, 1990. – 399 с.

8. *Миронова, Д.В.* Керамический гранит в технологиях фасадов / Д.В. Миронова // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI в. – 2007. – № 6. – С. 40–41.

9. *Кондрашев, Ф.В.* Производство керамических плиток для полов / Ф.В. Кондрашев, Л.Я. Мишулович, В.Ф. Павлов. – М.: Стройиздат, 1971. – 184 с.

10. *Топоркова, А.А.* Глиняная черепица / А.А. Топоркова. – М.: Стройиздат, 1968. – 126 с.

11. *Кошляк, Л.Л.* Производство изделий строительной керамики / Л.Л. Кошляк, В.В. Калиновский. – М.: Высшая школа, 1990. – 206 с.
12. *Шелковникова, Т.И.* Керамический клинкер – долговечный материал для покрытий различного назначения / Т.И. Шелковникова, Т.В. Мордовцева, С.Л. Лунин // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI в. – 2007. – № 7. – С. 34 – 35.
13. *Акунова, Л.Ф.* Материаловедение и технология производства художественных керамических изделий / Л.Ф. Акунова, С.З. Приблуда. – М.: Высшая школа, 1979. – 216 с.
14. *Бурлаков, Г.С.* Основы технологии керамики и искусственных пористых заполнителей / Г.С. Бурлаков. – М.: Высшая школа, 1972. – 424 с.
15. *Гинзбург, В.П.* Керамика в архитектуре / В.П. Гинзбург. – М.: Стройиздат, 1983. – 200 с.
16. *Зимин, В.С.* Стеклодувное дело и стеклянная аппаратура для физико-химического эксперимента / В.С. Зимин. – М.: Химия, 1974. – 328 с.
17. *Качалов, Н.Н.* Стекло / Н.Н. Качалов. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 463 с.
18. *Минько, Н.И.* История развития и основы технологии стекла: учеб. пособие / Н.И. Минько, В.М. Нарцев, Р.Г. Мелконян. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 396 с.
19. *Ланцетти, А.Г.* Изготовление художественного стекла / А.Г. Ланцетти, М.Л. Нестеренко. – М.: Высшая школа, 1987. – 304 с.
20. Технология строительного и технического стекла и шлакосталлов / В.В. Полляк, П.Д. Саркисов, В.Ф. Солинов, М.А. Царицын. – М.: Стройиздат, 1983. – 432 с.
21. *Легошин, А.Я.* Стеклодувное дело / А.Я. Легошин, Л.А. Мануйлов. – М.: Высшая школа, 1985. – 119 с.
22. *Китайгородский, И.И.* Технология стекла / И.И. Китайгородский. – М.: Стройиздат, 1967. – 564 с.
23. *Линевич, В.Д.* Стекольные работы / В.Д. Линевич. – М.: Высшая школа, 1977. – 175 с.
24. *Будов, В.М.* Производство строительного и технического стекла / В.М. Будов, П.Д. Саркисов. – М.: Высшая школа, 1985. – 215 с.
25. Химическая технология стекла и ситаллов / под ред. Н.М. Павлушкина. – М.: Стройиздат, 1983. – 432 с.
26. *Кутолин, С.А.* Физико-химия цветного стекла / С.А. Кутолин. – М.: Стройиздат, 1988. – 296 с.
27. *Корелова, А.И.* Стекло, керамика и их будущее / А.И. Корелова. – Л., 1962. – 53 с.

28. Конструкционные стеклопластики / под ред. В.И. Альперина, Н.В. Королькова, А.В. Мотавкина и др. – М.: Химия, 1979. – 360 с.

29. *Слагаев, В.И.* Тонкостенные архитектурные формы повышенной прочности из стеклофибробетона / В.И. Слагаев // Строительные материалы. – 2003. – № 6. – С. 26.

30. *Бережной, А.И.* Ситаллы и фотоситаллы / А.И. Бережной. – М.: Машиностроение, 1966. – 348 с.

31. *Соловьев, С.П.* Стекло в архитектуре / С.П. Соловьев, Ю.М. Динеева. – М.: Стройиздат, 1981. – 191 с.

32. *Жималов, А.Б.* Применение стекла в современном строительстве / А.Б. Жималов // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI в. – 2002. – № 3. – С. 14–16.

33. *Минько, Н.И.* Использование стекла и изделий из него в современном строительстве / Н.И. Минько, А.Б. Аткарская, С.А. Кеменов // Строительные материалы. – 2008. – № 10. – С. 91–95.

Учебное издание

Воронцов Виктор Михайлович
Немец Игорь Иванович

Стекло и керамика в архитектуре

Учебное пособие

Редактор Г. Н. Афонина

Подписано в печать 28.05.10. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 6,2. Уч.-изд. л 6,6.
Тираж 100 экз. Заказ Цена
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В. Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.