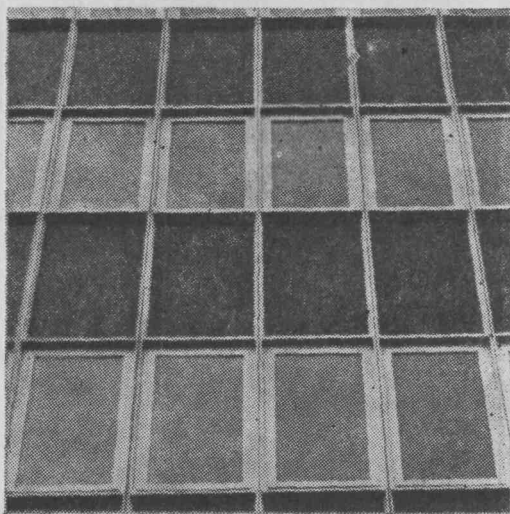


Материал в архитектуре



С.П.Соловьев
Ю.М.Динеева

СТЕКЛО В АРХИТЕКТУРЕ

Материал в архитектуре



С.П.Соловьев
Ю.М.Динеева

СТЕКЛО В АРХИТЕКТУРЕ

МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1981



Соловьев С. П., Динева Ю. М. Стекло в архитектуре. — М.: Стройиздат, 1981. — 191 с., ил. — (Материал в архитектуре).

Дается краткое описание строительно-архитектурного стекла, стеклянных изделий и их свойств. Рассматривается развитие архитектурных форм и конструкций зданий и сооружений с применением стекла. Приводятся рекомендации по выбору видов стекла и стеклоизделий для зданий различного назначения, примеры использования стекла в отечественной и зарубежной строительной практике. Рассказывается о перспективах применения стекла в будущем.

Книга предназначена для архитекторов.
Табл. 10, ил. 94, список лит.: 46 назв.

Печатается по решению секции литературы по строительству и архитектуре редакционного совета Стройиздата.

Рецензент архит. Л. И. Колчанова

Научный редактор серии канд. архитектуры Д. П. Айрапетов

От авторов

■ Стекло имеет богатейшую историю и обширный опыт применения в современном строительстве. Небольшой объем книги и множество вопросов, о которых нельзя хотя бы не упомянуть, обусловили некоторую беглость изложения, вместе с тем много аспектов использования стекла в творчестве архитектора остались вне рамок данной работы.

Знакомясь с содержанием книги, читатель должен иметь в виду, что светопрозрачные ограждения позволяют нам с успехом использовать лучистую энергию Солнца для естественного освещения зданий. Вместе с тем чрезмерное увлечение применением больших площадей остекления, переходящее порой в стекломанию, неизбежно приводит к ухудшению внутренней среды помещений. Разумное сочетание этих противоречивых условий применения остекления в современных зданиях наряду с использованием специфических свойств специальных строительных стекол и средств искусственного регулирования внутренней среды — единственный путь к созданию зданий, полноценных в утилитарном отношении и выразительных по архитектурному облику. В этом направлении авторы ведут работы в лабораториях отдела внутренней среды общественных зданий Центрального научно-исследовательского и проектно-экспериментального института учебных зданий, результаты которых использованы в данной книге.

Авторы выражают глубокую признательность научному редактору серии «Материал в архитектуре» Д. П. Айрапетову за ценные советы при подготовке рукописи к изданию, коллективу отдела внутренней среды общественных зданий, а также сотрудникам архитектурного кабинета Центрального дома архитектора, фотоматериалы которого были частично использованы в качестве иллюстраций.

Введение

■ 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 все последующее ее развитие. Трудно переоценить роль новых строительных материалов и конструкций в рождении современной архитектуры, однако их настоящее значение становится ясным только при рассмотрении всей истории архитектуры, ее философских аспектов. И дело не в том, что на смену одному архитектурному стилю пришел другой, новые конструкции явились материально-технической основой новой пространственной концепции архитектуры XX века. Речь идет о принципиальных изменениях творческом, функционально-художественном освоении реальности пространства и его выразительных возможностей. На смену изобразительно-ордерной архитектуре, основной задачей которой были организация и художественное оформление громоздких объемов зданий, пришла архитектура, существенными признаками которой стал безусловный подавляющий перевес элементов свободного пространства и его форм над ограждающими массами. Благодаря применению стекла архитектура, основанная на новой пространственной концепции, характеризуется такими важными чертами, как открытостью, разомкнутостью пространства, взаимным проникновением, перетеканием и слиянием внутреннего и наружного пространства, насыщенностью светом.

Важным, на наш взгляд, представляется то обстоятельство, что архитектура вступила в тот этап своего развития, который позволил по-новому взглянуть на ее сущность как средства организации материальной и художественной среды, в которой живет, работает и отдыхает человек.

Современные архитекторы начали осознавать творческие возможности новой архитектурной концепции. На ее основе появляются новые проекты городов будущего, городов-фантазий. Они различны. Они порождают вокруг себя много споров. Являясь граничным выражением пространственной концепции, они содержат попытки сформулировать новые конструктивные и художественные принципы зодчества будущего.

С развитием архитектуры теснейшим образом связана судьба строительных материалов. Анализ путей этого развития позволяет нам судить о том, каких свойств ожидают архитекторы от тех или иных конструкций, какие свойства материалов необходимы для творческой свободы архитектора.

Перейдем теперь к роли собственно стекла в формировании новых архитектурных принципов.

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. Огромное значение этого акта. Архитекторы получили новые возможности для выражения своих творческих замыслов. В качестве конструктивной основы в зодчестве утвердился принцип дифференцирования несущих и ограждающих функций. Очевидно, этот принцип будет основополагающим для строительства в обозримом будущем, он отвечает духу времени — возведению зданий повышенной этажности, которые в связи с ростом и развитием городов будут основным видом строительства, позволяющим решить многие градостроительные проблемы, важнейшей из которых является быстрый рост народонаселения, с одной стороны, и невозможность беспредельного увеличения площади застройки за счет сельскохозяйственных угодий — с другой. Признание важности совершенствования качества планировочных, архитектурных и строительных решений, повышения долговечности, комфортабельности и архитектурной выразительности зданий и сооружений нашло отражение в решениях XXV и XXVI съездов КПСС.

XXVI съезд КПСС указал на необходимость «увеличить производство стекла, особенно полированного, упрочненного и теплозащитного, эффективных отделочных и тепло- и звукоизоляционных материалов» [1, с. 160].

К современным зданиям сегодня предъявляется комплекс трудновосместимых требований, среди которых архитектурная выразительность, комфортность внутренней среды, экономичность, низкий уровень энергозатрат на эксплуатацию, надежность и в то же время малая материалоемкость и т. д. Воплотить их в реальном объекте без глубоких научных знаний материальной базы архитектуры — конструкций и материалов — невозможно. Для архитектурной теории проблемы взаимоотношений конструкций и архитектурных форм всегда были основными. Они сложны и неоднозначны, постоянно находятся в развитии.

Взаимосвязь и взаимовлияние архитектуры и строительных материалов являются объектом внимания архитекторов и архитектуроведов. Этому посвящены фундаментальные труды, полемические статьи и дискуссии архитектурных форумов.

Эти вопросы с той или иной степенью полноты отражены в опубликованных за последние 10—15 лет теоретических трудах, зарубежных и советских искусствоведческих работах. Вполне есте-

ственно, что библиография, помещенная в конец этой книги, не претендует на полный охват литературы по данному вопросу.

У стекла счастливая судьба в строительстве. Более 2 тыс. лет зодчие применяют стекло при возведении зданий различных архитектурных стилей. А сейчас оно заняло исключительное положение среди материалов для ограждающих конструкций. Стекланные поверхности стали одним из основных средств выразительности в современной архитектуре, при этом речь идет не столько о форме, размерах, количестве и расположении окон, сколько о соотношении глухих и остекленных участков зданий. Растет общий объем применения строительного стекла, светопрозрачные ограждения в современных зданиях достигают порой 80 и более процентов площади фасада. Однако для стекла наступил новый этап развития, главной характерной чертой которого является интенсивное использование строительных стекол с заданными свойствами. Нет сомнения, что в самом ближайшем будущем мы станем свидетелями появления новых разновидностей стекла с удивительными сочетаниями свойств. Материаловедение последних десятилетий сделало в этой области большие успехи. Появился ряд специальных стекол: теплозащитные, солнцезащитные, увиолевые, фотохромные, токопроводящие, упрочненные, безопасные, ситаллы, шлакоситаллы. Разработаны новые технологические процессы обработки стекла: электрохимическое нанесение покрытий, термическое полирование, пайка, сварка и склеивание стекол, новые методы варки, формования, декорирования стекла, а также многое другое.

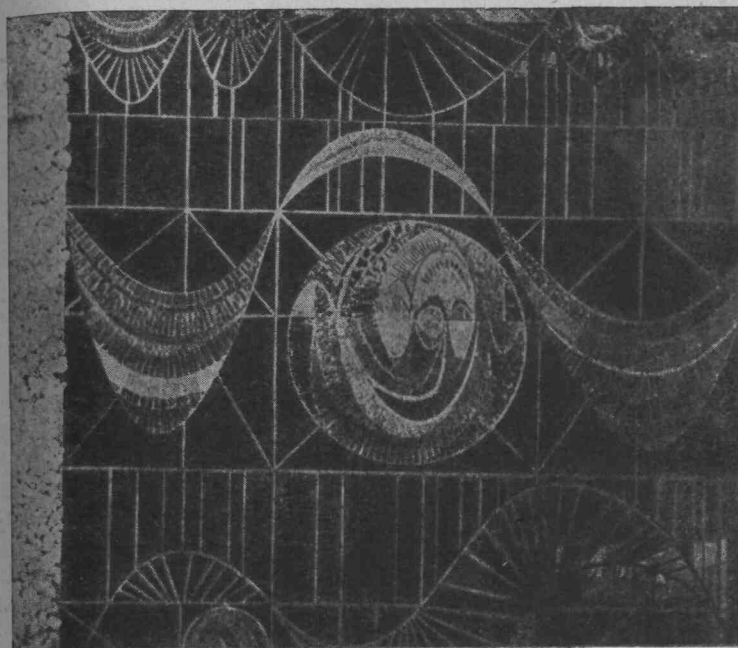
Опрос архитекторов и ведущих специалистов различных отраслей строительной индустрии, проведенный в нашей стране с целью выявления перспектив развития материальной базы архитектуры на ближайшую и отдаленную перспективы, показал, что эксперты относят стекло к наиболее перспективным материалам [2, с. 252].

С развитием стекольной промышленности и исследовательской работы в области создания новых видов стекла этот строительный материал приобретает исключительную роль среди других материалов.

С большим оптимизмом глядя в будущее архитектуры, намечая перспективы использования новых видов стекла, мы все же основной объем книги отводим описанию строительных стекол, которые можно применять сегодня или завтра, когда эта книга уже увидит свет.



Архитектурно – строительное стекло и изделия из него



■ Невозможно представить себе современное строительство без применения стекла, этого древнего материала, который за многие века прошел длинный путь превращения от малопрозрачных и порой невзрачных небольших плиток до современного эффективного строительного материала. Огромные изменения произошли и в области физико-механических свойств стекла. Современное стекло обладает большим разнообразием свойств, причем некоторые из них являются столь новыми для строительства, что знание свойств стекла и особенностей его применения является совершенно необходимым для архитектора и строителя.

Современное стекло — это продукт, основанный на достижениях в области физики, химии, материаловедения и чрезвычайно развивающейся технологии. С помощью разнообразных и многочисленных технологических приемов можно получить стекла, свой-

ства которых не только заранее задаются, но и рассчитываются. Мы не ставили своей целью подробно описывать те или иные технологические процессы, но указываем, каким способом в современном производстве получают тот или иной вид стекла для того, чтобы архитектор ясно представлял себе не только источник свойств стекла, но и границы их возможных изменений. Стекло поступает на стройку в виде готового изделия, требования архитектора к стеклу могут быть приняты во внимание только на ранних стадиях разработки и изготовления, поэтому здесь приводятся краткие сведения о способе производства и общих основных свойствах стекла как строительного материала, границах их изменений в зависимости от технологических приемов производства стекла.

Развитие производства стекла от возникновения до наших дней

История стекла уходит своими корнями в незапамятные времена, и дата его рождения затеряна в глубине веков. 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 с 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 нашей эры в Месопотамии, Египте, на территории современной Сирии. Так, уже с конца V тысячелетия египетские мастера, покрывая каменные бусы глазурью, окрашенной медными окислами, имитировали бирюзу, которая высоко ценилась в ту пору.

Технология нанесения глазури заключалась в том, что каменную или фаянсовую заготовку покрывали мелкоотолченным кварцем, смешанным с некоторым количеством окрашивающих и вяжущих веществ, а затем подвергали обжигу в закрытой камере [17]. Порошкообразный кварц, оплавляясь, образовывал слой глазури.

Техническое открытие глазури было первым шагом на пути, который в дальнейшем привел к производству стекла. Полагают, что стеклянные бусы появились уже в IV тысячелетии до н. э., отдельные находки подтверждают это. Но самая ранняя мастерская по производству стекла, обнаруженная археологами, относится к

более позднему времени, ко II тысячелетию до н. э., и располагалась в окрестностях древнего города Тель-эль-Амарна в Египте.

Известный египтолог У. М. Флиндерс Питри реконструировал процесс изготовления стекла, относящийся ко временам Аменхотепа IV (около 1400 г. до н. э.). По его мнению, египтяне в тот период могли изготавливать прозрачное, но не вполне бесцветное стекло. Оно содержало чистый кремний в виде толченого кварцевого песка или гальки и щелочи древесной золы. Варили такое стекло в глиняных лоточках или горшках емкостью около 0,25 л. Первые стеклянные изделия получали, как полагают, двумя способами. Один из них состоял в том, что из расплава стекла, а он в те времена был достаточно вязким из-за низких температур варки, вытягивали нить и навивали ее на каменную заготовку или сердечник. Сердечник, изготовленный из песка, смешанного с каким-нибудь органическим вяжущим, после остывания изделия выдалбливался, в результате получался стеклянный сосуд. Второй способ отличался от первого тем, что заготовку или сердечник многократно погружали в расплавленное стекло, что по сути своей было развитием процесса нанесения глазури.

Свидетельства о том, что на территории Месопотамии во II—I тысячелетиях до н. э. было высоко развито стеклоделие, находимы в дошедших до нас древнейших письменных источниках, глиняных клинописных табличках, относящихся в XVIII—VIII вв. до н. э. В них приводятся рецепты цветных, прозрачных и позолоченных стекол, излагаются правила подбора топлива, описываются приемы работы с плавильной печью и др.

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. Об интенсивных поисках в этой области говорит тот факт, что уже во II тысячелетии до н. э. изготавливали стекла широкой цветовой гаммы: голубое, синее, аметистовое, пурпурное, рубино-красное, зеленое, желтое, коричневое, черное и др.

Древние мастера получали цветные стекла, добавляя в шихту различные металлы: медь, кобальт, марганец, сурьму, железо и т. д. Для глушения стекла, превращения его в непрозрачное применяли сурьму, олово, мышьяк, фосфор или медь.

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. Современному человеку, привыкшему к стремительному развитию техники, кажется необъяснимым, когда на протяжении

веков изменениям подвергались лишь детали изделий. Кроме глазурованной плитки, инкрустации стеклом каменных и керамических изделий, бус и небольших сосудов, казалось, не было попыток применить стекло в других изделиях. Стекло еще не родилось как строительный материал.

Настоящая революция в технологии стеклоделия произошла только с изобретением процесса выдувания. Некоторые источники относят это событие к I в. до н. э., другие — к более раннему периоду — к III в. до н. э. Нет единодушия и в определении места появления изобретения. Среди первых изобретателей называют древних вавилонян, древних греков и римлян. Другим значительным достижением в стеклоделии следует считать усовершенствование конструкции печей, что повысило температуру плавки и надежность осветления стекла. В этот период на стекло обращают свое внимание зодчие; рождение нового строительного материала состоялось.

Считают, что римляне первыми начали применять стекло для остекления окон. Наиболее древнее римское оконное стекло относится к I и II в. н. э. Это голубоватые, зеленоватые или даже коричневые пластины стекла толщиной 3—6 мм с оплавленными краями. В III и IV вв. качество стекла улучшилось. Дошедшие до нас образцы свидетельствуют о том, что это были почти бесцветные или зеленоватые стекла.

Известно, что в античную эпоху и средние века оконные стекла изготовлялись тремя способами. Возникнув в античные времена, эти технологические процессы без принципиальных изменений просуществовали вплоть до конца XIX в. Менялись инструменты и приспособления, в различных странах некоторые приемы этих процессов имели свои особенности, но суть процессов оставалась прежней.

Первый способ получения плоского (оконного) стекла 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», 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 позволял получать диски толщиной 2—3 мм и диаметром до 1,5 м. Выдували большой стеклянный шар, который служил заготовкой. Дно его прикрепляли к специальному стержню (понтии), откалывали от выдуваемой трубки, а затем путем вращения превращали в плоский диск.

История и география стеклоделия увлекательны, в них отразились судьбы многих народов и цивилизаций. До начала нашей эры наиболее мощные центры стеклоделия располагались в Египте и Сирии. В VI в. н. э. к ним присоединилась Византия. Здесь в основном вырабатывались цветные стекла для посуды и смальта.

В период Римской империи стекло распространилось по всей ее территории. Образовались новые центры стекольного производства в Европе вплоть до Британских островов. Они быстро и успешно развивались. Их расцвету способствовало изобретение бесцветного стекла «кристалло», которое вначале использовалось для изготовления бус и посуды, линз, а затем оконного стекла и знаменитых венецианских зеркал. В XV в. особую славу приобрели венецианские стеклоделы.

Значительный вклад в развитие производства стекла внесли европейские стеклоделы. Так, французским мастерам принадлежит заслуга в изобретении способа отливки зеркальных стекол высокого качества с помощью медных плит и последующей прокатки, а также способа травления стекол (начало XII в.). Английский мастер Роберт Манзель впервые применил каменный уголь в качестве топлива для варочной печи (1615 г.). Мастер из Богемии Михаил Мюллер изобрел твердое, необыкновенно прозрачное калиево-кальциевое стекло, чешские ремесленники развили технологию гравировки стекла. Во второй половине XVII в. немецкий алхимик Иоганн Кункель открыл способ получения «золотого рубина» и опубликовал книгу «Экспериментальное искусство стеклоделия». В XVIII в. в Англии начали производить хрустальные стекла и применять алмазную грань.

В Древней Руси стекольное производство концентрировалось в основном в юго-западных областях, однако оно прекратило свое существование в период татаро-монгольского ига. Мастерские были разрушены. Производство стекла возродилось только в XVII в. Огромная заслуга в восстановлении стеклоделия в России в этот период принадлежит М. В. Ломоносову. Ломоносов не только способствовал организации стекольных заводов, но возродил и развил искусство смальтовой мозаики.

До конца XIX в. стекольное производство было основано на ручном труде. Только в 1900 г. была сделана попытка механизировать изготовление листового стекла: с помощью сжатого воздуха

выдувались стеклянные цилиндры длиной до 12 м диаметром около 0,75 м, которые разрезались по образующей. Дальнейшая обработка листового стекла оставалась такой же, как и при цилиндрическом способе.

Подлинной революцией в стеклоделии явилось изобретение в начале XX в. непрерывного процесса варки и формования листового стекла. Механизация производства всех видов стекла была осуществлена только во второй половине XX в. На этот период приходится и появление новых видов стекла и изделий из него.

От зарождения вплоть до середины нашего века практика стеклоделия опережала теоретические знания в этой области. Однако научно-техническая революция во всех областях знаний и человеческой деятельности приводит в стеклоделии, как и в других отраслях, к положению, при котором наука в своем развитии опережает достижения в технологии производства, прокладывая пути для ее дальнейшего прогресса. Наука, используя достижения в различных областях знаний, позволила разработать технологию принципиально новых видов продукции из стекла. К ним относятся специальные стекла — увиолевые, фотохромные, солнцезащитные, теплозащитные, упрочненные, ситаллы, шлакоситаллы и многие другие. Каждый из названных видов материалов обладает чрезвычайно интересными сочетаниями свойств. О каждом из них будет сказано ниже, отметим только, что все они появились в результате тесного сотрудничества науки и производства.

В 50-е годы впервые были получены стеклокристаллические материалы — ситаллы (пирокерам, девитрокерам, стеклофарфор). Высокая прочность, химическая стойкость, малая истираемость, низкий, нулевой или даже отрицательный коэффициент термического расширения (при нагревании линейные размеры уменьшаются!), повышенная жаростойкость делают ситаллы чрезвычайно удобным строительным материалом. Кроме того, следует добавить, что некоторые из разновидностей являются прозрачными. Однако высокая стоимость ситаллов пока еще служит препятствием для применения их в строительстве. В 1959 г. в СССР впервые был синтезирован шлакоситалл — одна из разновидностей непрозрачных ситаллов, стоимость которого позволяет с большим экономическим и техническим эффектом применять его в строительстве. Шлакоситалл выпускают в виде непрерывной ленты и пресованных плит. Шлакоситалл можно окрашивать керамическими красками в любой цвет, что дает архитектору богатейшие возможности для воплощения творческих замыслов.

Нельзя не упомянуть вид стекла, который, по существу, представляет собой комплексный материал — стекло с напыленной на

его поверхность тончайшей прозрачной металлической пленкой. Такими же комплексными материалами являются слоистые стекла, представляющие собой листы стекла, склеенные прозрачными синтетическими пленками в единый лист. К этой же группе материалов относятся и листы стекла с нанесенными на одну из поверхностей прозрачными пластмассовыми пленками для изменения частоты собственных колебаний. Такие стекла применяют в звукоизоляционном остеклении. В этих случаях технология получения материала является сложным комплексом, куда входят процессы, отличающиеся от традиционного стеклоделия. Примерами могут служить электрохимическая обработка стекла, формование ленты на поверхности металлического расплава, напыление пленок, изготовление стекловолокна и изделий из него и др.

Многие виды строительных стекол в наши дни претерпели значительные изменения. Так, например, армированное стекло, малопривлекательное на вид, незначительно применялось в общественных и жилых домах, хотя необходимость в безопасном стекле существовала. Теперь разработано цветное и глушеное армированное стекло. За рубежом, кроме того, выпускают армированное бесцветное и цветное стекло с глубоким декоративным рельефом, что ставит этот вид стекла в разряд лучших декоративных материалов.

Индустриализация чрезвычайно расширила ассортимент стеклянных изделий. Так, в начале века к ним относились стеклянные плитки и линзы, в более позднее время добавились пустотелые стеклоблоки, а к середине века этот список пополнился стеклопрофилитом, стеклопакетами, полотнами стеклянных дверей.

Современное стекло представляет собой аморфный материал, получаемый из расплавов силикатов, алюминатов или боратов натрия; калия, кальция и ряда других элементов. Характерной чертой неорганических стекол является способность при нагревании до определенной температуры размягчаться, не плавясь. При определенных температурных условиях стекло может кристаллизоваться.

Производство стекла складывается из следующих процессов: подготовка сырьевых компонентов, получение шихты, варка стекломассы, ее охлаждение, формование изделий и их отжиг и в случае необходимости — обработка (термическая, химическая, механическая).

Кристаллическое стекло получают по сходной технологии, но отжиг изделий заменен управляемой кристаллизацией.

Компоненты, входящие в состав стекла, определяют его физико-механические свойства. В очень общем виде можно отметить,

что глинозем (окись алюминия) повышает химическую и термическую стойкость стекла, устойчивость против кристаллизации, механическую прочность. Поташ (углекислый калий) придает стеклу чистоту, блеск, прозрачность и применяется для производства лучших сортов стекла. Введение окислов кальция, магния, цинка и свинца повышает механическую прочность и химическую устойчивость стекла, увеличивает показатель светопроломления и улучшает внешний вид изделий.

Стекланный бой, добавляемый в шихту, облегчает и ускоряет процесс варки.

Чтобы исключить нежелательный оттенок стекла, стекломассу обесцвечивают. Это делают либо химическим, либо физическим путем, основанным на нейтрализации действия нежелательных красителей за счет окрашивания стекла в дополнительные цвета. Введение в стекломассу красителей позволяет получить широкую гамму цветов, однако наиболее часто применяют селен, дающий розовый оттенок, закись кобальта — голубой, закись никеля, окись марганца и окись неодима, дающие фиолетовые и сиреневые оттенки.

Для варки стекла используют печи непрерывного действия, обычно с ваннами большой емкости (до 1500 т) и периодического действия — горшковые печи, которые позволяют получать за одну варку сравнительно небольшое количество стекломассы (от 0,3 до 1,5 т).

Варка стекла, в зависимости от состава стекломассы, протекает при температуре от 1450 до 1550°С.

Непрерывные процессы производства стекла обычно используются для массовых изделий, таких как листовое стекло.

Формование стекланных изделий идет в сравнительно малом температурном интервале от 550 до 700°С.

Основные технологические процессы формования, применяемые в настоящее время при производстве архитектурно-строительного стекла, сводятся к методам вертикального и горизонтального вытягивания, проката, прессования, а также формования ленты стекла на расплаве металла (флоат-процесс). Наиболее прогрессивным способом производства оконного и витринного стекла является формование на расплаве металла. Экономичность, высокая производительность технологии и высокое качество получаемого стекла приводят к постепенному вытеснению традиционного способа изготовления листового стекла вертикальным вытягиванием.

Производство стекла методом формования листа на расплаве металла впервые осуществлено в конце 50-х годов английской

фирмой «Пилкингтон Бразерс Лимитед». С тех пор оно широко распространилось в другие страны, появились родственные технологии. По некоторым данным, 85% оконного и витринного стекла в США и Великобритании вырабатывается способом флоат-процесса. Около 90% мирового прироста производства полированного стекла основано на новой технологии. Сущность ее заключается в следующем: готовая стекломасса дозируемыми объемами поступает в огнеупорную герметизированную ванну, заполненную расплавом олова. Растекаясь по поверхности расплавленного металла, жидкопластичный слой стекла приобретает в высокой степени полированные плоскопараллельные поверхности. Непрерывно перемещаясь вдоль ванны, слой стекла в зоне выхода из нее охлаждается и затвердевает, сохраняя некоторую способность к пластической деформации, и отделяется от поверхности расплава при температуре около 600°С, после чего направляется в отжиговую печь. Для предохранения олова от окисления в ванну под небольшим избыточным давлением нагнетается азотно-водородная смесь. Другие технологические способы производства стекла, появившиеся в последнее время, используют принцип контакта расплавов стекла и металла: формование ленты протекает на гребне сливного порога или на поверхности расплавленного металла и терморегулирующей газовой подушке.

Формование ленты стекла на поверхности расплава металла хорошо совмещается с электрохимической обработкой поверхности, которая позволяет получить стекла со специальными свойствами.

Способом вытягивания формируют листовое бесцветное, цветное и накладное стекло, а также стекло с металлическими покрытиями. Способом флоат-процесса вырабатывают бесцветное и окрашенное листовое стекло, а также декоративное стекло типа «метелица». Прокат применяют для изготовления стекла с узорчатой поверхностью, армированного и некоторых видов декоративных стекол. Цветные стекла для художественных витражей чаще всего варят в горшковых печах небольшой емкости, так как это дает возможность получать стекла самых различных цветов, гибко управлять процессом окрашивания, добиваться нужных тонов. Для придания фактуры старинного стекла стекломассу затем прокатывают при помощи приспособления с горизонтальными валами.

Методом непрерывного и периодического проката и прессования формируют облицовочные стекла, например марблит и коврово-мозаичную плитку. С помощью ручных или автоматических прессов изготавливают стеклоблоки, толстые стекланные плиты

и призмы. Изделия, в которых используются стекла двух цветов, например накладное листовое стекло, могут быть изготовлены на технологических линиях, работающих в комплексе с печью с двумя бассейнами под одним сводом.

Основные свойства современного стекла

Свойства строительного стекла изменяются в широких пределах. Для правильного выбора того или иного вида стекла необходимо знать его отличительные особенности, сочетание свойств, характерное только для данного вида. Вместе с тем всем строительным стеклам присущ ряд общих свойств, определяемых природой материала, методом изготовления и другими факторами.

Стекло в строительстве используется, как правило, в качестве материала, пропускающего свет. До недавнего времени стекло не имело в этом отношении соперников. Но и сейчас, когда появились светопрозрачные полимерные материалы, стекло продолжает оставаться основным материалом для светопроемов, так как в отличие от полимеров стекло практически не стареет и не горит.

Оптические свойства стекла как строительного материала являются одними из важнейших и связаны с химическим составом, структурой стекла и характером его поверхностей, а также свойствами дополнительных пленочных покрытий. При этом наиболее важными являются показатели преломления, пропускания, отражения и поглощения лучей оптического диапазона, а также цветность.

Световой поток, падающий на стекло, трансформируется в зависимости от его оптических свойств. Так как скорость распространения света неодинакова в средах с различной плотностью, луч света, проходящий через воздух и стекло, отклоняется от первоначального направления на угол, зависящий от показателя преломления стекла. В свою очередь, показатель преломления является постоянной величиной для двух сред и не зависит от угла падения луча, но находится в прямой зависимости от химического состава стекла и может изменяться от 1,46 до 2,0. Для обычных строительных стекол он равен 1,51.

Отражающая способность стекла количественно оценивается коэффициентом отражения ρ , равным отношению величин светового потока, отраженного стеклом F_{ρ} и падающего на него F_i :

$$\rho = \frac{F_{\rho}}{F_i}.$$

Коэффициент отражения стекла зависит от угла падения светового потока. При увеличении угла падения возрастает коэффициент отражения, отчего уменьшается интенсивность света, прошедшего через стекло, т. е. снижается его светопропускание.

Поглощение светового потока стеклом количественно оценивается коэффициентом поглощения α , равным отношению величины светового потока, поглощенного стеклом F_{α} , и потока падающего на него F_i :

$$\alpha = \frac{F_{\alpha}}{F_i}.$$

Поглощение света стеклом в значительной степени зависит от его химического состава и толщины листа. Некоторые виды специальных строительных стекол, например солнцезащитные, поглощают до 40% падающего светового потока. Поглощение света цветными художественными и декоративными стеклами может быть еще выше.

Важнейшим свойством стекла является его способность пропускать световые лучи. Эта способность характеризуется коэффициентом светопропускания τ , равным отношению величины светового потока, проходящего через стекло F_{τ} , к падающему на него F_i :

$$\tau = \frac{F_{\tau}}{F_i}.$$

Коэффициент светопропускания находится в прямой зависимости от отражающей способности поверхности стекла и от его поглощающей способности, поэтому даже теоретически идеальное, совершенно не поглощающее стекло не может пропускать света более 92%, так как обе его поверхности отразят минимум 8% световых лучей.

Зависимость светопропускания остекления от количества листов бесцветного строительного стекла приведена в табл. 1.

Для специальных строительных стекол эта зависимость может меняться в значительной степени. Так коэффициент отражения мо-

Таблица 1. Зависимость светопропускания от количества листов стекла в остеклении

Показатель	Количество листов				
	1	2	3	4	5
Светопропускание	0,92	0,84	0,77	0,72	0,66
Отражение	0,08	0,15	0,21	0,25	0,30

жет быть снижен или увеличен путем нанесения на поверхность стекла пленок различных веществ. Кроме того, многие специальные стекла обладают значительным светопоглощением.

При заполнении оконных проемов специальными строительными стеклами с солнцезащитными свойствами возникает необходимость в оценке спектральных характеристик светового потока, прошедшего через остекление. С их помощью осуществляется выбор необходимого вида стекла, а также появляется возможность предопределить теплотехнические и светотехнические свойства светопрозрачных ограждений и их влияние на условия зрительной работы при изменении цветности естественного освещения.

Цветовой тон стекол λ и насыщенность P можно установить аналитическим методом в соответствии со стандартной колориметрической системой МКО.

Для оценки влияния цветного остекления на условия зрительной работы необходимо определить содержание видимой части спектра в лучистой энергии, прошедшей через стекло. При этом целесообразно использовать визуальный коэффициент светопропускания τ_v , который является отношением прошедшего через стекло светового потока к потоку, упавшему на стекло, во всем диапазоне видимого участка спектра (λ_1 — λ_2) с учетом относительной чувствительности глаза

$$\tau_v = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e_{\lambda} \tau_{\lambda} v_{\lambda} d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e_{\lambda} v_{\lambda} d\lambda},$$

где e_{λ} — спектральное распределение энергии в пределах энергетически значимого солнечного спектра (λ_0 — λ_3); τ_{λ} — коэффициент спектрального пропускания.

Однако любые стекла кроме видимых лучей пропускают определенную часть невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей солнечного спектра. Эту способность стекла можно выразить при помощи интегрального коэффициента энергопропускания T , который является отношением лучистой энергии, прошедшей через стекло, к энергии, упавшей на него:

$$T = \frac{\int_{\lambda_0}^{\lambda_3} e_{\lambda} \tau_{\lambda} d\lambda}{\int_{\lambda_0}^{\lambda_3} e_{\lambda} d\lambda}.$$

Зная визуальный коэффициент светопропускания и интегральный коэффициент энергопропускания, мы можем получить коэффициент видности K'_0 , особенно важный для нас, так как он показывает содержание видимого света в лучистой энергии, прошедшей через стекло

$$K'_0 = \frac{\tau_v}{T} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e_{\lambda} v_{\lambda} \tau_{\lambda} d\lambda}{\int_{\lambda_0}^{\lambda_3} e_{\lambda} \tau_{\lambda} d\lambda}.$$

Если принять за эталон обычное оконное стекло, у которого $T^0=0,85$, $\tau_v^0=0,91$ и $K'_0=1,07$, можно определить коэффициент относительной видности K_v , являющийся отношением

$$K_v = \frac{\tau_v}{T} : \frac{\tau_v^0}{T^0} = \frac{\tau_v}{T \cdot 1,07}$$

и показывающий, как изменяется соотношение между пропущенным светом и всем лучистым потоком при замене оконного стекла специальным стеклом.

Таким образом, оценка свойств окрашенных строительных стекол с помощью коэффициента видности K_v и цветовых характеристик цветности λ , насыщенности P позволяет выбрать стекла, обеспечивающие не только хорошую защиту от солнечной радиации, но и наилучшие условия зрительной работы в помещении. Предпочтение следует отдавать стеклам с коэффициентом видности, равным 1,5—2, и цветностью, близкой к средневолновому участку — 555 Нм видимого диапазона солнечного спектра.

Удельная масса, а следовательно, и масса всей конструкции является одной из важнейших характеристик строительных элементов. Это в равной степени относится и к светопрозрачным ограждениям из стекла. Обычные стекла, независимо от способа их изготовления, имеют объемную массу порядка 2500 кг/м³. При введении же окислов, не входящих в состав обычных стекол, объемная масса может изменяться в значительных пределах.

Прочностные показатели стекла часто предопределяют вид строительных конструкций, их размеры и массу. Стекло, как многие строительные материалы, имеет некоторые нежелательные для строительных конструкций свойства. К ним относятся хрупкость, сравнительно малая прочность на растяжение и изгиб, зависимость прочности от состояния поверхности, остаточные напряжения в изделиях, сложность механической обработки готовых изделий. Однако все эти так называемые недостатки могут быть в

большей или меньшей степени устранены или компенсированы различными конструктивными приемами или приданием стеклу новых специальных свойств в процессе его изготовления. Механические свойства стекла в большой степени зависят от характера напряженного состояния конструктивного элемента. Прочность стекла неодинакова при различных видах нагрузки: на изгиб и растяжение она в 7—10 раз меньше, чем на сжатие. Прочность стекла зависит от химического состава материала, температуры, размеров изделия, скорости нагружения и характера нагрузки, степени отжига, наличия и характера дефектов и др.

Для стекла характерным является то обстоятельство, что теоретически рассчитанная прочность в значительной степени отличается от действительной, так, например, теоретическая прочность на растяжение, равная приблизительно $12\,000 \text{ Мн/м}^2$, у реального материала составляет всего $30\text{—}60 \text{ Мн/м}^2$. Это объясняется наличием в стекле различных дефектов, влияющих на его прочность. Поверхность стекла ослабляется микротрещинами, образующимися в процессе охлаждения изделия, при его обработке и эксплуатации, а неоднородность состава соседних участков способствует возникновению в стекле внутренних напряжений. Влияние окружающей среды на прочность стекла зависит от состава атмосферы, влажности воздуха, наличия воды на стеклянной поверхности. Так, присутствие воды на поверхности стекла снижает его прочность на 20—25%. Это объясняется тем, что, проникая в глубину трещин, вода гидролизует стекло, образуящиеся при этом вещества, в свою очередь, оказывают расклинивающее действие. Кроме того, процесс гидролиза нарушает молекулярные связи на острие трещины, способствуя ее прорастанию.

Для повышения механических свойств стекла применяют различные способы: закалку, травление с последующим покрытием пленками, электрохимическую обработку поверхности, микрокристаллизацию. Сопротивление изгибу увеличивается: при закалке — в 4—5 раз, травлении с покрытием пленкой — в 5—10 раз, при микрокристаллизации — в 10—15 раз.

Сопротивление стекла удару характеризуется двумя показателями: ударной вязкостью a_n и показателем хрупкости G_z . Для большинства строительных стекол, не прошедших специальной обработки, $a_n = 1295 \text{ Дж/м}^2$, $G_z = 12\,800 \text{ Дж/м}^3$. Ударная вязкость закаленных стекол в 5—6 раз выше, чем у отоженных, у стекол, упрочненных травлением плавиковой кислотой, — в 3—4 раза больше, чем у необработанных. Изменение химического состава стекол изменяет ударную вязкость. Введение окиси магния, кремнезема, железа увеличивает сопротивление удару на

5—20%, борного ангидрида — на 50%, снижение сопротивления удару наблюдается при введении в состав стекла окиси бария.

Во многих случаях определяющим требованием к остеклению является требование безопасности при его разрушении. Это достигается его армированием или триплексированием. При разрушении осколки остаются на арматуре или прозрачной пленке.

На прочность листов стекла оказывают влияние его размеры, форма, соотношение сторон листа, характер закрепления стекла в конструкции. Прямоугольные листы стекла имеют большую прочность, чем квадратные той же площади. Так, прямоугольный лист с соотношением 4:1 и 6:1 прочнее квадратного той же площади соответственно в 2 и 3 раза. Опираемое стекло в конструкции по контуру повышает его прочность по сравнению с прочностью листа, закрепленного с двух противоположных сторон (табл. 2).

Таблица 2. Зависимость прочности листового стекла от характера закрепления его в конструкции

Вид стекла	Прочность в Н/м^2 листа, закрепленного	
	с двух противоположных сторон	по контуру
Тянущее	$6,18 \times 10^{-5}$	$12,75 \times 10^{-5}$
Полированное	$4,90 \times 10^{-5}$	$5,25 \times 10^{-5}$
Армированное	$3,67 \times 10^{-5}$	$4,26 \times 10^{-5}$
Узорчатое	$3,67 \times 10^{-5}$	$5,52 \times 10^{-5}$
Прокатное	$3,29 \times 10^{-5}$	$4,01 \times 10^{-5}$

Таблица 3. Термические свойства некоторых стекол

Вид стекла	Коэффициент линейного расширения, $^{\circ}\text{C}^{-1}$	Удельная теплоемкость, $\text{Дж/(кг} \cdot ^{\circ}\text{C)}$	Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт/(м} \cdot ^{\circ}\text{C)}$
Строительное:			
вертикального вытягивания	$8,9 \times 10^{-6}$	850	0,88
прокатное	$8,8 \times 10^{-6}$	840	0,92
Боросиликатное	$9,0 \times 10^{-6}$	840	0,88
Малощелочное	$5,0 \times 10^{-6}$	840	0,88
Свинцовое	$8,0 \times 10^{-6}$	393	0,71

Термические свойства стекла (табл. 3) во многом определяют эксплуатационные и конструктивные качества его как строительного материала. Коэффициент линейного расширения среди термических свойств стекла занимает особое место, так как является основным фактором при выборе материалов, способов соединения, деформационных зазоров конструкций и т. п. Значение коэффициента линейного расширения до температуры размягчения практически постоянно. Коэффициент линейного расширения стекла зависит от его химического состава и может колебаться в значительных пределах.

Художественные достоинства стекла использовались столетиями в изобразительном искусстве. Считают даже, что «применение стекла в области изобразительного искусства было его основным назначением на всем многовековом протяжении существования стеклоделия на земле» [20]. Красота стекла, его благородный блеск, глубокий цвет, сложная игра света в глубине массивных стеклянных блоков и сколов не оставляют равнодушным ни художника, ни архитектора. Номенклатура художественного стекла весьма разнообразна: мозаика, витраж, стеклянная скульптура, декоративная облицовка и др. Однако говоря об эстетических свойствах стекла, следует иметь в виду не только декоративное, но и все виды строительного стекла, их роль в архитектуре зданий.

Стекло сочетается со многими строительными материалами. Его гладкие поверхности хорошо выглядят рядом с кирпичной кладкой, мрамором, алюминием, анодированным металлом и т. д. Пожалуй, трудно найти материал, с которым стекло не сочеталось бы по фактуре. Кроме того, архитектор имеет возможность выбрать стекло с той или иной фактурой, получаемой в процессе изготовления. Стекло часто применяется для придания облику здания легкости, воздушности, прозрачности, элегантности. Оно играет важную роль в архитектуре уникальных объектов.

Эстетические свойства строительного стекла и изделий из него оцениваются по следующим показателям: цветовой оттенок стекломассы, цветовой тон и насыщенность, фактура поверхности, форма и качество изготовления изделий. Цветовой оттенок характеризует неокрашенное стекло, а цветовой тон, его чистота и насыщенность — окрашенное стекло. Фактура поверхности стекла определяется такими свойствами, как степень ровности, наличие рельефного узора и его четкость, матовость или гляцевитость.

Все эти показатели не в равной степени определяют декоративные свойства стеклянных изделий. В настоящее время делаются более или менее удачные попытки определить количественно показатели эстетических свойств стекла и стеклянных изделий.

Стандартизация и контроль качества

Комплексные мероприятия по управлению качеством промышленной продукции, проводимые в нашей стране, охватывают весь процесс создания и производства изделий от проектирования до потребления. Государственными общесоюзными стандартами (ГОСТами) и техническими условиями (ТУ) регламентируется выпуск всех видов строительного и архитектурного стекла. Достаточно сказать, что по состоянию на 1979 г. у нас действовало 16 государственных стандартов на различные виды листового строительного стекла, пустотелые стеклянные блоки, профильное стекло, коврово-мозаичные плитки и т. д. Более 20 видов продукции выпускается по техническим условиям, причем в настоящее время на многие изделия разработаны или разрабатываются ГОСТы.

Обычно ГОСТы и ТУ на строительные материалы разрабатываются большой группой исполнителей, включающей производителей, научных работников различных профилей, потребителей продукции и представителей министерств и Госстроя СССР. Такой представительный коллектив в состоянии охватить практически весь комплекс требований и методов испытаний и предусмотреть их в нормативном документе, регламентирующем выпуск той или другой продукции. Большое внимание в ГОСТах и ТУ уделяется размерам изделий. Это обусловлено тем, что в строительстве принята единая модульная система и унификация размеров строительных конструкций.

В зависимости от вида стеклянного изделия, от способов его применения в строительстве нормативный документ регламентирует вполне определенные показатели и свойства продукции.

Так, требования к листовому оконному и витринному стеклу в основном ограничиваются геометрическими размерами, цветностью, светопропусканием и показателями качества внешнего вида, к стеклам с селективными оптическими свойствами (солнцезащитным, цветным, с модифицированной поверхностью) предъявляются требования оценки цветности, насыщенности, спектральных характеристик пропускания в оптической области солнечного спектра, а к стеклам радиозащитным (теплоизоляционным) и токопроводящим предъявляются, кроме того, требования электрического сопротивления покрытия и степени черноты.

Высококачественное армированное стекло может быть получено лишь в том случае, если в ГОСТе обусловлены требования к армирующей сетке, имеющей антикоррозионное покрытие.

Качество листов и плит из шлакоситаллов в значительной степени определяется требованиями к механическим показателям,

введенным в ГОСТ. Так, ударная вязкость шлакоситалла не должна быть меньше $2,5 \cdot 10^3$ Дж/м², предел прочности на изгиб — менее $640 \cdot 10^5$ Па, а потеря в массе при истирании должна быть не более 0,06 г/см².

К таким стеклянным строительным изделиям, как пустотелые стеклянные блоки, профильное стекло и стеклопакеты предъявляются требования герметичности внутренней полости, прочности на сжатие, изгиб, сопротивление ударному воздействию, величине остаточных напряжений в стекле. ГОСТами регламентируются светотехнические свойства стеклоблоков и профильного стекла в зависимости от качества стекломассы, геометрических размеров и конструкции изделий. Перечисленные требования находятся в прямой зависимости от работы этих стеклянных изделий в светопрозрачных ограждениях. От соблюдения этих требований заводами-изготовителями зависят эксплуатационные и эстетические свойства ограждений.

Соблюдение технических требований ГОСТов и ТУ и контроль качества строительных стеклянных изделий немислимы без стандартных методов испытания. Однако не все нормативные документы отвечают современным достижениям науки и техники, так же как и не все стандарты на строительное и архитектурное стекло отвечают современным и вполне закономерным требованиям архитекторов и строителей.

Об этом справедливо было отмечено в книге Д. П. Айрапетова, открывающей серию «Материал в архитектуре»: «Считается, что архитектурно-строительные требования к строительным материалам и изделиям определены в нормативных документах на их производство (ГОСТах, ОСТах, ТУ и т. п.), в которых есть обязательный раздел «Технические требования», регламентирующие основные физико-механические и другие показатели качества промышленной продукции. Однако эти показатели отнюдь не отражают требований потребителей продукции, а лишь регламентируют достигнутый (пусть максимально высокий на лучших, передовых предприятиях отрасли) уровень качества» [2].

Такова картина в области производства и потребления строительного стекла. В данном случае положение усугубляется еще и тем, что для многих новых видов стекла, обладающих специфическими свойствами, до сих пор не разработаны нормируемые показатели. Так, например, не существует ГОСТа на методы определения и контроля оптических свойств строительных стекол со специальными свойствами. В то же время оптические характеристики стекла входят во многие теплотехнические светотехнические расчеты при проектировании зданий, поэтому точность оценки этих

показателей и их соответствие техническим условиям во многом определяют параметры внутренней среды помещений, что, в свою очередь, влияет на объемно-планировочные решения и оформление фасадов зданий. Однако отсутствие единых нормируемых показателей оптических свойств и методов их определения приводит к такой ситуации, когда важные эксплуатационно-технические свойства стекла остаются без внимания и контроля со стороны изготовителей, а стекло, поступающее на строительные объекты, имеет оптические характеристики, колеблющиеся в самых широких пределах. В этом случае расчеты теплотехнического и светотехнического режимов здания не смогут определить действительного состояния внутренней среды. Например, важнейшим показателем теплозащитного стекла является степень черноты поверхности стекла со стороны окисно-металлической пленки, однако эта характеристика пока не определяется в процессе производства.

Создание ГОСТов на стекло и стеклянные изделия, нормируемые показатели которых полностью соответствовали бы требованиям потребителей, является важной задачей. Работы в этом направлении ведутся уже давно. Достаточно сказать, что на пустотелые стеклоблоки начиная с 1955 г. было разработано пять ГОСТов, отвечающих уровню производства и требованиям потребителей, а в настоящее время разрабатывается новый ГОСТ, соответствующий общим требованиям нормативов, действующих в странах СЭВ.

Проводятся исследования по повышению технического уровня производства и качества продукции путем стандартизации, аттестации и эталонирования. Так, например, в 1971 г. завод «Автостекло» выпускал только один вид продукции с государственным Знаком качества, а в 1979 г. он выпускает 11 видов такой продукции и в том числе листы и плиты из шлакоситалла, полированные стеклянные полотна для дверей, узорчатое стекло. По первой категории качества аттестован 31 вид продукции, в том числе оконное, армированное и витринное полированное стекло, стемалит, стеклопакеты и др.

Вместе с тем следует иметь в виду, что выявление и предъявление промышленности архитектурно-строительных требований, учитывающих нужды не только текущего дня, но и перспективного строительства, — работа, в которой архитекторы должны принять самое активное участие.

2

Современное стекло в арсенале архитектора



■ Специфика архитектурной деятельности состоит в том, что она не имеет экспериментальной фазы, а проекты и идеи осуществляются непосредственно в натуре. Ошибки в этом случае чрезвычайно дороги. Поэтому особенно ценны для архитектора знания, полученные в процессе экспериментальных исследований строительных материалов и конструкций, рекомендации тех, кто специально изучает поведение материалов и конструкций в различных условиях.

С тех пор как площади остекления одних зданий начали соперничать по величине с площадью стен, а стены других выполнялись сплошь из стекла, требования к свойствам стекла расширились и изменились. Действительно, большая часть функций, которые выполняет современное остекление, — формирование микроклимата и гигиенической обстановки помещений — раньше приходилась на долю каменных стен. Значение вопросов, связанных с созданием

микроклимата помещений, в книге Г. А. Градова «Город и быт» определяется следующим образом: «Микроклимат в общественных и жилых зданиях является решающим показателем комфортности и одним из важнейших факторов увеличения продолжительности жизни человека» [11].

Нет сомнений, что вопросам создания комфортности внутренней среды помещений будет уделяться все больше внимания, а ее характеристики будут приближаться к оптимальным. Важнейшими задачами при этом являются исключение температурных колебаний на внутренней поверхности остекления и низких температур в зимнее время (исключение отрицательной радиации в сторону остекления), улучшение светового режима помещений, повышение звукоизоляционных качеств остекления, уменьшение теплопотерь через остекление.

Вполне закономерно, что наряду с внедрением инженерных способов регулирования микроклимата помещений будут широко применяться стекла со специальными свойствами, ассортимент которых растет, а их удельный вес в общем объеме выпускаемого стекла будет постоянно увеличиваться.

Каждый вид стекла обладает присущим ему комплексом свойств и имеет свои области применения. Знание свойств различных видов стекла должно явиться ключом к пониманию его «работы» в остеклении. Это составляет одно из основных условий при выборе типа стекла для остекления конкретного здания. Другим условием является правильно сформулированные требования к конструкциям и материалам остекления.

Наиболее важные функции, которые выполняет остекление, — обеспечение проникания света, сокращение теплопотерь помещений в холодный период года, изоляция помещений от теплопоступлений извне в летний период при интенсивной инсоляции, защита помещений от проникания шума, пыли, воздуха. При проектировании остекления требуется комплексное решение всех этих вопросов.

Здесь необходимо остановиться на некоторых положениях, которые имеют самое непосредственное отношение к выбору конструкции остекления и вида стекла, используемого в нем.

Следует отметить, что предъявляемые к остеклению как элементу зданий архитектурно-строительные требования можно отнести к традиционно сложившимся и во многом устаревшим. Этот вывод можно сделать, анализируя состояние конструкций, применяемых в проектировании и строительстве. Структура и облик современных зданий (прямоугольные объемы, освещение, в основном, через вертикальные проемы, редкое использование верхнего

освещения и т. д.) сложилось на рубеже XIX и XX вв. В настоящее время энергетические проблемы изменили взгляд на конструкцию здания и уровень его энергетических расходов. Стремление сократить расходы топлива на содержание зданий, которые по разным данным в странах с умеренным климатом составляют от 30 до 50% в общем балансе энергозатрат, вызвало во всем мире интенсивные исследовательские работы. В результате появились здания нового типа, где стремление уменьшить энергетические расходы на содержание получило более явное выражение.

Изменение коснулось не только отдельных конструкций и применяемых материалов, но и всей формы здания в целом, его планировки, систем отопления, вентиляции, решения вопросов освещения. Это послужило причиной возникновения и развития новых нетрадиционных видов остекления.

Обзор построек, осуществленных в последнее время, показал, что большое внимание уделяется форме здания: для сооружений выбираются более экономичные формы, с точки зрения расхода энергии, такие, как усеченная пирамида, куб и др. Мелкие сооружения блокируются в единые компактные объемы: стены, повернутые к господствующим ветрам, не имеют световых проемов; освещение помещений решается новыми средствами. Проводятся исследования по определению принципиальной возможности освещения многоэтажных общественных зданий только с помощью световых крытых дворов [48]. Среди разрабатываемых и предлагаемых в различных странах типов общественных зданий находят место здания со световым двором, световыми колодцами, фонарями верхнего света, ориентированными в сторону, обратную господствующим ветрам. Многие здания, освещаемые через стеклянные крыши и фонари верхнего света, в целях сокращения потерь тепла через светопроемы в ночное время оборудуются горизонтальными жалюзи, специальными поворотными панелями с отражающими покрытиями или теплоотражающими изоляционными шторами.

Функции остекления в новом энергоэкономичном виде зданий значительно расширились. В некоторых последних проектах общественных зданий остекление и затеняющие светопроемы козырьки устроены таким образом, что в летнее время, когда наблюдается высокое стояние солнца, прямая солнечная радиация не попадает на остекление. В зимний период, когда солнце стоит низко, солнечный свет через наружный ряд стекла падает на массивную железобетонную панель с темной поверхностью, располагаемой в нижней части внутреннего ряда остекления, и нагревает ее. Это тепло используется для дополнительного обогрева помещений. Мы столь подробно остановились на этом примере, чтобы обратить

внимание на одну из новых функций остекления — утилизацию солнечной радиации. Утилизированное тепло, собираемое с помощью так называемых кондиционирующих окон, может составлять 25—30% полного расхода энергии для отопления. Во многих странах проводятся работы по созданию и совершенствованию такого вида остекления.

Однако простое увеличение числа рядов стекла в остеклении — наиболее частый и эффективный прием для улучшения теплозащиты оконных проемов. Наиболее современным вариантом конструкции при многорядном остеклении являются многокамерные стеклопакеты. Сопротивление теплопередаче двухкамерного стеклопакета составляет 0,49, трехкамерного — 0,57 м²·К/Вт.

Применение теплозащитных стекол в теплоизоляционном остеклении является весьма эффективным методом снижения теплопотерь через светопроемы, а также повышает температуру внутренней поверхности остекления в зимний период, что является весьма существенным для гигиенической обстановки.

В связи с этим нельзя не упомянуть электрообогреваемое остекление, которое является незаменимым в помещениях, где недопустимы низкие температуры на внутренней поверхности остекления.

Защита современных зданий от перегрева при интенсивной солнечной радиации в летний период является проблемой, которой занимаются исследователи, проектировщики, строители и эксплуатационники на протяжении уже 30 лет. Этому посвящены многочисленные исследования. В мировой практике используются десятки разновидностей солнцезащитных стекол, однако в нашей работе основное место мы отводим стеклам отечественного производства.

Классификация и ассортимент архитектурно-строительного стекла

Строительное стекло и стеклянные изделия широкой номенклатуры применяются в ограждающих конструкциях, отделке и декорировании зданий.

Как известно, архитектор предпочитает классификацию строительных материалов, в основу которой была бы положена область их применения. Однако даже в рамках одного материала это сделать весьма затруднительно, тем более сложно предусмотреть все возможности использования каждого вида стекла и обеспечить по-настоящему творческий подход к ним. Поэтому приводимая классификация (табл. 4) построена по «видовому» признаку, т. е. в основу ее положено традиционное деление стекла на виды. Но-

Таблица 4. Классификация архитектурно-строительного стекла

Стекла и изделия из них	Ассортимент	Области применения
Листовое строительное и декоративное	Оконное и витринное неполированное	Остекление окон, дверей, витрин, фонарей верхнего света
	Витринное полированное	Остекление витрин, окон, дверей, изготовление зеркал, мебели
	Узорчатое цветное и бесцветное, «мороз» и «метелица»	Остекление световых проемов в стенах и покрытиях, устройство внутренних перегородок, полупрозрачных экранов и светопрозрачных ограждений
Листовое со специальными свойствами	Армированное цветное и бесцветное	Остекление проемов стен и фонарей верхнего света, устройство внутренних перегородок и ограждений балконов
	Пропускающее ультрафиолетовые лучи (увиолевое)	Остекление оконных проемов школ, детских и лечебных учреждений, спортивных и оздоровительных зданий
	Поглощающее ультрафиолетовые лучи	Остекление книгохранилищ, архивов, музеев, выставочных залов, библиотек и т. п.
	С полупрозрачными зеркальными покрытиями	Остекление, исключаящее односторонний просмотр помещений, остекление внутренних перегородок
	Теплопоглощающее	Остекление проемов зданий, требующих солнцезащиты
	Теплоотражающее	Снижение теплопотерь через остекление в зимнее время
	Теплозащитное	Остекление помещений, не допускающих запотевания или образования конденсата на поверхности стекла, устройство электрообогреваемого остекления зданий в северных районах страны и зданий с повышенными гигиеническими требованиями
	Токопроводящее	Остекление помещений, не допускающих запотевания или образования конденсата на поверхности стекла, устройство электрообогреваемого остекления зданий в северных районах страны и зданий с повышенными гигиеническими требованиями
	Упрочненное закачиванием или электрохимической обработкой	Остекление учебно-воспитательных, спортивных, зрелищных, торговых зданий, устройство внутренних перегородок, стеклянные навесные ограждения различных зданий

Стекла и изделия из них	Ассортимент	Области применения
Цветное художественное стекло	Витражное, окрашенное в массу или накладное, окрашенное электрохимическим способом. Цветное стекло «мороз», «метелица»	Изготовление художественных витражей, полупрозрачных экранов, декорирование стен, потолков, перегородок. Декоративное остекление проемов, перегородок, экранов, изготовление художественных витражей
	Стекланная мозаика, смальты	Наружная и внутренняя отделка зданий, изготовление художественных панно и картин
Облицовочное стекло	Марблит	Облицовка фасадов и поверхностей интерьеров
	Прессованные облицовочные плитки, окрашенные в массу	То же
	Эмалированное стекло (стемалит)	Облицовка фасадов, внутренняя облицовка некоторых видов помещений
	Коврово-мозаичные плитки	Наружная и внутренняя облицовка
	Триплекс цветной	Наружная и внутренняя облицовка зданий
Строительные изделия из стекла	Стеклопакет	Внутренняя облицовка стен
	Шлакосталловые листы и плиты	Наружная и внутренняя облицовка стен, устройство полов
	Стекланные пустотелые блоки	Заполнение светопроемов в стенах, перегородках, покрытиях. Крупноразмерные стекложелезобетонные панели для стен и покрытий
	Призмы, линзы, плитки	Стекложелезобетонные панели стен, покрытий и перекрытий
	Профильное стекло цветное и бесцветное, армированное и неармированное: коробчатого, швеллерного и ребристого сечения	Устройство стен неотапливаемых зданий, заполнение оконных проемов, устройство внутренних перегородок, фонарей верхнего света, козырьков навесов, ограждений балконов, лоджий и т. п.
	Стеклопакеты: из обычного стекла и стекол со специальными свойствами	Заполнение светопроемов стен и покрытий
	Стекланные закаленные дверные полотна	Оборудование входов и интерьеров общественных зданий

вые виды стекол и изделий из них пока отнесены к группе стекол со специальными свойствами. Впоследствии эта группа, вероятно, будет дифференцирована на подгруппы с однотипными свойствами. Например, со специальными оптическими свойствами, специальными прочностными свойствами и т. д. В данную классификацию не включены пеностекло, пеношлакосталл и стекловолокно, так как применение этих материалов составляет обширную область, в малой степени связанную с архитектурой.

Широкий ассортимент архитектурно-строительного стекла в значительной степени предопределяется успехами стекольной промышленности. Совершенствование методов стекловарения, формования стекломассы и обработки метода позволяет создавать новые виды стекла и стеклянных изделий и улучшать качество уже выпускаемых, а это, в свою очередь, способствует постоянному увеличению объемов применения стекла и расширению области использования его в архитектуре и строительстве.

Листовое стекло в светопрозрачных ограждениях зданий

Обычное листовое строительное стекло — наиболее широко используемый вид стекла для заполнения светопроемов, изготовления стеклопакетов и создания различных светопрозрачных ограждений. Нет необходимости специально останавливаться на описании его внешнего вида, так как это стекло повсеместно можно видеть и в жилых, и в общественных, и в промышленных зданиях. Оно отличается высоким коэффициентом светопропускания и весьма широким диапазоном значений линейных размеров и толщины листов (табл. 5).

Оконное стекло применяется для заполнения светопроемов в сочетании с оконными переплетами самых разнообразных конструкций. Большие объемы применения и значительное влияние окон на внутренний режим помещений обусловили постоянное совершенствование конструкций ограждений. На смену традиционным деревянным переплетам приходят деревополимерные, деревоалюминиевые, алюминиевые, стальные, сталеполлимерные и пластмассовые оконные переплеты. Совершенные системы уплотнения пристворков, навески и запоров оконных створок в значительной степени повышают эксплуатационные качества конструкций остекления.

Крупноразмерное оконное стекло и стекло витринное используются при устройстве витражей, имеющих большие площади и включающих в свою конструкцию несущие элементы. Самые разнообразные конструктивные решения, использование эффективных

Таблица 5. Ассортимент листового строительного стекла, вырабатываемого отечественной стекольной промышленностью

Стекло	Толщина стекла, мм	Допускаемое отклонение по толщине, мм	Ширина и Длина листов, мм		Допускаемое отклонение по линейным размерам, мм	Светопропускание, %
			минимальная	максимальная		
Оконное	2	0,2	400×500	750×1450	±2 —3	87
	2,5	—	400×500	1000×1600		87
	3	—	400×600	1200×1800		85
	4	0,3	400×600	1500×2500		85
	5	0,4	400×600	1600×2500		84
	6	—	400×600	1600×2500		84
Витринное неполированное	6,5—8	±0,5	2350×1950	3000×4000	±5	84
	6,5—7	от ±0,3 до ±0,5	2350×1950	4450×2950	±5	84
Узорчатое Армированное: бесцветное цветное	3—6,5	—	400×400	1200×1800	±3	40—60
	5,5	±0,7	300×500	1400×1800	±3	60
	6	±1	300×600	800×1500	±3	—

конструкционных материалов в сочетании с архитектурной выразительностью позволяют с успехом применять светопрозрачные витражи в зданиях различного назначения в различных климатических районах. Разновидностью витражей являются стены-экраны, в которых светопрозрачные участки сочетаются с легкими глухими заполнителями из эффективных утеплителей (пенополиуретан, пенополистирол, минеральная и стеклянная вата и др.) с облицовкой из стекла, асбестоцемента, металла или пластмасс.

Трудно себе представить современное торговое здание без больших витрин, в значительной степени определяющих не только архитектурный облик самого здания, но и облик улицы или площади, на которой оно находится. Не останавливаясь здесь на вопросах проектирования витрин, являющихся не только экспозиционной площадкой, но и светопрозрачным ограждением, защищающим торговое помещение от атмосферных воздействий, отметим, что в этих ограждениях широко применяется крупноразмерное витринное стекло в одинарном и двойном остеклении в виде стеклопакетов в сочетании с металлическими и деревянными обрамляющими элементами.

Следует иметь в виду, что вопрос о выборе одинарного, спаренного, двойного или тройного остекления должен решаться в соответствии с климатическими условиями района строительства и

экономическими расчетами, связанными с эксплуатационными затратами и сроком окупаемости здания.

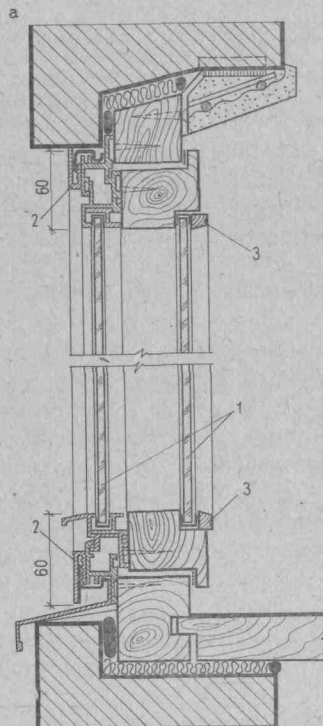
При применении крупноразмерных стекол в наружных ограждениях большое значение имеет их механическая прочность, зависящая от толщины листов, их линейных размеров и способов крепления в конструкциях остекления. Только точный расчет на ветровые нагрузки и установка стекла в эластичных уплотняющих и обрамляющих прокладках могут предотвратить его разрушение в процессе эксплуатации.

Обычное листовое стекло часто применяется и во внутренних перегородках, для устройства систем второго света, зрительной связи отдельных помещений. В этом случае, особенно для изготовления дверных полотен, часто применяется листовое закаленное стекло. Стеклянные двери изготавливаются из закаленного прозрачного или узорчатого стекла толщиной 10—20 мм с установленными на них металлическими деталями крепления. Применение таких дверей в сочетании с остекленными перегородками и тамбурами обеспечивает хорошее освещение вестибюлей, коридоров и других помещений общественных и промышленных зданий. Стеклянные двери ударостойки, безопасны в эксплуатации, гигиеничны и долговечны.

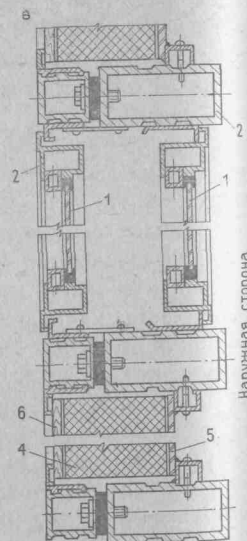
В тех случаях, когда требуется исключить видимость через светопроемы или остекленные перегородки, используют **узорчатое стекло**.

Узорчатое окрашенное и бесцветное стекло имеет на поверхности рельефный узор, нанесенный в процессе выработки вытягиванием или прокатом, и обладает частичным или полным рассеиванием света. Светопропускание бесцветного узорчатого стекла колеблется от 40 до 60%, а светопропускание цветного узорчатого стекла не нормируется. К узорчатому стеклу относятся стекла «мороз» и «метелица». Стекло «мороз» изготавливают из оконного или витринного неполированного стекла путем специальной обработки, в результате которой на поверхности образуется узор, напоминающий заиндевевшее стекло. Выпускают листы толщиной 4 и 5 мм. Максимальный размер 1000×1800 мм.

Декоративное стекло «метелица» изготавливается методом формования ленты на расплаве металла или металлических солей и может быть бесцветным, цветным или иметь окрашенный электрохимическим способом поверхностный слой в результате ионного обмена и диффузии ионов металла в стекло. Одна поверхность стекла термически полированная, другая имеет неповторяющийся узор в виде выступающих над поверхностью листа волнистых участков, характер и регулярность которых могут быть заданы при



6



Современные оконные переплеты

а — деревоалюминиевый; б — общий вид; в — алюминиевый; общий вид (см. с. 41)
1 — стекло; 2 — алюминиевый профиль; 3 — штапик дубовый; 4 — теплоизоляция; 5 — стеколит; 6 — внутренняя облицовка

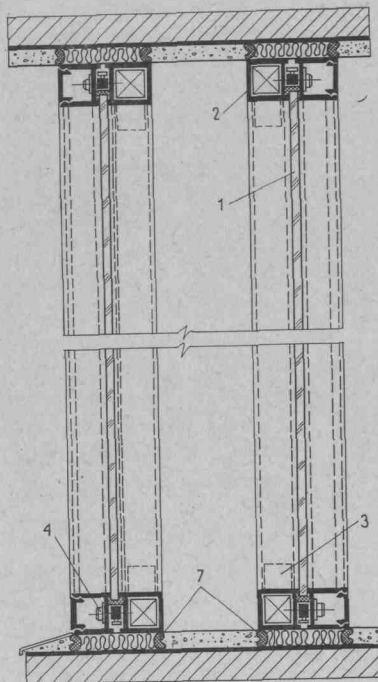
производстве. Узор из линий и волн различной ширины на поверхности стекла может быть окрашен, кроме того, на одну из поверхностей может быть напылен металлический зеркальный слой. Стекла с такими покрытиями могут быть с успехом использованы для декоративной отделки интерьеров. Размеры выпуска-

каемых листов стекла «метелица»: 1900×800 мм и 1500×800 мм при толщине 6,5 мм.

Сочетая в себе свойства светорассеивания и богатые декоративные качества, узорчатое и декоративное стекло позволяет создавать выразительные интерьеры.

В тех случаях, когда особенно важно предотвратить выпадение осколков при разрушении остекления, применяют армированное стекло. В нашей стране выпускается армированное стекло со стальной сеткой из термически обработанной проволоки диаметром 0,45—0,5 мм. Размеры ячейки сетки 12,5×12,5 мм и 25×25 мм. Армированное стекло выпускается как бесцветным, так и цветным. Толщина

бесцветного армированного стекла 5,5 мм, светопропускание не менее 60%. Цветное армированное стекло, окрашенное в массу, выпускается толщиной 6 мм с гладкой и узорчатой поверхностью. Светопропускание цветного армированного стекла не регламентируется. Бесцветное армированное стекло в основном применяется в остеклении проемов верхнего света, цветное — в ограждениях балконов, для устройства внутренних перегородок. При использовании цветного армированного стекла в ограждении балконов жилых зданий оно устанавливается в виде экранов, обрамленных металлической рамой, или сплошной ленты. Некоторые зарубежные фирмы выпускают бесцветное и цветное полированное и узорчатое стекло с глубоким рельефом, армированное стальными струнами или сеткой. В последнее время в нашей стране ведутся работы в области армированных стекол с керамическими покрытиями и покрытиями из окисно-металлических пленок, а также глушенных армированных стекол, основной областью применения

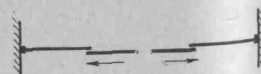
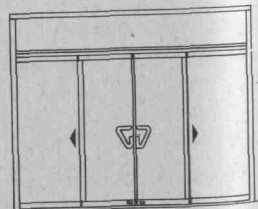
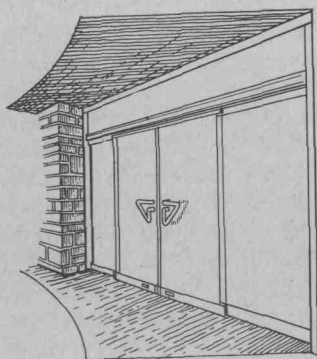


Остекление витрины с алюминиевым переплетом. Вертикальный разрез; общий вид (см. с. 43)

1 — стекло; 2 — алюминиевый профиль; 3 — выдвижной вкладыш; 4 — стяжной винт



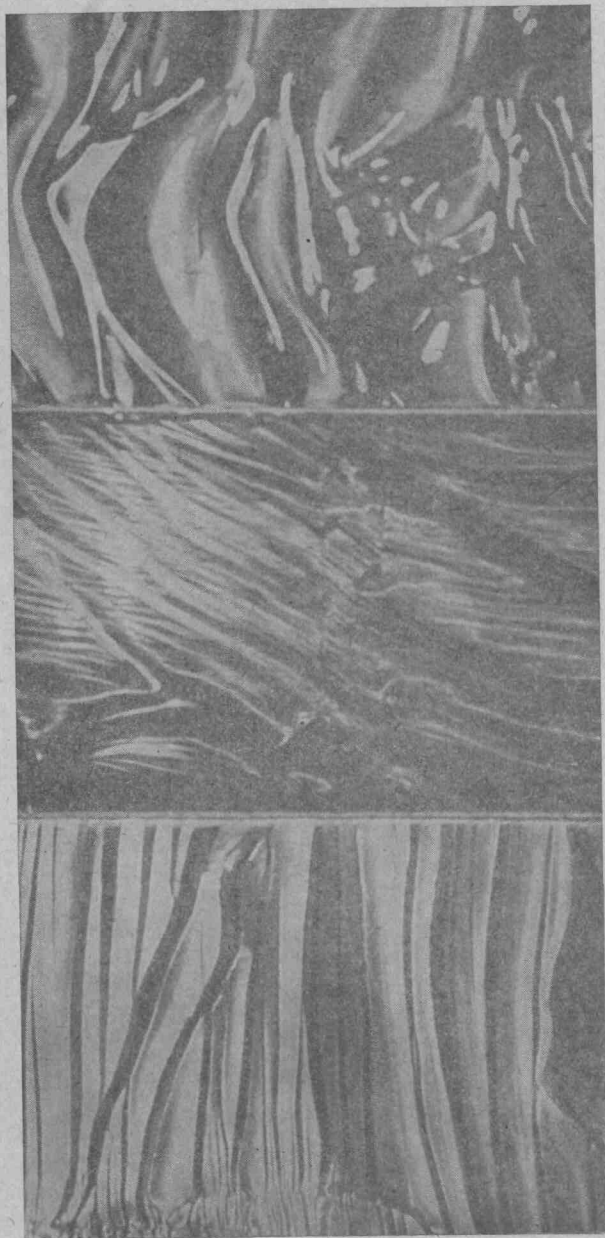
Двери стеклянные раздвижные



которых будет ограждение балконов и лоджий жилых зданий. Долговечный и красивый материал ограждений позволит сохранить высокие архитектурно-художественные качества зданий в процессе эксплуатации.

К разновидностям листового стекла относятся **строительные стекла со специальными свойствами**. Такие стекла позволяют ультрафиолетовой радиации проникнуть в помещение; снизить перегрев помещений лучистым теплом; устранить дискомфортные явления, возникающие в непосредственной близости от остекления в холодное время года, и снизить теплопотери через светопрозрачные ограждения.

Для получения стекол со специальными свойствами изменяют химический состав стекломассы по всей толще листа или в тонком слое у его поверхности, а также нанесением на поверхность обычного стекла пленок металлов и их окислов. Современная технология позволяет получить широкую гамму листовых строительных



Декоративное
термически
полированное
стекло
«Метелица»

стекло, обладающих самыми различными свойствами.

Стекла, пропускающие ультрафиолетовые лучи (увиолевые). При строительстве больниц, яслей, детских садов, школ и зданий курортно-оздоровительного назначения особое значение приобретает использование природного ультрафиолетового излучения. При этом следует иметь в виду, что в больших городах интенсивность естественной ультрафиолетовой радиации резко снижается в результате сильного загрязнения воздуха пылью, копотью и другими промышленными отходами. Так, в некоторых промышленных районах потери ультрафиолетовой радиации достигают 42%, а в районах жилой застройки — 26% [32].

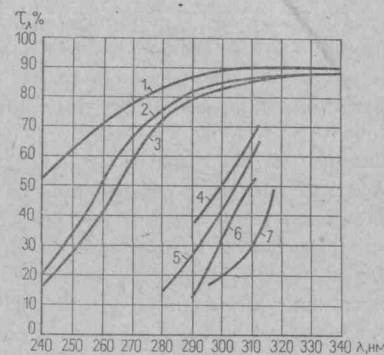
Кроме того, в центральных и северных районах СССР наблюдается значительная неравномерность распределения ультрафиолетовой радиации в течение года. Особенно велика неравномерность на Крайнем Севере, где в течение нескольких месяцев, во время полярной ночи, ультрафиолетовая радиация отсутствует. Ультрафиолетовое голодание может привести к нарушению или ослаблению некоторых функций организма.

Несмотря на то что архитекторы часто применяют в новых зданиях большие площади остекления, оно при заполнении обычным силикатным стеклом является непреодолимой преградой для биологически активной части ультрафиолетового излучения солнца. Устранить этот недостаток может остекление увиолевыми стеклами.

Увиолевое стекло пропускает биологически активные ультрафиолетовые лучи длиной 280—320 Нм. Способность увиолевых стекол пропускать лучи ультрафиолетовой области спектра определяется их химическим составом. По химическому составу они разделяются на силикатные, боросиликатные и фосфатные.

Фосфатные увиолевые стекла по пропусканию ультрафиолетовых лучей имеют преимущества перед силикатными увиолевыми.

При применении увиолевого стекла следует иметь в виду, что его пропускание ультрафиолетовых лучей зависит не только от содержания окислов железа в стекле, но и от толщины листов



Пропускание в ультрафиолетовой области спектра фосфатных [1—3] и силикатных [4—7] увиолевых стекол

стекла. Поэтому для достижения максимального эффекта следует применять увиолевые стекла минимально допустимой толщины.

При проектировании оконных переплетов для такого остекления следует стремиться к тому, чтобы они имели минимальное количество затеняющих элементов, а стекло было бы доступным для тщательной очистки. Затенение и загрязнение остекления уменьшает пропускание ультрафиолетовой радиации, что может в значительной мере снизить эффект от применения увиолевого стекла.

В процессе эксплуатации увиолевых стекол происходит их старение, выражающееся в снижении пропускания ультрафиолетовых лучей при длительном облучении солнцем (соляризация). Степень соляризации зависит от химического состава стекол. Так, малощелочные боросиликатные и фосфатные стекла соляризуются слабо и их пропускание в ультрафиолетовой части спектра падает при этом всего на 5%, у щелочных же стекол с высоким содержанием Na_2O пропускание снижается на 30%. Большинство увиолевых стекол восстанавливает свою способность пропускать ультрафиолетовую радиацию при нагревании в течение определенного времени. Продолжительность нагрева для различных по составу стекол колеблется от 2 до 10 ч при температуре от 300 до 450°С.

Стекла, поглощающие ультрафиолетовые лучи. Стремление защитить от разрушения под воздействием ультрафиолетовых лучей бумагу, ткани, пергамент, краски, чернила, лаки и т. п. материалы часто приводит к необходимости проектировать здания храмов, музеев, библиотек и архивов с минимальными площадями остекления или вообще без светопроемов. В то же время освещение естественным светом является необходимым условием для работы читальных залов библиотек, экспозиционных помещений музеев и картинных галерей. В этих случаях светопроемы должны заполняться стеклами, поглощающими ультрафиолетовое и коротковолновое видимое излучение солнечного спектра при высоком общем пропускании видимого света.

Стекла, поглощающие ультрафиолетовые лучи, могут быть двух типов: окрашенные в массу и с окисно-металлическими пленочными покрытиями.

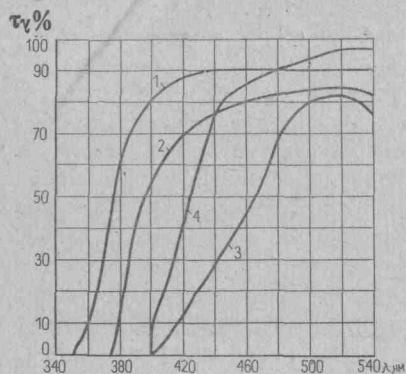
Стекла, окрашенные в массу, в свою очередь можно разделить на три группы, каждая из которых применяется в границах определенных требований к освещению помещений. Первая группа — бесцветные стекла, поглощающие короткие и частично длинные ультрафиолетовые лучи с длиной волны 360—370 нм. Вторая группа — стекла, поглощающие все ультрафиолетовые лучи. Это стекла частично поглощают фиолетовые и синие лучи видимой части спектра, поэтому они имеют слабую желтую окраску. Стекла

третьей группы поглощают ультрафиолетовые, фиолетовые и синие лучи. Они окрашены в желтый цвет и могут применяться в тех случаях, когда допустимо освещение помещений желтым светом.

Свойства стекол, поглощающих ультрафиолетовое излучение, зависят от их химического состава. Бесцветные стекла имеют в своем составе окислы свинца, церия и ванадия. Стекла второй группы содержат сернистый кадмий с небольшой добавкой селена или окислы хрома. В состав стекол третьей группы входят селен, сернистый кадмий, цинковые белила или окислы хрома. Кривые пропускания стекол, поглощающих ультрафиолетовые лучи, характерные для стекол трех указанных групп, приведены на с. 48. Стекла первой группы целесообразно применять для остекления светопроемов помещений с постоянным или длительным пребыванием людей: библиотечных залов, картинных галерей музеев и т. п. Стекла второй и третьей групп следует использовать преимущественно для остекления в таких помещениях, где необходимо полностью исключить влияние ультрафиолетового излучения: в книгохранилищах, архивах, запасниках музеев и т. п.

Стекла с окисно-металлическими покрытиями, обладающие способностью поглощать ультрафиолетовые лучи, в зависимости от химического состава имеют различную окраску.

К цветным пленкам, эффективно поглощающим ультрафиолетовое излучение, относятся пленки окислов железа, кобальта, хрома, меди. Пленки окиси хрома задерживают всю коротковолновую область ультрафиолетового участка спектра с длиной волн менее 300 нм, пропуская незначительную часть длинных волн (10—25% в зависимости от плотности слоя). Интенсивными поглотителями ультрафиолетового излучения являются пленки окиси железа и окиси железа с добавкой олова, последние полностью задерживают всю коротковолновую часть спектра вплоть до волн длиной 500 нм при общем пропускании в видимой области спектра 30—50%. Пленки окиси меди также являются весьма плотными фильтрами и поглощают полностью всю коротковолновую часть спектра с длиной волны менее 450 нм. Пленки окиси кобальта равномерно ослабляют радиацию по всему коротковолновому спектру, прозрачность их несколько повышается в сторону более длинных волн, общее пропускание лучистой энергии зависит от толщины пленки и колеблется от 10 до 30%. Причем при увеличении толщины пленки характер пропускания сохраняется, а оптическая плотность фильтра возрастает. По всем основным показателям стекла, поглощающие ультрафиолетовые лучи, должны соответствовать ГОСТу на обычное оконное стекло. Кроме того, указанное стекло может выпускаться узорчатым и армированным.



Спектральное пропускание стекол, поглощающих ультрафиолетовые лучи

1 и 2 — стекла первой группы, содержащие CeO_2 и V_2O_5 ; 3 — стекло второй группы с Cr_2O_3 ; 4 — стекло третьей группы с CdS и Se

щими покрытиями получают нанесением пленки окиси титана, цветные — нанесением пленки окиси железа, кобальта, меди. Кроме того, полупрозрачные бесцветные зеркала можно получить алюминированием или серебрением стекла. Такие покрытия не обладают большой прочностью, но эти стекла могут быть использованы для изготовления стеклопакетов. Пленки, располагаемые на поверхности стекла со стороны воздушной полости стеклопакета, надежно защищены от механических воздействий, воздействий влаги, агрессивных сред и др. Толщина наносимых пленок составляет обычно 0,1—0,6 мкм. Стекла с бесцветными высокоотражающими пленками получают путем нанесения на стекло окиси титана. Они мало загрязняются, легко поддаются очистке благодаря гидрофобным свойствам покрытия, кроме того, его высокая твердость, химическая устойчивость и незначительная пористость служат защитой для стекла от разрушения при действии агрессивных сред и атмосферных факторов.

Стекла с покрытиями из окиси железа отличаются высоким показателем отражения (около 40%) в видимой и близкой к инфракрасной областях спектра. Они имеют окраску от золотисто-желтой до красно-оранжевой. Пленки окислов железа получают из растворов солей железа. Свойства пленок определяются химической природой исходных материалов, растворителей и концентрацией растворов. Пленки, получаемые из слабоконцентрирован-

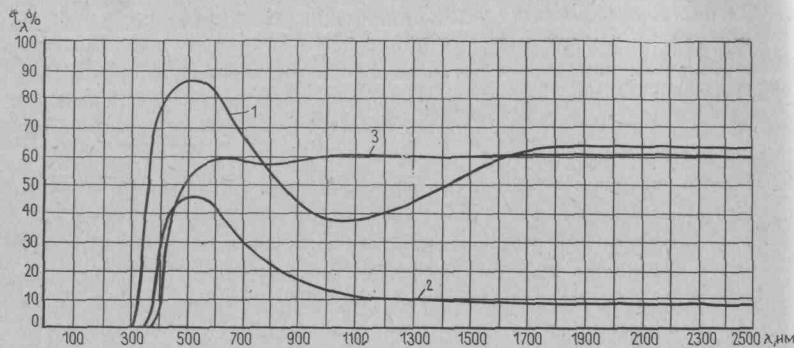
ных растворов, имеют золотисто-желтый цвет. Оптические свойства их характеризуются высоким пропусканием по всему солнечному спектру, незначительным поглощением и отражением энергии. При применении более концентрированных растворов увеличивается толщина пленки и пропорционально снижается пропускание. Так, стекла оранжевого цвета имеют низкое пропускание в области ультрафиолетовых лучей, пропускание в видимой области спектра колеблется в пределах 40—70%, а в инфракрасной — 45—55%. Красно-оранжевые стекла получают, нанося на поверхность стекла пленки из концентрированных растворов. Эти стекла непрозрачны для ультрафиолетовой радиации и имеют пропускание в видимой части солнечного спектра в пределах 40—60%, в инфракрасной — 50—70%. Окраска стекла с пленками из окиси кобальта изменяется от оливкового до черного. Их отражающая способность в видимой части спектра достигает 37%. Стекла с пленками из окиси меди имеют буро-коричневую окраску и коэффициент отражения видимых лучей около 33%. Прочность и химическая стойкость пленок из окислов железа, кобальта и меди вполне удовлетворительные.

Стекла с бесцветными полупрозрачными покрытиями из окиси титана хорошо отражают не только видимую, но и инфракрасную часть солнечного спектра, а это значит, что они обладают солнцезащитными свойствами и могут быть использованы с этой целью в наружном остеклении.

Стекла с полупрозрачными зеркальными покрытиями могут использоваться во внутренних перегородках, а в тех случаях, когда нежелателен просмотр помещений со стороны улицы, их применяют в наружном остеклении или в стеклянных стенах-экранах. Полупрозрачные зеркала могут использоваться также в качестве декоративного облицовочного материала.

Стекла для солнцезащитного остекления. Применение в современных зданиях относительно больших площадей остекления может вызвать, при неблагоприятной организации светопроемов, значительный перегрев помещений. Для устранения этого отрицательного явления применяется солнцезащитное остекление, в котором используются теплопоглощающие, теплоотражающие и нейтрально-окрашенные стекла. Как видно из самих названий этих стекол, одни из них поглощают, а другие отражают значительную часть инфракрасных солнечных лучей. Нейтральные же стекла имеют пониженное пропускание по всему оптическому диапазону солнечного спектра.

Графики пропускания солнечной радиации различными солнцезащитными стеклами представлены на с. 50).



Спектральное пропускание солнечной радиации через различные виды стекол
1 — теплопоглощающее; 2 — теплоотражающее; 3 — нейтральное

Выбор вида стекла для солнцезащитного остекления является чрезвычайно важным моментом в проектировании здания и должен осуществляться с учетом всех определяющих факторов: назначения здания, географической широты местности, климата, ориентации светопроемов по румбам горизонта и конструктивного решения остекления, реальных свойств поставляемых заводом стекол и др.

При выборе вида стекла для солнцезащитного остекления следует учитывать границы допустимого снижения светопропускания в зависимости от климатического района строительства.

IB, IIA, IG (севернее 60° с.ш.)	60%
IA, IB, IIB, IIB (севернее 60° с.ш.)	50%
IG (южнее 60° с.ш.)	45%
IIIA, IIIB, IIIB, IVA, IVB, IVB	40%

Солнцезащитные стекла, у которых отношение $\frac{\tau_v}{T} > 1$, снижают теплопоступление за счет низкого пропускания в инфракрасной области спектра, тогда как у стекол с отношением $\frac{\tau_v}{T} < 1$ это достигается в основном за счет снижения пропускания в видимой части спектра, поэтому рационально применять солнцезащитные стекла первого типа как обладающие большим теплозащитным эффектом. Здесь τ_v — пропускание в видимой части, T — интегральное пропускание в оптическом диапазоне солнечного спектра.

В южных районах страны, где принято одинарное остекление зданий, для солнцезащиты необходимо применять теплоотражающие стекла, которые характеризуются отношением $S = \frac{A}{R} \leq 1$.

Здесь A и R — соответственно интегральные коэффициенты поглощения и отражения солнечной радиации. Одинарное остекление нельзя выполнять из теплопоглощающего стекла.

Теплопоглощающие стекла с отношением $S \geq 1$ рационально применять в I—II климатических районах, при этом они устанавливаются только в наружном ряду остекления. Для защиты помещений от слепящего действия низкостоящего солнца и сглаживания ярких контрастов целесообразно применять теплопоглощающее стекло в светопроемах зданий, располагаемых на высоких широтах. С этой же целью теплопоглощающее стекло применяют в остеклении, ориентированном на восток, запад и юг.

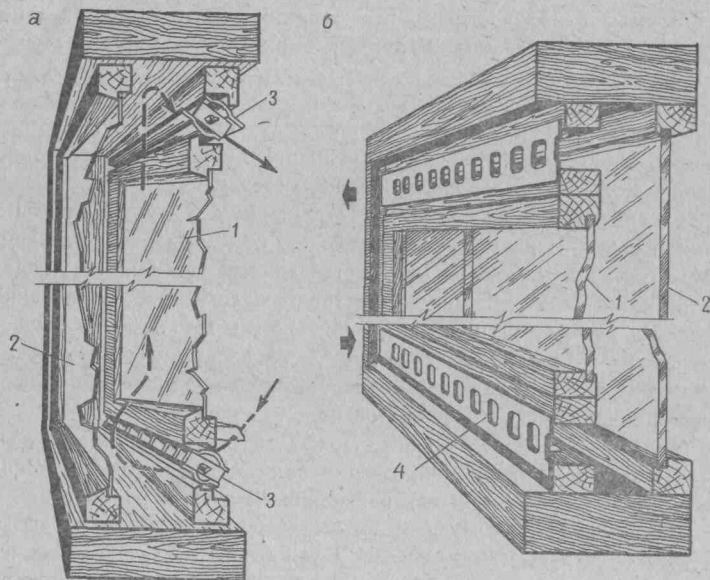
Теплопоглощающее стекло может применяться и в южных районах страны, однако конструкция солнцезащитного остекления здесь должна быть такой же, как и для остальных районов.

Применение теплоотражающих стекол, как правило, не вызывает конструктивных изменений в остеклении. Проектирование же солнцезащитного остекления из теплопоглощающего и нейтрального стекла требует выполнения ряда правил и условий, связанных с особенностями применения. Теплопоглощающее стекло следует всегда устанавливать в наружном ряду двойного остекления. Это вызвано тем, что во время инсоляции теплопоглощающее стекло сильно нагревается. Его температура может превышать температуру наружного воздуха на 20—40° С в зависимости от интенсивности окраски, состава стекол и интенсивности солнечной радиации, наличия ветра. Для интенсивного теплосъема со стекол устраивают вентилируемое межстекольное пространство. Количество воздуха, поступающего в межстекольное пространство, регулируется с помощью шиберов, дроссельных заслонок или фрамуг.

Избежать устройства вентиляции межстекольного пространства можно путем применения во внутреннем слое солнцезащитного остекления теплозащитного стекла, хорошо отражающего тепловой поток от нагретого теплопоглощающего стекла. Такое остекление является универсальным, так как в зимнее время снижает теплопотери из помещения.

В солнцезащитном остеклении другой конструкции теплопоглощающее стекло используется для устройства сплошных или решетчатых экранов, располагаемых на отnose от светового проема.

При проектировании переплетов остекления с теплопоглощающими стеклами учитывают то обстоятельство, что термические де-



Конструктивная схема солнцезащитного остекления с теплопоглощающим стеклом и вентиляцией межстеклового пространства с помощью дресселя (а) и шибера (б)
1 — теплопоглощающее стекло; 2 — обычное стекло; 3 — дрессель; 4 — шибер

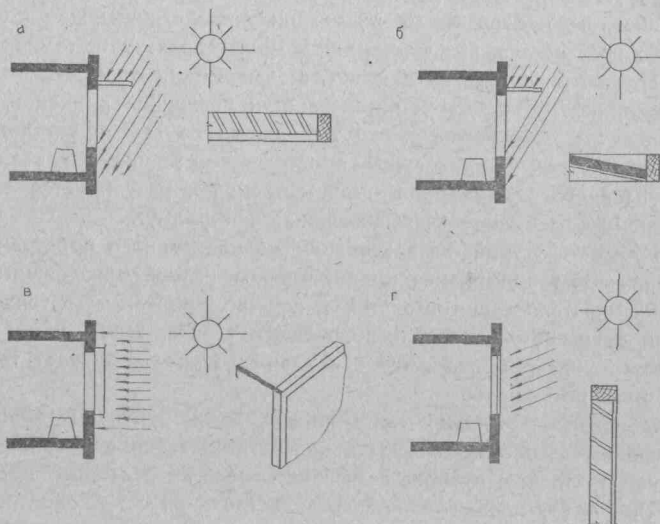


Схема устройств из солнцезащитных стекол
а, б — козырьки (решетчатые и сплошные) в, г — экраны (сплошные на отnose и решетчатые)

формации таких стекол отличаются от деформации обычных стекол. Это объясняется высокой температурой их нагревания при инсоляции и несколько иным коэффициентом линейного расширения. Неравномерность в нагревании теплопоглощающего стекла приводит к большим дополнительным напряжениям и разрушению стекла, поэтому необходимо при проектировании элементов остекления принимать меры, исключающие возникновение нежелательных напряжений.

Свойствами теплопоглощения обладают стекла двух видов: окрашенные в массу и с пленочными покрытиями. Основная группа стекол — стекла, окрашенные в массу. Выпускаются десятки видов окрашенных в массу теплопоглощающих стекол. Техническая литература и рекламные проспекты пестрят примерами применения этого стекла в самых различных сооружениях — от телевизионных башен и многоэтажных административных зданий до небольших объектов.

Теплопоглощающие стекла, окрашенные в массу, выпускаемые отечественной промышленностью, как правило, имеют низкое пропускание в инфракрасной и высокое пропускание в видимой части солнечного спектра. Их изготовление основано на введении в состав стекломассы окислов железа, цинка, меди и других металлов. В результате получаются цветные стекла, имеющие серо-голубую или зеленовато-голубую окраску различной интенсивности. В последнее время ведется работы по налаживанию выпуска практически бесцветных теплопоглощающих фосфатных стекол. Такие стекла особенно нужны для зданий, где недопустимо изменение цветового состава естественного освещения. Обладая высоким светопропусканием, что имеет большое значение для многих районов в зимнее время, в летний период они являются прекрасным барьером на пути тепловых солнечных лучей.

Другая группа теплопоглощающих стекол, не столь обширная, как первая, — это стекла, которые стали теплопоглощающими после нанесения на их поверхность пленочных окисно-металлических покрытий. Так, например, отечественная промышленность выпускает стекла с окисно-оловянно-сурьмяным покрытием, имеющим синеватый цвет и получаемым путем обработки разогретой поверхности стекла пульверизацией растворами солей металлов. Этот способ не требует сложного оборудования. Нанесение пленки на разогретую поверхность стекла может быть совмещено с закалкой, формованием, отжигом, моллированием или термической полировкой. Поверхность стекла, разогретая до $500-800^{\circ}\text{C}$, обрабатывается через распылители пленкообразующим раствором в мелкодисперсном состоянии. Синтез окисных пленок основан на

реакциях обменного разложения между солью металлов и водяным паром, образующимся на поверхности стекла при соприкосновении ее с мельчайшими капельками распыляемого раствора. Получающиеся в результате реакции твердые окислы металлов адсорбируются поверхностью стекла, частично взаимодействуют с ней и распределяются на ней в виде тонкой прозрачной пленки.

Другим способом нанесения теплопоглощающих пленок является электрохимическая обработка стекла расплавами металлов или расплавами солей металлов, в результате чего происходит внедрение металлических ионов в стекло на небольшую глубину (1—2 мк) с одновременным изменением свойств его поверхности. Такая обработка может осуществляться в процессе формования стекла флоат-способом. Взаимодействие с металлическими расплавами регулируется электрическим полем. Роль одного из электродов выполняет расплав металла или его солей, по которому движется лента стекла, другим полюсом служит контактный или бесконтактный электрод. Сплав чаще всего состоит из свинца и меди, взятых в определенном соотношении, реже применяют расплавы солей металла. Сущность процесса электрохимической обработки состоит в анодном растворении элементов сплава в стекле. Наша промышленность выпускает термически полированные стекла серого, бронзо-серого и бронзового цветов, обладающие высокими декоративными качествами и нейтральным спектральным пропусканием.

Эффективность работы теплопоглощающего стекла в солнцезащитном остеклении зависит в основном от характера его пропускания в диапазоне солнечного спектра от 380 до 2500 нм, оцениваемого спектральными коэффициентами пропускания τ . Лучшие виды теплопоглощающих стекол обладают ярко выраженным избирательным пропусканием: они хорошо пропускают видимые лучи и слабо — инфракрасную часть спектра.

При выборе теплопоглощающих стекол следует оценивать их интегральный коэффициент энергопропускания T , визуальный коэффициент светопропускания τ_v и коэффициент видности K_v .

Предпочтение следует отдавать стеклам с коэффициентом видности 1,3—2,0, которые обладают селективным пропусканием. Применение таких стекол позволяет при значительном снижении лучистых теплопоступлений обеспечить относительно высокую освещенность и оптимальную цветность светового потока, проникающего через солнцезащитное остекление.

Нейтральные окрашенные стекла с коэффициентом видности меньше 1 целесообразно использовать только в качестве деко-

ративных или для снижения поступления лучистой энергии при соответствующих светотехнических обоснованиях.

Стекла, имеющие высокое отражение в инфракрасной области солнечного спектра, являются оптимальными для устройства солнцезащиты зданий. Они отражают до 30% падающей солнечной энергии, однако их светопропускание в 2—4 раза меньше, чем у теплопоглощающих стекол. Поэтому они могут применяться в зданиях, большие площади светопроемов которых позволяют получить необходимые уровни освещенности помещений при столь небольшом пропускании остекления.

Теплоотражающие стекла получают нанесением на поверхность стекла металлических покрытий, покрытий окислов или других соединений металлов. Отражающие слои наносят путем испарения в вакууме, катодного распыления, химического осаждения из растворов, электрохимической обработкой во время флоат-процесса, термического разложения солей. Методами катодного распыления и испарения в вакууме наносят слои из золота, серебра, алюминия, никеля, хрома, меди и некоторых других металлов и их соединений. Наилучшими теплоотражающими свойствами обладают покрытия из золота. Стекла с золотым покрытием толщиной 0,1—0,2 мкм, как правило, применяются в стеклопакетах. Однако золотые покрытия дороги, поэтому разработаны покрытия стекол из более доступных металлов и их окислов. Например, в нашей стране налаживается выпуск теплоотражающего стекла с окислотитановым покрытием, получаемого методом термического разложения солей на горячей поверхности стекла.

В Советском Союзе и ряде других стран выпускаются отражающие пленки, которые могут приклеиваться к стеклам после окончания работ по остеклению. Трехслойные пленки, состоящие из прозрачных полимерных слоев толщиной 20—40 мкм и заключенного между ними полупрозрачного слоя алюминия, пропускают в помещение от 17 до 37% и отражают от 38 до 60% тепловой радиации солнца.

Серое всех оттенков, голубоватое, зеленоватое, бронзовое и золотистое солнцезащитное стекло хорошо сочетается с материалами, используемыми для отделки фасадов. Это обогащает палитру архитектора, предоставляет ему широкие возможности для создания выразительного и современного облика здания.

Теплозащитное стекло для теплоизоляционного остекления. При использовании в современных зданиях относительно больших площадей остекления в зимнее время в зоне, расположенной вблизи светопроемов, могут возникнуть дискомфортные явления, связанные с отрицательной радиацией от холодных поверхностей

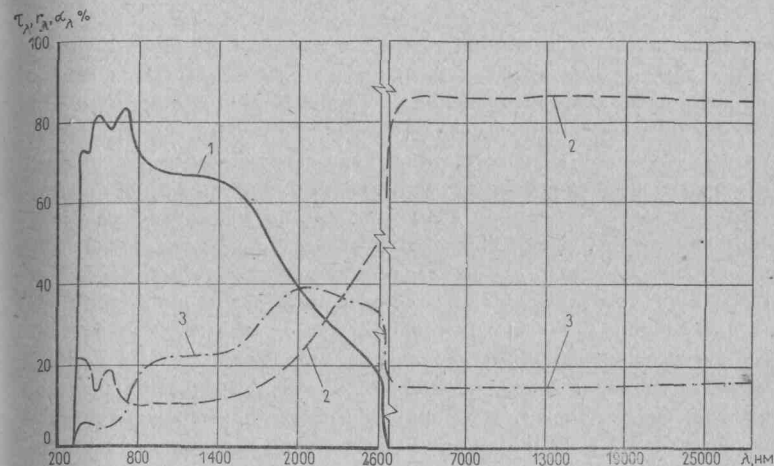
остекления и усилением нисходящих конвективных потоков холодного воздуха. Оба эти явления часто служат причиной простудных заболеваний, особенно у детей в детских садах и школах и у людей, рабочие места которых находятся в непосредственной близости от светопроемов, в дискомфортной зоне.

Низкая температура внутренней поверхности остекления часто является причиной возникновения конденсата и наледей на стекле в холодные периоды года, а это нежелательно не только по санитарно-гигиеническим условиям, но и с точки зрения светового комфорта в помещении. И, наконец, низкое сопротивление теплопередаче у обычных конструкций остекления приводит к значительным теплотерям, поэтому некоторые специалисты по отоплению и вентиляции ставят вопрос о необходимости уменьшить площади светопроемов в современных зданиях. Однако сомнительно, что архитекторы пойдут на это в ущерб световому комфорту во-первых, потому, что гигиенические нормы не позволяют уменьшить светопроемы у целого ряда общественных зданий (к ним в первую очередь относятся учебно-воспитательные здания), во-вторых, имеются реальные пути, позволяющие в значительной степени повысить теплоизоляционные свойства конструкций остекления.

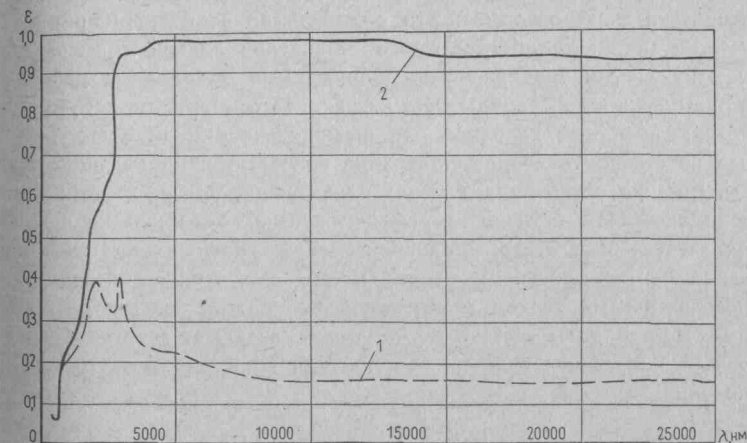
Среди методов улучшения теплозащиты светопрозрачных конструкций в мировой строительной практике, помимо совершенствования конструкции переплетов, используют увеличение числа слоев стекла в остеклении, устройство кондиционированных окон, применение стекол с селективными оптическими свойствами, которые в значительной степени отражают энергию длинноволнового инфракрасного диапазона (2500—25000 нм). Такими свойствами обладают некоторые полупрозрачные металлические и окиснометаллические покрытия. Например, золотое покрытие толщиной 0,1—0,2 мкм на одном из листов стеклопакета позволяет повысить его сопротивление теплопередаче на 35—40%. Для строительства наибольший интерес представляют менее дорогие и дефицитные стекла, например стекла с покрытием из окиси олова.

Стекла с покрытием состава $\text{SnO}_2(\text{N}, \text{F})$ при высоком коэффициенте светопропускания (77—79%) весьма хорошо отражают длинноволновую часть инфракрасной радиации (в диапазоне длин волн 2500—25000 нм), излучаемой отопительными приборами и предметами, находящимися в помещении. Соответственно такое стекло обладает очень низкой степенью черноты поверхности ($\varepsilon \leq 0,25$) по сравнению с обычным стеклом в диапазоне температур от 0 до 100°С, т. е. в условиях теплообмена при комнатных температурах.

Такое теплозащитное стекло устанавливается во внутреннем ряду остекления и обращено покрытием в межстекольное прост-



Спектральные характеристики теплозащитных стекол с пленкой $\text{SnO}_2(\text{N}, \text{F})$
1 — пропускание; 2 — отражение; 3 — поглощение



Характеристики степени черноты ε и теплозащитного [1] и обычного стекла [2]

ранство; наружным стеклом может быть обычное или солнцезащитное. При применении теплозащитного стекла сопротивление теплопередаче конструкции остекления возрастает приблизительно на 40%. Температура внутренней поверхности остекления с тепло-

защитным стеклом в зимний период в среднем на 5—6°С выше, чем у обычного остекления. Благодаря этому уменьшается интенсивность «холодного» излучения поверхностей светопроемов в сторону помещения и повышается тепловой комфорт зон, располагаемых у окон. Кроме того, исключается возможность появления конденсата на поверхности остекления. Такое стекло в первую очередь следует применять в зданиях, где по гигиеническим условиям недопустим тепловой дискомфорт — в больницах, детских поликлиниках, школах, детских садах-яслях, плавательных бассейнах и др., а также в зданиях, где недопустимо образование конденсата на поверхности остекления, — операционные, плавательные бассейны, диспетчерские пункты аэропортов, морских и речных портов, железнодорожных линий, помещения музеев, выставочных залов, архивов, библиотек и т. д. О преимуществах применения теплозащитного стекла в солнцезащитном остеклении в сочетании с теплопоглощающим наружным стеклом мы упоминали в подразделе «Стекла для солнцезащитного остекления». Однако этим не исчерпываются положительные качества описываемого стекла. Его пленочное окиснометаллическое покрытие является электропроводящим, что позволяет осуществлять поверхностный обогрев стекла, используя электроэнергию. Это его свойство особенно ценно для устройства электрообогреваемого остекления зданий с высокими гигиеническими требованиями, сооружаемых в холодных районах страны, в первую очередь в тех из них, где температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки ниже —35°С. В этом случае на стекло со стороны покрытия наносят токопроводящие шины. Питание осуществляют через понижающие трансформаторы от городской сети. Обычно температуру стекла поддерживают в пределах 10—20°С. Этого, с одной стороны, вполне достаточно по санитарно-гигиеническим требованиям, с другой — обеспечивает незначительный расход электроэнергии. Автоматическая система, имеющая в своем составе термодатчики, включает электрообогрев только в периоды сильных холодов или во время резкого похолодания.

Цветное художественное и облицовочное стекло в оформлении фасадов и интерьеров

Цветное листовое стекло обычно применяется в архитектурной и декоративной отделке общественных зданий. Оно используется для изготовления художественных витражей, для остекления перегородок, для декорирования мебели и т. п.

Цветное листовое стекло производят, как правило, способом вытягивания или проката на высокопроизводительных линиях, работающих в комплексе с печами непрерывного действия. Однако для художественных витражей требуются небольшие партии цветного стекла весьма широкой цветовой гаммы, при этом должны быть точно выдержаны цветовые оттенки. В этих случаях цветное стекло варится в горшковых печах периодического действия, после чего изделия формуют ручным прокатом или отливкой.

По способу производства и внешнему виду цветное строительное стекло разделяется на:

- тянутое, окрашенное в массу;
- прокатное, окрашенное в массу, гладкое и узорчатое;
- тянутое накладное (двухслойное) с тонким прозрачным или глушеным цветным слоем;
- полученное путем нанесения на плоское бесцветное стекло цветных окисных пленок;
- окрашенное электрохимическим способом.

Для окрашивания стекла могут применяться окислы металлов: марганца, хрома, железа, кобальта, никеля, меди, церия, титана, ванадия; сернистые соединения железа, кадмия, свинца, меди, а также элементарные сера и селен. Причем ассортимент стекол с точки зрения окраски может быть очень велик, достигая нескольких тысяч тонов и оттенков. Вводя в шихту 2—3 красителя в различных соотношениях, можно получить десятки оттенков стекол. Например, голубой цвет той или иной интенсивности можно получить, вводя в шихту различное количество окиси меди. Добавляя к расплаву окись хрома в разных количествах, получим серию сине-зеленых и зеленых тонов.

Составы цветных накладных стекол определяются самой структурой такого двухслойного стекла. Основной бесцветный слой (подложка) обычно соответствует по составу оконному стеклу, формируемому вертикальным вытягиванием.

Накладной цветной слой, который может быть оптически прозрачным или глушеным, по своему химическому составу в принципе не отличается от цветных стекол, окрашенных в массу. Вместе с тем при изготовлении накладных стекол следует иметь в виду, что коэффициент линейного расширения цветного слоя должен быть близок к коэффициенту линейного расширения бесцветного основного слоя стекла. В том случае, если коэффициент линейного расширения цветного стекла выше, чем у бесцветной подложки, в тонком цветном слое может появиться сеть трещин.

Толщина цветного накладного слоя зависит от цвета стекла. Так, при окрашивании стекла окисью кобальта, дающей очень ин-

тенсивную окраску, толщина накладного цветного слоя может не превышать 0,1—0,2 мм. Наоборот, красные накладные стекла с цветным слоем из селенового рубина должны иметь толщину цветного слоя около 1 мм, так как в тонком слое нельзя получить красный цвет.

В зависимости от интенсивности окраски цветных стекол и от их толщины изменяется их коэффициент светопропускания. Причем у цветных строительных стекол он может колебаться в очень широких пределах. В табл. 6 приведены предельные значения коэффициентов пропускания видимого света цветными стеклами.

Таблица 6. Коэффициенты светопропускания цветных стекол

Цвет стекла	Светопропускание, %	
	минимальное	максимальное
Розовое	75	85
Фиолетовое	10	70
Желтое	20	60
Канареечное	40	70
Оранжевое	25	40
Красное (селеновый рубин)	8	25
Темно-красное (медный рубин)	2	5
Синее	2	70
Голубое	20	50
Зеленое	15	60

Таким образом, все цветные стекла являются светофильтрами и имеют специфическое спектральное пропускание. Однако, принимая во внимание, что такие стекла, как правило, не используются для светопроемов в помещениях, имеющих нормальные уровни и условия зрительной работы, мы можем пренебречь их светотехническими характеристиками и учитывать только декоративные свойства.

Особый интерес в этом отношении представляет цветное накладное стекло. Это стекло может быть использовано для изготовления художественных панно, витражей и орнаментного стекла путем удаления части цветного слоя по заданному рисунку. Удаляя при помощи пескоструйного аппарата, абразивных инструментов или травления цветной слой на всю толщину или частично, можно добиться большой художественной выразительности.

Хорошими декоративными свойствами обладают термически полированные стекла, окрашенные электрохимическим способом. Этот весьма перспективный способ позволяет получить стекла, окрашенные в довольно широкую гамму цветов благодаря использованию различных металлических расплавов и расплавов солей.

Медно-свинцовые расплавы дают серые, бронзово-серые и бронзовые цвета. Стекла красного цвета получают при использовании медно-висмутного сплава, содержащего до 90% меди, или оловомедного, содержащего меди до 20%, желтый цвет — применением сплава висмута с серебром, взятого в количестве до 80%, голубой — на основе сплава висмута с кобальтом. Известны многочисленные рецепты солевых окрашивающих составов, содержащих хлориды, бромиды, нитраты, сульфаты и сульфиды серебра, меди, марганца, железа, кобальта и никеля. Хлориды серебра придают желтую окраску стеклу, хлориды хрома — синюю, хлориды празеодима — серую, а хлориды неодима — пурпурную. Цвет стекла зависит не только от химической природы расплавов, но и от интенсивности обработки стекла и других факторов. Стекло, обработанное электрохимическим способом, имеет на одной из сторон поверхностный слой, окрашенный на глубину 1—2 мкм за счет металлических коллоидных частиц. Слой этот устойчив к истиранию и нагреванию. По своим декоративным возможностям такой вид стекла может быть приравнен к цветному накладному стеклу и может применяться в витражах, а также в декоративном остеклении фасадов и интерьеров. Кроме того, определенные виды такого стекла можно использовать в солнцезащитном остеклении, для чего важно знать их спектральное пропускание в оптическом диапазоне солнечного спектра, определяющее их защитные свойства.

С давних времен **смальта** является основным материалом, используемым для изготовления мозаичных панно. Огромное разнообразие расцветок, достигающее 25 000 тонов, позволяет создавать высокохудожественные произведения, отличающиеся долговечностью и устойчивостью к атмосферным воздействиям. Поэтому мозаичные декоративные элементы могут широко применяться для отделки наружных ограждений, а не только интерьеров.

Смальта — это небольших размеров (от 1 до 2 см²) цветное стекло, применяемое для мозаичных работ. Обычно используют смальты из глушеного стекла, а также золотые и серебряные смальты. Глушеные смальты изготавливают двух видов: одни из них имеют характерную шероховатую поверхность, получаемую при спекании стеклянного порошка или путем кристаллизации после формования плиток, другие, отлитые из стекломассы, имеют гладкую поверхность. Золотая и серебряная смальты состоят из двух спрессованных в горячем состоянии слоев стекла, между которыми проложена золотая или серебряная фольга. Верхний слой (кантарель) изготавливается как из бесцветного, так и из цветного стекла толщиной не более 1 мм, нижний слой обычно имеет от 3 до 10 мм.

Стекло является прекрасным облицовочным материалом, устойчивым к атмосферным воздействиям и к агрессивным средам. В этих условиях его окраска, отличающаяся исключительным разнообразием, и его гладкая и блестящая поверхность не теряют своего внешнего вида в течение продолжительного времени. Из стекла могут изготавливаться и мелкие облицовочные плитки, и крупно-размерные панели, достигающие нескольких квадратных метров, что позволяет вести отделочные работы индустриальными методами. К этой группе в основном относятся различные виды мрамблита, листы и плиты из шлакоситаллов, эмалированные плиты и листы — стемалит и коврово-мозаичные плитки.

Мрамблит — утолщенное плоское глушеное цветное стекло, имеющее полированную, шлифованную или кованую лицевую и рифленую тыльную поверхность и выпускаемое в виде облицовочных плиток размерами 50×100 , 100×150 , 150×150 , 200×200 , 200×300 мм или облицовочных панелей размером до 1000×3000 мм при толщине 6—7 мм. Кроме того, из мрамблита изготавливают профилированные элементы, плитусы и другие строительные детали. Некоторые зарубежные фирмы вырабатывают мрамблит размером 2500×4000 мм при толщине 5—11 мм.

По своим механическим свойствам мрамблит близок к обычному строительному стеклу. Прочность на изгиб составляет $0,37—0,52 \text{ Н/м}^2$, а на сжатие — $6,9 \text{ Н/м}^2$.

Мрамблит выпускается самых разнообразных цветов (молочно-белый, черный, красный, желтый, кремовый, салатный, синий, голубой, фиолетовый, серый, коричневый, мраморовидный и др.). При изготовлении мрамблита применяются окрашивающие химические соединения, обычно используемые при производстве цветных стекол, окрашенных в массу, а глушение стекломассы при варке производится кремнефтористым натрием и криолитом, а также методом ливкации без введения в шихту токсичных соединений. Причем степень глушения может изменяться от едва заметной опалесценции до молочно-белого цвета.

Плитки и панели из мрамблита являются весьма эффективным отделочным материалом, легко поддающимся очистке, не подвергающимся коррозии при воздействии влаги и химически агрессивных сред, обладающим высокими декоративными свойствами. Эти качества мрамблита и определяют сферу его рационального применения. Он с успехом используется для отделки операционных, приемных и других лечебных помещений. В предприятиях общественного питания и пищевой промышленности мрамблитом облицовывают кухни, санузлы, лестничные клетки и другие помещения.

Особенно эффективно облицовка из мрамблита может быть применена для отделки стен, колонн и оборудования во многих предприятиях химической промышленности и в помещениях с повышенной влажностью.

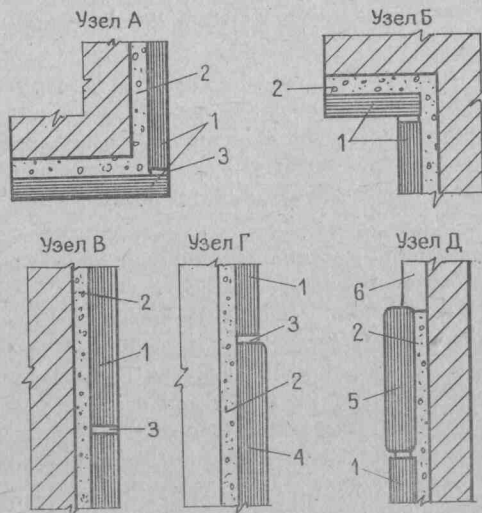
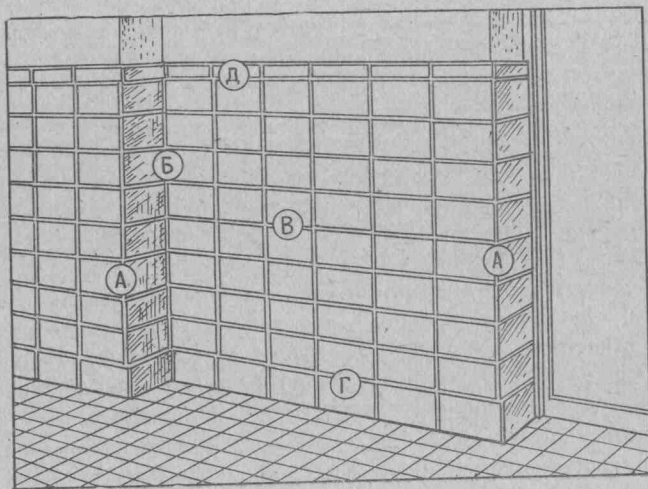
Плитки и панели из мрамблита применяют и для наружной облицовки зданий различного назначения. Большая гамма цветов, долговечность и простота очистки позволяют создать при минимальных эксплуатационных расходах высококачественную и выразительную отделку элементов фасадов.

Хорошие эксплуатационные свойства и долговечность поверхностей, отделанных мрамблитом, в значительной степени определяются качеством строительных работ по их устройству. Плитки из мрамблита крепят на поверхность стен с помощью песчано-цементных и полимерцементных растворов.

Облицовочные плиты из мрамблита крепят к стенам с помощью полимерцементных растворов, полимерных мастик или специальных металлических крепежных элементов (рис. 13). В наружной отделке между плитами мрамблита и стеной следует устраивать вентилируемые прослойки. Во всех случаях применения облицовочного стекла следует особое внимание уделять различию коэффициентов линейного расширения несущего и отделочного материала, а также уплотнению стыков между плитами, панелями, плитками.

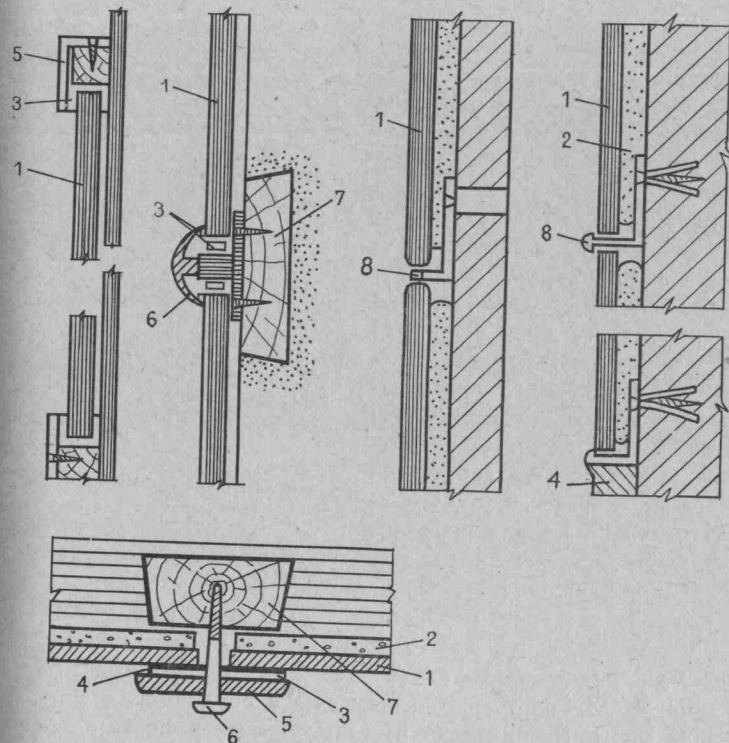
Стемалит представляет собой листы из прозрачного стекла, покрытые с одной стороны керамическими легкоплавкими красками, закрепленными на стекле в процессе термической обработки, при которой краски оплавляются и прочно соединяются с поверхностью стекла. Количество цветных тонов стемалита насчитывает несколько десятков.

В зависимости от способа термической обработки стемалит может быть отожженным или закаленным. Отечественная промышленность выпускает только закаленный стемалит. Характер производства предопределяет свойства материала. Так, закаленный стемалит не допускает резки, сверления или какой-либо другой механической обработки, применяемой при использовании отожженного стекла. Поэтому закаленный стемалит должен выпускаться с заданными размерами, конфигурацией и, при необходимости, с крепежными отверстиями. Вместе с тем закаленный стемалит обладает высокой прочностью (прочность при изгибе — $1,38—1,47 \text{ Н/м}^2$) и термостойкостью (выдерживает перепад температур до 80°C); его коэффициент линейного расширения — $8,3—9,0 \times 10^{-6} \text{ 1/град}$.



Приемы облицовки мрамблитом внутренних стен

1 — плитки мрамблита; 2 — цементный раствор; 3 — белый цемент или мастика; 4 — плитка плинтуса; 5 — плитка обрамления панели; 6 — штукатурка



Крепление панелей из мрамблита к стене

1 — панель из мрамблита; 2 — цементный раствор или мастика; 3 — эластичные прокладки; 4 — герметизирующая мастика; 5 — обрамляющие раскладки; 6 — крепежные винты; 7 — деревянные пробки; 8 — промежуточные опоры; разгружающие нижележащие листы

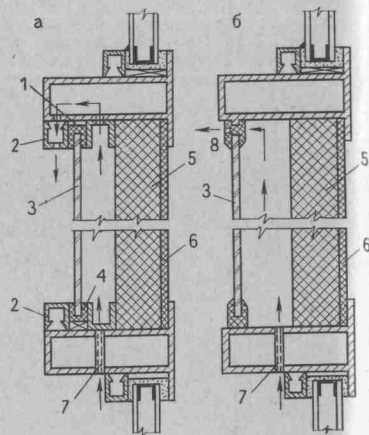
В настоящее время наша промышленность выпускает стемалит в виде листов размером до 600×1200 мм при толщине 4,5–8 мм. Однако в отдельных случаях могут быть изготовлены листы стемалита размерами 1200×1600 и 1100×2600 мм.

Стемалит является долговечным и эффективным отделочным материалом. Он обладает хорошими декоративными качествами, относительно невысокой стоимостью и отвечает требованиям индустриализации отделочных работ.

Плиты закаленного стемалита обладают высокой прочностью и безопасностью при разрушении (закаленное стекло рассыпается

на мелкие осколки с тупыми краями), а также устойчивостью красочного покрытия. Эти качества определили успех стемалита у архитекторов и строителей как за рубежом, так и в нашей стране.

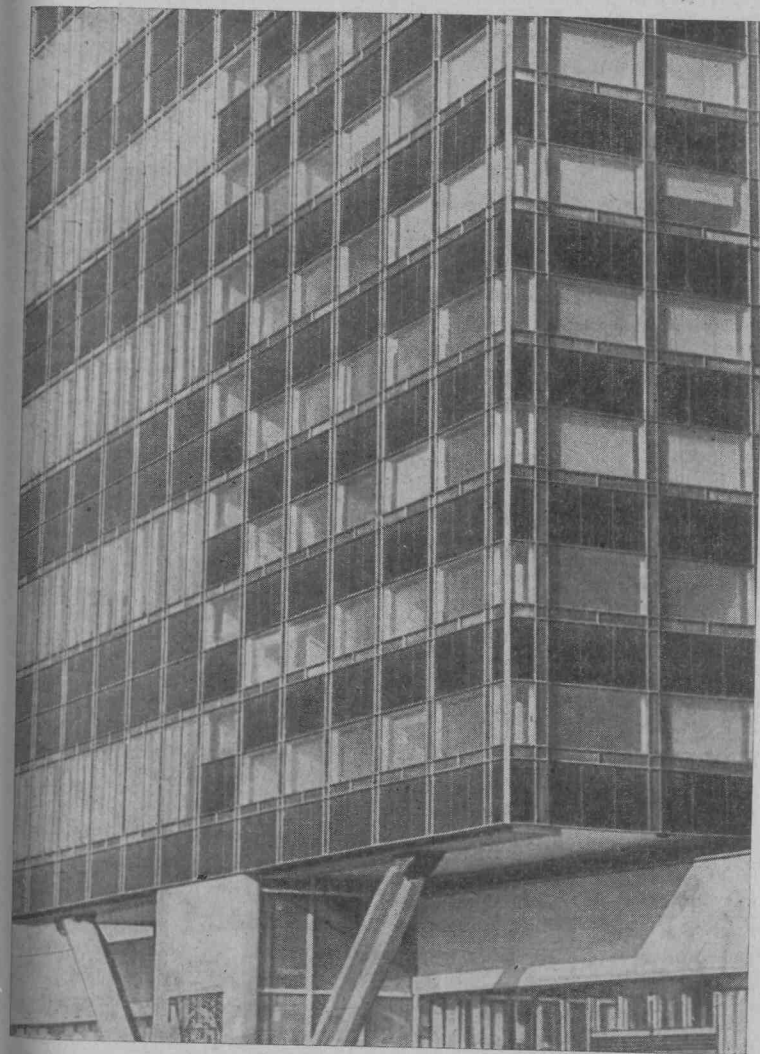
Стемалит может с успехом применяться для внутренней облицовки. При этом создаются красивые, гигиеничные, легко очищаемые поверхности, поэтому его широко используют в отделке помещений на предприятиях пищевой и химической промышленности, торговли, общественного питания, для облицовки основных помещений, вестибюлей и лестничных клеток лечебных, административных и транспортных сооружений.



При устройстве внутренней облицовки стемалит в основном крепится так же, как и марблит. Обычно стемалит крепится на стены и перегородки при помощи специальных мастик или клея, которые должны покрывать не менее 50% поверхности каждой стеклянной плиты. При установке стемалита в обрамляющие металлические элементы применяют изоляцию в виде резиновых прокладок. При этом каждый ряд стемалита должен иметь самостоятельную опору, разгружающую нижерасположенные листы. Плиты стемалита не должны воспринимать нагрузок и деформаций, возникающих в основных конструкциях здания, что обеспечивается применением эластичных прокладок и устройством компенсационных зазоров в 7—8 мм между кромками листов и обрамляющими элементами.

Особый интерес представляет стемалит в качестве отделочного материала для наружной облицовки фасадов зданий и сооружений. Стемалитом могут облицовываться отдельные участки фасадов с кирпичными или бетонными стенами, а также ограждения различных небольших сооружений: киосков, павильонов, телефонных будок и т. п.

Наиболее часто и в широких масштабах стемалит используется для наружной облицовки глухих участков навесных панелей, так называемых стен-экранов многоэтажных каркасных зданий. В этих случаях, независимо от конструктивного решения глухих участков



Стена-экран с глухими участками с облицовкой из стемалита

а — крепление прижимными раскладками; б — то же, резиновыми уплотнителями; на с. 67 общий вид: 1 — компенсационный зазор; 2 — прижимные раскладки; 3 — стемалит; 4 — эластичная прокладка; 5 — слой теплоизоляции; 6 — внутренняя облицовка; 7 — вентиляционное отверстие; 8 — резиновый профиль

стен-экранов, стемалит устанавливается в металлические обрамляющие рамы, которые являются элементами фасада.

Существует два конструктивных варианта панелей со стемалитом: согласно первому варианту стеклянная плита устанавливается на основе от теплоизоляционного слоя, согласно второму — стемалит является наружной облицовкой многослойных панелей, используемых в навесных стенах-экранах.

Первый конструктивный вариант предусматривает крепление плит стемалита в каркасе при помощи раскладок либо специального резинового уплотняющего профиля, снабженного замком. В том случае, если стекло удерживается металлическими раскладками, оно окантовывается эластичной прокладкой из резины П-образного профиля, при этом между верхней прокладкой и обрамляющим металлическим элементом оставляют компенсационный зазор в 7—8 мм. С наружной стороны места примыкания стемалита обрабатывают герметизирующими мастиками, препятствующими прониканию дождевой воды в конструкцию. При установке стемалита на профилированных резиновых прокладках необходимо обеспечивать надежное уплотнение по контуру с помощью резинового замка и герметизирующих мастик. Для повышения теплоизоляционных качеств такого ограждения в нем предусматривается воздушная прослойка толщиной 25—30 мм между наружной облицовкой из стемалита и слоем теплоизоляции. Эта прослойка вентилируется через отверстия диаметром 6 мм, располагаемые с шагом 250 мм в нижней и верхней части панели. Вентиляция не только устраняет конденсат, образующийся во внутренней полости панели, но и способствует удалению из этой полости избыточного тепла, возникающего под воздействием солнечной радиации.

Второй конструктивный вариант представляет собой многослойные навесные панели, состоящие из наружного облицовочного слоя — стемалита, теплоизоляционного слоя и внутренней отделки, в качестве которой употребляются древесностружечные или асбестоцементные плиты, пластмассы, сталь, алюминий и другие материалы.

Для соединения отделочных слоев используют долговечные герметики или клеи. Производство таких панелей отличается высокой индустриальностью и может быть организовано на заводе — изготовителе стемалита. Готовые многослойные навесные панели, облицованные стемалитом, доставляются на строительную площадку и монтируются в стеновых ограждениях каркасных зданий.

Следует заметить, что при монтаже многослойных панелей, так же как и при установке отдельных листов стемалита, основным условием остается изоляция стекла с помощью эластичных прокла-

док от металлических элементов каркаса и устройство компенсационных зазоров между кромками стекла и конструктивными элементами здания. От правильности и тщательности проведения работ по креплению стемалита зависит долговечность службы этого облицовочного материала.

Эмалированные плиты и плитки изготавливают из оконного стекла (в основном из его отходов). Нарезают плитки заданных размеров, покрывают слоем эмалевого шликера и обжигают при температуре плавления эмали. Стеклянные эмалированные плитки выпускаются размерами 100×150, 150×150, 200×200, 200×230 и 300×300 мм при толщине от 4 до 10 мм. Для покрытия плиток применяют титановые эмали. Шликер наносят на плитки тонким слоем с помощью пульверизатора. При обжиге в печах плитки последовательно проходят зоны подогрева, обжига и отжига. Стеклянные эмалированные плиты и плитки применяют для внутренней облицовки стен помещений, где необходима гигиеническая водонепроницаемая отделка поверхностей ограждений. Обычно эмалированные плитки используют в облицовке кухонь, магазинов, лечебных учреждений, цехов текстильной, химической, пищевой промышленности, душевых, прачечных, бань, плавательных бассейнов, операционных и др. К поверхностям стен плитки крепятся с помощью полимерцементных растворов или полимерных мастик.

С помощью направленной кристаллизации стекол на основе металлургических шлаков получают **шлакоситалл** — стеклокристаллический материал, обладающий многими ценными свойствами, которые позволяют с успехом применять его в качестве облицовочного материала. Основные физико-механические свойства шлакоситалла:

Плотность	2700 кг/м ³
Коэффициент теплопроводности	1,32 Вт/(м·град)
Коэффициент линейного расширения	7·10 ⁻⁶ 1/град

Температура размягчения 850—900°С

Предел прочности:

при изгибе	0,87—1,28 Н/м ²
при растяжении	0,36 Н/м ²
при сжатии	4,9—5,9 Н/м ²

Сопротивление плиток удару 0,108 Н/м²

Твердость по шкале Мооса 5,7—7,5

Коэффициент истираемости 0,05·10⁻⁵ см²/кг

Модуль упругости 884 Н/м²

Нашей промышленностью выпускается шлакоситалл белого и темно-серого (черного) цвета. Шлакоситаллы покрывают керамическими глазурями, что позволяет увеличить гамму цветов. Окрашенный шлакоситалл обладает отличными декоративными качествами.

Шлакоситалловые изделия вырабатываются прокатом, литьем и прессованием. Листовой шлакоситалл толщиной 0,6—15 мм изготавливается методом непрерывного проката при ширине ленты до 3 м с гладкой лицевой и рифленой тыльной поверхностью. Листовой шлакоситалл применяется для наружной и внутренней облицовки стен, устройства полов, футеровки оборудования, в качестве конструкционного материала при производстве стеновых слоистых навесных панелей и панелей перегородок. Для покрытия полов используются как листовой шлакоситалл прокатного изготовления, так и прессованные или литые плиты. Размеры выпускаемых шлакоситалловых прессованных плит для пола 300×300 мм при толщине 15—20 мм и 400×400 при толщине 20 мм. Особенно эффективно применение шлакоситалла в ограждениях промышленных зданий с агрессивной внутренней средой (предприятия химической промышленности), с тяжелым температурно-влажностным режимом внутреннего воздуха (предприятия пищевой промышленности, здания холодильников, горно-обогатительные комбинаты и др.), зданий производств, предъявляющих повышенные требования к чистоте и гигиеничности поверхности ограждения (предприятия точной механики, электронной, вакуумной промышленности), сельскохозяйственных животноводческих зданий (сочетание требований гигиеничности и стойкости к агрессивным средам), гражданских зданий различного назначения (высокие архитектурно-декоративные требования, требования долговечности облицовок и легкости их очистки).

В зависимости от размеров шлакоситалловых плит и архитектурных требований, предъявляемых к поверхности стен, применяются различные способы крепления шлакоситалла к вертикальным ограждениям: на полимерцементных растворах, с помощью полимерных мастик и клеев; с помощью металлических и пластмассовых раскладок, на скобах и шурупах, аналогично приемам крепления марблита, стемалита и т. д.

Коврово-мозаичные облицовочные плитки изготавливаются из глушеного и полуглушеного цветного стекла прессованием или прокаткой стекломассы, а также путем прессования смеси стеклянного порошка и неорганических пигментов с последующим обжигом. Плитки размерами 20×20, 30×30, 40×40 мм и т. д. имеют толщину 4—6 мм. Лицевая поверхность плиток гладкая, тыльная —

гладкая или рифленая. Цвет плиток может быть самым разнообразным, окраска — однотонной или мраморовидной. Коврово-мозаичные плитки применяются, главным образом, для облицовки в заводских условиях наружной поверхности железобетонных стеновых панелей, для внутренней отделки помещений душевых, ванных комнат, плавательных бассейнов и др. Коврово-мозаичные стеклянные плитки используются также для изготовления орнаментальных и тематических мозаичных панно в интерьерах и на фасадах зданий. Крепление плиток к отделяемому поверхностям производится на строительных или полимерцементных растворах.

Строительные изделия из стекла

Широкий ассортимент листового строительного стекла, обладающего самыми разнообразными свойствами, позволяет архитекторам и строителям создавать светопрозрачные ограждения, отвечающие и эстетическим, и гигиеническим требованиям. Однако эти конструкции обладают относительно малой долговечностью и прочностью, сложны в эксплуатации, при их устройстве расходуется значительное количество древесины и металлов. Стремление устранить недостатки, присущие светопрозрачным ограждениям с листовым стеклом, привело к созданию и выпуску строительных изделий из стекла, к которым в первую очередь относятся пустотелые стеклянные блоки, профильное стекло и стеклопакеты.

Пустотелые стеклянные блоки (или просто стеклоблоки) состоят из двух полублоков, изготавливаемых прессованием и свариваемых друг с другом на специальных сварочных автоматах. В результате образуется стеклянное изделие с герметичной и частично с вакуумированной полостью. Внутренние напряжения в стекле, в значительной степени влияющие на прочность стеклоблоков, снимаются в процессе отжига изделия в специальных печах — лерах.

Квадратные, прямоугольные, круглые и угловые стеклоблоки; однокамерные и двухкамерные; светорассеивающие, светопреломляющие, прозрачные и декоративные; цветные и бесцветные позволяют создавать стекложелезобетонные ограждения, обладающие самыми разнообразными свойствами.

В Советском Союзе выпускаются в основном однокамерные светорассеивающие и декоративные стеклоблоки по номенклатуре, приведенной в табл. 7.

Конструкция стеклоблоков предопределяет и свойства самого строительного элемента из стекла и свойства ограждений, в которых они применяются. Прочность стеклоблока зависит в основном

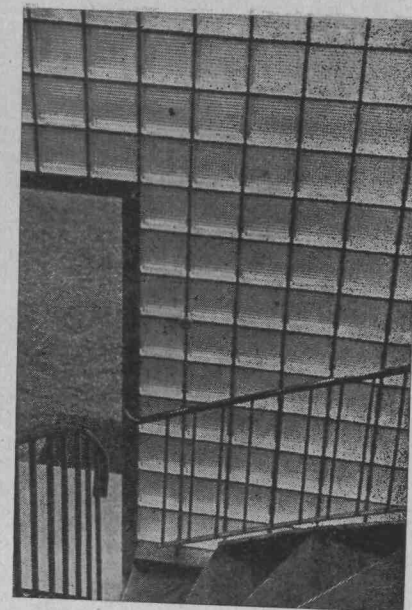
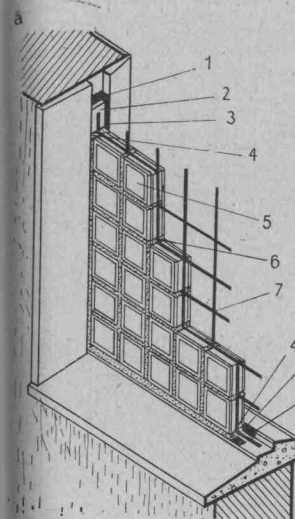


Пустотелые стеклянные блоки

от его формы, размеров, толщины стенок и остаточных напряжений в стекле, а светотехнические свойства, представляющие для нас особый интерес, — от качества стекла и фактурных лицевых стенок. У прозрачных стеклоблоков поверхность лицевых стенок гладкая, у светорассеивающих — рифленая, рассеивающая световой поток и исключая видимость через заполнение светопроемов.

Таблица 7. Номенклатура пустотелых стеклянных блоков

Марка блока и размеры	Характеристика внутренней поверх- ности лицевых стенок	Коэффициент светопропус- кания	Масса блока, кг
БК194/98, 194×194×98 мм	Гладкая Рифленая декоративная	0,5—0,6 0,4—0,5	2,8
БК244/98, 244×244×98 мм	Гладкая Рифленая декоративная	0,55—0,6 0,4—0,5	4,3

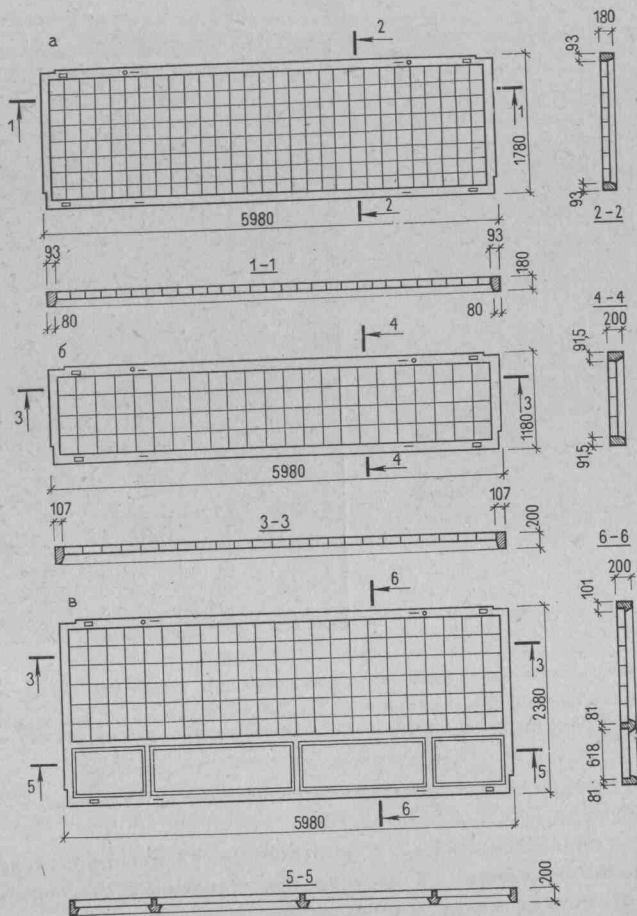


Светопроем, заполненный кладкой из стеклоблоков [а]; общий вид справа

1 — битумная мастика; 2 — эластичная прокладка; 3 — уплотнение боковых зазоров; 4 — обрамление панели из раствора; 5 — стеклоблок; 6 — швы из раствора; 7 — арматура швов

Стекложелезобетонные ограждения могут возводиться непосредственно на месте, в заранее подготовленных светопроемах или изготавливаться в виде крупноразмерных панелей на заводах железобетонных изделий. Свойства монолитных и сборных стекложелезобетонных конструкций в основном одинаковы, однако высокая степень заводской готовности, возможность монтировать такие панели на объектах в любое время года и лучшие эксплуатационные качества позволяют отдать предпочтение сборным стекложелезобетонным конструкциям.

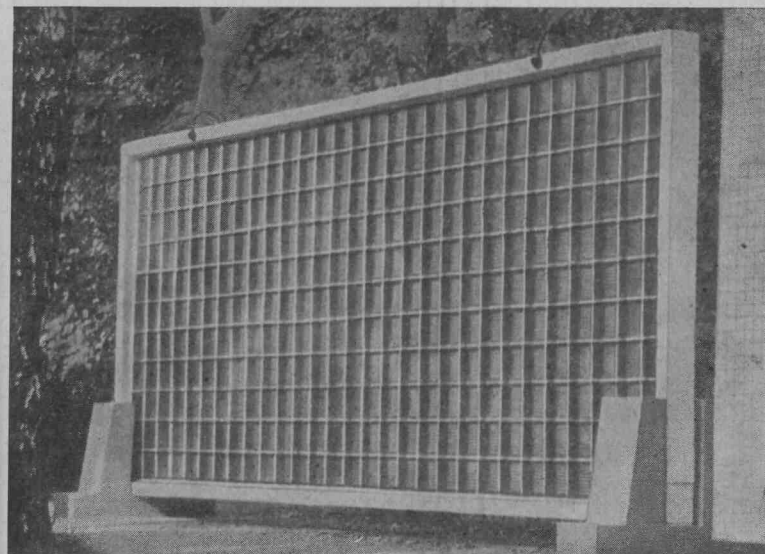
Стекложелезобетонные панели по конструктивным особенностям и технологии изготовления близки к сборным железобетонным конструкциям. Поэтому применение таких панелей, размеры которых увязаны с унифицированными размерами остальных строительных элементов, способствует повышению сборности и индустриализации нашего строительства.



Некоторые типоразмеры стекложелезобетонных панелей для вертикальных ограждений

а — из стеклоблоков БК 194/98; б — из стеклоблоков БК 244/98; в — из стеклоблоков БК 244/98 с проемами для установки створного остекления; на с. 75 общий вид

Расчет стекложелезобетонной панели производят на воздействие внешних нагрузок, а также учитывают ее внутреннее напряженное состояние. Причем, если расчет по деформациям практически не отличается от аналогичного расчета обычных железобе-



тонных конструкций, то в расчете на прочность имеется определенная специфика и состоит он из следующих этапов:

определение параметров сечения шва, т. е. выбор вида и марки бетона (раствора), назначение диаметра арматуры, ее положения в сечении и определение геометрических размеров сечения шва;

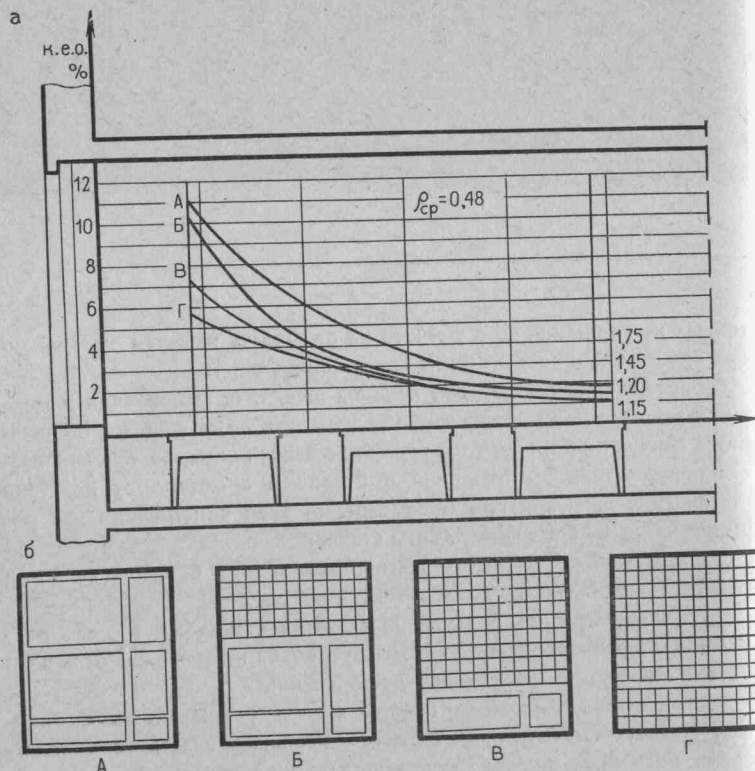
определение напряжений в бетоне и арматуре от действия статических нагрузок при рассмотрении всей конструкции как решетки из швов, без учета работы стекла;

определение усилий обжатия стеклоблока бетоном шва под воздействием статических нагрузок;

сравнение расчетного усилия обжатия стеклоблока с его расчетным сопротивлением с учетом внутренних напряжений от усадки бетона в швах и температурных деформаций.

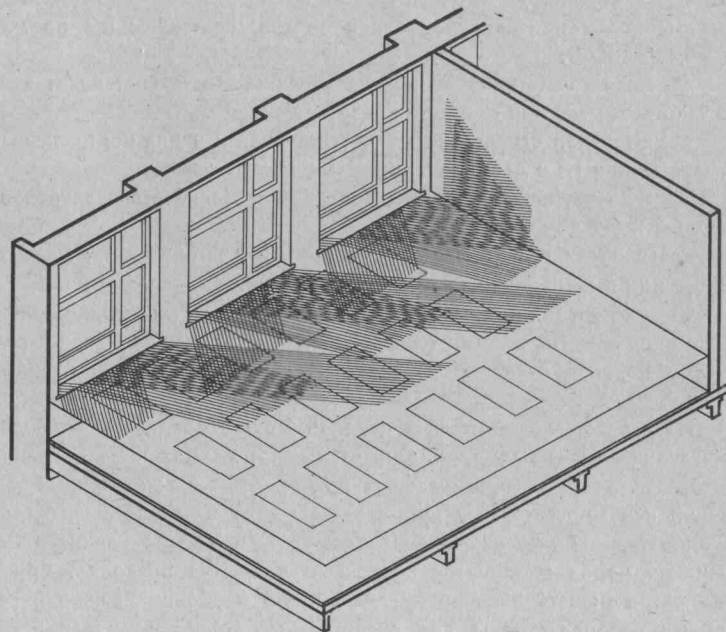
Стекложелезобетонные панели можно устанавливать в оконные проемы взамен двойного остекления, навешивать непосредственно на каркас здания, создавая витражи, укладывать в покрытие при устройстве систем верхнего света вместо дорогостоящих и неудобных в эксплуатации традиционных фонарей с обычным остеклением. При этом следует иметь в виду, что прочность и дол-

говечность стекложелезобетонных конструкций зависят не только от качества стеклоблоков и соответствующих растворов и бетонов, но и от способа крепления. Конструкции из стеклоблоков не следует применять в качестве несущих элементов зданий, вследствие большой разницы в коэффициентах термического расширения стекла и прочих строительных материалов, значительной хрупкости стекла и малой механической прочности его при вибрационных и изгибающих нагрузках. Поэтому основным условием монтажа стекложелезобетонных панелей является их изоляция от несущих



Распределение коэффициента естественной освещенности в помещении (а) при различном заполнении светопроемов стеклоблоками (б)

А — при спаренных деревянных переплетах; Б и В — при частичном заполнении проемов стеклоблоками; Г — при полном заполнении проема стеклоблоками



Изоляция помещений на уровне рабочей плоскости при обычном остеклении в период от 8 до 14 ч в мае при ориентации ю-в.

конструкций, осуществляемая за счет введения в стыках компенсационных швов, заполненных эластичными прокладками. Благодаря им обеспечивается свободное расширение панелей и предотвращается растрескивание стеклоблоков. Разработана широкая номенклатура стекложелезобетонных панелей для вертикальных ограждений и покрытий.

Область рационального применения стекложелезобетонных ограждений предопределяется их свойствами, выгодно отличающими такие панели от других конструкций остекления, а именно: создание мягкого рассеянного освещения и снижение неравномерности распределения освещенности по глубине помещения при общем коэффициенте светопропускания, близком к соответствующему показателю остекления с двойными переплетами;

снижение проникающей солнечной радиации на 50—80% (в зависимости от ориентации светопроемов) и полное отсутствие солнечных бликов;

высокое сопротивление теплопередаче, составляющее не менее $0,43 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

хорошая герметичность [воздухопроницаемость составляет всего $0,009 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$ при скорости ветра $5 \text{ м}/\text{с}$];

значительная огнестойкость, достигающая 2 ч для вертикальных ограждений и 1,5 ч для покрытий;

высокая звукоизолирующая способность (показатель звукоизоляции $E = -9 \text{ дБ}$);

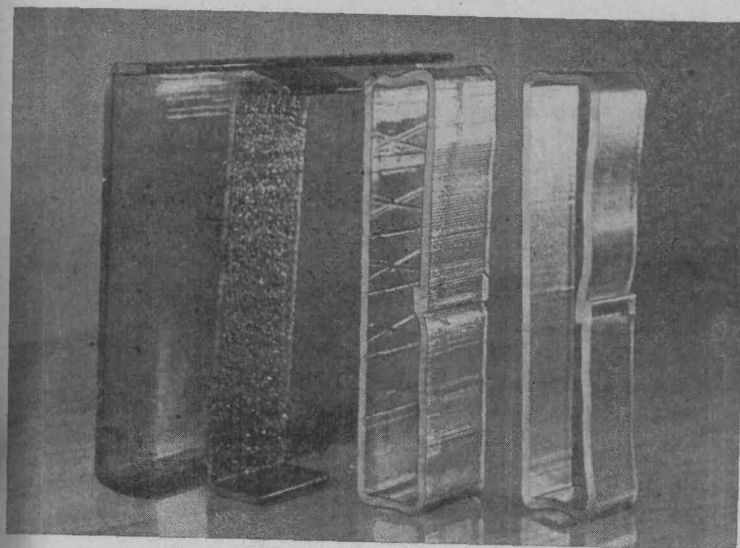
повышенная прочность, биостойкость и долговечность; удобство очистки и гигиеничность таких ограждений.

Стекложелезобетонные конструкции из пустотелых стеклоблоков можно применять в вертикальных наружных ограждениях, покрытиях и перегородках производственных, общественных и жилых зданий.

Из стекложелезобетонных панелей можно создавать ограждения значительных размеров. Они открывают возможность создания совершенно новых оригинальных архитектурно-планировочных решений как многоэтажных производственных и общественных, так и одноэтажных многопролетных зданий. Применение верхнего освещения через стекложелезобетонные покрытия позволяет более компактно решать планировку зданий, что особенно важно в северных районах страны, где значительные теплотери вызывают большие расходы на отопление.

Стекланные пустотелые светорассеивающие стеклоблоки могут с успехом применяться всюду, где требуется исключить видимость через остекление или создать мягкий рассеянный свет, обеспечить достаточную звуко- и теплоизоляцию светопрозрачного ограждения, его гигиеничность и долговечность. Их целесообразно использовать в южных районах для устранения инсоляции помещений. Однако в помещениях с постоянным пребыванием людей стеклоблоки в наружных ограждениях следует сочетать с участками обычного остекления, обеспечивающего визуальную связь с внешним пространством.

Особенно целесообразно применять стекложелезобетонные ограждения в производственных зданиях с кондиционированным внутренним режимом, а также в зданиях, где площадь светопроемов составляет значительную часть площади наружных ограждений. Весьма эффективно применение стеклоблоков в районах с сильными ветрами, так как при правильном конструировании и выполнении они практически воздухонепроницаемы. Стекложелезобетонные ограждения следует рекомендовать также для зданий и помещений с повышенными гигиеническими требованиями пожарной безопасности.



Образцы профильного стекла швеллерного и коробчатого сечения

Профильное строительное стекло представляет собой профилированный стеклянный элемент с поперечным сечением в виде швеллера, замкнутого прямоугольника или другой формы (см. с. 81). Оно выпускается неармированным или армированным. Арматурой швеллера, замкнутого прямоугольника или другой формы (см. с. 81), уложенной в продольном направлении.

Профильное стекло изготавливается из стеклянной полосы, получаемой методом непрерывного горизонтального проката, с последующей протяжкой ее через формующее устройство, которое придает ленте необходимую форму. Отформованную профилированную ленту для снятия внутренних напряжений отжигают в лере и затем разрезают на отдельные элементы заданной длины. Для придания декоративных свойств на поверхность профильного стекла могут быть нанесены в процессе формования окиснометаллические покрытия или термостойкие краски. Для изготовления стеклопрофилита используется обычная стекломасса, применяемая в производстве изготовления оконного стекла, а также специальная — с определенными заданными свойствами.

За рубежом выпускается профильное стекло только швеллерного сечения. Отечественная промышленность освоила выпуск также и профильного стекла замкнутого коробчатого сечения. Оно может с успехом применяться в наружных ограждениях, так как обладает хорошими теплотехническими свойствами и ограждения из него менее трудоемки при монтаже, чем из швеллерного профилита в двухрядных конструкциях.

Ограждающие конструкции из профильного стекла могут выполняться в виде поэлементного заполнения отдельных проемов, а также в виде ленточного остекления или витражей с установкой элементов в вертикальном положении.

Наиболее перспективными являются ограждения, монтируемые из сборных панелей заводского изготовления. Поэтому, не останавливаясь на конструктивных решениях ограждений с поэлементной сборкой, достаточно хорошо знакомых проектировщикам, приведем некоторые примеры сборных панельных конструкций.

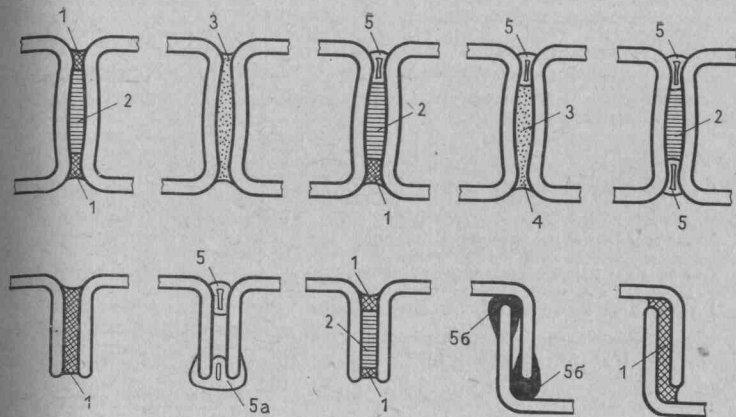
Прежде всего следует отметить, что независимо от конструктивного решения эксплуатационные свойства и долговечность ограждений из профильного стекла зависят от качества стыков между отдельными элементами, поэтому они должны изготавливаться из высококачественных материалов при тщательном выполнении всех операций.

В зависимости от конструкции ограждения и условий эксплуатации могут применяться стыки различных типов, но все они должны обладать хорошей герметичностью и долговечностью.

При поэлементной сборке максимальная длина швеллерных элементов может достигать 4,2 м, а коробчатых — 6 м, габариты же сборных панелей устанавливают, исходя из условий транспортировки, монтажа и требований унификации с другими конструктивными элементами зданий. Поэтому может быть рекомендована следующая высота панелей: для стекла швеллерного сечения 1,8 и 2,4 м, а для стекора 1,8; 2,4 и 3 м.

Панель из профильного стекла состоит из двух основных частей: обрамляющей рамы, воспринимающей нагрузки от заполнения, и заполнения, выполняемого из швеллерного или коробчатого профильного стекла.

Обрамляющая рама изготавливается из дерева, бетона и металла. С точки зрения снижения веса конструкции и улучшения ее эстетического вида наиболее целесообразно делать ее из стальных профилей или унифицированных алюминиевых профилей с применением теплоизолирующих вкладышей. В тех случаях, когда не возникает необходимости в разрыве «мостиков холода», можно применять обрамления из одинарного профиля.



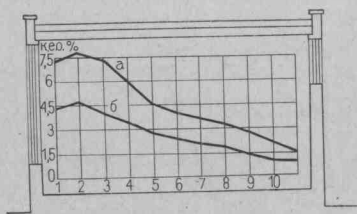
Виды стыков между элементами профильного стекла

1 — герметик; 2 — упругая прокладка; 3 — раствор; 4 — гидроизолирующая мастика; 5, 5а, 5б — профилированные прокладки

Весьма перспективными являются комплексные стекложелезобетонные панели «профакс», состоящие из коробчатого профильного стекла и керамзитового раствора и бетона. Из раствора выполняются швы между отдельными элементами, а из бетона — обвязка панели. В этом случае герметизация торцов профильного стекла осуществляется раствором на основе водостойкого гипсоцементного вяжущего путем опускания торцов пакетируемых элементов профильного стекла в раствор на глубину 15—20 мм.

Расчет прочности панелей «профакс» производится по предельному состоянию. Специфика расчета состоит в том, что до момента разрушения профильного стекла все усилия сжатия в расчетном сечении передаются на стекло, а раствор или бетон является лишь связующим участком, передающим усилия сжатия на стекло. Такое распределение напряжений в расчетном сечении обусловливается различием деформативных свойств и модулей упругости стекла и раствора. Вместе с тем следует учитывать напряжения сжатия в профильном стекле, возникающие вследствие усадки раствора и бетона и различия в коэффициентах термического расширения между стеклом, раствором и бетоном.

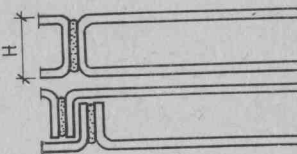
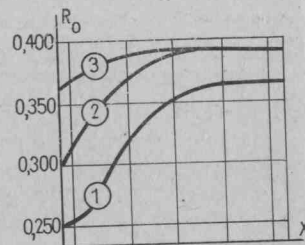
Независимо от конструктивного исполнения панелей из профильного стекла узлы примыкания их к несущим или ограждающим конструкциям зданий должны иметь зазоры, достаточные для ком-



Распределение коэффициента естественной освещенности в спортивном зале при заполнении светопроемов профильным стеклом [а] и обычным двойным остеклением [б]

Распределение сопротивления теплопередаче (R_0) по ширине ограждения из профильного стекла

1 — для двухрядного из швеллерного профильного стекла; 2 — для коробчатого толщиной $H = 50$ мм; 3 — коробчатого толщиной $H = 100$ мм



пенсации температурных деформаций и способные исключить передачу нагрузок, возникающих от прогиба или осадки вышерасположенных конструкций. Поэтому обвязки сборных панелей из профильного стекла не должны иметь жестких связей с другими конструкциями здания; узлы примыкания должны обеспечивать хорошую герметичность, гидроизоляцию, а также высокие теплоизоляционные качества ограждения.

Правильно спроектированные и тщательно выполненные ограждения из профильного стекла обладают достаточно высокими физико-техническими свойствами.

Высокое светопропускание и светорассеивающие свойства элементов профильного стекла, а также отсутствие затемняющего действия конструкций переплетов позволяют создавать на рабочих местах комфортный световой режим.

При хорошей герметизации стыков между отдельными элементами ограждение имеет относительно низкую воздухопроницаемость, что способствует снижению теплопотерь. Однако сопротивление теплопередаче конструкций из коробчатого профильного стекла толщиной 50 мм значительно ниже, чем у ограждений из пустотелых стеклоблоков, что ограничивает область применения таких конструкций в общественных зданиях и в производственных зданиях с особыми требованиями к микроклимату помещений. Теплоизоляционные свойства ограждений из профильного стекла

могут быть повышены путем увеличения толщины воздушной прослойки.

Область применения профильного стекла несколько ограничивается его низким пределом огнестойкости, составляющим для конструкций из неармированного профильного стекла всего 0,15 ч и для армированного — 0,25 ч.

Профильное стекло рекомендуется применять в наружных ограждениях в тех случаях, когда нет необходимости сохранять видимость через светопрозрачные ограждения: в спортивных залах, выставочных павильонах, торговых помещениях, в производственных помещениях с ленточным остеклением, в светопроемах лестничных клеток, санузлов, служебных и подсобных помещений, в зданиях сельскохозяйственного назначения.

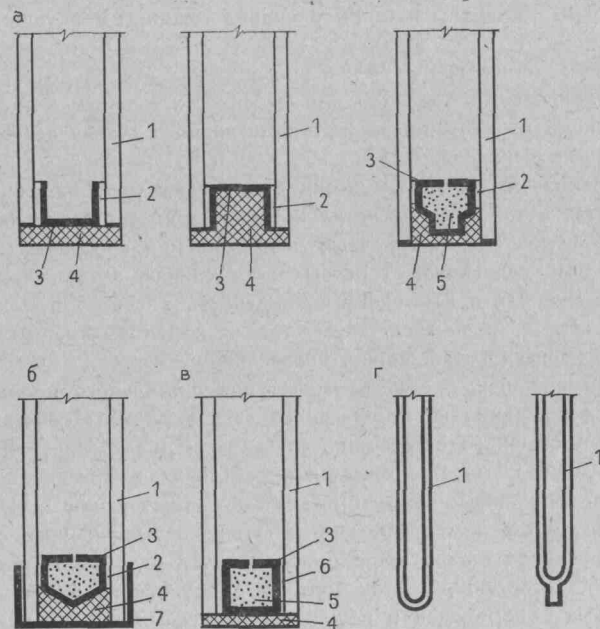
В помещениях, предназначенных для длительного пребывания людей, ограждения из профильного стекла должны сочетаться с участками обычного остекления, служащими для зрительной связи с окружающим пространством и проветривания помещений. Некоторые зарубежные фирмы предлагают конструкции остекления профильным стеклом с фрамугами также из профильного стекла.

Профильное стекло широко применяется для устройства внутренних перегородок, в транспортных сооружениях, в павильонах подземных переходов и пешеходных эстакадах, ограждениях балконов, лоджий, галерей, в навесах, козырьках, а также для заполнения светопроемов в фонарях верхнего света. При этом следует иметь в виду, что в фонарях, ограждениях балконов, транспортных сооружениях и при использовании светопрозрачных ограждений на большой высоте должно применяться армированное профильное стекло, исключающее выпадение осколков при разрушении отдельных элементов.

Профильное стекло является перспективным строительным изделием. Объемы производства его непрерывно растут, увеличивается ассортимент, расширяется область применения.

Стеклопакеты. В современном строительстве для заполнения светопроемов все шире применяются стеклопакеты — строительные стеклянные изделия, позволяющие получить конструкции остекления, обладающие свойствами, присущими светопрозрачным ограждениям с листовым стеклом, но в то же время позволяющие улучшить его эксплуатационные характеристики, уменьшить расход дерева или металла и снизить строительную стоимость конструкций остекления.

Стеклопакеты состоят из двух или нескольких стекол, разделенных воздушными прослойками и герметически соединенных по контуру. В зависимости от способа соединения стекол стеклопакеты



Конструкция клееных [а, б), паяных [в) и сварных [г) стеклопакетов
1 — листовое стекло; 2 — клеевой шов; 3 — металлическая рамка; 4 — герметик; 5 — силикагель; 6 — пайка; 7 — обойма из металла

ты могут быть клееными, паяными или сварными. Наиболее широко распространены клееные стеклопакеты. Они проще в изготовлении, позволяют применять различные виды листового стекла, более индустриальны в производстве и дешевле, чем паяные. Однако более высокая прочность и долговечность паяных и сварных стеклопакетов дает возможность рекомендовать их при устройстве остекления в особенно ответственных сооружениях.

Положительные свойства стеклопакетов определяются в основном наличием герметичных воздушных прослоек, заполненных обезвоженным воздухом. От толщины и числа воздушных прослоек зависят теплоизоляционные свойства стеклопакетов, а совместная работа стекол, объединенных в пакет, повышает прочность остекления. Обычно толщина воздушных прослоек принимается равной 12—20 мм и изменение ее в этих пределах мало влияет на общее сопротивление стеклопакета теплопередаче (табл. 8).

Таблица 8. Средние значения сопротивления теплопередаче R_0 стеклопакетов из обычного стекла

Вид стеклопакета	Толщина воздушных прослоек, мм	$R_0, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	
		при вертикальном положении	при горизонтальном положении
Однокамерный	12	0,314	0,290
	15	0,317	0,291
	18	0,321	0,292
	20	0,323	0,293
Двухкамерный	9	0,455	0,424
	12	0,462	0,426
	15	0,470	0,428

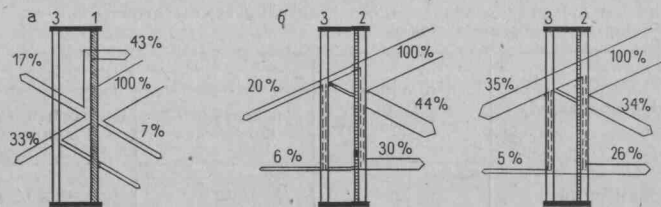
Повысить теплоизоляционные свойства конструкций остекления со стеклопакетами можно путем создания многокамерных стеклопакетов или применением стеклопакетов в сочетании с обычным одинарным остеклением. Это позволяет применять стеклопакеты в районах с низкими зимними температурами.

При изготовлении стеклопакетов применяются различные виды листового стекла: увиолевое, поглощающее ультрафиолетовое излучение, солнцезащитное и теплозащитное — токопроводящее, декоративное и ударопрочное. Выбор сочетания стекол определяет свойства стеклопакета.

В солнцезащитных стеклопакетах могут применяться теплопоглощающие и теплоотражающие стекла. Причем особенно эффективны последние, металлизированные в вакууме никелем, рутением, золотом или его соединениями. Прозрачные отражающие покрытия имеют низкую прочность на истирание, поэтому такие стекла целесообразно использовать только в стеклопакетах.

В зависимости от вида стекла изменяются солнцезащитные свойства стеклопакетов (табл. 9) и соответствующим образом трансформируется поток солнечной радиации, проходящей через остекление. Так, теплопоглощающее стекло, поглощая значительную часть солнечной энергии, может нагреваться до 50°С и выше. Это обстоятельство осложняет совместную работу стекол в пакете и может привести к расслаиванию пакета или растрескиванию стекол. Такие стеклопакеты целесообразно применять в солнцезащитном остеклении зданий, расположенных в районах с относительно низкими температурами воздуха в летнее время, благодаря чему будет обеспечен интенсивный теплообмен с наружного теплопоглощающего стекла.

Стеклопакеты с металлизированными теплоотражающими стеклами рекомендуется применять в районах с жарким климатом и



Схемы прохождения солнечной радиации через стеклопакеты с теплопоглощающим [а] и теплоотражающим [б] стеклом

1 — наружное теплопоглощающее стекло; 2 — наружное теплоотражающее стекло; 3 — внутреннее обычное стекло

интенсивной инсоляцией, так как высокая отражающая способность таких стеклопакетов позволяет отразить 74% солнечной радиации при относительно низких температурах и наружного и внутреннего стекол.

Некоторые зарубежные фирмы выпускают стеклопакеты из теплозащитного — токопроводящего стекла с пленочным покрытием из окислов олова или кадмия. В нашей стране имеется полная возможность наладить производство таких изделий. Особенно целесообразно использовать такие стеклопакеты в электрообогре-

Таблица 9. Оптические свойства солнцезащитных стеклопакетов

Вид стеклопакета	Светопропускание, %	Распределение солнечной энергии инфракрасной области при прохождении через остекление, %					Всего пропущено, %	Всего отражено, %
		прямое пропускание	отражение	поглощение	поглощенная энергия, отдаваемая внутрь помещения	поглощенная энергия, излучаемая наружу		
Однокамерный из обычного стекла	70—80	70—80	10—12	20—25	8—9	12—15	78—89	11—22
Однокамерный с наружным теплопоглощающим стеклом	50—70	30—45	7—12	50—60	8—10	40—50	38—55	45—62
Однокамерный с наружным теплоотражающим стеклом	25—55	20—40	40—50	25—35	5—6	20—30	25—46	54—75

ваемом остеклении. Заводское нанесение токопроводящих шин, хорошая изоляция и повышенная долговечность участков остекления, находящихся под напряжением, и элементов электропроводки, смонтированных в стеклопакеты, создают благоприятные условия с точки зрения техники безопасности и эксплуатации такого вида остекления.

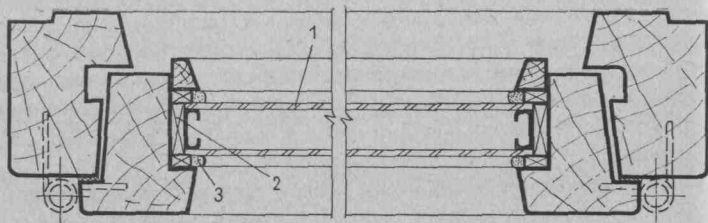
Рядом интересных свойств обладают светорассеивающие стеклопакеты, состоящие из двух листов обычного стекла и воздушной прослойки, заполненной стекловолокном. За рубежом такие стеклопакеты выпускаются под названием «термолюкс», в нашей стране — под названием «стевит». Они обладают хорошими светорассеивающими свойствами и, перераспределяя световой поток, создают равномерное освещение помещений естественным светом. При этом характер светорассеивания зависит от направления стекланных волокон в прокладке. При горизонтальном расположении волокон преобладает рассеивание по высоте помещения, при вертикальном расположении — по ширине помещения. Беспорядочное расположение волокон создает равномерное рассеивание по всем направлениям. Являясь светорассеивающим материалом, стеклопакеты устраняют прямую инсоляцию и снижают интенсивность тепловой солнечной радиации. Один из примеров применения стевита — остекление Музея изобразительных искусств в Ташкенте.

Для декоративных целей за рубежом применяется цветной термолюкс, у которого воздушная прослойка заполнена цветным стекловолокном зеленого, синего, розового или золотистого цвета.

Остекление из стевита и термолюкса обладает хорошими звукоизоляционными свойствами, возрастающими с увеличением толщины стекла. Так, при применении стекол толщиной в 5,5 мм звукоизоляционная способность достигает 35 дБ. Высокая степень звукоизоляции таких стеклопакетов объясняется хорошими звукопоглощающими и демпфирующими свойствами прокладки из стекловолокна, разобщающей два листовых стекла.

В последнее время особое внимание уделяется повышению звукоизоляционных свойств остекления и, следовательно, созданию стеклопакетов с повышенными звукоизоляционными свойствами. Это связано с высокой интенсивностью движения на улицах городов, где уровни шума достигают днем 70—100 дБ и даже ночью не снижаются обычно ниже 50 дБ. Особенно высоки уровни шума в аэропортах и на некоторых промышленных предприятиях.

Имеется ряд способов, позволяющих повысить звукоизоляционные свойства стеклопакетов. Увеличение толщины стекол, применение стекол различной толщины, применение стекол, покрытых синтетическими пленками, и многослойных стекол типа «триплекс»

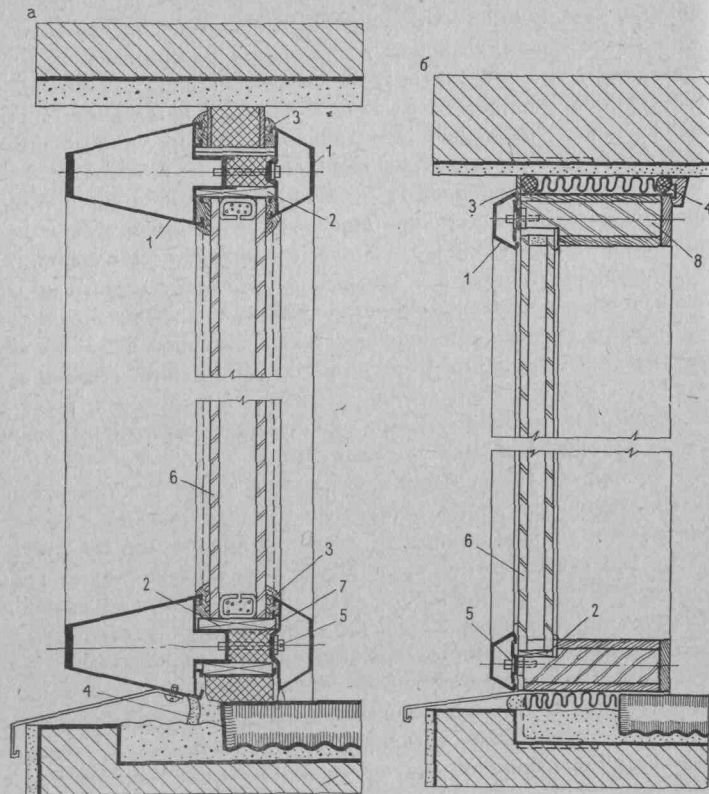


Окно со стеклопакетом в деревянном переплете

1 — стеклопакет; 2 — фиксирующая прокладка; 3 — герметик

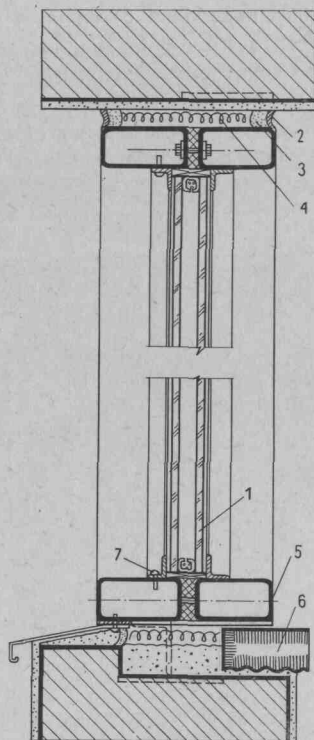
Витрина со стеклопакетом в алюминиевом и деревоалюминиевом переплете. Вертикальные разрезы [а, б]; общий вид [на с. 89]

1 — алюминиевый профиль; 2 — фиксирующая или опорная прокладка; 3 — резиновый уплотнительный профиль; 4 — герметик; 5 — стяжной винт; 6 — стеклопакет; 7 — термовкладыш; 8 — клееный деревянный профиль



позволяют изменить частоту собственных колебаний остекления и снизить таким образом уровни проникающего шума. Увеличение числа воздушных прослоек, размещение звукопоглощающего материала в перфорированных распорных рамках по периметру стеклопакета позволяют дополнительно повысить звукоизоляцию стеклопакетов. Лучшие образцы звукоизоляционных стеклопакетов имеют





Витрина со стеклопакетом в переплете из стальных профилей. Вертикальный разрез

1 — стеклопакет; 2 — герметик; 3 — раствор; 4 — конопатка; 5 — стальной профиль; 6 — подоконный камень; 7 — крепежный уголок

звукоизоляционную способность порядка 40—45 дБ.

Увioletовые, ударопрочные и безопасные стеклопакеты, изготовленные из uvioletового, закаленного стекла и стекла триплекс, широко применяются в зарубежной строительной практике.

Наша промышленность выпускает в настоящее время клееные стеклопакеты из оконного, витринного, теплопоглощающего и закаленного стекла толщиной от 3 до 6 мм довольно широкой номенклатуры, предназначенные в основном для применения в общественных и промышленных зданиях. Оконные стеклопакеты выпускаются длиной от 1500 до 1900 мм и шириной от 700 до 1300 мм. Витринные стеклопакеты могут достигать размеров 2950 × 2950 мм. Для остекления окон и фонарей промышленных зданий выпускают стеклопакеты широкого ассортимента размерами от 460 до 1720 мм в длину и от 1030 до 1445 мм в ширину.

Высокие эксплуатационные характеристики остекления со стеклопакетами являются следствием хороших свойств самих стеклопакетов (табл. 10).

Стеклопакеты могут применяться во всех случаях когда используется обычное остекление с листовым стеклом или остекление со стеклами, имеющими специальные свойства. Причем вид стеклопакета и конструкцию оконных переплетов следует выбирать в зависимости от климатических особенностей места строительства и задаваемых параметров внутреннего режима помещений. Конструкция и материал оконных переплетов могут быть любыми, однако при применении стеклопакетов в стальных и алюминиевых переплетах следует ориентироваться на использование теплоизоляционных конструкций остекления, включающих теплоизоляцион-

Таблица 10. Основные характеристики однокамерных стеклопакетов, выпускаемых в СССР

Толщина стекла, мм	Ширина воздушной прослойки, мм	Толщина стеклопакета, мм	Максимальная площадь, м ²	Звукоизоляционная способность, дБ	Коэффициент теплопередачи, Вт/м ² ·К
3	18	24	1,5	35,5	3,0
3	20	26	1,5	35,6	3,0
5	18	28	5,0	35,8	3,0
5	20	30	5,0	35,8	3,0
6	18	30	7,5	36,0	3,1

ные прокладки между наружными и внутренними частями обрамляющих элементов.

При устройстве остекления со стеклопакетами особое внимание следует уделять правильному выполнению зазоров между конструкцией переплетов и стеклопакетами, тщательной установке эластичных прокладок, фиксирующих стеклопакеты в необходимом положении, воспринимающих нагрузки от стеклопакета и передающих их элементам конструкции (переплету). Существуют правила установки прокладок, обеспечивающих надежность работы остекления.

В качестве материала прокладок применяют бруски из неопрена, дерево специальной обработки, полимер «агат» или свето-, озоностойкую, морозостойкую резину.

3

Архитектурное творчество и применение стекла



■ Техническая революция на рубеже XIX и XX вв. предоставила строительству новые материалы и конструкции невиданных ранее свойств и возможностей. Стремление к правдивому применению новых материалов и конструкций привело к радикальным изменениям в области технологии формообразования архитектуры. Функциональная и художественная организация пространства во все эпохи составляла смысл архитектурного творчества, но только в XX в. в архитектуре произошли принципиальные перемены в функционально-художественном освоении пространства. Архитектура вступала в новый этап своего развития и новые строительные материалы, явились материально-технической основой рождения современной архитектуры, определили ее характерные черты. Понятие «пространство» заняло в творчестве зодчих центральное место. Сооружения потеряли свою массивность. Масса и объемы конст-

рукции уже не могли соперничать с пространством, которое они ограничивали.

Шагом вперед было утверждение идеи дифференцирования конструкций зданий на несущие и ограждающие, явившейся основным принципом новой архитектуры. Это открыло путь в строительную практику многим индустриальным материалам, в том числе листовым. Появился новый критерий в оценке зданий — материалоемкость, а снижение массы зданий стало одним из прогрессивных направлений строительства.

Стекло, игравшее в прошлые эпохи вспомогательную роль, получает неограниченные возможности применения в строительстве. Смелые идеи, осуществленные с широким использованием стекла, потрясли архитектурное мышление. Стекло начали широко применять. Стекланные сверкающие поверхности стали почти символом новейшей архитектуры. К сожалению, производство новых видов стекла, свойства которых отвечали бы такому повсеместному использованию, значительно отставало, а особенности работы остекления с точки зрения теплотехники, акустики и других аспектов строительной физики и механики мало интересовали архитекторов, что в ряде случаев компрометировало саму идею применения в зданиях больших площадей светопрозрачных ограждений. Появление на мировом строительном рынке значительного числа разновидностей стекол со специальными свойствами и дифференцированием областей их применения было ответом на запросы зодчих.

Настоящее значение роли стекла становится ясным только при рассмотрении всей истории архитектуры, развития ее теории и ее философских аспектов. Однако мы сознательно ограничили анализ и не задерживаемся на достаточно освоенном материале, содержащемся в хорошо известных публикациях. Мы полагаем, что концепции Гропиуса, Мис ван дер Роэ, Ф. Л. Райта, конструктивистская эстетика Ле Корбюзье, позиции Ассоциации новых архитекторов (АСНОВА) и Объединения современных архитекторов (ОСА), теоретические основы советской архитектуры известны подготовленному читателю.

Обилие фактического материала — проектов и построек, осуществленных в СССР и за рубежом, которые могли бы служить иллюстрацией к этой главе, и невозможность проанализировать большинство из них вынудили нас остановиться на примерах, может быть, не бесспорных, но интересных на наш взгляд.

Стекло в архитектуре прошлого

Наиболее древним в архитектуре является направление, использующее декоративные свойства стекла.

На самых ранних этапах развития стекло применялось для декорирования изделий из керамики и камня или для изготовления предметов украшения, в которых стекло имитировало драгоценные камни. Это способствовало успешному развитию технологии изготовления цветных стекол.

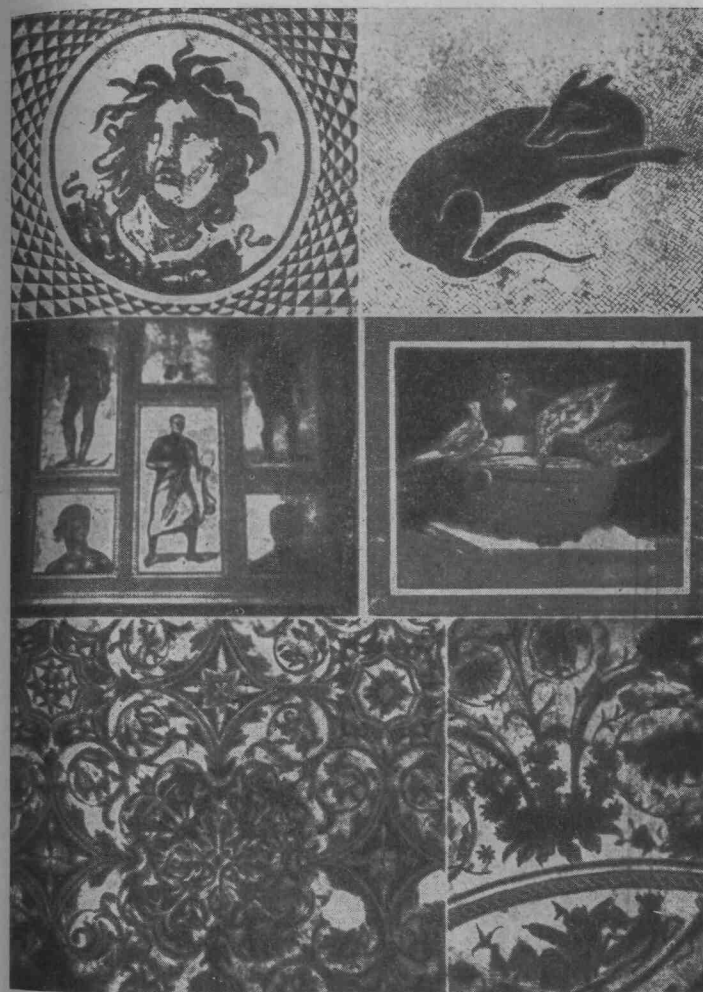
После завоевания римлянами в 1 в. до н. э. древнейших и к тому времени развитых центров стеклоделия — Сирии и Египта производство стекла быстро распространилось на всю территорию империи. Спрос на стеклянные изделия возрастал. Богатства, хлынувшие в Рим со всей обширной завоеванной территории, главным 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 создавали величайшие произведения, используя новейшие приемы и конструкции, с особой пышностью украшая интерьеры. Необычность стекла в эту пору была дополнительным фактором, привлекавшим внимание зодчих. По свидетельству Плиния, стеклянными пластинками декорировали стены, колонны, потолки и полы. Этот период можно считать, по праву, датой рождения стекла как строительного материала.

Особенно широкое распространение получила мозаика. Наиболее ранние образцы мозаики найдены на территории Южной Месопотамии и относятся к IV тысячелетию до н. э. Сохранилась мозаика Красного храма в Уруке (Двуречье, III тысячелетие до н. э.), представляющая собой глиняную обмазку стен, инкрустированную цветными шляпками глиняных конусов. Одна из находок в Кносском дворце, относящаяся к раннему минойскому периоду, указывает на то, что мозаичные работы были известны во времена крито-микенской культуры. В эпоху эллинизма мозаичное искусство достигло высокого уровня. Хорошо известны мозаичные полы домов античных городов Олинфа, Делоса, Приены, Помпеи, замечательные галечные мозаики древнего города Пеллы. В мозаиках, украшавших храмы и дворцы, часто использовались драгоценные и полудрагоценные камни. К этому периоду, который охватывает промежуток с III в. до н. э. до 1 в. н. э., относят начало применения греками смальты и стеклянной мозаики. Цветные стекла не только обогатили палитру давно известного метода декорирования, но и



Римская мозаика

придали ему новые художественные возможности. 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. Каменные материалы остались, пожалуй, только в мозаиках пола. Мозаичное декорирование в дальнейшем распространилось на стены и потолки. В этот период в Египте, входившем в состав монархии Птолемеев, под влиянием культуры и ремесел Греции в стекольных мастерских Александрии начали изготавливать мозаику. От стеклянных прутьев различных цветов отрезали тонкие пла-



стинки, которыми украшали посуду, а значительно позднее — стены и полы зданий. Известны наиболее ранние из стеклянных мозаик, найденные в Нижнем Египте. Во времена Римской империи мозаика стала признанным методом декорирования. Ею украшали бассейны фонтанов, стены терм и нимфеев, полы и стены дворцов и особняков.



Мозаика из церкви Сан-Витале, г. Равенна (Италия). VI в.

С III—IV вв. начали широко использовать смальты, придававшие мозаике глубину цветов, звучность и мерцание тонов благодаря золотому подстилающему слою. В IV—V вв. создаются поразительные по декоративному богатству мозаики; примером могут служить мозаики в ротонде св. Георгия в Фессалониках. Но особенно расцвета мозаичное искусство достигло на территории Византийской империи в V—VI вв. В этот период создаются великолепные мозаики собора св. Софии и Большого дворца императоров в Константинополе, а также церквей г. Равенны на Севере Италии. Византийское влияние сказалось на характере равеннских мозаик — они имеют золотой фон. Мозаики на внутренней поверхности купола так называемого мавзолея Галлы Плацидии относятся к лучшим среди ранних равеннских мозаик.

С IX в. начали бурно развиваться местные школы мозаики. Искусство мозаики распространяется на новые территории. Так, при строительстве Софийского собора и Михайловского монастыря в Киеве в XI в. мозаика была широко использована для отделки. По свидетельству дошедших до нас документов мозаика украшала полы, стены, колонны и своды Софийского собора. После мно-



Мозаика во Дворце пионеров (Киев)

гочисленных войн, грабежей и разрушительных пожаров считалось, что мозаики полностью утрачены и только в конце XIX в. уцелевшие фрагменты были вновь открыты. В Киевской Руси мозаика использовалась для украшения храмов в Новгороде, Переяслав-Хмельницком, Полоцке, Чернигове и др. Раскопки в Киеве (1951 г.) обнаружили мастерские по изготовлению смальты, мозаики, эмалей, стеклянных изделий, относящиеся ко второй половине XI в.

С XII в. бурно развивается венецианская школа мозаики. В этот период создаются мозаики собора св. Марка (XIII—XIV вв.).

Мозаика поднимается на высоту самостоятельного декоративного искусства. История донесла до нас множество великолепных мозаичных произведений. Долговечность стекла позволяет любоваться красотой нестареющих красок.

В наши дни прекрасные мозаики украшают современные здания.

Среди других видов архитектурно-художественного стекла, служащих для облицовки и декорирования интерьеров, можно назвать применяемое издавна зеркальное стекло, листы цветного стекла, стеклянные элементы убранства интерьеров, появившиеся сравнительно недавно стеклянные плиты и плитки и др.

Первое зеркало появилось в Венеции в XIV в., а в XVII в. производство зеркального стекла стало массовым. Его широко использовали для декорирования интерьеров. В XVIII в. цветное и молочно-белое стекло использовалось при отделке помещений.

В конце XVII и начале XVIII вв. венецианская стекольная промышленность начала выпускать люстры из прозрачного стекла. Производство люстр, бра, торшеров, жироделей из стекла и хрусталя особенный размах получило во Франции и России. С начала XVIII в. спрос на такие изделия резко возрос. Архитекторы широко применяли стекло и хрусталь для убранства интерьеров. Выдающиеся русские архитекторы использовали стекло для решения самых различных декоративно-монументальных задач, особенно в эпоху классицизма.

В наши дни стекло широко используется для внутренней отделки зданий. Наряду с выполнением утилитарных функций такая отделка, как правило, обладает высокими декоративными качествами, позволяет сделать интерьер более выразительным.

Наиболее значительным направлением применения стекла в строительстве является использование стекла в конструкциях остекления.

Остекление окон впервые применили римляне незадолго до новой эры. Освещение и вентиляция ранних римских домов осуществлялись через дверные проемы, открывающиеся в атриум. Однако уже во времена Римской Республики (VI в. до н. э. — 27 г. н. э.) окна широко применяются в жилых домах, дворцах, общественных зданиях. Появляется первое остекление. Построенные в Помпеях так называемые термы форума (80 г. до н. э.) имели довольно большие остекленные окна. Остекление представляло собой толстое литое стекло с оплавленными краями в бронзовой раме.

При возведении жилых домов и загородных вилл все большее внимание уделялось связи внутреннего пространства с окружающей средой. Внутренние помещения раскрывались на окрестности через галереи, окна, портики или широкие проемы во внутренние дворы с садом, фонтанами и скульптурами.

С распространением нового способа изготовления стекла дутьем появилась возможность получать листы значительных размеров; количество стекла, выпускаемого для строительных нужд, сильно возросло. Стекло прочно входит в строительную практику.

В континентальной Европе, Шотландии и Ирландии развитие окон из дверных проемов шло через двойное использование проема для освещения и прохода в так называемой полудвери. Спустя несколько веков такое совмещение функций возродилось в виде веерообразного окна над дверью и полуостекленных дверей.

Стекло позволило заменить в проемах такие малопрозрачные материалы, как слюда, мрамор, пергамент, алебастр и др. Так, например, в соборах Сан Мартино и Куатро Санти Инкоронати в Риме в оконных проемах были вставлены тонкие плиты мрамора, которые слабо пропускали свет. Распространение стеклоделия в странах Западной и Северной Европы с суровыми климатическими условиями ускорило применение стекла в оконных проемах.

В Европе центры стеклоделия специализировались в основном на производстве оконного стекла. Возникший в Сирии в VIII в. н. э. метод изготовления круглого оконного стекла «кронглас», позволявший получать сравнительно крупные листы стекла, особенно широко был распространен в европейских мастерских. Однако стекло, изготавливаемое в мастерских Западной Европы, по своему качеству было ниже египетского и древнеримского. Оно имело трещины, пузырьки и т. п. пороки; цветовая гамма его была ограничена, а ассортимент изделий был более чем скромный. И только стекольное производство Византии, возникшее еще до римского господства в VI в. до н. э. и достигшее расцвета к IV в. н. э. при императоре Константине Великом, давшем стеклоделам большие привилегии, могло по качеству своих изделий и по мастерству ремесленников сравниться с производствами Египта и Рима. Особенно славилось византийское цветное и золоченое стекло.

В 1688 г. во Франции, а позднее в Англии появился метод получения толстого стекла с помощью литья, которое затем шлифовали вручную. Это стекло использовалось для остекления окон и изготовления зеркал. Способ литья позволил изготавливать листы достаточно большого размера. Переплеты окон постепенно изменяются, приобретая современный вид. Для переплетов используют дерево, камень, гипс, бронзу, сталь. Складывается традиционный способ использования листового стекла — в виде остекления в рамах, заполняющих более или менее широкие и высокие проемы в массивных стенах.

За период, длившийся 19 веков, сменилось несколько архитектурных стилей, окна принимали ту или иную форму, переплеты менялись менее значительно, однако везде окна оставались проемами в массивной несущей (чаще каменной) стене. При этом стеклу отводилось весьма скромное место заполнения световых про-

емов и оно не играло еще доминирующей роли в формировании архитектурного облика фасада зданий.

Романская архитектура, основанная на применении арок и сводов, характерна массивными стенами зданий с небольшими по размеру и редкими окнами, расположенными в глубоких нишах. Освещение внутренних помещений было недостаточным. Пришедший на смену готический стиль утвердил здания, по конструктивной схеме своей схожие с каркасными. Ведущий тип здания в готической архитектуре — городской собор. Городской собор представлял собой величественное сооружение, на строительство и отделку которого расходовались немалые средства. Размеры соборов и богатство отделки служили выражением могущества и богатства городов. С появлением стрельчатых арок и аркбутафов размеры окон значительно увеличились, однако пролет окна определял высоту этажа. В соборах высота этажа могла быть значительной, но в гражданских зданиях окна оставались узкими и небольших размеров.

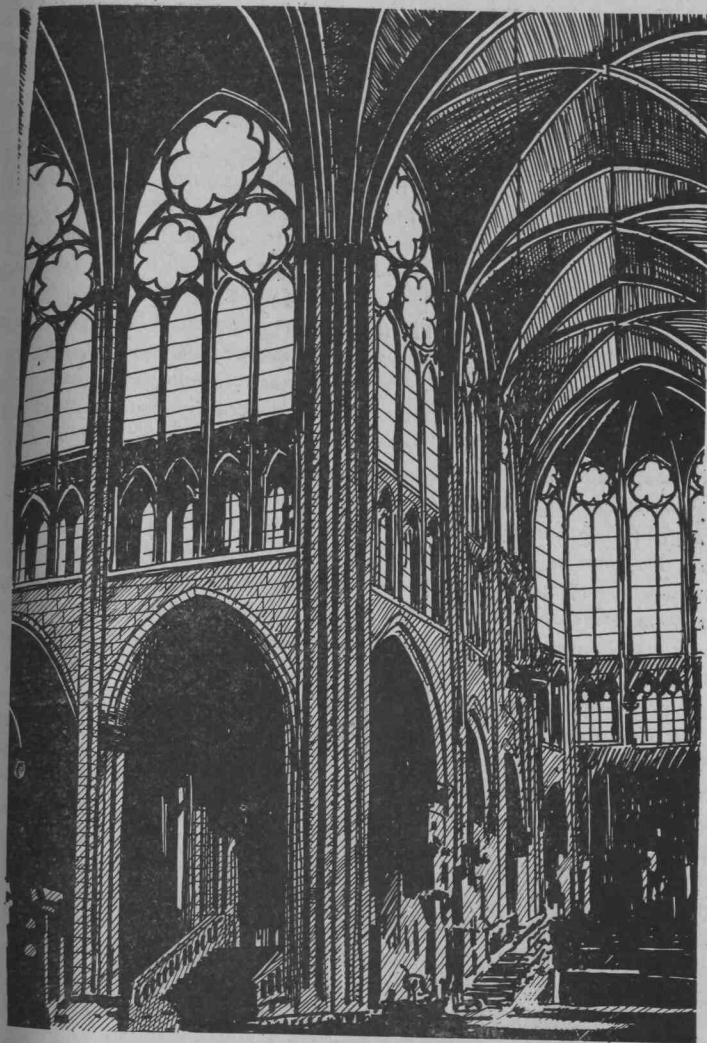
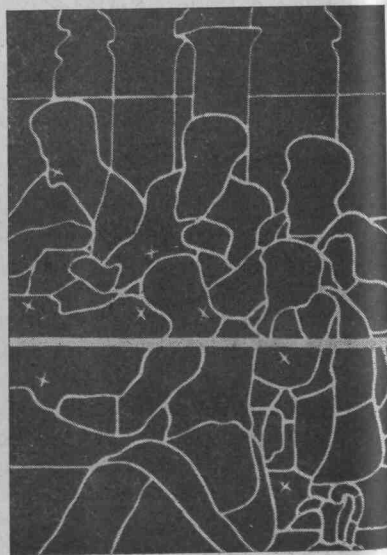
Особое место в архитектуре прошлого занимали декоративные витражи. Они являлись средством психологического воздействия и эстетической организации объемно-пространственной структуры интерьера. Впервые цветные витражи появились в VI в. в Византии, украсив окна собора св. Софии. Витраж представлял собой фрагменты цветного плоского стекла, вырезанные по определенному рисунку и соединенные вместе свинцовым профилем. Стекло для витражей вырабатывалось вначале литьем, а после распространения метода выдувания — цилиндрическим способом. Листы имели толщину около 1 см, поверхность их была неровной и шероховатой, стекло было недостаточно прозрачным. В Средние века ремесленник варил неокрашенное или цветное стекло в керамическом горшке, а затем изготавливал лист стекла с помощью литья или выдувания. Предполагают, что художник присутствовал при варке стекла или выбирал стекло необходимых цветов и оттенков из заранее заготовленного ремесленником. Однако можно предположить, что стекло необходимой гаммы художник варил вместе со своими помощниками. Рисунки и эскизы выполнялись углем на досках, а позднее — на пергаменте. Резка стекла по рисунку осуществлялась следующим способом: стекло нагревали в нужном месте раскаленным металлическим прутом, а затем охлаждали водой, при этом образовывалась трещина. Развивая трещину в нужном направлении, получали стекла необходимых очертаний. Каждый кусок стекла окончательно подгоняли по рисунку с помощью инструмента, который являлся прообразом современного стеклореза.

В X в. стали расписывать витражи керамическими красками. Фрагменты стекла временно скрепляли и прорисовывали основные элементы изображения и детали — такие как лица, складки одежды, руки и т. п. Разрисованные куски стекла обжигали в печи при температуре ниже точки плавления стекла. Свинцовый H-образный профиль выплавляли в витражной мастерской. Готовые куски витража собирали по рисунку. Свинцовая арматура, скрепляющая отдельные куски стекла, чаще всего следует за контуром рисунка (см. с. 104). Стыки свинцового прутка соединяли пайкой с двух сторон. По периметру витраж обрамлял более массивный свинцовый профиль, который прикреплялся к стойкам, поддерживающим витраж в окне.

На протяжении VI—IX вв. техника изготовления витража распространялась в странах Европы. Трактаты Григория Турского и Фортуну свидетельствуют о том, что технология изготовления витражей в VI в. была хорошо известна в Галлии. Особого расцвета витражное искусство достигло в XII в. на территории Франции. Этот период совпал с возникновением в архитектуре новой конструктивной системы, называемой готическим стилем. Наиболее ранним называют витражи церкви аббатства Сен-Дени, относящиеся к началу XII в., «превосходного рисунка и глубоких чистых тонов витражи (преобладают прекрасные синие цвета) дают достаточно света» [21]. Почти во всех крупных городах сооружаются храмы, которые украшаются витражами. Среди них Собор Парижской Богоматери в Париже (1163—1196 гг.), собор в Лане (1180—1220 гг.), церковь Сен-Реми в Реймсе (1170—1181 гг.), собор в Шартре (около 1200 г.), собор в Мане (середина XI — середина XIII вв.), Амьенский собор (1218 гг.), собор в Пуатье (около 1215 г.), собор в Анжере (вторая половина XII в.) и др. Шартрский собор — единственный, в котором сохранились в целостности почти все витражи.

По мере развития готического стиля окна в зданиях становились все больше, изображения же фигур в узких окнах все более вытягивались. Одним из распространенных элементов украшения фасадов готических соборов становится круглое витражное окно — «роза». Однако увеличение размеров окон готических соборов не улучшало освещенность внутреннего пространства, потому что к середине XIII в. витражи выполнялись из интенсивно окрашенных малопрозрачных стекол, а их рисунок был сложным и насыщенным.

К началу XIV в. появляется техника выполнения витражей — «гризайль», при которой вся поверхность бесцветного стекла покрывалась легким монохромным сплошным узором, и уже по нему наносился более интенсивный и более рельефный узор. Дальнейшее развитие готического стиля привело к увеличению размеров



Витраж собора Сен-Дени

Раскладка свинцового прутка витража [Франция]: слева — фрагмент витража XIII в., справа — фрагмент витража XVI в.

окон, при котором стены практически перестали существовать. Стекланные плоскости соборов почти сплошь украшались витражами. Примером может служить Святая капелла в Париже (XIII в.).

Следует назвать наиболее значительные витражи, созданные во Франции в различное время, которые явились основными вехами в эволюции этого своеобразного искусства: «Распятие», «Воскресенье» и «Вознесенье» собора Пуатье, второй половины XII в., витражи церкви аббатства Сен-Дени, «Сошествие св. духа на апостолов» собора в Мане (середина XII в.), витражи собора в Шартре, витражи собора в Сансе (начало XIII в.), витражи из Вуржа (XIII в.), витражи Святой капеллы в Париже (XIII в.) [21].

В Германии живопись на стекле появилась в X в., ко второй четверти XI в. она получила широкое распространение. К одним из ранних относятся витражи Аугсбургского собора, относящиеся к XI в. К XIV в. роспись стекол достигла своего расцвета. В этот период были созданы витражи в окнах Эрфуртского, Кельнского соборов, церкви Кенигсфельден в Ааргау и др. Среди наиболее значительных образцов английских витражей следует назвать окна коллегии Мертон в Оксфорде, относящиеся к XIII в., окна Уэльс-коллегии Мертон в Оксфорде, XIV—XV вв. появились декоративные витражи с изображениями светского содержания, витражи все чаще употребляются в зданиях нерелигиозного назначения. Развивалась и обогащалась техника витража, увеличивалась палитра красок. В середине XVII в. витражное искусство пришло в упадок и возродилось только в начале XIX в.

В Средней Азии и странах Среднего Востока цветные стекла применялись в орнаментированных деревянных или каменных переплетах в жилых постройках, дворцах и храмах с древнейших времен и до наших дней. Цветные витражи в орнаментальном обрамлении являлись органическим продолжением стенового декора. Витражи, выполненные древними зодчими Востока, по своей полихромной гамме существенно отличаются от европейских. В них присутствуют в основном голубые и синие стекла насыщенных тонов с небольшими включениями красных стекол, что создает общую цветовую гамму интерьера в холодных тонах и в сочетании с росписью стен и потолка, выдержанной также в холодных голубых тонах, вызывает ощущение прохлады.

Многообразны функции цветных витражей. Прежде всего они, как и обычное остекление, пропускают свет, защищают от непогоды. С помощью витражей в Средней Азии и Закавказье регулировали освещение и теплопоступление от солнечной радиации. Так, например, летом во дворце Шекинских ханов (Азербайджанская ССР) температура в помещениях с витражным остеклением ниже

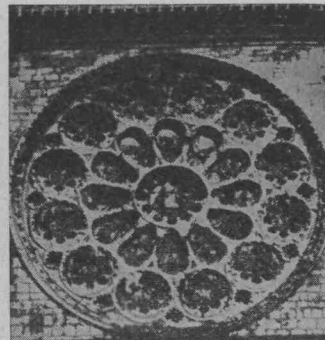
наружных температур на 6—8°С. Витражи, дополняя художественный образ сооружения, играют значительную роль в формировании интерьера. Они являются средством эмоционального и психологического воздействия. Это их свойство было издавна использовано в культовых сооружениях для создания религиозно-мистического настроения. В светских зданиях цветное остекление создавало ощущение прохлады или тепла, компенсируя таким образом недостатки внешней среды.

Бурный рост городов и научно-техническая революция явились мощным стимулом для развития архитектуры XIX—XX в. Внедрение в строительство металла и железобетона, обладающих огромными конструктивными возможностями, позволило принципиально изменить конструкцию зданий и сооружений. На смену массивным каменным конструкциям пришли каркасные, в которых элементы здания дифференцированы на несущие и ограждающие, что привело к значительному снижению массы сооружений.

Но самым значительным следствием широкого использования металла и железобетона следует считать отказ от вековых канонов архитектуры (форм и геометрических размеров элементов зданий и т. д.) В эти же годы 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.

Прогресс в области технологии производства стекла, позволивший архитекторам использовать крупноразмерные стекла для заполнения светопроемов, цветные стекла для отделки фасадов, способствовал тому, что стекло к началу нашего века прочно заняло свое место среди основных строительных материалов.

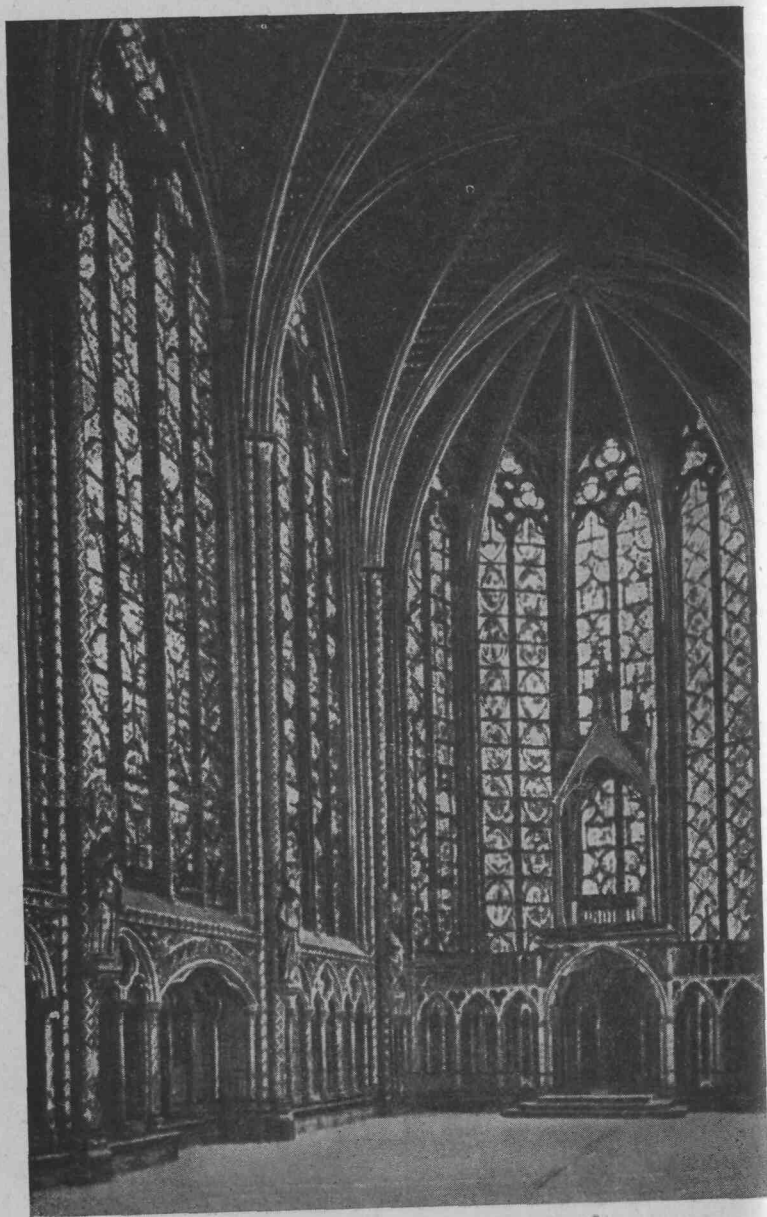
Архитекторы стремятся раскрыть помещения навстречу солн-



Собор в Шартре. Роза королевского портала. XII в.

Святая капелла в Париже. Интерьер. XIII в. [с. 108]

Витраж Аугсбургского собора. XI в. [с. 109]



цу, заменить глухие массивные наружные ограждения и внутренние перегородки легкими, а при необходимости и прозрачными ограждениями из стекла. Ленточные светопроемы и витражи, расчлененные тонкими элементами конструкций остекления, создают впечатление, что пространство, заключенное внутри помещения, как бы переходит во внешнее пространство и тем самым объединяется с ним.

При возведении зданий и сооружений, отличающихся необычными архитектурными формами, стекло начинает выступать в союзе с такими новыми строительными материалами, как стальные профили и железобетон.

Во Франции из металла и стекла в 1829—1833 гг. был сооружен купол Палаты депутатов, в 1829—1930 гг. построена Орлеанская галерея (архит. Фонтэн), возведены Северный вокзал, здания рынков. В Англии строятся крупные вокзалы: в 1850 г.—Кинг-Кросс (архит. Л. Кьюбитт), в 1854 г.—Паддингтонский (архит. Брюнель—младший), в 1860 г.—Сен-Панкрас. Выстроенное в 1851 г. на Лондонской выставке по проекту Д. Пэкстона выставочное здание Кристалл-Палас из стекла и металла открывало новые пути в архитектуре того времени. В этом здании стекло впервые явилось элементом конструкции наружных ограждений и определило архитектурный облик всего сооружения.

Появляются жилые дома, предвосхищающие архитектуру современных жилых зданий. Так, жилой дом, построенный О. Вагнером в начале XX в. в Вене, отличался равномерно расположенными окнами с большими остекленными поверхностями, горизонтальными створками окон и легкими опорами.

Интенсивное развитие промышленности потребовало создания совершенно новых производственных зданий, возводимых из монолитного железобетона в сочетании с большими поверхностями остекления на фасадах. Таковы здания фабрик, построенных П. Беренсом в 1909 г. в Берлине, И. Бринкманом в Роттердаме в 1929 г., и многие другие.

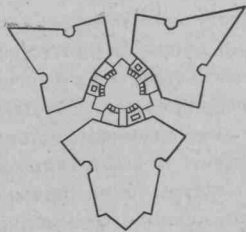
В 1911 г. архитектор В. Гропиус в Альфельде-на-Лейне строит фабрику «Фагус» — каркасное здание, в котором стены впервые освободились от функции несущего элемента и выполняли роль защиты внутренних помещений от внешних воздействий. Это было прямым результатом растущего преобладания прозрачной части объема над массивом, причем структурная роль стекла приобретает всевозрастающее значение. Разделение конструкций на несущие и ограждающие позволило расширить выбор материалов для строительства. Стало возможным применить для ограждающих конструкций листовые материалы, изготовленные в заводских ус-

ловиях. Листовое стекло заняло среди них одно из ведущих мест. Каркас из железобетона и металла позволил получить просторные светлые интерьеры, ширина окна практически стала неограниченной, высота этажа — независимой от ширины проемов. Сочетание огромных остекленных плоскостей с несущим ажурным остовом создавало интересный художественный эффект. К этому времени уже стала очевидной утрата связи архитектуры с ее прежней конструктивной основой. Необходимо было создать архитектуру, основанную на новых материалах и конструкциях.

В 1919 г. тогда еще молодой архитектор Мис ван дер Роэ провозгласил: «Проблема, стоящая перед нами, заключается... в революционных преобразованиях самой сущности строительной индустрии. Все элементы здания будут создаваться в заводских условиях: работа на строительной площадке ограничится монтажом... Тогда-то новая архитектура и вступит в свои права» [25]. Новая конструктивная основа — каркасное здание — позволяла осуществить это. Свои новаторские идеи Мис ван дер Роэ вложил в серии проектов, которые, несмотря на то что не были воплощены в жизнь, оказали огромное влияние на развитие современной архитектуры. Два из них создали новый образ в архитектуре — высотное каркасное здание с ограждениями из стекла. Первый проект — небоскреб в Берлине (1919 г.) имел план в виде трехчастного кленового листа, три башни которого соединялись центральным транспортным ядром. Второй проект — небоскреб с планом, подобным формам живой клетки (1921 г.). Это была одна из первых попыток исследовать архитектурно-строительные свойства ограждений из стекла.

Пластику здания со стеклянными ограждениями невозможно выявить с помощью светотени — приема, характерного для архитектуры прошлого. Используя рефлектирующие свойства стекла, Мис ван дер Роэ превратил плоские фасады небоскребов в гигантские зеркала, отражающие окружающий пейзаж. Таким образом, архитектура получила новое выразительное средство, которое по своим изобразительным возможностям сродни живописи. В последующем архитекторы широко используют это новое свойство современных зданий.

В 1922 г. Мис ван дер Роэ выполняет проект административного здания в железобетоне — пример решения архитектуры железобетонного каркаса с заполнением из стекла. Глухие участки навесного стенового ограждения были выдвинуты далеко вперед по отношению к ленточному остеклению. Благодаря такому приему здание из железобетона воспринималось легким. В этом проекте, как и в двух предыдущих, было осуществлено разделение несущих



Административное здание на Фридрихштрассе, Берлин. Проект, 1919 г., архит. Мис ван дер Роз. План, коллаж Мис ван дер Роз

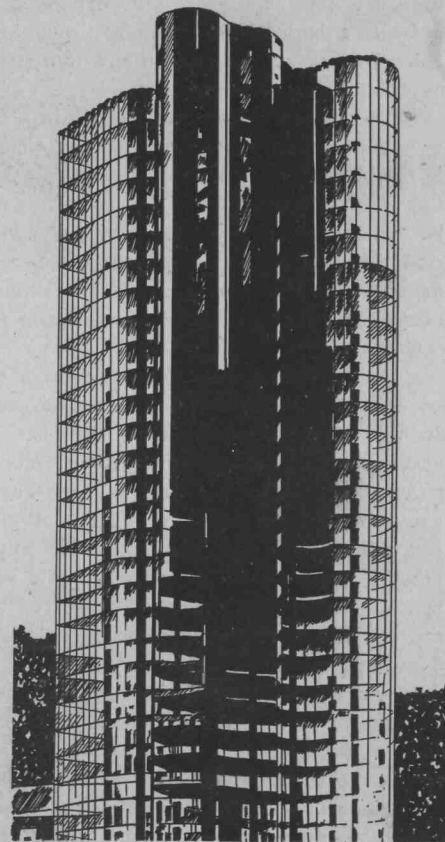
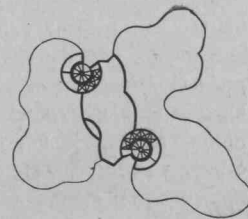


щего каркаса и ограждения, ставшее впоследствии одним из основных принципов современной архитектуры. Эта концепция наиболее полно выражена в комплексе зданий Баухауз (Дессау), спроектированном В. Гропиусом в 1926 г. Здесь окна предстали в новом качестве — в виде сплошного светопрозрачного ограждения, ограниченного узкими непрозрачными участками только в верхней и нижней частях здания. Стены крепятся к несущему каркасу консольно, с наружной стороны. Прозрачность ограждений дает возможность одновременно видеть интерьер и экстерьер. В таком здании происходит как бы взаимное проникновение внутреннего и наружного пространств.

В последующем В. Гропиус в проектах частных домов, вилл, административных зданий совершенствовал принципы архитектуры, широко использующей стекло и металл.

Значительным вкладом в создание новой архитектуры был павильон Германии на Международной выставке в Барселоне, созданный Мис ван дер Роз в 1929 г. Павильон был поставлен на монументальный цоколь с двумя бассейнами, облицованными чер-

Высотный дом из стекла. Проект, 1921 г., архит. Мис ван дер Роз. План, макет



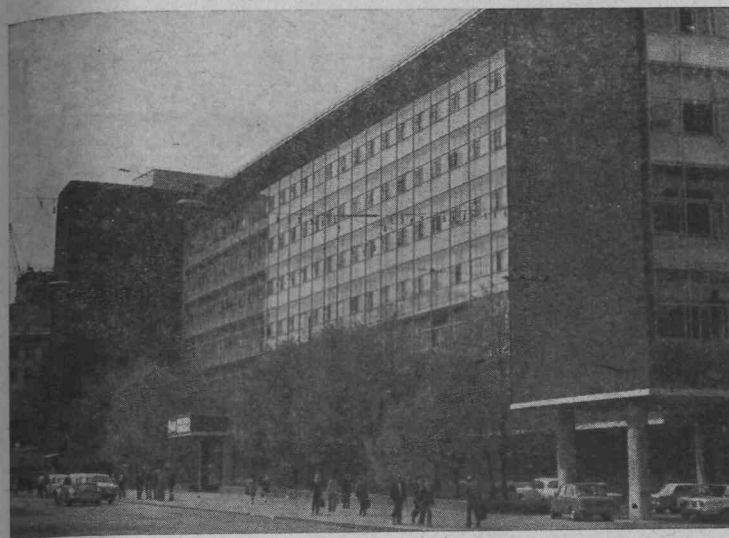
ным стеклом. Плита покрытия опиралась на асимметрично расположенные, отдельно стоящие отрезки стен и два ряда крестообразных хромированных стоек. Перегородки из прозрачного, дымчато-серого и бутылочного цвета стекла, и две плоскости из травленого стекла с внутренним подсветом образовали светящуюся стену. Свободный план, исключаяющий замкнутые помещения, и применение стекла создают эффект непрерывного течения пространства через интерьер. В любой точке интерьера воспринимается всё сооружение в целом. Барселонский павильон явился реальным воплощением конструктивной архитектуры. Принципами адекватности конструкций и архитектуры руководствовалось не одно поколение архитекторов.

Для широкого применения стекла в архитектуре особенно много в практическом и теоретическом плане сделал Ле Корбюзье. В своих известных «пяти тезисах», посвященных, в частности, свободному оформлению фасада, он подчеркивает, что фасад теряет несущие свойства и окна могут тянуться на любую длину без прямой зависимости от внутреннего членения здания. Окна становятся ленточными. Исчезают простенки и оконные коробки, и помещение освещается равномерно и значительно интенсивнее, чем при обычных окнах.

Ле Корбюзье считал, что двери и окна в основном определяют архитектуру здания. «История архитектуры — это история борьбы за свет, борьбы за окна»; «Вся история архитектуры вращается исключительно вокруг стенных отверстий» — писал он в своих работах [4]. Поэтому окно для него является одним из важнейших элементов. Чаще всего его дома имели окна, протянутые вдоль всего фасада, от одного конца до другого. Ле Корбюзье считал стекло идеальным материалом для наружных ограждений. Он представлял себе эстетику новых городов в сочетании кварталов города-сада и открытого, далеко уходящего неба. Мысленно приближаясь к такому городу будущего, он видел как «смягченные лазурью встают отдаленные небоскребы с их стенами — геометрическими плоскостями, сплошь из стекла. В стеклах, покрывающих их фасад сверху до низу, сияет лазурь, играет небо. Ослепительное сверкание. Огромные, но лучезарные призмы» [4].

Теоретические принципы новой архитектуры Ле Корбюзье воплотил в проектах и зданиях. Одним из памятников архитектуры, созданных выдающимся архитектором, является, в частности, административное здание на ул. Кирова в Москве.

Важнейшим элементом нового строительного искусства считал окно и А. Люрса. Он писал: «Окно является одним из кардинальных элементов дома. Закрытое или раскрытое, оно одинаково

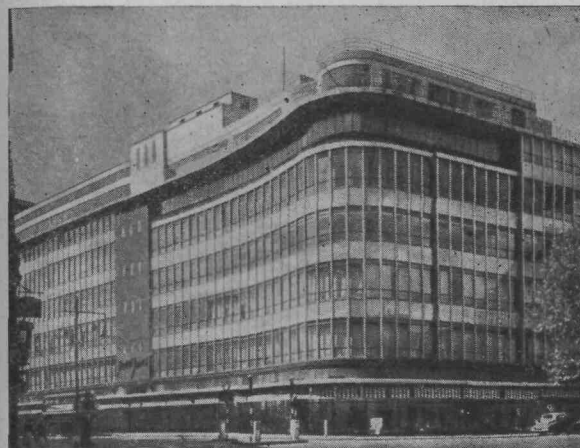
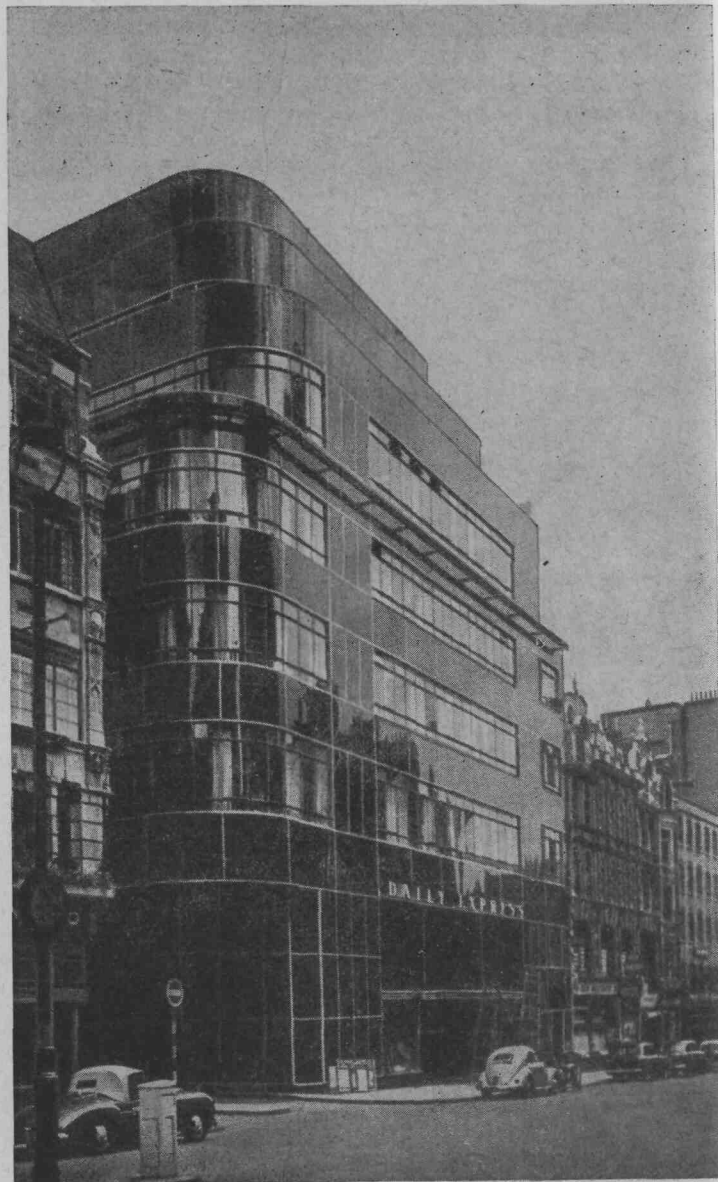


Административное здание. Москва. Архит. Ле Корбюзье, 1935 г.

служит проникновению в жилище света и солнечных лучей. В нем как бы воплощаются источник жизни дома и связь между внутренним и наружным пространством». Говоря о композиционных и конструктивных особенностях зданий с большими поверхностями остекления, он отмечал, что «стекло, вделанное в открытую поверхность стены, будучи укреплено лишь балками и стойками конструкции, может заменить настоящую стену; пространство, заключенное внутри помещения, получает как бы продолжение наружу, переходит во внешнее пространство и тем самым увеличивает собственные размеры» [4].

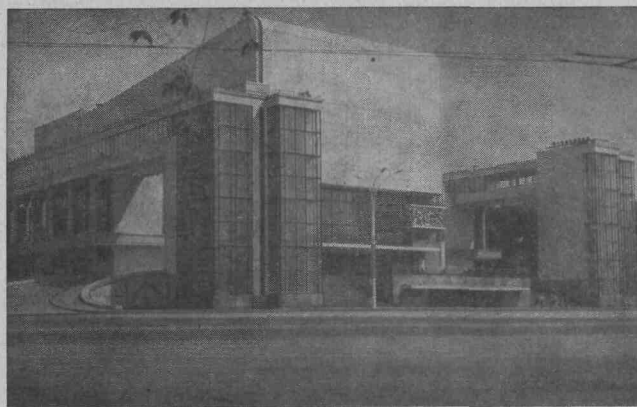
В 30-е годы широкое признание завоевывает прием, когда в зданиях используются большие ленточные светопроемы со сплошными ограждениями из стекла. Стекланные поверхности являются в этих зданиях основным архитектурным мотивом.

После осуществления ряда удачных проектов, где остекление занимало значительную площадь ограждений, появляются здания со сплошными стеклянными ограждениями. Наряду с прозрачным бесцветным стеклом используют цветное, а также стекло с цветными непрозрачными покрытиями, в том числе эмалированное. Конструктивной основой таких зданий был каркас с навесными



Архитектура 30-х годов:

слева — здание «Дейли Экспресс», Лондон, 1933 г. (архитекторы Эллис и Кларк, конструктор Е. О. Уильямс). Упрочненное черное стекло; вверх — торговое здание «Питер Джонс», Лондон, 1936 г. (архит. У. Крэбтри). Листовое стекло и полированные стеклянные плиты; внизу — административное здание на Б. Садовой улице в Москве, 1928—1933 гг. (архит. А. Щусев); на с. 118 вверх — административное здание на улице Кирова в Москве. 1927 г., (архит. Б. Великовский); внизу — драматический театр им. Горького в Ростове-на-Дону, 1930—1935 гг. (архит. В. Шуко)



ограждениями. Зданиям со стеклянными ограждениями был присущ некоторый типичный облик, характерными элементами которого являлись скругленные углы.

В нашей стране в 20—30-е годы разворачивается бурное строительство общественных зданий: рабочих клубов, Дворцов культуры, театров, фабрик-кухонь и т. д. Формируются новые типы зданий и сооружений.

Характерными сооружениями этого периода являются рабочие клубы: им. Русакова (архит. К. Мельников), им. Зуева (архит. И. Голосов), Дворец культуры автозавода им. Лихачева (архитекторы

братья Веснины); здания редакции газеты «Правда» (архит. П. Голосов), «Известия» (архит. Г. Бархин), Дворец печати в Баку (архит. С. Пэн), почтамт в Харькове (архит. А. Мордвинов), театр в Ростове-на-Дону (архит. В. Шуко), здание Центросоюза, Дом промышленности (архит. И. Леонидов). Архитектурная критика, оценивая построенные за этот период общественные здания, признавала, что наряду с удачными проектами «наблюдалось механическое применение некоторых приемов новой архитектуры, увлечение «стекломанией» независимо от действительной потребности функционального процесса здания и его климатического окружения и т. д.» [10]. Однако значение этих зданий в формировании нового архитектурного сознания огромно.

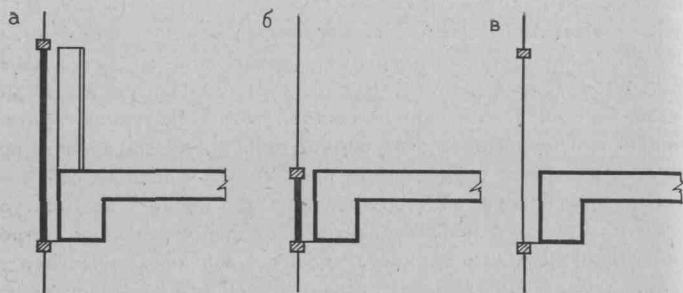
Дальнейшее развитие конструкций зданий с навесными ограждениями существенно изменило характер их архитектуры. Появляются здания с кристаллически четкими объемами, в которых выявлена каркасная структура. Технические приемы предстают здесь как средства эстетической выразительности.

Светопрозрачные ограждения и архитектура зданий

Рассматривая взаимосвязь и взаимовлияние материала, конструкции и архитектурной формы в современном архитектурном творчестве, не будем касаться этапов развития советской и западной архитектуры. Существует обширная литература по истории архитектуры [10, 13, 35]. Примеры, иллюстрирующие роль стекла в композиции здания, взяты из отечественной и мировой практики вне зависимости от принадлежности архитектуры здания к тому или иному стилистическому направлению. Такой подход может вызвать возражения. Однако, как нам кажется, он оправдан в рамках нашей узкой задачи показать собственно роль и возможности материала.

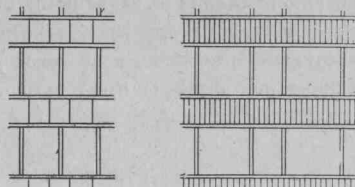
Итак, к середине XX в. новая архитектура стала признанным фактом. Когда говорят о ее революционности, то справедливо отмечают не только конструктивно-тектоническое своеобразие резко порывающее с художественными традициями архитектуры прошлого, но и новаторство в области формообразования.

Выдающийся мастер современной архитектуры, итальянский зодчий Нерви писал: «Техника открывает источник почти безграничных стилистических возможностей, конструктивных и функциональных, которые сами по себе невыразительны, но становятся ярчайшими инструментами архитектоники во всех тех случаях,



Схемы навесных стен с применением стекла в современных зданиях

а — с глухими подоконными участками; б — с глухими участками в пределах примыкания перекрытий; в — полное остекление стены



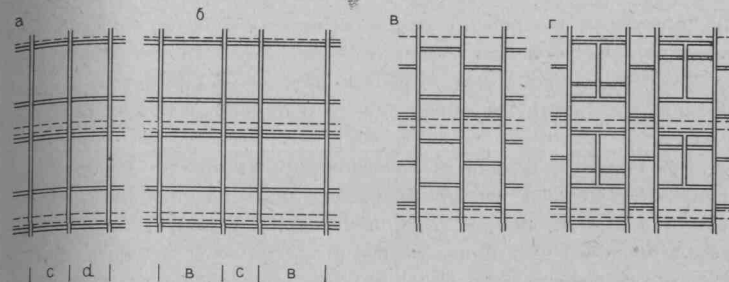
Членение фасада при наличии подоконных стенок

когда они оживляются чувством композиции, гармонии и пропорции, а также заботой о деталях» [46].

Первоосновой современных зданий стал конструктивный каркас. Для современной архитектуры он имеет такое же значение, как стоечно-балочные конструкции для древнегреческой, а свод и арка — для древнеримской архитектуры. Дифференцирование конструкций зданий на несущие и ограждающие открыло путь в строительство большому числу новых материалов: профильному алюминию, легким утеплителям, листовым облицовкам — упрочненному стеклу, эмалированной стали, алюминию, асбестоцементу и др. Существенно обогатился арсенал архитектурно-выразительных средств.

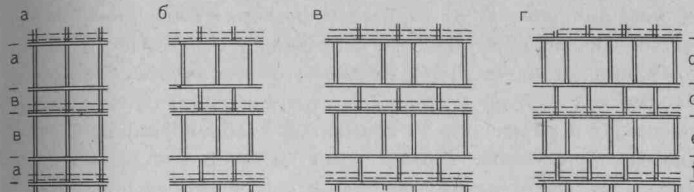
Индустриальные методы изготовления этих материалов позволяют получить геометрические формы, поверхности, грани и сочленения чрезвычайно высокого качества, что, в свою очередь, подняло на новую ступень эстетические качества ограждающих поверхностей.

Стилевой облик современных сооружений формируют конструктивные приемы, среди которых значительное место отведено структуре несущих элементов, выявленных на фасаде, и стеклянным



Примеры членения фасадов при вертикальном расположении основных элементов фахверка

а — при одинаковом шаге вертикальных элементов каркаса; б — при переменном шаге вертикальных элементов каркаса; в — не отвечающее структуре навесной стены; смещение положения горизонтальных элементов каркаса; г — не отвечающее структуре навесной стены, чисто декоративное членение поля между основными вертикальными элементами каркаса



Варианты членения фасадных поверхностей с горизонтально расположенными основными элементами фахверка

а — членение рядов с окнами и подоконных участков совпадают; б — членение рядов с окнами и подоконных участков взаимосмещены; в, г — произвольное членение рядов с окнами и подоконных участков

ным плоскостям. Геометрически четкие объемы сооружений и гигантские рефлектирующие поверхности остекления характеризуют международный архитектурный стиль. Сплошное остекление фасадов общественных зданий стало обычным архитектурным приемом. Вряд ли следует доказывать, что архитектору необходимо знать о влиянии применяемых конструктивных решений, выбранных материалов и технических средств на облик здания. Нельзя свободно выражать свои творческие замыслы, игнорируя основу архитектуры — конструкции.

В современной архитектуре утвердилось три типа навесных стен с применением стекла: с глухими участками выше перекры-

тий; с глухими участками в пределах примыкания перекрытий; полное остекление стены.

Глухие участки стены являются одним из элементов, определяющих архитектурный облик зданий и подчеркивающих тектонику фасада.

Как правило, здания с ограждениями из стекла имеют либо гладкий, лишенный выступов, фасад, либо пластически разработанный с выступами или углублениями. К первому типу относится фасад здания ООН, примерами второго могут служить фасады известного сооружения Министерства образования в Рио-де-Жанейро, здания компании «Пэн Америкэн Лайф Иншурэнс» в Нью-Орлеане, главным мотивом фасада которого является глубокая решетка солнцезащитных экранов.

Выявление конструктивной системы стало одним из популярных, широко распространенных приемов решения фасадов здания. При этом могут доминировать вертикальные или горизонтальные членения, или же рисунок в виде решетки. Размеры и форма сечений несущих элементов каркаса и фахверка ограждений играют существенную роль в облике современного каркасного здания, поэтому при решении чисто архитектурных вопросов возникает необходимость в знании характера работы конструкции, усилий, возникающих в различных ее элементах, особенностей применения выбранных материалов. Вертикальный характер членения фасадов соответствует фактическому действию сил. Вертикальное расположение воспринимающих нагрузки элементов каркаса стен выгодно с точки зрения назначения сечений профилей. Примеры членения фасадов при вертикальном расположении основных элементов каркаса стены показаны на с. 121. При каркасе в виде правильной решетки из элементов одинакового сечения обычно предусматривается дополнительное усиление основных элементов или же значительное увеличение размеров второстепенных.

Горизонтальное расположение несущих элементов каркаса встречается довольно редко. Для такого решения необходимо, чтобы горизонтальные элементы крепились к колоннам несущего каркаса здания. Расположение горизонтальных основных элементов обычно увязывается с верхом подоконных участков стены и низом конструкций перекрытий. Поля между горизонтальными элементами могут быть расчленены и обработаны в любой манере. Однако шаг несущих колонн при этом должен быть небольшим — не более 3 м. При шаге более 3 м предусматриваются промежуточные стойки или консольные конструкции для крепления горизонтальных элементов на уровне подоконника и междуэтажных перекрытий.

При наличии подоконных стен, выложенных на перекрытиях или смонтированных из панелей, отпадает необходимость в вертикальных элементах в пределах подоконных участков, получают характерные горизонтальные членения, при которых основным мотивом выступают подоконные пояса.

Навесные стены с применением стекла весьма разнообразны по своему внешнему облику. Количество вариантов членения фасадных плоскостей огромно. Среди изменяемых параметров: пропорции членения, соотношения глухих и прозрачных участков, цвет остекления и глухих участков, наличие солнцезащитных экранов и др.

В результате последовательного совершенствования элементов здания качественно меняется характер конструкций каркасных зданий: они превращаются в изделия полной заводской готовности. Для каркаса и фахверка используются специальные экономичные профили заводского изготовления, в остеклении все шире применяются более современные виды стеклянных изделий и новые виды стекла со специальными свойствами. Многие виды прозрачных стекол со специальными свойствами имеют едва заметный цветной оттенок или окрашены более интенсивно, некоторые из них обладают высокой отражательной способностью. Все это обогащает палитру архитектора. Особая роль принадлежит цветному облицовочному стеклу. Благодаря ему архитектор получил возможность использовать широкую цветовую гамму, не ограничиваясь цветом натуральных материалов. Практически не ограничена цветовая гамма стемалита и окрашенного шлакоситалла, прочностные свойства которого позволяют применять этот материал в виде крупных листов и крупноразмерных изделий.

Среди многочисленных примеров использования в фасадах стемалита — здания СЭВ, Московского городского аэровокзала, торговые здания комплекса на Калининском проспекте, здания проектных и научных институтов в Москве и др.

Основным архитектурным мотивом высотной части комплекса СЭВ (архитекторы М. Посохин, А. Мндоянц и др.) являются плоскости фасадов, заполненные прозрачным и отделочным стеклом. Сплошной витраж, состоящий из горизонтальных лент оконного стекла и стемалита, представляет собой главный фасад здания института Гидропроект (архит. Г. Яковлев). Иной прием решения фасада использован архитекторами в многоэтажном здании проектных институтов на проспекте Вернадского в Москве. Здесь ленточное остекление в металлических переплетах чередуется с глухими подоконными панелями, создающими определенный ритм в членении фасадов.



Здание Совета экономической взаимопомощи в Москве

В этих зданиях, так же как в здании гостиницы «Штадт Берлин» в Берлине, композиционное решение строится на контрастном сочетании высотных подчеркнуто легких и прозрачных объемов и низких более материальных и пластичных стилобатов. Ритм, пропорции членения, соотношение глухих и прозрачных участков создают их индивидуальный облик.

Примером активной роли цвета, введенного в композицию фасадов, может служить ансамбль Московского городского аэровокзала (архит. Д. Бурдин). Интенсивный цвет стемалитовых панелей в сочетании с серебристыми алюминиевыми переплетами придает этому зданию яркую индивидуальность. Стекланные плоскости опе-



Здание института Гидропроект

рационных залов широко раскрывают интерьеры внешнему пространству, превращают их в продолжение площади.

Пластическое решение стеклянных фасадов принято в здании Приморского краевого драматического театра во Владивостоке и в крупнейшей гостинице «Россия» в Москве (архит. Д. Чечулин). Архитектурный облик ее строится с помощью непрерывных рядов стеклянных эркеров. Первые три этажа, выделенные горизонтальными полосами лоджий и сплошных рядов остекления, уравнивают композицию и одновременно контрастируют с высотной частью.

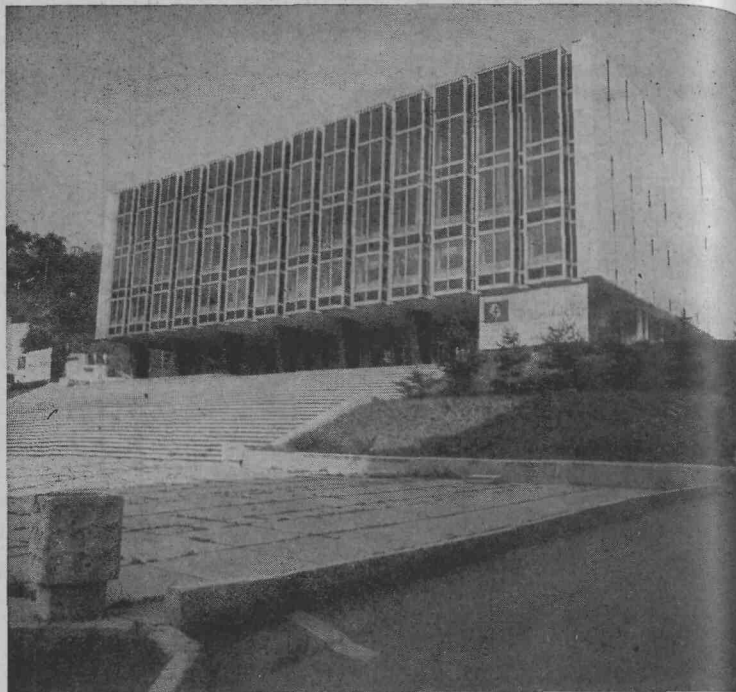
Единое пластическое решение фасадов павильона СССР на Всемирной выставке в Брюсселе 1957 г. (архитекторы Ю. Абрамов,



Здание проектных институтов Госстроя СССР в Москве на проспекте Вернадского

Гостиница «Штадт Берлин» в Берлине (ГДР)



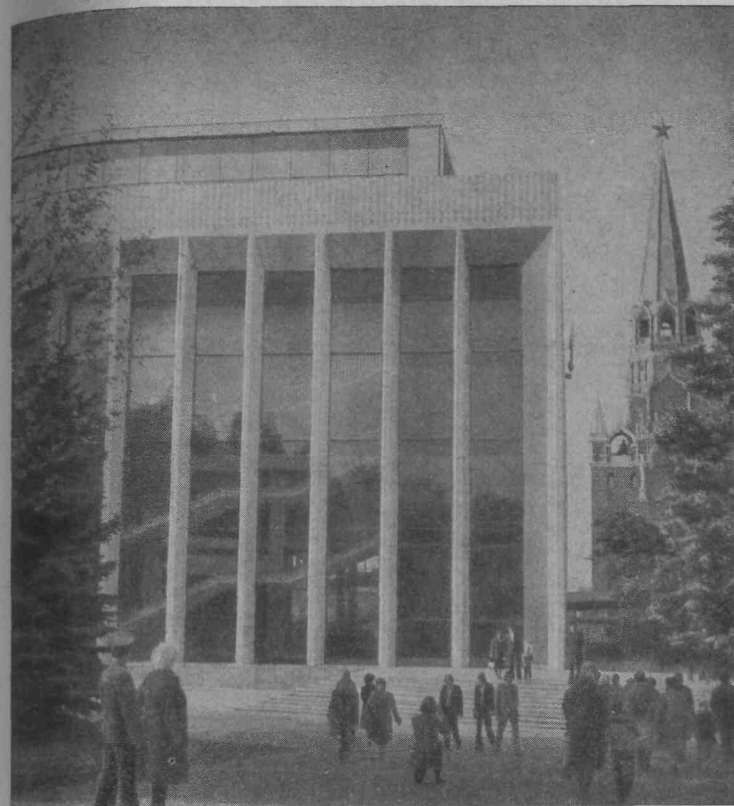


Приморский драматический театр во Владивостоке

Кремлевский Дворец съездов в Москве

А. Полянский и др.) в виде рифленых стеклянных поверхностей создавало впечатление легкого и монументального здания.

Соотношение глухих и остекленных участков стен во все времена было одним из приемов придания зданию архитектурной выразительности, но только сейчас его возможности стали поистине огромны. Так, в Кремлевском Дворце съездов (архитекторы М. Посохин, А. Мндоянц, Е. Стамо) облик здания создается ритмом крупномасштабных белокаменных пилонов и остекления между ними. Контраст между светлыми пилонами и темным зеркальным остеклением, в котором отражается панорама Кремля, является важным в восприятии здания. Заглубление остекления по отношению к линии пилонов позволяет с разных точек прилегающей пло-



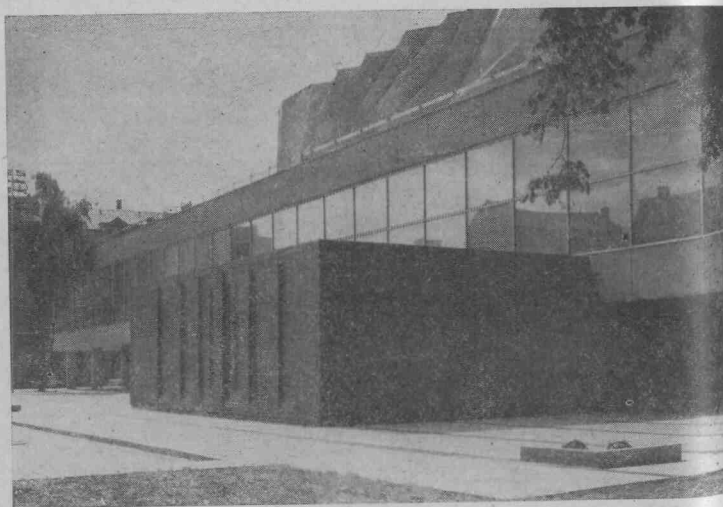
щади воспринимать объем Дворца как массивный и материальный или, наоборот, более легкий и прозрачный. Основная идея проекта — связь помещений с внешним архитектурным окружением осуществлена благодаря сплошному остеклению наружных стен. Кремль как бы включен в интерьеры Дворца.

Контраст между большими поверхностями стекла и светлыми плоскостями стен и пилонами является основным композиционным мотивом фасадов «Дворца республики» в Берлине (ГДР).

Стеклянные поверхности помогают выявить активную пластическую разработку форм зданий. Эти приемы используются вне зависимости от типологической принадлежности объектов. Примером тому могут служить новое здание ТАСС (архит. В. Егерев и др.)



Дворец республики в Берлине (ГДР)



Художественный театр им. Райниса в Риге

и здание фундаментальной библиотеки Академии наук СССР в Москве (архитекторы Л. Белопольский, Е. Вулых, Л. Мисожников).

Контрастное сочетание глухих объемов и участков остекления лежит в основе композиционного построения здания Художественного театра им. Райниса в Риге (архитекторы Э. Кандерс, М. Станя и др.) и Дворца художественных выставок в Вильнюсе (архит. В. Чеканаускас). Это значительное произведение советской архитектуры представляет собой поднятый на колонны лаконичный массивный объем, скомпонованный из нескольких прямоугольных массивных частей с узкими прорезами вертикальных окон. Сплошное остекление галереи первого этажа глубоко отступает от плоскости верхнего объема. Жизнь улицы как бы сливается с интерьерами галереи первого этажа. Контраст остекления нижней части здания и глухих объемов, располагаемых над ним, ритм освещенных и затененных плоскостей фасадов определяют высокие достоинства архитектуры Дворца художественных выставок. Стеклоянные ограждения позволили широко раскрыть выставочные залы во внутренние дворики для экспозиции под открытым небом.

Стремление создать впечатление легкости, невесомости, парящих козырьков и объемов второго этажа, открыть вестибюли и фойе в окружающую среду, сделать их как бы продолжением улицы — один из излюбленных приемов в проектировании некоторых зрелищных сооружений. Всем известны типовые кинотеатры со стеклянными витражами в фойе, наши крупнейшие кинотеатры в Москве «Октябрь» и «Россия», кинотеатр «Беларусь» в Бресте. Перекрытие в виде единой плиты над сплошной лентой остекления вестибюля и фойе при вечернем освещении создает впечатление свободно парящей конструкции.

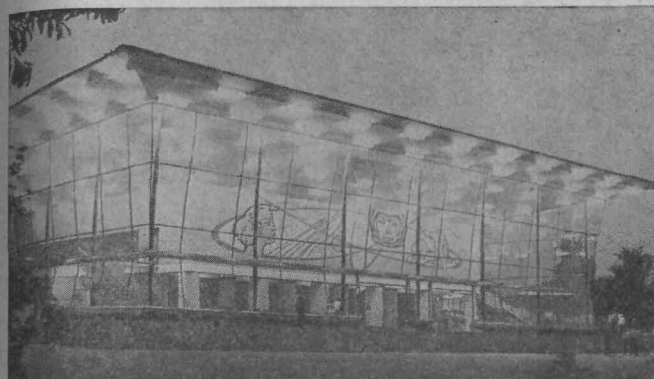
Стекло находит широкое применение в центрической композиции зданий цирков в Сочи, Москве и других городах.

Говоря о новаторском формообразовании в архитектуре, нельзя не отметить так называемые «висячие здания». Они появились в результате применения новых материалов и новых конструктивных схем. По своей структуре они подобны дереву. На несущий остов, расположенный по центру здания, подобный древесному стволу, нанизаны объемы этажей. Площади этажей значительно превосходят сечение несущего основания. Отсутствие опор по периметру здания и наружные стены, часто не достигающие до земли, создают впечатление парения здания, его невесомости. В качестве примера можно привести здание фирмы «BM W» («Мюнхен, ФРГ»), стены которого смонтированы из алюминиевых панелей, заполненных легким сотовым утеплителем и солнцезащитными стеклопакетами, и здание гостиницы «Будапешт» в Будапеште.



Стекло в зданиях кинотеатров

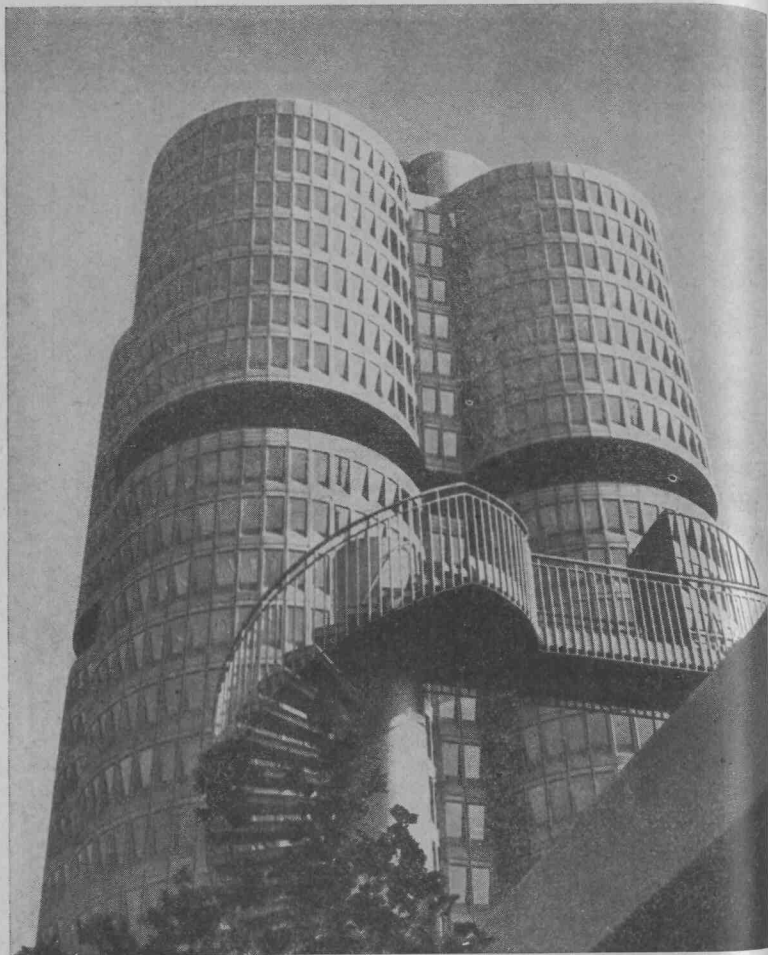
«Октябрь» в Москве; «Беларусь» в Бресте; «Спутник» в Сочи (с. 133, вверху)



Новое здание Госдизтра в Москве

Важное свойство стекла — ограждать помещение от атмосферных и других воздействий, сохраняя при этом визуальную связь с окружающей средой, — является причиной его широкого применения в зданиях самого различного назначения. Приведем лишь некоторые примеры.

Стекланные ограждения корпусов детских здравниц «Новый Артек» имени В. И. Ленина в Крыму и «Орленок» под Туапсе широко раскрывают помещения навстречу солнцу, воздуху, живописному природному окружению.



Административное здание фирмы BMW в Мюнхене (ФРГ)

Гостиница «Будапешт» в Будапеште (ВНР)





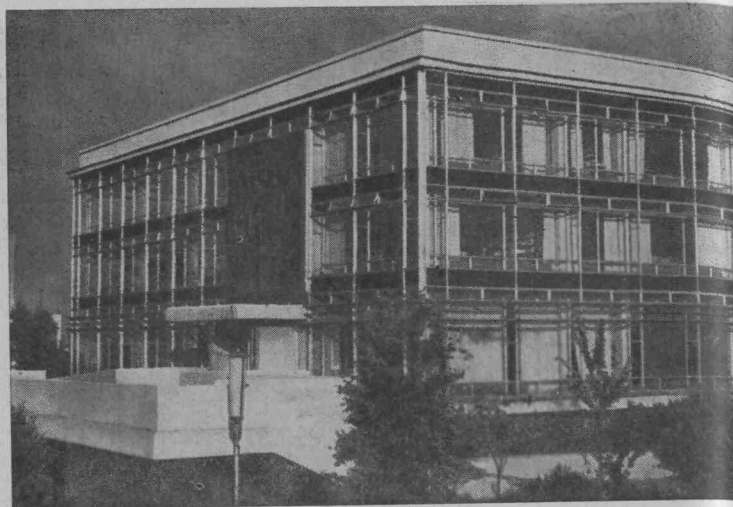
Дворец Молодежи в Целинограде

Зимний сад, вестибюли и фойе Дворца молодежи в Целинограде, здания Дворца пионеров в Киеве и Ульяновске через стеклянные витражи фасадов связаны с прекрасным парком и прилегающими участками и являются как бы их продолжением.

Витражи гостиницы «Ленинград» в Ленинграде открывают нашему взору панораму дворцов, набережных и мостов. Это создает



ощущение связи с величественным городом. Широкий обзор панорамы Киева обеспечили архитекторы проживающим в гостинице «Лебедь». Благодаря применению стекла в ограждениях, из помещений турбазы «Горные вершины» в Домбае открывается замечательный вид на окружающий пейзаж, на заснеженные горные хребты.



Дворец пионеров в Ульяновске

Большие площади остекления в сочетании с лоджиями, балконами и солнцезащитными козырьками придают своеобразие малоэтажным постройкам домов отдыха, пансионатов и мотелей. Современные, удобные, с фасадами, облицованными современными отделочными материалами и деревом, здания эти органично вписываются в окружающий ландшафт.

Применение больших поверхностей остекления в торговых зданиях имеет давнюю традицию. Витрины из крупноразмерного стекла или стеклопакетов позволили уничтожить границу между торговым залом и прилегающим участком улицы, объединив их в одно целое. Это особенно заметно в вечернее время, когда улица интенсивно освещается светильниками, расположенными в зоне экспозиционной площадки витрины.

Стеклянные поверхности и ленточное остекление фасадов явились не только принадлежностью отдельных зданий. Они стали основным архитектурным мотивом ансамблей и даже целых улиц. Эта тенденция современной архитектуры особенно ярко проявляется в комплексе административных, торговых и жилых зданий на проспекте Калинина в Москве, на магистралях Лейпцига. Административные здания со сплошными стеклянными стенами, выполнен-

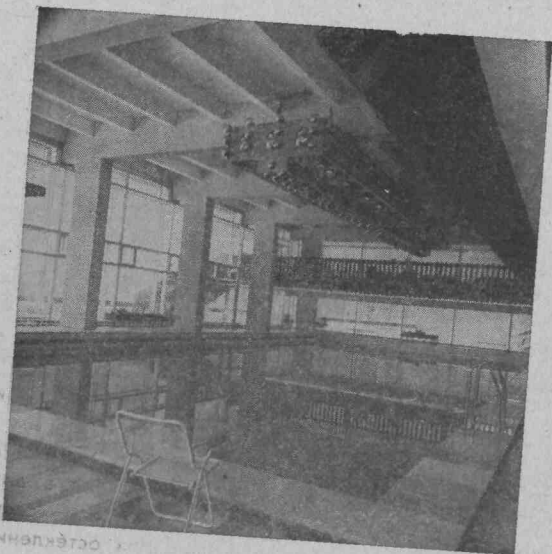
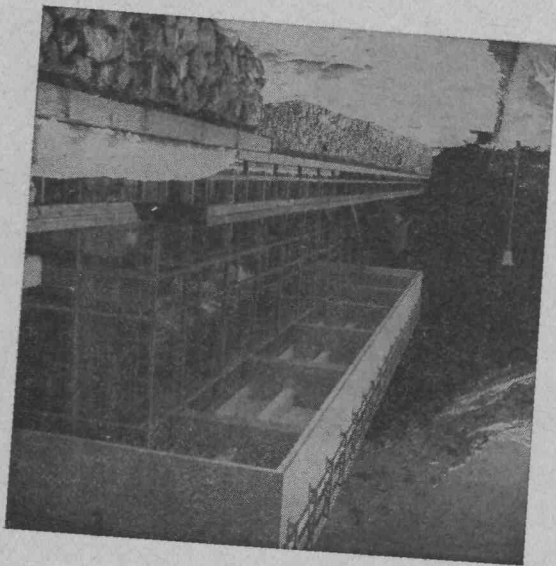


Гостиница «Лебедь» в Киеве

ными из самых разнообразных видов стекла, определяют архитектурный облик деловых районов различных городов во многих странах.

Ленточное остекление многоэтажных жилых домов, общежитий и гостиниц явилось результатом стремления архитекторов наполнить наши жилища светом и солнцем, создать хорошую естественную вентиляцию в теплое время года. Оно вызвало к жизни новые конструкции удобных в эксплуатации оконных переплетов. Окна раздвижные и поворачивающиеся вокруг вертикальной и горизонтальной оси со сплошными крупноразмерными стеклами и стеклопакетами пришли на смену светопроемам, заполненным переплетами с большим количеством горбыльков и с мелкими стеклами.

Особое место стеклянные витражи занимают в архитектуре выставочных павильонов. Трудно себе представить современный выставочный павильон без больших площадей остекления, позволяющих хорошо осветить внутреннее пространство, стенды и экспонаты. К сожалению, в ряде случаев утилитарный подход и ис-



Пансионат «Горные вершины» в Домбае. Общий вид, интерьер бассейна



Пансионат на о. Балатон (ВНР)



Торговый комплекс на Брест-Литовском шоссе в Киеве



пользование стандартных приемов исполнения витражей из стекла и алюминиевых профилей лишают эти сооружения индивидуальности, делают их похожими друг на друга. Однако в наиболее удачных проектах этого удается избежать.

Большие площади операционных залов, залов ожидания и платформ в зданиях вокзалов и необходимость хорошо осветить их на всю глубину определили облик современного транспортного сооружения. Это либо застекленные сводчатые покрытия дебаркадеров, либо фонари и плафоны верхнего света, либо сплошные витражи на фасадах.

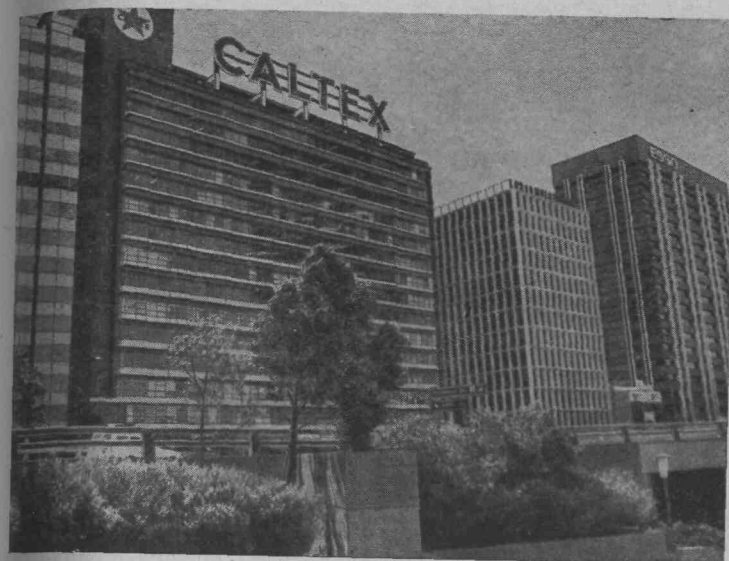
Свое триумфальное шествие светопрозрачные ограждения из стекла начали, как уже говорилось выше, в зданиях фабрик и заводов. И это не случайно, это была не только дань моде. Хорошая освещенность рабочих мест являлась необходимым технологическим условием, вела к повышению производительности труда, к совершенствованию производственных процессов. Эти предпосылки остались неизменными и в настоящее время. Поэтому современ-



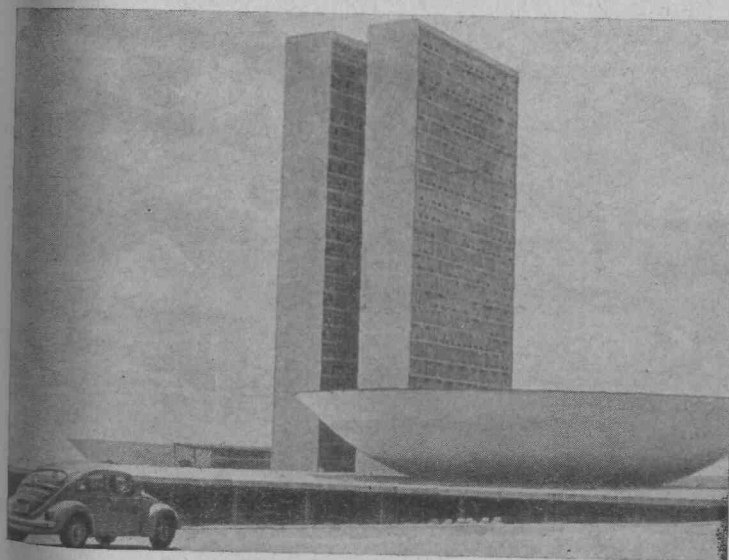
Комплексы административных, торговых и жилых зданий в Москве (слева) и Лейпциге (справа)



Деловой район Оттавы (Канада)



Представительство международных монополий в Сиднее (Австралия)



Здание Национального Конгресса в г. Бразилиа (Бразилия)



Ленточное остекление
жилых домов в Вильнюсе, общежитий в Кишиневе, гостиницы в Баку



ные производственные здания, особенно здания тех предприятий, где по условиям зрительной работы необходимы высокие уровни естественной освещенности, здания с большой глубиной заложения, такие, например, как многоэтажный гараж в Москве, вполне закономерно имеют достаточно большие площади остекления. Образ современного производственного здания неизбежно ассоциируется у нас с сооружениями, имеющими большие витражи и ленточное остекление.

Кроме производственных есть и другие виды зданий, где большие площади остекления с высоким коэффициентом светопропускания действительно необходимы по условиям зрительной работы в помещениях. К таким в первую очередь относятся почти все учебно-воспитательные здания: детские ясли-сады, школы, профтехучилища, средние специальные и высшие учебные заведения. Причем даже использование максимально возможных размеров светопроемов не всегда позволяет обеспечить уровни естественной освещенности, необходимые по гигиеническим соображениям. Поэтому архитекторы и конструкторы стремятся применить в новых зданиях детских садов и школ наиболее совершенные виды светопрозрачных ограждений.



Выставочный павильон на ВДНХ в Москве



Павильон «Электрификация СССР» на ВДНХ в Москве



Павильон химической промышленности на ВДНХ в Москве



Производственное здание в Бресте



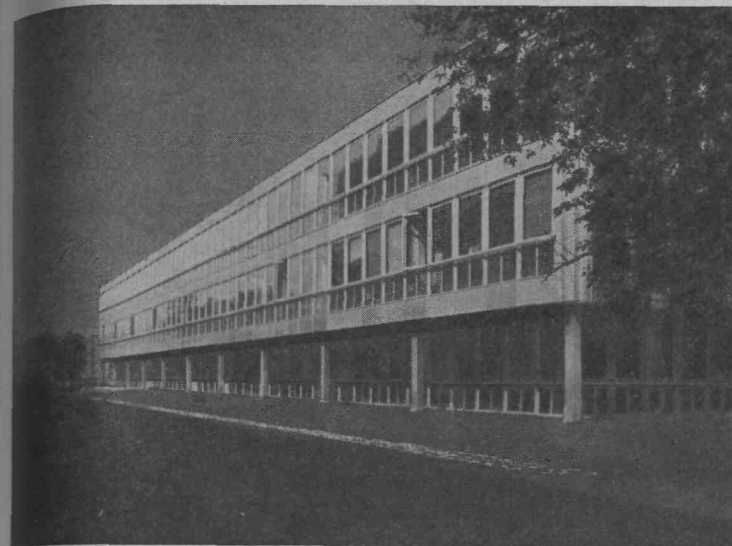
Многоэтажный гараж в Москве

Витражи в зданиях транспортных сооружений (см. с. 150)
вверху — речной вокзал в Новосибирске; внизу — автовокзал в Сочи



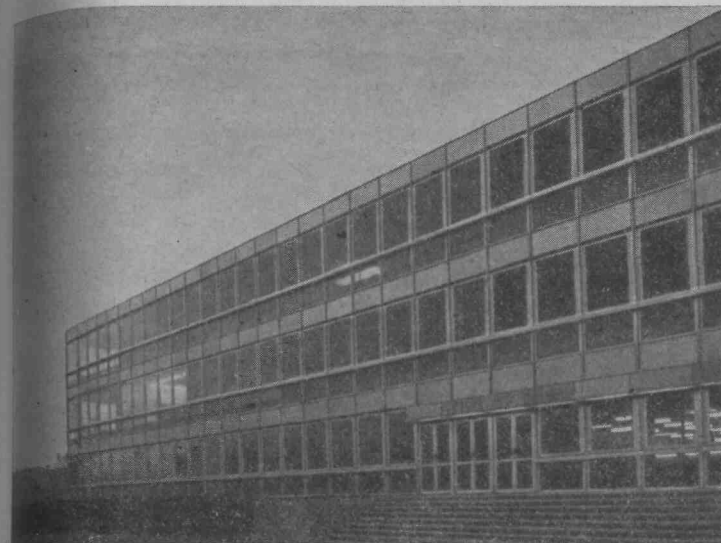
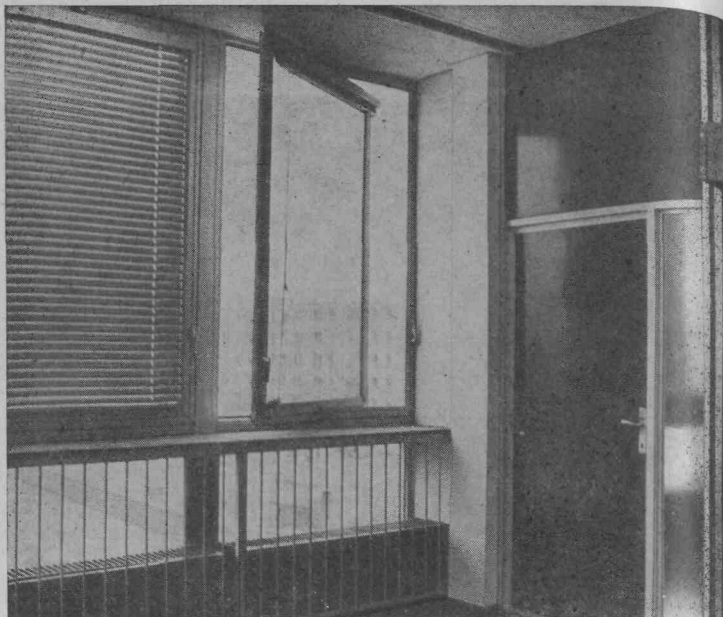
Здание экспериментальной школы в Будапеште

Фрагмент фасада детского сада (вверху) и школы в Минске (внизу)



В качестве примера здесь уместно привести здание экспериментальной школы, построенное в Будапеште. Легкие навесные стены почти целиком состоят из стекла и алюминиевых профилей. Остекление из крупноразмерных стеклопакетов в изящных алюминиевых рамах, поворачивающихся на вертикальной оси, имеет высокое светопропускание и позволяет хорошо осветить классы, а регулируемые жалюзи устраняют дискомфортные явления, возникающие при прямой инсоляции помещений.

В настоящее время особое значение в нашей стране приобретает производственно-техническое образование. Строятся современные здания, сочетающие функции учебных и производственных зданий с наружными ограждениями из стекла, алюминия и других современных строительных материалов. Возводятся здания высших учебных заведений. Просторные, хорошо освещенные аудитории, кабинеты и лаборатории позволяют создать комфортные условия



Высшая школа общественного питания в Будапеште

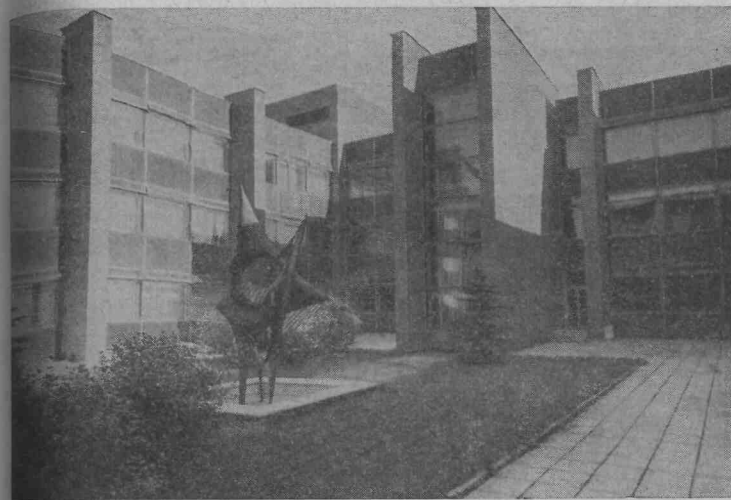
Интерьер экспериментальной школы в Будапеште

Здание техникума электронных приборов в Москве

для работы студентов и преподавателей, а широкое использование больших площадей остекления дает возможность не только обеспечить высокие уровни естественной освещенности, но и придать зданию современный вид.

Характерным примером современного учебного здания является здание Высшей школы общественного питания в Будапеште. В трехэтажном здании школы со стенами-экранами, заполненными стеклопакетами, созданы хорошие условия освещения при максимальном использовании естественного света и искусственного под света в помещениях, имеющих большую глубину.

Стеклянные ограждения, применявшиеся вначале в навесных стенах каркасных зданий, впоследствии стали применять и в зданиях с другими конструктивными схемами, чтобы уменьшить соб-



Современные здания вузов

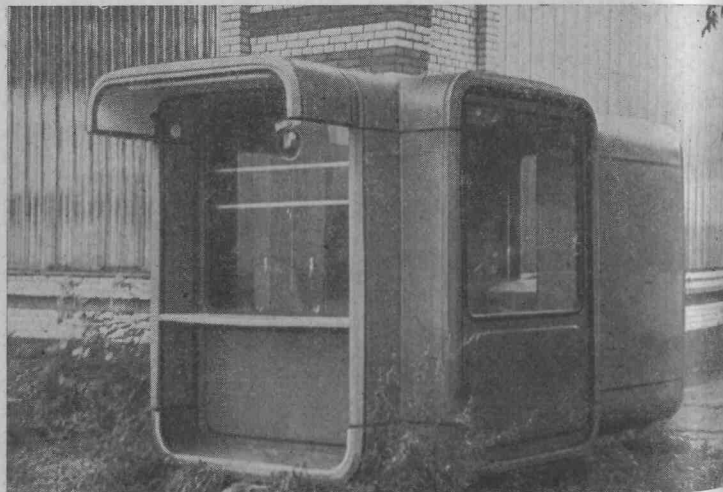
Инженерно-строительный институт в Киеве; Высшее инженерно-мореходное училище в Новороссийске; внутренний дворик Московского института электронной техники

ственную массу сооружения, а также использовать другие преимущества стеклянных стен. Таковы, например, стеклянные ограждения малоэтажных зданий и так называемых малых архитектурных форм. В автобусных и троллейбусных остановках, павильонах торговли и справочных бюро стекло в сочетании с металлом и полимерными материалами дает возможность получить удобные и интересные в архитектурном отношении сооружения.

Новые возможности в утилитарном использовании светопрозрачных ограждений и в композиционном решении фасадов и интерьеров зданий появились с выпуском и применением в строительстве таких стеклянных изделий, как пустотелые стеклянные блоки, профильное стекло коробчатого и швеллерного сечения, стеклянные линзы и плитки. Характерным примером здания, в наружных ограждениях которого применены крупноразмерные сборные стекложелезобетонные панели из пустотелых стеклоблоков, является производственное здание в СССР. Применение стекложелезобетонных панелей позволило качественно изменить функциональные характеристики этого здания: сделать его герметичным



Летнее кафе «Дельфин» в Москве



Павильон справочного бюро из пластмасс и стекла



Герметичное производственное здание со стенами из сборных стекложелезобетонных панелей

при максимальном использовании естественного света во всех помещениях и придать фасаду лаконичный и современный облик.

Пустотелые стеклоблоки с успехом используются для заполнения светопроемов в лестничных клетках. Интересными примерами таких решений являются гостиницы «Днепр» в Киеве и производственное здание в Швеции, где легкая железобетонная лестница на одном косоуре изящно вписывается в пространство, ограниченное стенами из стеклоблоков.

Последнее время широкое применение находит профильное стекло. Производственные здания, спортивные сооружения, выставочные павильоны — вот далеко не полный перечень сооружений, в которых этот материал в сочетании с алюминием, листовым стеклом и бетоном позволяет получить современные светопрозрачные ограждения с хорошими эксплуатационными качествами.

На композиционное решение зданий и их функциональные особенности большое влияние оказывает применение светопрозрачных покрытий из стекла, имеющих самые разнообразные конструктивные решения: сводчатые покрытия и купола из листового стекла и металла, своды из стеклянных плиток и стеклоблоков, фонари



Ограждения из стеклблоков в лестничных клетках
Гостиница «Днепр» в Киеве

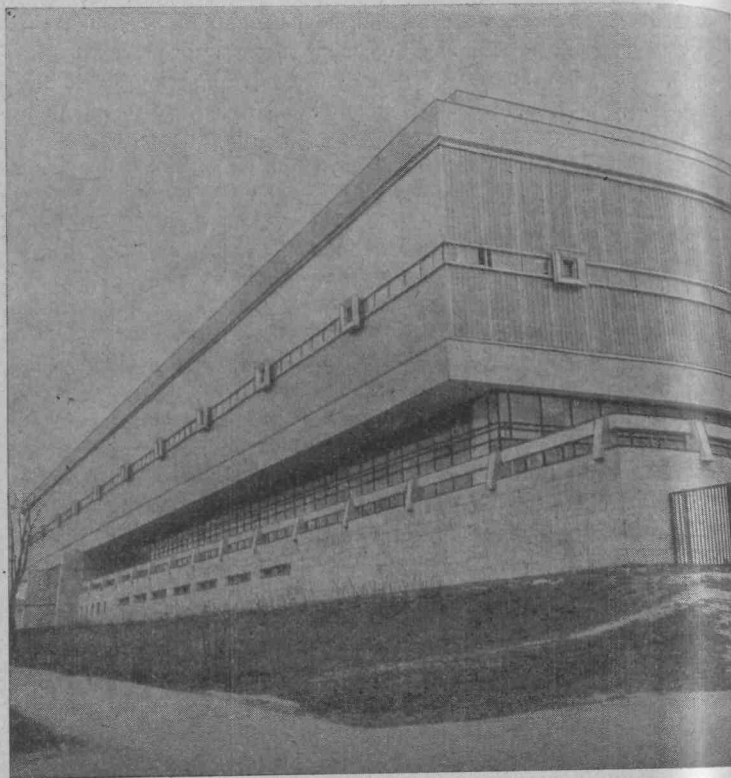
верхнего света, стекложелезобетонные панели т. п. Освещая естественным светом помещения большепролетных и многопролетных зданий, они дают возможность архитектору проектировать компактные здания, рационально использовать полезные площади помещений.

Хотелось бы остановиться на двух примерах применения конструкций верхнего света.

Композиционным центром Московского института электронной техники является объем читального зала. Сплошное кольцо потолочных фонарей вокруг него выявляет в интерьерах пластику рельефов на стенах читального зала. Верхнее освещение принято и в некоторых учебных аудиториях. Примером внимательного отношения архитектора к утилитарному назначению здания может служить здание библиотеки в Выборге А. Аалто. Для освещения читального зала им были разработаны специальные фонари верхнего света, создающие только рассеянное освещение. Материалом для них послужили бетон и обычное листовое стекло.

Стремление к объединению внутреннего и наружного пространства привело к разработке конструкций остекления большой площади без членения и выявления несущих элементов и переплетов. Это достигается применением стеклянных ребер и консолей в качестве опорных элементов при восприятии ветровых нагрузок. Основной лист крепится к несущим элементам на эластичных клеях или с помощью специальных крепежных деталей. Такие конструктивные решения в сочетании с бесцветным стеклом высокого качества создают чрезвычайно интересные эффекты, сохраняя все необходимые параметры внутренней среды помещений: они как бы устраняют ограждения, делают их совершенно невидимыми. Интерьер становится продолжением окружающего пространства. Сплошь стеклянные, включая элементы жесткости, перегородки в помещениях, функционально разделяя объемы, одновременно зрительно объединяют их, что делает интерьеры просторнее и светлее. Применение стеклянных перегородок в музее позволяет создать самые благоприятные возможности для восприятия экспонатов. Помещения как бы проникают друг в друга. По мере приближения к экспонату возникают все новые и новые необычайно интересные ракурсы.

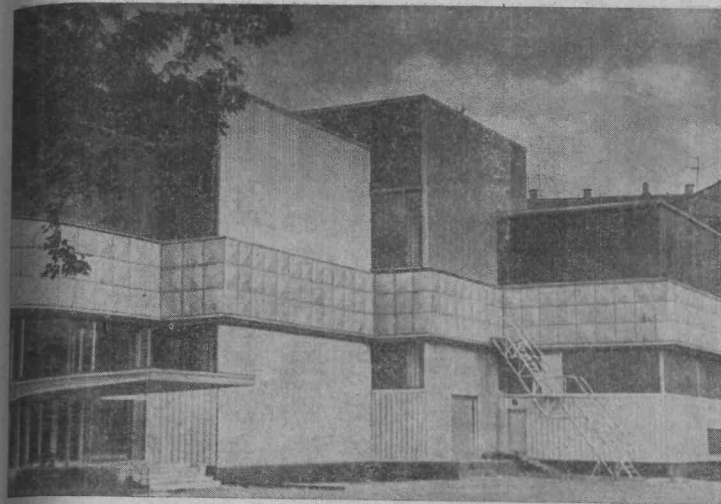
Таким образом, стеклянные стены и перегородки — достижение современной промышленности и строительной техники — открыли перед архитектурой огромные возможности, до сих пор еще не вполне осознанные. Приведем еще несколько примеров. В спортивных комплексах главные события происходят в основных залах или плавательных бассейнах. Стеклянные прозрачные пере-



городки между этими залами и залами кафе, ресторанов, рекреаций, общих коридоров и т. п., т. е. многолюдными помещениями, делают спортивное зрелище доступным большому числу зрителей, что, в свою очередь, благодаря специфике воздействия способствует пропаганде спорта. Основной зал — главный в функциональном отношении — становится архитектурно-композиционным ядром, центром спортивного комплекса.

Стеклянные перегородки, разделяя помещение с различными функциями, позволяют проводить необходимые наблюдения при таких работах, как, например, хирургические операции, телепередачи, звукозапись и т. д.

Даже из столь краткого перечисления примеров применения стеклянных перегородок можно сделать вывод об их широких воз-



Выставочный павильон со светопрозрачными ограждениями из профильного стекла на строительной выставке в Москве

Ограждения из профильного стекла в спортивном сооружении в Москве

можностях в композиционных решениях зданий. Архитектурные детали из стекла имеют немалые преимущества: легкость, прозрачность, высокие декоративные качества, гигиеничность поверхности и т. д.

Часто встречаются примеры применения стекла как материала экранов во всякого рода ограждающих элементах. Полупрозрачное узорчатое стекло в ограждающем экране, благодаря светопропускающим свойствам, не образует глубоких теней, что создает впечатление легкости. Особенно эффективным оказалось применение армированного цветного стекла в конструкциях ограждений балконов и лоджий жилых зданий. Это значительно улучшило архитектурно-декоративные качества фасадов зданий и благодаря долговечности материала снизило эксплуатационные расходы на ремонт и содержание зданий.

Прозрачные экраны из стекла в ограждениях наружных лестниц необыкновенно изящны и легки, не загромождают пространство, не закрывают фасадных плоскостей. Стеклянные экраны внутренних лестниц не препятствуют свету, падающему из окон. Бла-

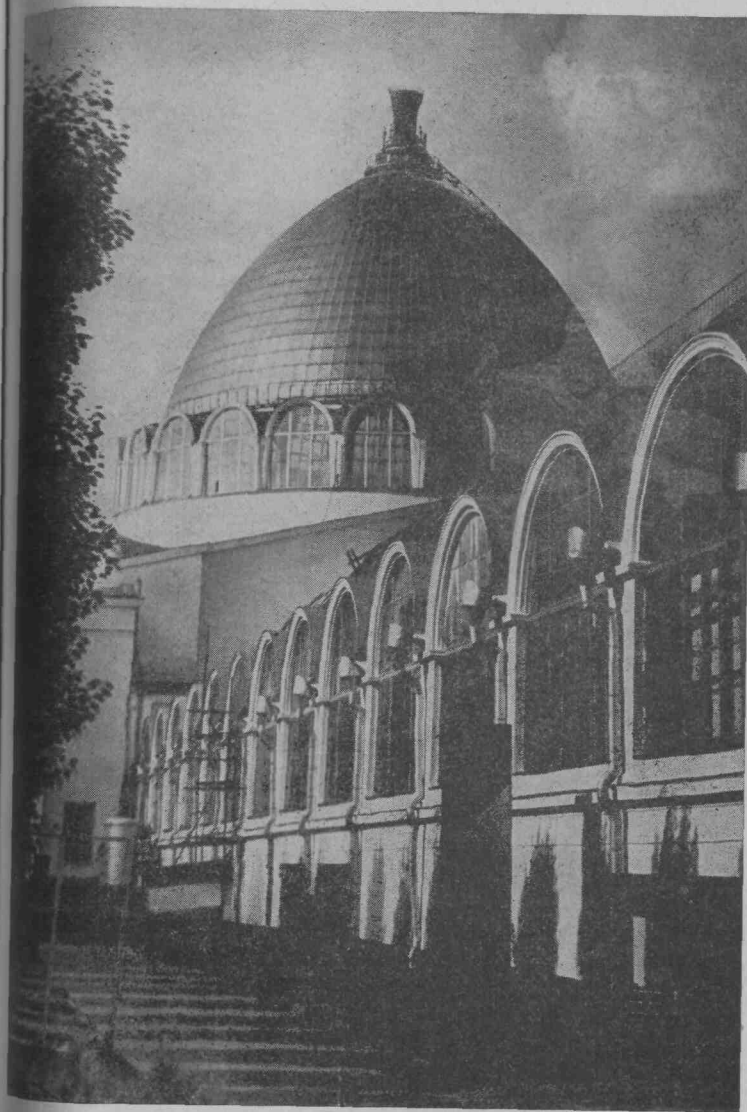


Светопрозрачные покрытия из стекла и стеклянных изделий

вверху — павильон ВДНХ в Тбилиси; справа — купол павильона «Космос» на ВДНХ в Москве; на с. 166 — свод из стеклянных плиток крытого рынка в Киеве; на с. 167 — свод из стеклоблоков плавательного бассейна в Сочи

годаря примененному материалу, придающему легкость и ажурность конструкции лестниц, не разрушают пространства и сохраняют целостность интерьера.

Двери, как и окна, являются и являлись во всех архитектурных стилях одним из основных элементов архитектуры. Двери храмов и палаццо достигали порой грандиозных размеров, их обильно украшали. Однако и большие и малые двери служили прежде всего границей, отделявшей внутреннее пространство от внешней среды. Применение остекленных и полностью стеклянных дверей зрительно уничтожило эту границу, объединило улицу и вести-



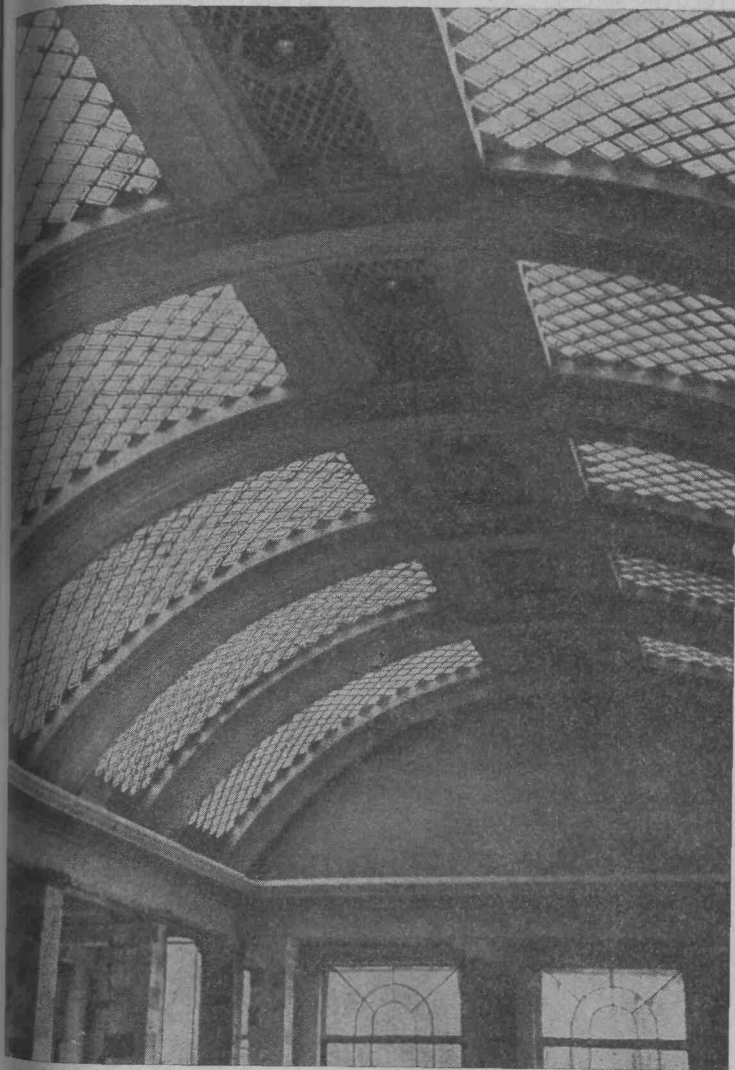


бюль, позволило создать долговечные и гигиеничные ограждения, способные хорошо осветить естественным светом вестибюли и прилегающие к ним помещения. После реконструкции даже старые здания раскрыли свои интерьеры навстречу свету и воздуху.

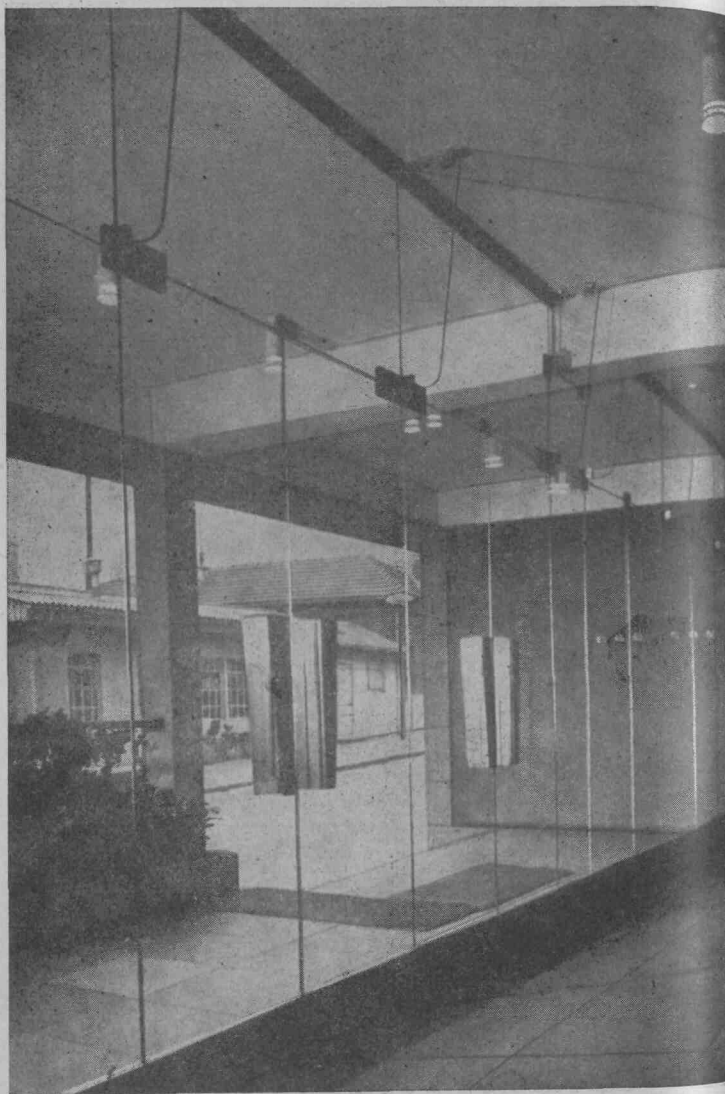
Особое место в архитектуре занимают цветные художественные витражи. Целью их применения обычно является: создание единого гармонического целого в общем цвето-световом решении интерьера; создание психологического настроения; использование функциональных качеств цветного остекления для регулирования освещенности помещений и теплопоступлений через остекление.

В настоящее время витражи выполняются как по классической средневековой, так и по новейшей технологии: клееными, в сочетании с железобетоном или полимержелезобетоном, с арматурой из гнутого металлического профиля, из крупногабаритных листов, декорированных горячей или холодной обработкой и т. д.

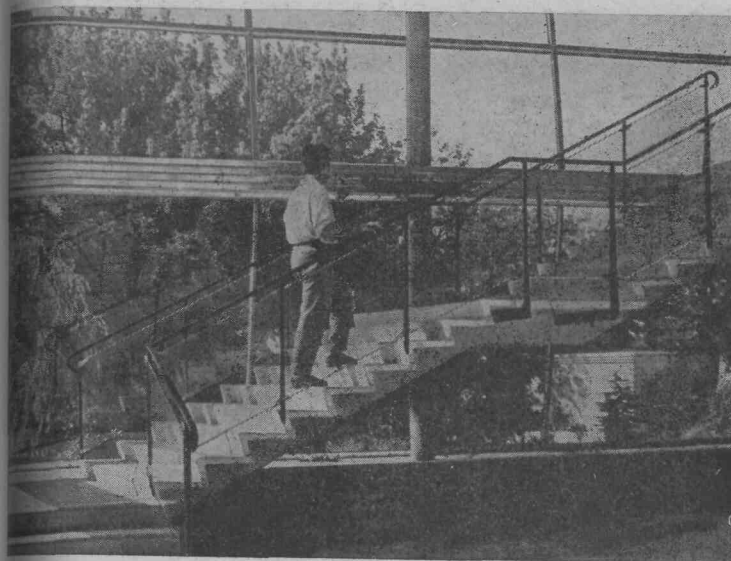
В витражах из листового стекла или стеклоблоков основные несущие элементы выполняются из полимержелезобетона, железобетона, синтетических смол, профильного металла или применяются соединения отдельных блоков стекла по принципу устройства каменной кладки.



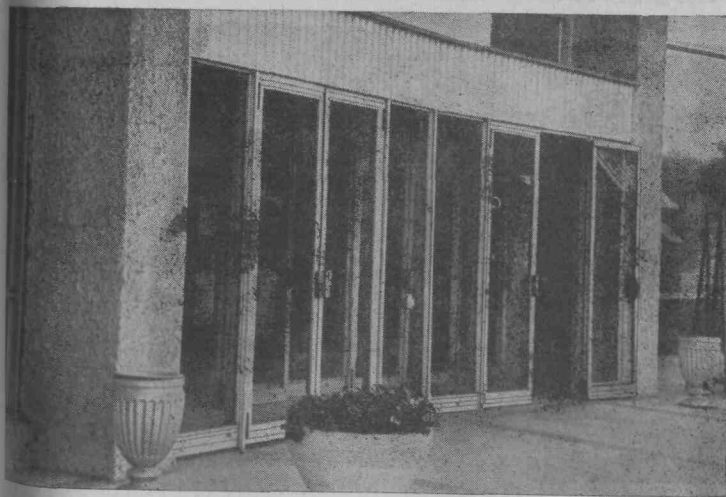
Витражи из плит и блоков литого стекла имеют высокие декоративные качества. Преломление света на его гранях, мерцание бликов в толще стекла, изменение цветоотношения в зависимости от освещения и точки наблюдения — все это создает дополнитель-



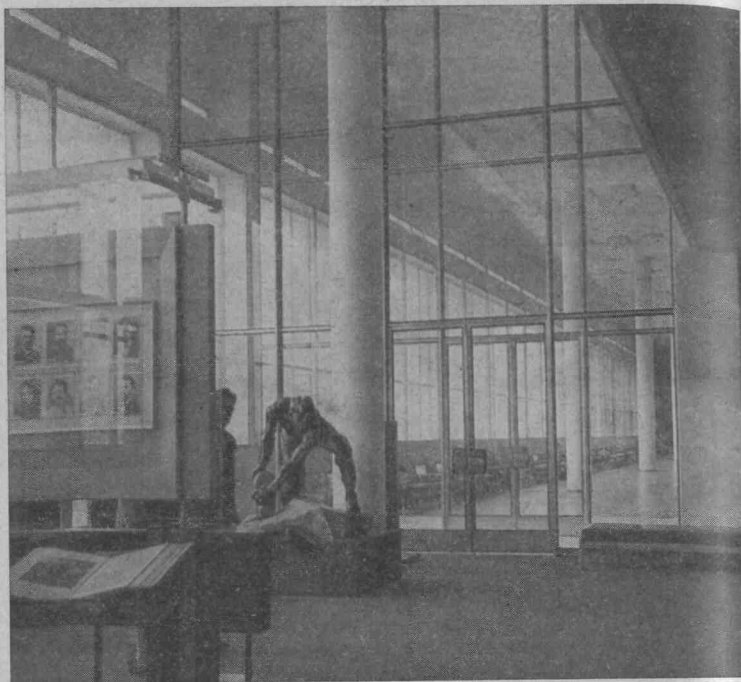
Конструкция входа со стеклянными консолями



Лестница с ограждением из стекла



Двери из крупноразмерного утолщенного стекла в алюминиевом обрамлении



Интерьер Ленинского мемориала в Ульяновске

ные художественные возможности. Конструктивный материал в этом случае играет гораздо большую роль, чем свинцовая арматура в классическом витраже. Он дает возможность художнику включать в рисунок сплошные непрозрачные участки, использовать форму и толщину стекла и несущей конструкции, использовать фактуру каркаса и стекла. Считают, что первые витражи подобного типа были установлены в одной из церквей графства Сёррей (Англия) в 1956 г. Приблизительно в это же время было создано несколько таких витражей в Советском Союзе и США.

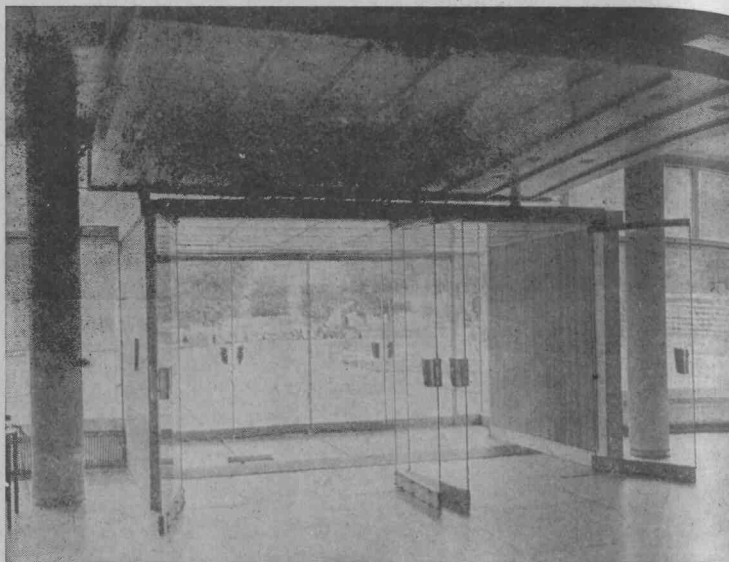
Витражи из массивного литого стекла с железобетонным каркасом могут быть основным элементом, формирующим архитектурный облик фасада здания. Ритм и тектонику фасада определяет чередование глухих и остекленных участков, при этом одним из выразительных средств является несовпадение лицевых плоскостей



Интерьер музея им. Лембрука в Дуйсбурге (ФРГ)

глухих бетонных участков и декоративного остекления. Композиционные решения могут быть самыми разнообразными. Витраж может явиться узловым моментом в объемно-композиционном решении интерьера. Довольно часто витражи из толстого литого стекла выполняются вне ограждения в виде самостоятельного произведения (пространственный витраж). Каркас при этом, как правило, металлический или железобетонный.

Массивные цветные плиты и блоки стекла — обычный материал для современных витражей. Интерьеры многих зданий украшены такого рода витражами. Хорошо известны витражи, установленные в киноконцертном зале «Октябрь» в Москве, в Ленинском мемо-



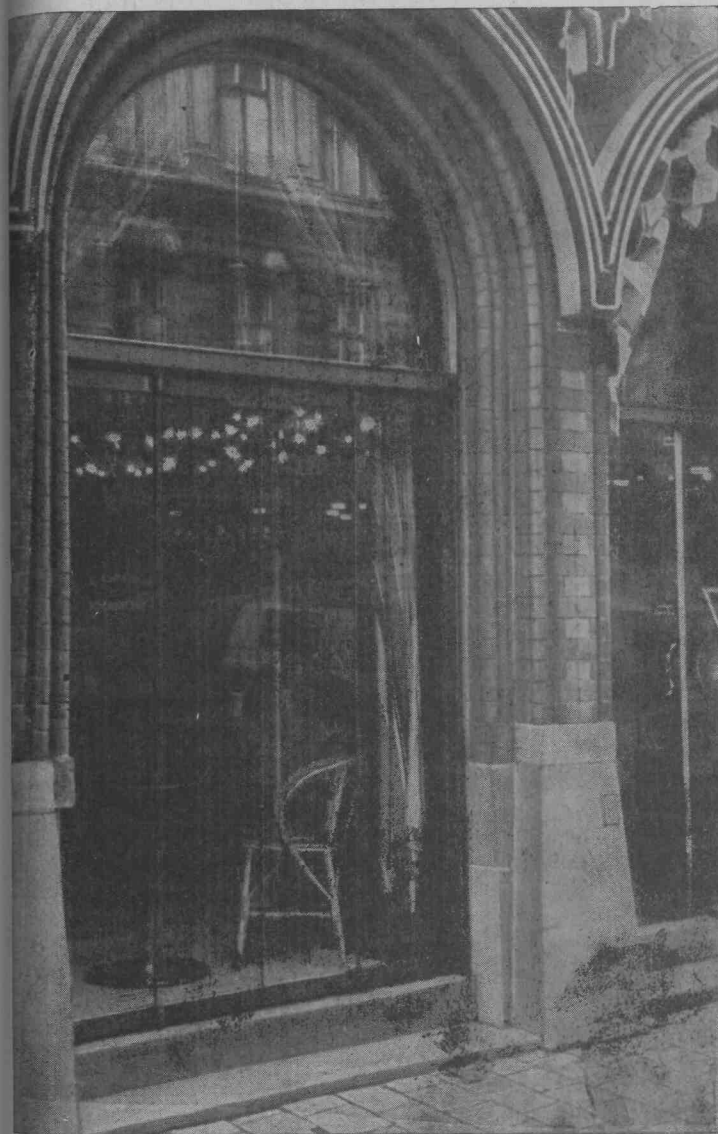
Стекланные двери из закаленного стекла

риале в Ульяновске, в павильонах на Всемирных выставках в Монреале, Осаке, Париже, Лондоне.

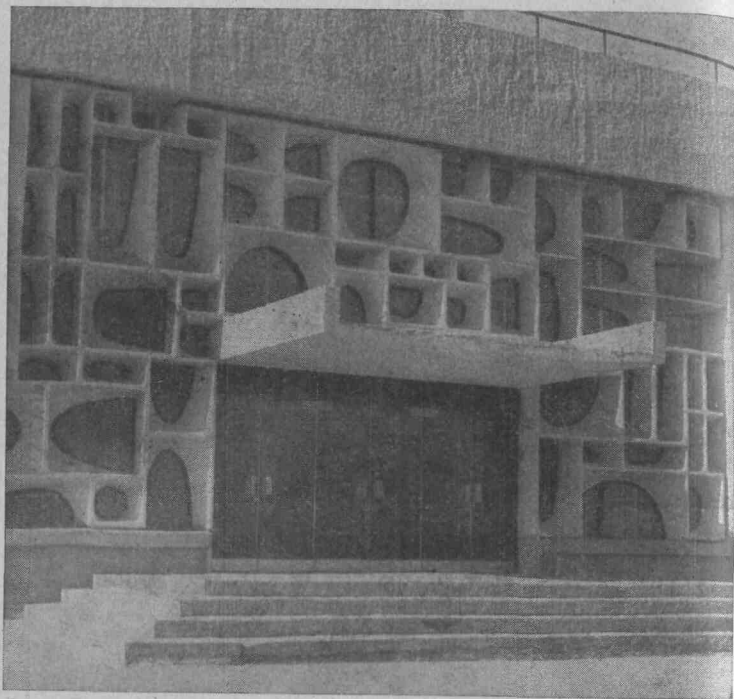
Витражи из листового стекла не имеют той скульптурности, как из толстого литого, они более прозрачны, их яркость значительна, а цветовые сочетания более богаты. Витражи из листового стекла выполняются в основном трех видов: с металлической арматурой, из крупноразмерных листов, декорированных различными способами (химическая и механическая обработка, роспись), а также клееные.

К витражам с металлическим каркасом относятся витражи, выполненные по классической технологии, со свинцовым прутком, а также с более современными видами арматуры: из алюминиевого, стального, латунного и т. п. профилей.

Наибольший интерес представляют клееные витражи. Прозрачные синтетические клеи внесли принципиальные изменения в конструкцию витражей. Клееные витражи значительно расширили художественные возможности этого вида искусства: рисунки могут не занимать всю площадь проема, а образовывать отдельные цве-



Стекланные двери из закаленного стекла в реконструированном здании в Стокгольме



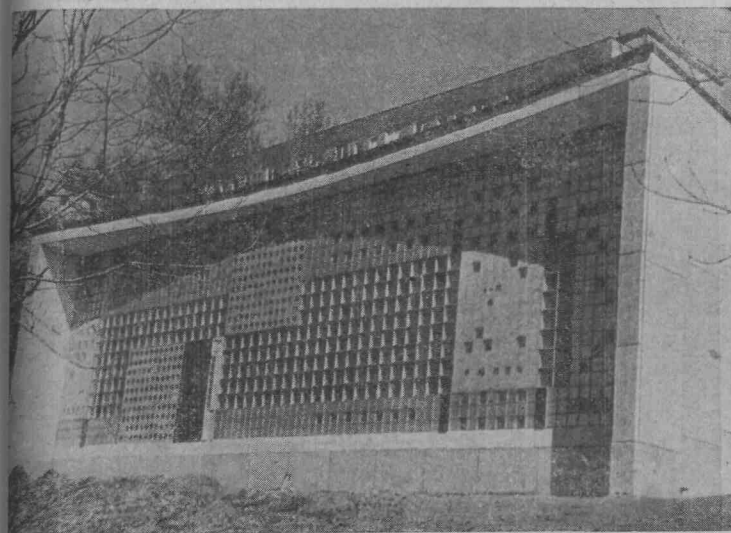
Фасады современных зданий с витражами из цветного стекла и железобетона (вверху) и из пустотелых стеклянных блоков (с. 175)

товые пятна на прозрачном поле. Кроме того, цветовые эффекты, получаемые в клееных многослойных витражах, не могут быть достигнуты какой-либо иной техникой. В клееном витраже нет необходимости разделять различные окрашенные участки непрозрачными полосками свинцового прутка или бетонными швами.

Клееный витраж — это чаще всего многослойная стеклянная конструкция, элементы которой склеиваются внахлест или с помощью прозрачных прокладок, или же это — крупногабаритный лист стекла, на котором наклеен рисунок из цветного стекла.

Техника клееных витражей переживает бурное развитие. Пожалуй, это область, где уже в ближайшем будущем появятся значительные произведения.

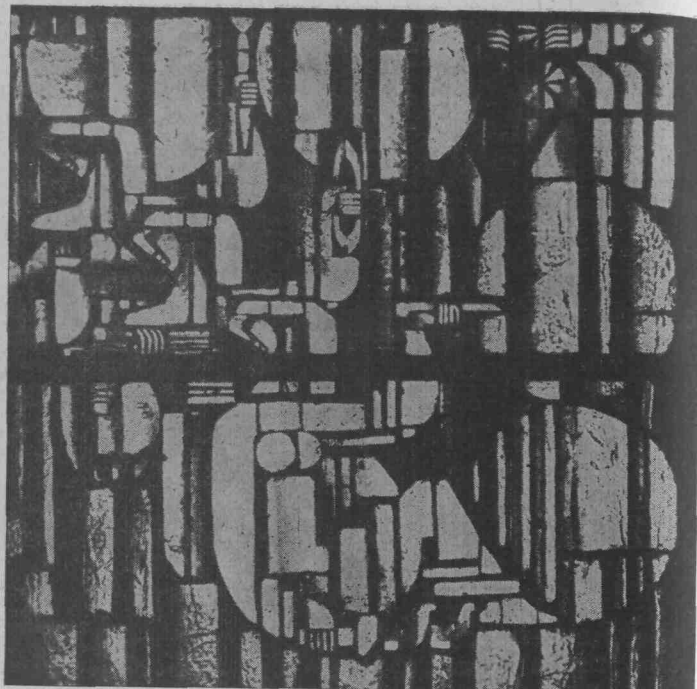
Декоративные витражи по-разному применяются в интерьере.



Наиболее древнее и обычное их употребление — в наружном остеклении. Солнце всегда было наилучшим источником света для витражей. Декоративные витражи применяются также для разделения помещений или их зон. В этом случае их располагают в проемах внутренних перегородок, в качестве полупрозрачных экранов и ширм. В последнее время получают распространение декоративные витражи с искусственным подсветом. Искусственное освещение витражей имеет то преимущество, что оно не зависит от того, есть солнечный свет или нет. Декоративные витражи могут быть освещены в вечерние и ночные часы, что особенно важно для общественных зданий, основная часть работы которых приходится на вечерние часы (концертные залы, кинотеатры, театры, рестораны, кафе, клубы, спортивные комплексы и т. д.).

Декоративные витражи с искусственным подсветом выполняются как панно на глухой стене, в виде светящегося потолка или в виде декоративных конструкций, расположенных вне ограждения; очень редко встречаются витражи, источником освещения которых служат фонари верхнего света. Однако применение витражей в потолках больших залов, независимо от характера освещения, в большинстве случаев обогащают интерьер.

Следует упомянуть интересные по своей художественной выразительности и декоративности витражи с использованием дерева



Современный витраж «Праздник» [художник К. Моркунас]

и цветного листового или литого стекла. Витражи, представляющие собой деревянный переплет из простых геометрических фигур, остекленный цветным листовым стеклом, известны давно. Такие витражи украшали окна и двери домов во многих странах Европы, но особенно широко они были распространены в Латинской Америке. Другой вид витражей с применением дерева представляет собой непрозрачный экран со светопрозрачными участками из цветного стекла. Они особенно хороши для раздвижных перегородок, экранов, дверных полотен.

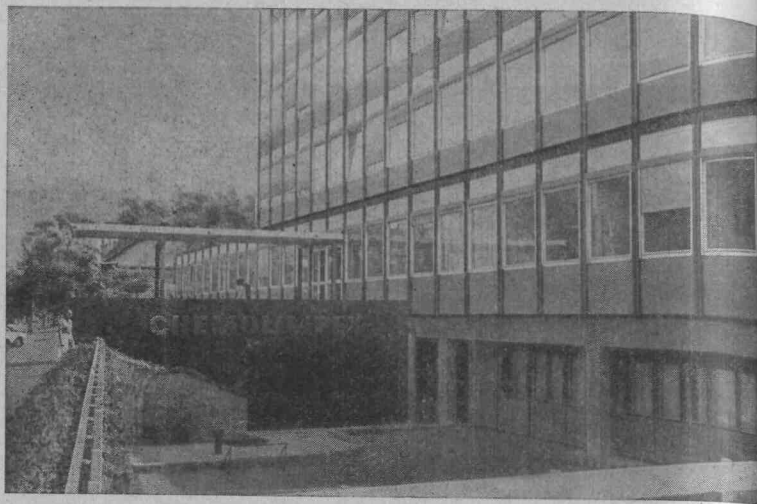
Ограждения со стеклом находят самое широкое применение в зданиях различного назначения. Насколько удачно используется стекло, зависит в первую очередь от архитектора. Здесь хотелось бы отметить одно очень важное обстоятельство, имеющее непосредственное отношение как к условиям внутренней среды поме-

щений, так и к внешнему виду этих зданий. Архитекторы, имея в виду лишь внешний облик современного здания «из стекла, алюминия и бетона», как правило, не заботятся о защите рабочих помещений от перегрева солнечной радиацией, об устранении солнечных бликов на рабочих местах и снижении слишком высоких уровней освещенности, возникающих при инсоляции помещений. Короче говоря, они часто не предусматривают ни средств солнцезащиты, ни эффективных систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Это приводит к созданию дискомфортных условий в рабочих помещениях, и, как следствие этого, к тому, что внешний вид здания оказывается обезображенным самодельными занавесками.

При проектировании и строительстве современных зданий с большими светопроемами должны применяться и современные технические средства, позволяющие создавать в помещениях оптимальный внутренний режим в любое время года, в любую погоду. В качестве примера можно привести административные здания, построенные в Будапеште. На фасадах здания применены наружные солнцезащитные шторы из стеклоткани, позволяющие устранить перегрев и регулировать уровни освещенности на рабочих местах. Светопроемы в здании областного суда заполнены стеклопакетами, в которых применено теплоотражающее стекло с золотым покрытием, эффективно защищающее помещения от перегрева в летнее время, снижающее теплопотери зимой, и придающее своеобразный облик фасаду здания.

Для защиты помещений от перегрева в жаркое время года могут быть использованы солнцезащитные устройства, как регулируемые, так и нерегулируемые. Одной из разновидностей нерегулируемых устройств является решетка из анодированного алюминиевого профиля. Защищая помещения от инсоляции, она в то же время может выполнять функции декоративного элемента витража и фасада здания.

Любое здание должно прежде всего отвечать своему основному назначению — создавать оптимальную искусственную среду для обитания человека. Об этом забывают некоторые архитекторы. Увлекаясь внешне эффектными «стеклянными» зданиями, они не учитывают, что стекло помимо видимого света пропускает и тепловую солнечную радиацию, а в холодное время интенсивно поглощает тепло, излучаемое отопительными приборами, приводя тем самым к излишним теплопотерям. Только комплексное использование стекол со специальными свойствами в сочетании с системами солнцезащиты, вентиляции и кондиционирования при учете климатических факторов места строительства и параметров внутренней среды, позволит архитекторам создавать не только внешне



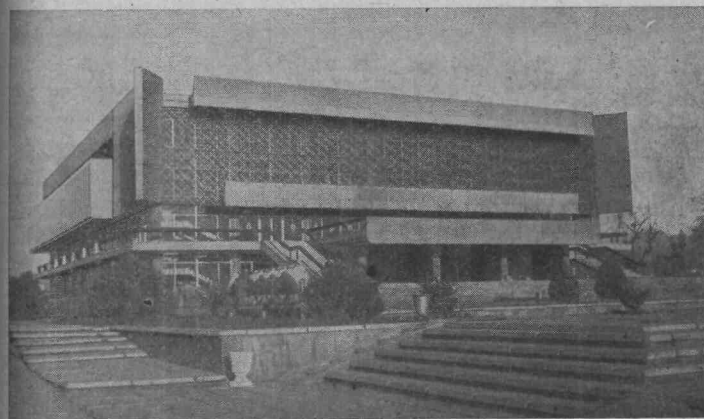
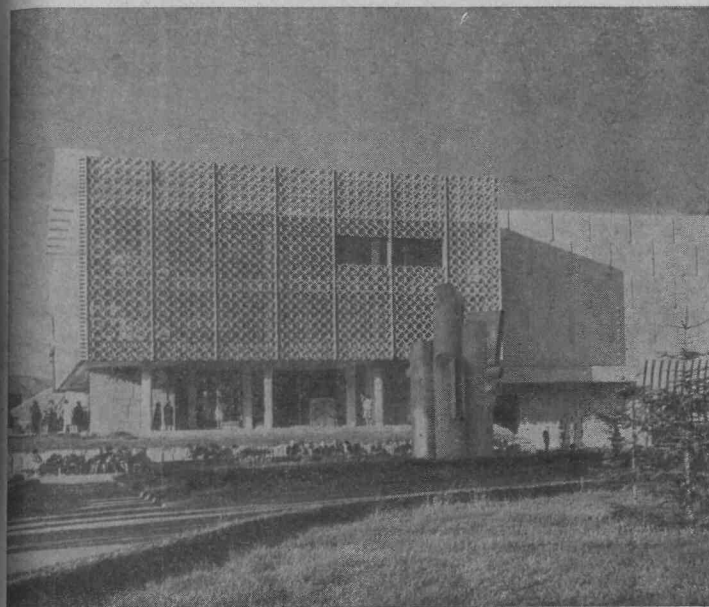
Здание экспортно-импортного объединения «Хемполимпекс» в Будапеште

выразительные и эффективные современные здания, но и обеспечить в этих зданиях заданные условия внутренней среды.

Стекло в архитектуре будущего

Чем быстрее мы движемся вперед по пути научно-технического прогресса, тем дальше мы должны заглядывать в будущее, предвидеть его. Будущее стекла как строительного материала всецело зависит от будущего архитектуры. Сведения о новейших программах и проектах городов будущего читатель найдет в работах [6—9]. Несмотря на несхожесть футурологических проектов, в которых город характеризуется как «парящий», «плавающий», «кибернетический», «подводный», «мгновенный», «вставной», «шагающий» и т. д., всех их объединяют общие черты — защита человека архитектурными средствами от климатических воздействий и создание среды, необходимой для обитания человека.

Таким образом, можно предположить, что прежде всего и в материале будут развиваться те качества, которые позволяют создавать комфортные условия для обитания человека. Как уже говорилось, конструкции с применением стекла выполняют слож-



Солнцезащитные металлические решетки на витражах Дома политпросвещения в г. Душанбе (слева) и кинотеатра «Россия» в г. Кисловодске (справа)

ные функции в ограждении, логично ждать расширения и усложнения этих функций. Очевидно, будут развиваться специальные виды стекла с дифференцированием областей их применения. Архитекторы должны внести вклад в создание новых видов стекла — своевременно сформулировать требования к отдельным видам стекла, определить оптимальные сочетания их свойств.

Строить прогнозы в архитектуре, сложная структура которой определяется многими факторами психологического, технического, медико-физиологического, географического, энергетического, социального характера, а также зависит от развития искусства, промышленной технологии, экономики, можно, лишь хорошо зная пути развития всех этих факторов в будущем. Однако некоторые направления в развитии функциональных свойств стекол и технологии стеклоделия, успешно разрабатываемых в наши дни, можно предугадать.

С большой вероятностью можно ожидать, что стекло останется в группе основных материалов, используемых в ограждающих конструкциях зданий. Тяготение новой архитектуры к открытости, разомкнутости, перетеканию, взаимопроникновению и непрерывности пространства сулит стеклу широкое использование в будущем.

Сделаем попытку проинтерполировать в не столь далекое будущее изменение свойств существующих видов стекол. Прежде всего следует ожидать улучшения качества так называемого строительного листового стекла. Внедрение принципиально нового способа производства стекла, каким явился флоат-процесс, повлекло за собой использование принципиально новых технологических приемов, основанных на последних достижениях современной науки и техники. При производстве стекла все шире применяется лазерная, инфракрасная, пневматическая и вакуумная техника, используются магнитогидродинамические, электрохимические и другие процессы. Так, например, ведутся разработки установки для получения полированного стекла, где лента формируется не на расплаве олова, а на газовой подушке. Широко используются технические идеи, заимствованные из других отраслей промышленности. Все это дает основания считать, что уже в ближайшее время ассортимент и качество выпускаемого строительного стекла значительно улучшатся. До последнего времени развитие флоат-процесса сдерживалось невозможностью варьировать толщину выпускаемого стекла. В настоящее время наметились пути преодоления технических трудностей, связанных с производством тонкого (2—3 мм) и утолщенного (до 12—15 мм) флоат-стекла. Кроме того, дальнейшее совершенствование формующих установок должно привести к снижению себестоимости полированного флоат-

стекла, которая, по мнению специалистов, будет сопоставимой с себестоимостью обычного листового стекла. Все это значительно расширит возможности применения полированного стекла в строительстве. Можно ожидать широкого использования такого стекла вместо обычного листового для остекления зданий всех видов в виде упрочненного полированного стекла для изготовления панелей, стеклянных дверей и других стеклянных изделий.

Ведутся интенсивные работы по расширению ассортимента флоат-стекла, приданию ему специальных свойств, например по нанесению на поверхность стекла металлической пленки, армированию или изготовлению декоративных стекол, многослойных стеклянных панелей и др. Каждое из этих направлений имеет заманчивые перспективы, но особое внимание привлекает разрабатываемая в настоящее время идея получения флоат-способом двухслойного или многослойного тепло- и звукоизоляционного стекла, которое может быть применено в качестве навесных стеновых панелей. Такие изделия будут получаться при наплавлении на поверхность расплавленного флоат-стекла гранул шихты, образующей слой пеностекла. Количество слоев и их декоративные и изоляционные свойства могут быть заданы заранее.

Перспективным способом изготовления декоративных стекол является специальная обработка. Один из вариантов заключается в том, что частицы эмалевой фритты или краски наплавляются на поверхность ленты во флоат-ванне. Этот способ позволяет получить стекла типа стемалита. Другие виды декоративного стекла могут быть получены при обдуве ленты флоат-стекла струями сжатого воздуха или нанесением на ленту флоат-стекла частиц декорирующего вещества с последующим нанесением второго слоя стекла, который сваривается с основным. Некоторые виды декоративного или зеркального флоат-стекла будут, по-видимому, изготавливаться трехслойными: два слоя флоат-стекла и заключенный между ними зеркальный слой или слой цветного стекла.

Покрытие стекла металлической пленкой в процессе выработки флоат-способом уже применяется. Для этого используют электрохимический способ. Таким образом получают декоративные и солнцезащитные стекла. Электрохимический способ обработки стекла предоставляет в этом отношении большие возможности. Он позволяет обрабатывать стекла расплавами металлов, расплавами солей, ионизированными газовыми средами, в результате чего можно получать стекла с самыми различными свойствами. Значительные успехи, достигнутые отдельными странами, даже на начальном этапе применения электрохимического способа указывают на его перспективность и на эффективность таких декора-

тивных и солнцезащитных стекол. Исследования в области солнцезащитных стекол привели к разработке новых видов стекла. Наибольший интерес представляют фотохромные стекла, прозрачность которых обратимо изменяется в зависимости от интенсивности падающей на них солнечной радиации. Это позволяет регулировать естественную освещенность помещений, исключить возможность перегрева помещений при инсоляции. Фотохромные стекла могут найти широкое применение в южных районах страны и прежде всего в таких объектах, как, например, диспетчерские пункты управления аэропортов, морских портов, автотранспорта и т. п. До недавнего времени фотохромные стекла известных составов являлись дорогостоящей продукцией. В последнее время были найдены дешевые составы тонких прозрачных покрытий, обладающие фотохромными свойствами. К ним относятся некоторые спиропираны индиевого и ванадиевого ряда. Это обстоятельство может значительно ускорить применение фотохромных стекол в строительстве. Фотохромные пленки будут входить в качестве одного из слоев в состав многослойного стекла или наноситься на одну из внутренних поверхностей стекла в стеклопакетах.

Получит дальнейшее развитие электрообогреваемое теплоизоляционное остекление. Применение электрообогреваемого остекления позволяет снизить теплопотери через окна в зимний период и создать оптимальную гигиеническую обстановку в помещениях, в том числе в зонах, расположенных непосредственно около светопрозрачных ограждений. Последнее обстоятельство особенно важно для школ, детских яслей-садов, больниц, плавательных бассейнов и зданий северных районов страны. Упрочненные стекла с токопроводящими покрытиями будут использоваться как в виде остекления окон, так и для стеновых и подвесных потолочных панелей и переносных нагревательных установок.

Наиболее вероятная конструкция электрообогреваемого остекления — электрообогреваемые стеклопакеты. В стеклопакетах обеспечены надежность и безопасность работы нагревательного элемента — пленочного покрытия, его долговечность, исключена необходимость очистки поверхности, на которой нанесен пленочный слой, и т. д. Важная характеристика гигиенической обстановки помещений — уровень проникающего шума — может быть улучшена за счет применения звукоизоляционных стеклопакетов. Многие виды звукоизоляционных стеклопакетов могут изготавливаться на существующем оборудовании. По мере того как понимание необходимости звукового комфорта будет проникать в наше сознание, будут устранены препятствия к производству звукоизоляционных стеклопакетов.

В области улучшения теплоизоляционных свойств стеклопакетов определено несколько направлений, среди них новым является заполнение полости стеклопакетов различными газами: двуокисью углерода, инертными газами, разновидностями фторуглерода. Теплоизоляционные свойства таких стеклопакетов повышаются в значительной степени.

Среди современных требований, предъявляемых к стеклу, — повышенная прочность, ударостойкость, безопасность при разрушении. Прочностные свойства листового строительного стекла не удовлетворяют конструкторов в полной мере. Технологи предложили несколько видов прозрачных и непрозрачных стекол повышенной прочности и ударостойкости, среди них закаленное, слоистое, упрочненное ионообменной обработкой, кристаллизованное с помощью термической обработки. Поиски новых конструктивных схем остекления, в которых листовая материал работал бы в более выгодных условиях, привели к разработке и осуществлению принципиально новой системы остекления, в которой лист стекла работает на растяжение благодаря тому, что подвешен за верхнюю кромку.

Впервые идея беспереплетного подвешенного остекления была предложена в 1955 г., а в 1956 г. фрагмент такого остекления был показан на Международной строительной выставке в Западном Берлине. В последующие годы в Европе, Америке, Канаде, Австралии были возведены здания с таким остеклением. Система подвешенного остекления открыла перед архитекторами новые возможности применения в зданиях чрезвычайно больших прозрачных поверхностей. Огромные по площади стеклянные поверхности без видимых стыков и традиционных переплетов образуют объемы современных зданий. Как правило, в системе подвешенного остекления используются другие достижения в области технологии и строительства: упрочненные стеклянные листы, сопряжения крупноразмерных листов стекла «впритык» на силиконовых мастиках и др. Область применения беспереплетного подвешенного остекления — ограждающие поверхности зданий, обеспечивающие максимальный обзор.

Среди непрозрачных видов упрочненных стекол наиболее многообещающими являются ситаллы и шлакоситаллы. Получаемые в настоящее время ситаллы нашли свое применение в различных областях техники, где они подвергаются воздействию высоких температур, давления, скоростей. Стеклокристаллический материал строительного назначения — шлакоситалл будет в основном применяться в трехслойных навесных стеновых панелях в качестве облицовочного материала для полов и стен. Трехслойные навесные

стенные панели с обшивками из шлакоситалла могут быть применены с большим эффектом в промышленных зданиях с агрессивной средой (предприятия химической промышленности), мокрыми процессами и тяжелыми температурно-влажностными режимами (предприятия пищевой промышленности, здания холодильников, горнообогатительные комбинаты), здания производств, предъявляющих повышенные требования к поверхности ограждений (предприятия точной механики, электронной, вакуумной, радиотехнической промышленности).

Применение шлакоситалла экономично уже на данном этапе развития его производства, что дает право надеяться на скорое и широкое внедрение его в строительную практику. С усовершенствованием технологии, в том числе с внедрением метода огневой полировки ленты шлакоситалла эффективность его применения еще более возрастет, расширится область его применения. Следует ожидать увеличения объема применения наружных обшивок из шлакоситалла. До сих пор речь шла о применении кристаллизованного стекла в ближайшей перспективе. Что касается более дальней перспективы, то интерес представляют работы над прозрачным кристаллическим стеклом, прочность которого приближается к прочности стали.

Во всем мире растет объем производства и применения в строительстве безопасных стекол. Среди них дальнейшее развитие получат ламинированные стекла. Ламинированное стекло представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из двух или более листов стекла, связанных между собой прозрачными эластичными прокладками. Наиболее ценными свойствами ламинированных стекол являются их ударостойкость, безосколочность и способность удерживать осколки на эластичной прокладке при разрушении, сохраняя цельность листа. Пластмассовые пленки могут быть как прозрачными, так и цветными и матовыми. Областью применения безопасного стекла является остекление детских учреждений (школ, детских садов, яслей), где игры детей у прозрачных ограждений приводят к травматизму; остекление входов и вестибюлей зданий, где возможно большое скопление людей (зрелищные здания, вокзалы, здания аэропортов и др.); остекление в помещениях, где существует повышенная вероятность разрушения остекления и опасность травматизма (спортивные залы, плавательные бассейны, телефонные будки и др.); остекление, располагаемое на высоте (фонари верхнего света, перила лестниц, ограждения балконов и лоджий и т. д.). Отечественной промышленностью уже в настоящее время выпускается безопасное бесцветное и цветное стекло, состоящее из двух слоев стекол и заключенной между

ними прозрачной пленки. Однако широкое применение его в строительстве — дело будущего.

В области облицовочного и декоративного стекла новые изделия появляются чрезвычайно часто. Очевидно, этот процесс будет продолжаться и в будущем. Одним из новых декоративных строительных материалов, выпуск которого начался в нашей стране в последнее время, является стекломрамор. Он представляет собой плиты или листы, изготовленные прокатом из малощелочного высококальциевого стекла, заглушенного фазовым разделением в процессе выработки. Поверхность стекломрамора — кованая или полированная, по расцветке напоминает естественный мрамор. Обратная поверхность — рифленая. Стекломрамор предназначен для внутренней отделки общественных зданий.

Возрастающие требования к архитектуре являются могучим стимулом развития производства строительного стекла. Современная технология стеклоделия способна создать широчайший ассортимент самых разнообразных видов строительного стекла. В ее арсенале многочисленные методы формования и обработки изделий, нанесение различных покрытий, множество методов изменения физико-механических и оптических свойств стекла. Все вместе это создает почти неограниченные возможности для совершенствования этого важного строительного материала, а значит еще более широкого его применения в строительстве и сооружений. Современное стекло — результат прогресса архитектуры, науки, промышленности — играет в развитии архитектуры исключительную роль, оно превратилось в один из ведущих строительных материалов.

Заключение

■ Стекло в архитектуре... Богатейшая история, множество направлений использования, бесчисленные примеры удачного, талантливого и непревзойденного применения. Ни одно современное значительное произведение архитектуры не обходится без стекла. Припомните облик тех современных зданий или ансамблей, которые соответствуют Вашему личному представлению о вершине архитектурного искусства. Можно быть уверенным, что в них стекло нашло достойное место, а роль его не ограничивается заполнением светопроемов.

Мы уже говорили о революционном значении пространственной концепции современной архитектуры. «Жилище не должно быть оторвано от пространства, оно должно жить в пространстве, быть всесторонне связанным с ним», — писал Л. Моголи-Надь — один из основателей Баухауза — высшей художественно-промышленной и архитектурной школы.

Благодаря применению стекла в новых масштабах и в новом качестве, «пространство» сделалось по-настоящему зримой и осязаемой чертой архитектурных произведений. При этом средства архитектурной выразительности пополнились рядом современных приемов формотворчества, а язык архитектуры — терминами, обозначающими динамичное восприятие архитектурных форм: открытость, разомкнутость, слияние, перетекание, непрерывность и т. д. Ограниченное сверкающими прозрачными плоскостями пространство привлекло внимание архитекторов и стало главным мотивом в их творчестве.

Именно свойства светопрозрачных ограждений из стекла позволяют создавать здания, полные света и солнца, внутреннее пространство которых сливается с природой.

Владимир Ильич Ленин считал вполне закономерным, что на смену грязным отвратительным мастерским придут чистые, светлые, достойные человека заводы-лаборатории¹. «Какая легкая архитектура этого внутреннего дома, какие маленькие простенки между окнами, а окна огромные, широкие, во всю высоту этажей! Его каменные стены — будто ряд пилястров, составляющих раму для окон... Везде алюминий и алюминий, и все промежутки окон одеты огромными зеркалами» — такой представлялась в романе «Что делать?» архитектура будущего великому русскому революционеру-демократу Н. Г. Чернышевскому.

Однако мечта всегда шла впереди, а реальное ее воплощение безнадежно отставало. Теперь мы стоим на пороге того времени, когда технологи смогут выполнить любой заказ архитектора. По-

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 23, с. 94.

этому сегодняшней задачей архитектора следует считать формулирование точных и многогранных требований к материалам, подготовку к тому периоду, когда появится возможность получать материалы со всеми необходимыми свойствами.

Другой, не менее важной задачей сегодняшнего дня является полное использование тех возможностей, которые предоставляет нам всерасширяющийся ассортимент новых строительных стекол, знание степени и характера их влияния на внутреннюю среду зданий.

Можно без преувеличения сказать, что современное архитектурно-строительное стекло является наиболее универсальным строительным материалом, разнообразие свойств которого широко используется при создании эффективных ограждающих конструкций, позволяющих наполнить наши здания естественным светом и одновременно защитить их от чрезмерной инсоляции и перегрева в жаркие дни, а также защитить их от холода и теплопотерь в зимнее время.

Отказавшись от архитектурных излишеств и украшательских тенденций, современная архитектура создает строгие и изящные здания, единственным украшением фасадов которых являются высококачественные и долговечные отделочные материалы. И в этом случае первенство должно быть отдано облицовочному и отделочному стеклу, обладающему прекрасными декоративными качествами при исключительно высокой химической устойчивости.

Ярко и интенсивно окрашенное, с широкой гаммой сочных тонов и оттенков, переходящих от кристальной прозрачности до полной глухоты, цветное художественное стекло является незаменимым декоративным материалом, обогащающим интерьеры наших общественных зданий.

Вряд ли есть необходимость перечислять здесь все направления и области использования стекла в архитектуре и строительстве, еще раз останавливаясь на его уникальных и удивительных свойствах. Обо всем этом сказано в соответствующих разделах книги, и мы можем считать свою задачу выполненной, если информация, помещенная в книгу, будет полезна архитекторам и поможет им в их творческой работе.

Список литературы

1. Материалы XXVI съезда КПСС. М., Политиздат, 1981.
2. Айрапетов Д. П. Материал и архитектура. М., 1978.
3. Аалто А. Архитектура и гуманизм. М., 1978.
4. Архитектура современного Запада. Под ред. Д. Аркина. М., 1932.
5. Богусевич В. А. Мастерские XI в. по изготовлению стекла и смальты в Киеве. По материалам раскопок 1951 г. Краткие сообщения И. А. АН УССР, вып. 3, Киев, 1954.
6. Бартенев И. А. Форма и конструкция в архитектуре. Л., 1968.
7. Борисовский Г. Б. Современная строительная техника и эстетика. М., 1963.
8. Борисовский Г. Архитектура, устремленная в будущее. Знание. М., 1977.
9. Бузов А. К. Об архитектуре. М., 1960.
10. Всеобщая история архитектуры. Т. 10, 11, 12, кн. 1 и 2. М., 1972—1977.
11. Градов Г. А. Город и быт. М., 1972.
12. Гусев Н. М. Стекло в современном строительстве. М., 1952.
13. Едике Ю. История современной архитектуры. М., 1972.
14. Иконников А. В. Формирование городской среды. М., «Знание», 1973.
15. Иконников А. В. Архитектура города. Эстетические проблемы композиции. М., 1972.
16. Квормби А. Архитектор и пластмассы. М., 1978.
17. Кинк Х. А. Художественное ремесло Древнего Египта и сопредельных стран. М., 1976.
18. Казаринова В. И. Взаимосвязь архитектуры и строительной техники. М., 1964.
19. Ланцетти А. Г., Нестеренко М. Л. Изготовление художественного стекла. М., 1972.
20. Левинсон Е. А., Смирнов Б. А., Шелковникова Б. А., Энгелис Ф. С. Художественное стекло и его применение в архитектуре. М.—Л., 1953.
21. Ляковская О. А. Французская готика. М., 1973.
22. Лукас А. Материалы и ремесленные производства Древнего Египта. М., 1958.
23. Мачульский Г. К. Мис ван дер Роэ. М., 1969.
24. Макотинский М. П. Новые отделочные материалы. М., 1967.
25. Мис ван дер Роэ. Мысли об архитектуре. — Советская архитектура, 1961, № 13.
26. Рагон М. Города будущего. М., 1969.
27. Рябушин А. В. Развитие жилой среды. М., 1976.
28. Рябушин А. В. Этапы развития советской архитектуры. М., 1979.
29. Редин Е. К. Мозаики равеннских церквей, 1896.
30. Солнцезащитное остекление зданий. Обзор. М., 1975.
31. Соловьев С. П., Колмовский А. А., Дубов Э. М. Светопрозрачные ограждения из пустотелых стеклянных блоков. М., 1966.

32. Соловьев С. П., Царицын М. А., Воробьева О. В., Замаев Г. П. Специальные строительные стекла. М., 1971.
33. Стекла для защиты от солнечной радиации, выпускаемые за рубежом. Обзор. ВНИИЭСМ. М., 1973.
34. Тасалов В. И. Очерк эстетических идей архитектуры капиталистического общества. М., 1979.
35. Уиттик. Европейская архитектура XX века. Т. 1, М., 1960.
36. Электротехническая обработка стекла. Обзорная информация. ВНИИЭСМ. М., 1973.
37. Anderson H. Kiln-fired glass. Philadelphia. 1970.
38. Haynes E. Glass through the ages. Penguin. 1966.
39. Sowers R. Stained glass: an architectural art. New-York. 1965.
40. Moloney F. Glass in modern word. A study in materials development. London. 1967.
41. Reyntiens P. The technique of stained glass. New-York. 1967.
42. McGrath R. and Frost A. C. Glass in Architecture and Decoration. The Architecture Press. London. 1961.
43. Studies in glass history and design. London. 1968.
44. Gropius W. The New Architecture and the Bauhaus. London. 1937.
45. Waterman A. E. A history of mosaics. New-York. -1968.
46. Nervi P. L. Structures. New-York, 1956, p. 112.

Оглавление

	Стр.
ОТ АВТОРОВ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ СТЕКЛО И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НЕГО	10
РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА ОТ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ	12
ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СОВРЕМЕННОГО СТЕКЛА	20
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА	27
ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННОЕ СТЕКЛО В АРСЕНАЛЕ АРХИТЕКТОРА	30
КЛАССИФИКАЦИЯ И АССОРТИМЕНТ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО СТЕКЛА	34
ЛИСТОВОЕ СТЕКЛО В СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДЕНИЯХ ЗДАНИЙ	37
ЦВЕТНОЕ ХУДОЖЕСТВЕННОЕ И ОБЛИЦОВОЧНОЕ СТЕКЛО В ОФОРМЛЕНИИ ФАСАДОВ И ИНТЕРЬЕРОВ	58
СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ СТЕКЛА	71
ГЛАВА 3. АРХИТЕКТУРНОЕ ТВОРЧЕСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛА	92
СТЕКЛО В АРХИТЕКТУРЕ ПРОШЛОГО	95
СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ И АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ	119
СТЕКЛО В АРХИТЕКТУРЕ БУДУЩЕГО	178
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	186
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	189

СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ СОЛОВЬЕВ
ЮЛИЯ МИХАЙЛОВНА ДИНЕЕВА

СТЕКЛО В АРХИТЕКТУРЕ

Редакция литературы по градостроительству
и архитектуре

Зав. редакцией Т. Н. Федорова

Редактор И. Л. Глезарова

Мл. редактор Н. Б. Либман

Внешнее оформление художника В. В. Евдокимова

Технический редактор Е. Л. Темкина

Корректоры Л. П. Бирюкова, Г. А. Кравченко

ИБ № 747

Сдано в набор 28.04.81. Подписано в печать 10.12.81. Т—28487. Формат 84×108/32
Гарнитура «Журн. рубл.» Печать высокая. Усл. печ. л. 10,08. Усл. кр.-отт. 10,18
Уч.-изд. л. 11,28. Тираж 11000 экз. Изд. № АIX—6342. Зак. № 753. Цена в обложке
на бумаге книжно-журнальной — 70 коп. Цена в переплете № 7 + суперобложка
на мелованной бумаге — 1 р. 40 к.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете
СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли

600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7