



**AS STROY HOLDING**

# **ПОЛИКАРБОНАТ**

**Применение в современном строительстве**

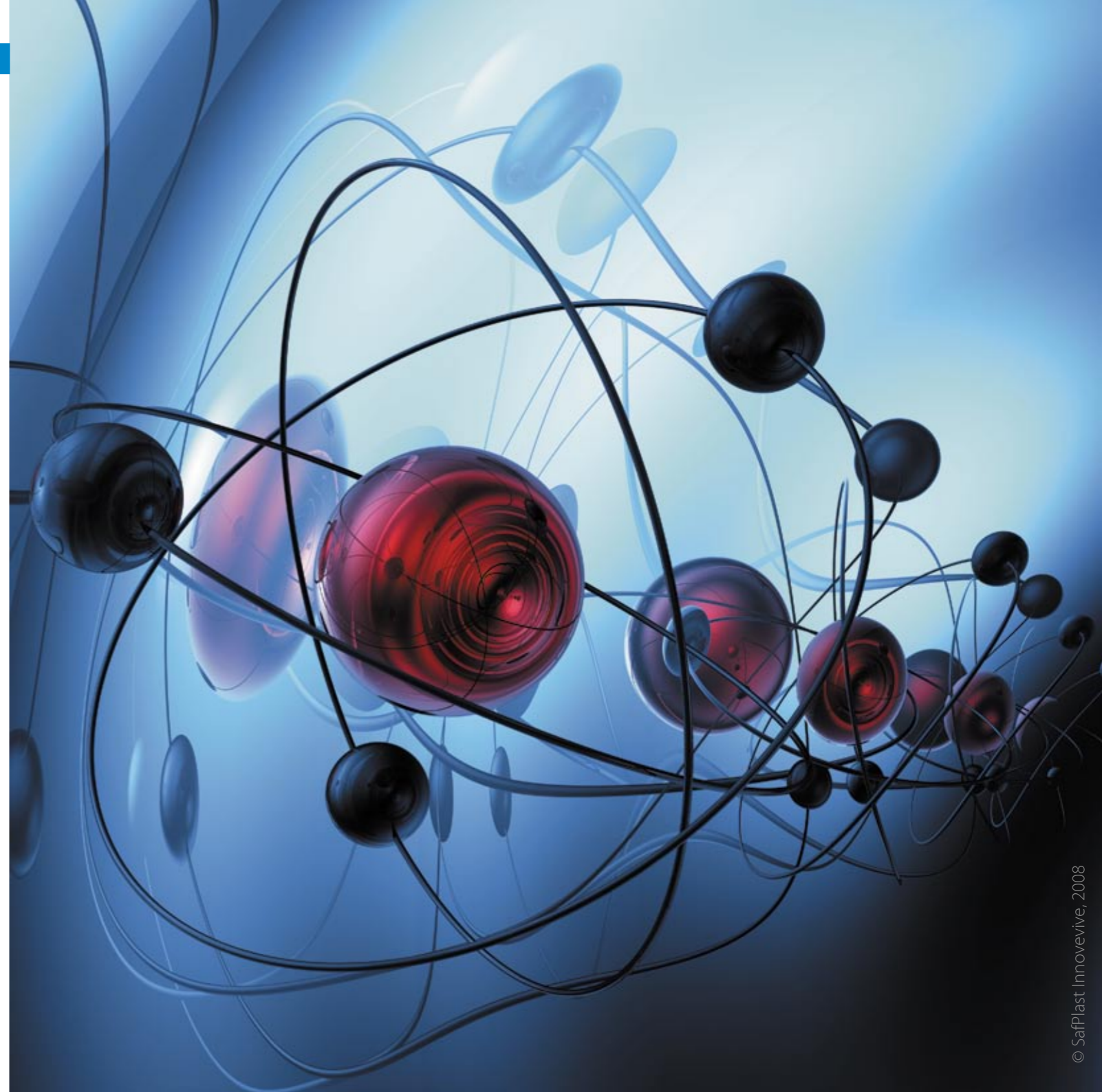


## Что такое поликарбонат?

Многие окружающие нас в повседневности вещи никогда не появились бы на свет, не будь ученым известны тайны превращения одних веществ в другие. Поликарбонату в этом отношении повезло – он оказался универсальным материалом, из него делают автомобильные фары и компакт-диски, медицинские инструменты и пищевую посуду, кабины военных истребителей и остекление для теплиц, и массу других полезных вещей.

Столь широким кругом применения поликарбонат обязан удачному сочетанию своих физико-механических и химических свойств.

Во-первых, это очень прочный материал, его способность противостоять механическим ударам уже стала легендарной. Вместе с тем он прозрачный и термически стойкий. Возможность многократной переработки поликарбонатных изделий делает этот материал особенно привлекательным для современной промышленности, стремящейся любыми способами уменьшить вредное воздействие на окружающую среду.





## Что такое поликарбонат?

Многие замечательные свойства поликарбоната заложены на уровне молекул. А молекулы у него необычные, они похожи на очень длинные цепочки с повторяющимися звеньями, скрепленными между собой карбонатными группами (-O-(C=O)-O-).

Их также называют макромолекулами, а состоящие из них соединения – полимерами. Приставка «поли» в названии поликарбоната как раз говорит нам о том, что это полимер. За счет длины своих молекул полимеры отличаются от других материалов пластичностью, легкостью и долговечностью. Но поликарбонат не просто полимер, а термопластичный полимер, или термопласт. Как термопласт он восстанавливает свои свойства при затвердевании, сколько бы раз его не расплавляли. Дело в том, что его макромолекулы связаны между собой только физическими связями, разорвать которые гораздо легче, нежели химические внутримолекулярные связи.

При высокой температуре (более 250° С) физические связи между его макромолекулами распадаются, соответственно, исчезают и физические свойства поликарбоната – такие, как твердость и прочность, и он переходит в расплав. Сами же макромолекулы сохраняют свою целостность, и когда расплав охлаждается и затвердевает, физические связи между ними возникают вновь, и поликарбонат становится таким же, как до процесса плавления. Благодаря термопластичности поликарбонат можно подвергать многократной температурной переработке.

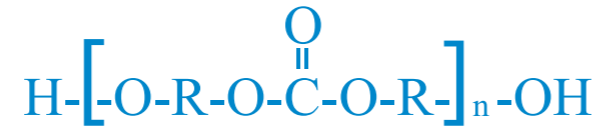




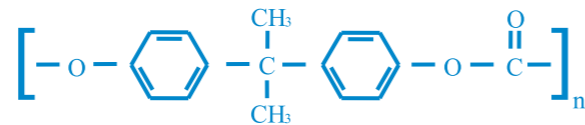


**Немного химии**

В химическом отношении поликарбонаты представляют собой линейные полиэфиры угольной кислоты. В самом общем виде их формула такова:



В зависимости от природы заместителя R поликарбонаты подразделяются на алифатические, жирноароматические и ароматические. Именно последняя группа – ароматические поликарбонаты – имеет наибольшее промышленное значение, и выпускаются они под торговыми названиями «макролон», «лексан», «юпилон», «пенлайт», «синвет».



За счет присутствия ароматического заместителя (бензольного кольца) в своей молекуле получаемое вещество отличается высокой прозрачностью и механической прочностью. Далее речь пойдет только об ароматических поликарбонатах.

Таблица 1

Свойства поликарбоната на основе бисфенола А и некоторых термопластов						
Показатели	Поликарбонат	Полиамид 6	Полиэтилен	Полистирол	Полиметил-метакрилат	Поливинилхлорид
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,20	1,13	0,94–0,96	1,05	1,18	1,38
Разрушающее напряжение при растяжении, Ра	(540–647)•10 <sup>5</sup>	(618–824)•10 <sup>5</sup>	(210–377)•10 <sup>5</sup>	(343–618)•10 <sup>5</sup>	(480–755)•10 <sup>5</sup>	(343–618)•10 <sup>5</sup>
Относительное удлинение при разрыве, %	60–100	60–300	15–100	1–4	2–10	2–40
Ударная вязкость с надрезом, Н/м	19,6•10 <sup>7</sup>	10,8•10 <sup>7</sup>	(9,8–19,6)•10 <sup>7</sup>	(1,9–2,4)•10 <sup>7</sup>	(1,9–2,9)•10 <sup>7</sup>	(4,9–9,8)•10 <sup>7</sup>
Деформация под нагрузкой 137•10 <sup>5</sup> Ра при 50° С в течение 24 ч, %	0,14	1,4	8–16*	0,5–1,5**	0,3–2	–
Усадка при литье под давлением, %	0,5–0,7	1,0–3,0	2,0–5,0	0,2–0,6	0,2–0,8	–
Температура начала деформации при изгибе под нагрузкой 181 Н, °С	132	66–67	60–82***	66–90	68–99	–
Горючесть	Самозатухает	Самозатухает	Горючий	Горючий	Горючий	Горючий
Водопоглощение через 24 ч (толщина образца 3,2•10 <sup>-3</sup> м), %	0,15	1,5	<0,01	0,03–0,10	0,30–0,40	0,07–0,40
Электрическая прочность, кВ/м.	>20•10 <sup>3</sup>	>16•10 <sup>3</sup>	20•10 <sup>3</sup>	>20•10 <sup>3</sup>	>20•10 <sup>3</sup>	18•10 <sup>3</sup>
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом•м	>10 <sup>18</sup>	>10 <sup>13</sup>	>10 <sup>17</sup>	>10 <sup>16</sup>	>10 <sup>17</sup>	>10 <sup>17</sup>
Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 МГц, tgδ•10 <sup>4</sup>	110	200–2000	<4	1–5	200–300	150

\* При 23° С.  
 \*\* Нагрузка 27,4•10<sup>5</sup> Ра.  
 \*\*\* Нагрузка 45 Н.



## История открытия

История открытия поликарбоната уходит корнями в XIX век. Впервые реакции его получения описал немецкий химик, изобретатель новокаина, Альфред Айнхорн в 1898 году. В то время он работал в Мюнхенском университете у знаменитого Адольфа фон Байера и занимался поиском эффективного обезболивающего средства. Экспериментируя с эфирами, он провел реакции фосгена с тремя изомерными диоксибензолами и в осадке получил полиэфир угольной кислоты – прозрачное вещество, термостойкое и нерастворимое.

Новое соединение не представлялось в то время перспективным, скорее оно рассматривалось как примесь, загрязнение от которого следует избавиться. В последующие годы разные ученые получали поликарбонаты независимо друг от друга как побочные продукты реакций, но целенаправленно искать способы их синтеза начали



Альфред Айнхорн

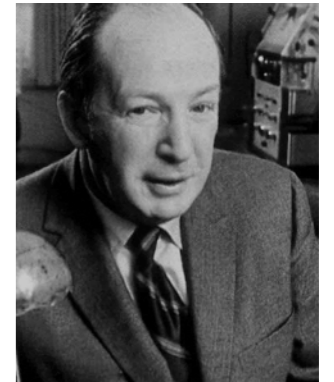
много позже, когда распознали уникальные свойства термопластов. Так, в 1953 году сотрудник немецкой компании Bayer, Герман Шнелл, получил поликарбонаты практически с первой попытки. Шнелл, 36-летний химик с прекрасным образованием, только что перешел из штаб-квартиры компании в ее исследовательский отдел, расположенный в городе Юрдингене. В поисках нового направления исследований он просмотрел отчеты прошлых лет и обратил внимание на одну реакцию, где следовало всего-навсего заменить одно соединение на другое, чтобы получить пластик. Даже коллеги Шнелла не верили сначала в успех нового материала, ведь они со школьной скамьи знали, что все карбонаты легко разлагаются и чувствительны к нагреву. В то время убедить кого-то в том, что на их основе могут образовываться прочные, термостабильные пластики, было трудной задачей, и Шнеллу пришлось приложить немало усилий. Игра стоила свеч – полимеризованные карбонаты оказались соединением, механические свойства которых не имеют аналогов среди известных на сей день термопластов. В тот же год поликарбонат был запатентован под маркой «макролон».



Герман Шнелл

Как это зачастую случается с высокотехнологическими открытиями, Шнелл не был единственным, кто получил поликарбонат. В том же 1953 году, всего неделей позже, этот материал синтезировал сотрудник американской компании General Electric Дениель Фокс. И двум гигантам мировой индустрии пришлось сесть за стол переговоров, чтобы договориться, кто же получит право называться первооткрывателем поликарбоната. Проблему удалось разрешить, и в 1955 году General Electric запатентовала материал под маркой «лексан». Прошло еще несколько лет, прежде чем в 1958 году Bayer, а в 1960 году General Electric получили технически пригодные поликарбонаты и приступили к их промышленному производству.

Первыми потребителями продукции стали электронные компании, которые изготавливали прозрачные чехлы для закрытых плавких предохранителей и изоляцию для кабелей и проводов. Этому способствовало то, что поликарбонат является хорошим диэлектриком и остается таковым в широком интервале температур (от -100 до +135 °C) и частот (от 50 Гц до 10<sup>6</sup> Гц).



Дениель Фокс

Кроме того, из него легко изготовить детали сложной конфигурации. Его стали использовать как конструкционный материал для создания арматур, штепсельных вилок, каркасов для катушек, корпусов клемм, элементов ЭВМ. Поликарбонат, армированный стекловолокном, шел на прецизионные элементы аппаратуры. Стойкость поликарбоната к атмосферным воздействиям, действию кислот, минеральных солей, масел, жиров и углеводов позволило значительно расширить границы его использования. Он нашел применение в автомобилестроении, фотографической промышленности и оптике, медицине и стоматологии. Например, из него делали магнитофонные ленты, детали фотоаппаратов и кинокамер. В Японии выпускали поликарбонатные инкубаторы для рыбных мальков, и поскольку их прозрачность выше, чем стеклянных, мальки гибли реже. Благодаря своей прочности поликарбонат стал применяться и в военном деле: для создания патронных гильз.

## Технологии производства поликарбоната

Как и любой пластик, поликарбонат получают в результате многостадийного синтеза при участии нескольких ингредиентов. Сырье получается в виде гранул – мелких прозрачных зерен. В таком виде материал легче хранить и транспортировать к месту переработки.

Для получения ароматических поликарбонатов, а только эта группа поликарбонатов имеет промышленное значение, необходимы два вещества, вернее, их производные:

- двухатомный фенол (бисфенол А)
- угольная кислота (фосген)

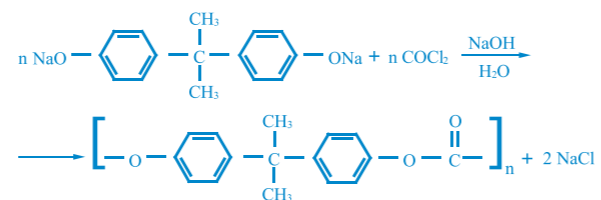
*Бисфенол А – в виде белых или светло-коричневых хлопьев или порошка получают из фенола и ацетона, а единственный побочный продукт этой реакции – вода. В 1950-х годах соединение, известное под промышленным названием «бисфенол А», стало одним из важнейших строительных блоков современной химической промышленности. Без него не было бы производства поликарбоната и других пластиков, эпоксидных смол, зубных герметиков и композитов – материалов, сделавших нашу жизнь более комфортной и безопасной.*

*Фосген – печально известен тем, что его применяли союзники против Германии в Первую мировую войну как отравляющий газ. Фосген поражает глубокие отделы дыхательных путей, вызывая при легком отравлении бронхит. В мирное время этому сильноядовитому веществу нашли лучшее применение: теперь фосген служит для синтеза растворителей, красителей, пестицидов, фармацевтических средств. Его часто используют в лабораториях, например, для синтеза пептидов. При соблюдении строгих мер безопасности, которые приняты на химических предприятиях, этот газ не представляет угрозы для жизни людей и экологии.*

### Межфазная поликонденсация

Технология, с помощью которой в настоящее время производят большую часть поликарбоната в мире, основана на методе межфазной поликонденсации, когда реакция полимеризации идет на границе раздела двух фаз – жидкости и газа.

Процесс проходит в среде водной щелочи и органического растворителя, например метилхлорида или смеси хлорсодержащих растворителей:



На первой стадии синтеза бисфенол А обрабатывают гидроксидом натрия, чтобы перевести его в более реакционную форму. Полученный водный раствор соли бисфенола вместе с другими реагентами загружают в реактор и постоянно перемешивая, добавляют газообразный фосген.

После того, как в растворе образуются олигокарбонаты, подачу фосгена прекращают и переходят ко второй стадии – поликонденсации.

В процессе синтеза образуется не чистый поликарбонат, а его раствор в метилхлориде. Если технология синтеза принципиально мало различается у разных производителей, то способ выделения чистого поликарбоната у каждого свой и составляет главное ноу-хау. Он может быть основан на: применении «антирастворителя», выделении ПК с помощью «острого пара», прямом испарении растворителей, переводе полимера из раствора в расплав. Затем еще теплую поликарбонатную массу пропускают через экструдер для получения гранул или прутьев, которые затем режут на гранулы.

**Достоинство метода** – низкая температура проведения реакции, использование одного органического растворителя, возможность получения поликарбоната высокой молекулярной массы.

**Недостатки метода** – большой расход воды для промывки полимера и, следовательно, большой объем сточных вод; применение сложных смесителей.

#### Российская технология

В России технологию производства поликарбоната внедрили на Дзержинском заводе «Заря» в 1970-х годах. Она основывалась на межфазной конденсации бисфенола А с фосгеном в присутствии водного раствора NaOH и хлорсодержащего растворителя – метилхлорида. Для выделения полимера из раствора применяли антирастворитель – ацетон. На первой опытной установке можно было производить 50 тонн поликарбоната в год, а после усовершенствования – 2000 тонн в год. Но эта первая технологическая линия обладала несколькими существенными недостатками: из-за большого количества летучих компонентов полимер нужно было долго сушить, а от этого ухудшались его оптические характеристики; при центрифугировании терялось до 10% веса поликарбоната; расходовалось много растворителей. К 1981 году производство обновили, после чего его мощность составляла 3500 тонн в год. «Заря» выпускала марки поликарбоната с пониженной горючестью на основе тетрабромдифенилпропана и огнегасящих добавок; стеклонаполненные марки ПК; высокомолекулярный ПК для производства конденсаторных пленок; марки с облегченной выемкой из формы; термо- и UV-стабилизированные марки; окрашенные марки; сплавы ПК с АБС.

В 1980-х годах специалисты НИИ пластических масс разработали принципиально новую технологию производства поликарбоната: интенсивную, ресурсосберегающую и малоотходную. Технология представляла собой непрерывный процесс и включала:

- синтез поликарбоната в каскаде реакторов по модифицированному кристаллогидратному методу;
- выделение поликарбоната методом перевода раствора в расплав, вакуум-экструзии расплава и грануляции полимера;
- очистку сточных вод производства, позволяющую использовать солевой сток (раствор поваренной соли) для электролиза, а слабоминерализованный сток вернуть в цикл производства.

Новая технология прошла испытания на оборудовании НИИ пластических масс, итальянских и немецких фирм. Ее преимущества перед существующими на сей день в том, что она не требует высоких энергозатрат на тонну полимера, не предусматривает вредных газовых выбросов и сточных вод, выдает полимер высокого качества. Кроме того, данная технология позволяет создавать новые марки поликарбоната и сплавы на его основе. Эта новация до сих пор не нашла применения в России.



**Фосгенирование** бисфенола А в растворе в присутствии пиридина при температуре  $\leq 25^\circ \text{C}$ . Пиридин, служащий одновременно катализатором и акцептором выделяющегося в реакции  $\text{HCl}$ , берут в большом избытке (не менее 2 молей на 1 моль фосгена). Растворителями служат безводные хлорорганические соединения (обычно метилхлорид), регуляторами молекулярной массы - одноатомные фенолы.

Из полученного реакционного раствора удаляют гидрохлорид пиридина, оставшийся вязкий раствор поликарбоната отмывают от остатков пиридина соляной кислотой. Выделяют поликарбонат из раствора с помощью осадителя (например, ацетона) в виде тонкодисперсного белого осадка, который отфильтровывают, а затем сушат, экструдируют и гранулируют.

Процесс проводят по периодической схеме.

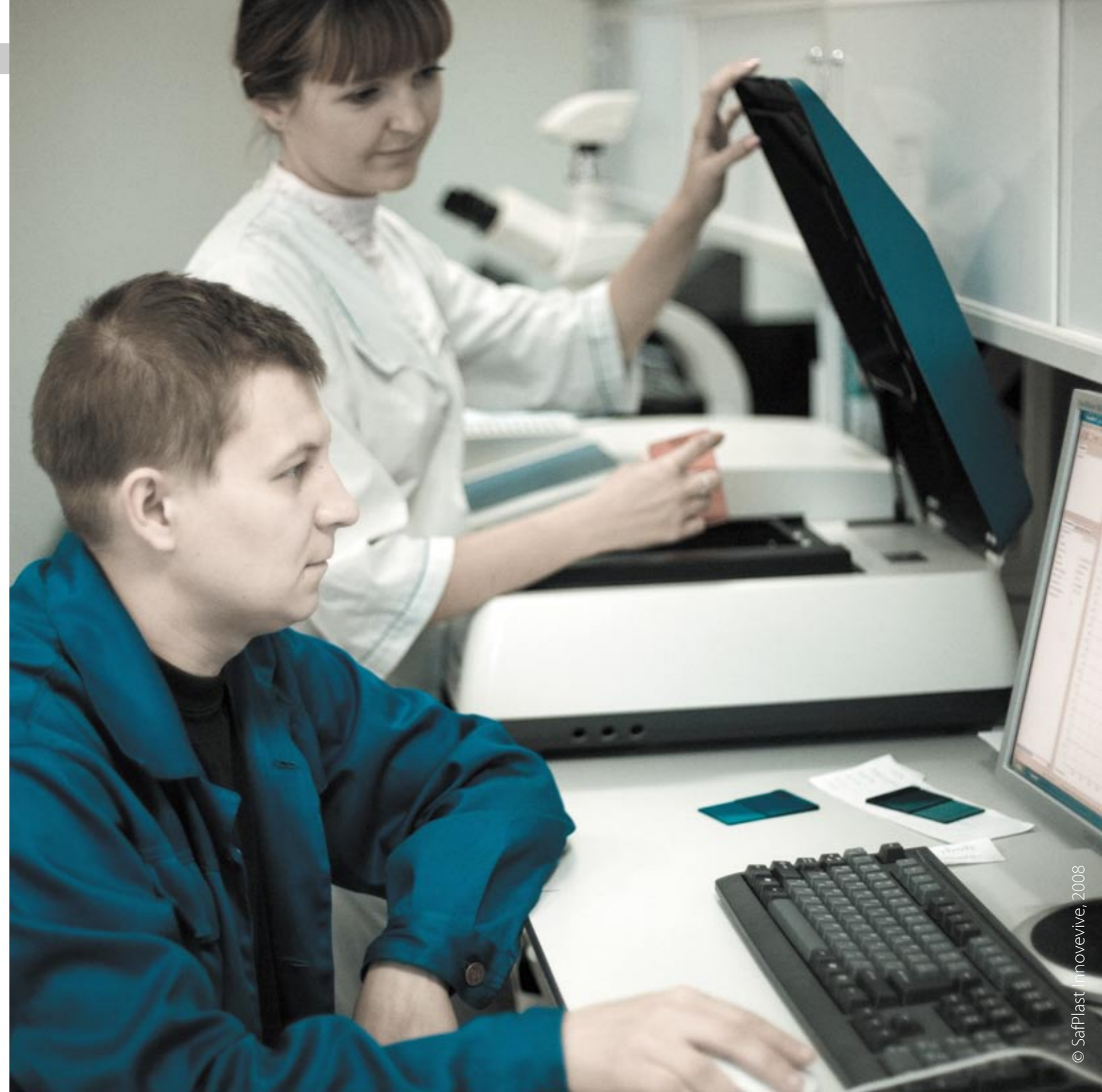
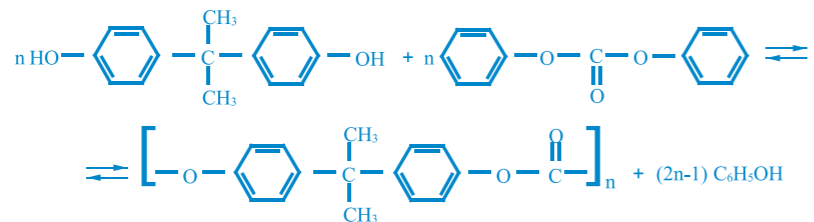
**Достоинство метода** – низкая температура процесса, протекающего в гомогенной жидкой фазе.

**Недостатки метода** – использование дорогостоящего пиридина и невозможность удаления из поликарбоната примесей бисфенола А.

**Перезэтерификация** дифенилкарбоната бисфенолом А в вакууме в присутствии оснований (например, метилата натрия) при ступенчатом повышении температуры от  $150$  до  $300^\circ \text{C}$  и постоянном удалении из зоны реакции выделяющегося фенола.

**Достоинство метода** – отсутствие растворителя.

**Недостатки метода** – невысокое качество поликарбоната вследствие наличия в нем остатков катализатора и продуктов деструкции бисфенола А; невозможность получения поликарбоната с молекулярной массой более 50 000.





В Германии промышленное производство поликарбоната началось с 1958 г., вскоре после получения Шнеллом (в 1956 г.) технически пригодного полимера. В США начало промышленного производства поликарбоната относится к 1960 г. В Японии оно осуществлялось с 1962 г. на основе лицензии фирмы «Байер», концерном Тэйдзин Митцубиси.

Учитывая высокую токсичность фосгена, во второй половине 1990-х годов появились технологии синтеза поликарбоната без его использования. Они были разработаны компаниями GE Plastics и Bayer, а затем их японскими последователями Asahi, Teijin, Mitsubishi Chemical.

Первыми потребителями продукции стали электронные компании, которые изготавливали прозрачные чехлы для закрытых плавких предохранителей и изоляцию для кабелей и проводов.



*BayerMaterialScience является мировым лидером в области производства поликарбоната, имея мощность производства 1,2 миллиона тонн в год. Заводы расположены в Крефельде-Ирдингене, Антверпене, Байтауне (США), Мап Та Путе (Таиланд) и Шанхае (Китай).*

*В Bayer в России. В конце XIX века, чтобы избежать традиционно высоких российских пошлин на ввоз готовой продукции, руководство компании «Байер» (Леверкузен, Германия) приняло решение, как сейчас сказали бы, «локализовать производство».*

*Недалеко от Москвы была основана первая фабрика по производству ализариновых и анилиновых красителей. Фабрика удовлетворяла около 75 % спроса на искусственные красящие вещества, которые в первую очередь шли на окраску солдатского сукна. Постепенно ассортимент был расширен за счет*

*фармацевтических препаратов, в том числе аспирина.*

Лицензиями на технологию производства поликарбоната владеют:

- Bayer MaterialScience (Германия)
- Asahi Kasei Chemicals Corporation (Япония)
- GE Plastics (США)

Ведущие производители поликарбонатного сырья в мире:

Производитель	Торговая марка
Bayer Material Science (Германия)	MAKROLON®
SABIC Innovative Plastics (наследница GE Plastics, США)	LEXAN®
Mitsubishi Engineering-Plastics (Япония)	IUPILON®, NOVAREX®, KOBALLOY®
Teijin Limited (Япония)	PANLITE®
The Dow Chemical Company (США)	CALIBRE®

## Свойства поликарбоната

Поликарбонат – один из самых прочных полимеров, одновременно обладающий высокой прозрачностью. Сочетание ударпрочности, тепло- и морозостойкости, малой плотности и прекрасных оптических свойств обусловило широкое применение поликарбоната как заменителя стекла. Основные свойства поликарбоната представлены в таблице 2.

Свойства поликарбоната зависят от величины молекулярной массы поликарбоната (длины полимерной молекулы). Если молекулярная масса полимера менее 20 тысяч, поликарбонат достаточно хрупок и имеет низкие прочностные свойства. Если молекулярная масса более 25 тысяч, то полимер обладает высокой механической прочностью и эластичностью. В таблице приведены основные физико-химические свойства поликарбоната.

Таблица 2. Физико-механические свойства поликарбоната

Плотность (при 25° С), г/см <sup>3</sup>	1,20
Показатель преломления	1,5850
Температура стеклования, °С	150
Температура размягчения, °С	220-230
Температура разложения, °С	>320
Рабочая температура (без изменения размеров), °С на воздухе/ в воде	120-130 / 60-80
Морозостойкость, °С	< -100
Предел прочности при растяжении $\sigma_{\text{раст}}$ , МПа	65-70
Предел прочности при изгибе, МПа	95
Ударная по Шарпи (с надрезом), кДж/м <sup>2</sup>	25-50
Удельная теплоемкость, Дж/(г·К)	1090-1255
Теплопроводность, Вт/ (м·К)	0,20
Коэффициент теплового линейного расширения, °С <sup>-1</sup>	(5-6)·10 <sup>-5</sup>
Теплостойкость по Мартенсу, °С	115-127
Теплостойкость по Вика, °С	158-165
Диэлектрическая постоянная 50 Гц	3
Электрическая прочность (образец толщиной 1-2 мм) кВ/мм	20-35
Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 МГц	0,011
Тангенс угла диэлектрических потерь при 50 Гц	0,0007-0,0009
Объемное удельное сопротивление, Ом·см	1·10 <sup>17</sup>
Поверхностное удельное сопротивление, Ом	1·10 <sup>17</sup>
Равновесное влагосодержание (200° С, 50% относительная влажность воздуха), % по массе	0,2
Максимальное поглощение при 25° С, % по массе	0,36
Коэффициент рассеяния при 50 Гц	8·10 <sup>-4</sup>



Изделия из поликарбоната оптически прозрачны, имеют стабильные размеры, отличные механические и электрические свойства. Кроме этого поликарбонат термо- и водостоек. Он не имеет ни вкуса, ни запаха, он непроницаем для масел, жиров и бактерий, физиологически инертен. Поэтому сделанные из него предметы можно стерилизовать, допускать контакт с пищей. Поликарбонат легко поддается литью различных изделий, сложных по форме.

Для поликарбоната характерна высокая стабильность размеров. При действии растягивающего напряжения 220 кг/см<sup>2</sup> в течение одного года не обнаружено пластической деформации образцов.

По диэлектрическим свойствам поликарбонат относят к среднечастотным диэлектрикам, его диэлектрическая проницаемость практически не зависит от частоты тока.

Поликарбонат характеризуется невысокой горючестью. Кислородный индекс поликарбоната составляет 24-26 %.

Таблица 3. Механические свойства поликарбоната

Ударная вязкость	
без надреза (% образцов, не разрушившихся при ударе молотом 392 Н)	100
с надрезом, Н/м	>19,6·10 <sup>7</sup>
Разрушающее напряжение, Па	
при растяжении	637·10 <sup>5</sup>
при сжатии	784·10 <sup>5</sup>
при изгибе	618·10 <sup>5</sup>
Относительное удлинение при разрыве, %	75
Модуль упругости, Па	
при растяжении	21,5·10 <sup>8</sup>
при изгибе	22·10 <sup>8</sup>
Деформация под нагрузкой 274 Па, %	
при 25° С	0,2
при 70° С	0,3
Твердость по Бринеллю, Па	(784-980)·10 <sup>5</sup>
Коэффициент трения при скорости 1 см/с без смазки	
поликарбонат по поликарбонату	0,24
поликарбонат по стали	0,73
сталь по поликарбонату	0,35
Стойкость к истиранию по Таберу, мг/10 <sup>3</sup> циклов	10-13

Поликарбонат характеризуется комплексом высоких механических показателей. Образцы поликарбоната в виде брусков 50х6х4 мм без надреза не разрушаются при ударе молотом 40 кг. Ударная вязкость без надреза не изменяется в широком интервале температур, например, при -40°С она такая же, как при комнатной температуре.

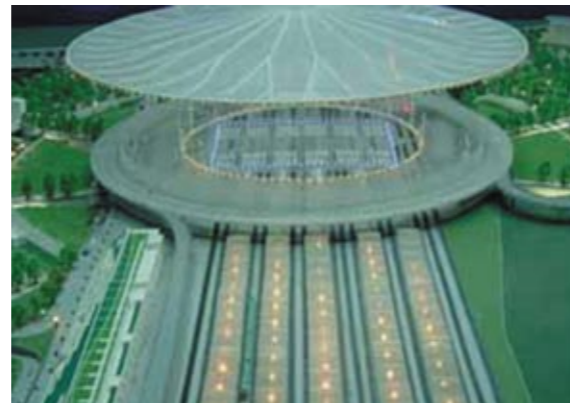


## Области применения поликарбоната

### Строительство

Благодаря своим уникальным свойствам поликарбонат в строительстве стал очень популярным, а в последнее десятилетие наблюдается настоящий бум применения этого материала. Проектировщики стремятся использовать более легкие материалы, чтобы снизить общий вес каркасных конструкций и уменьшить нагрузки на фундамент зданий, архитекторы ищут материалы, превосходящие механические свойства которых не шли бы в ущерб внешнему виду. Кроме того, общемировой тенденцией в строительстве стало применение энерго-сберегающих технологий.

Для нас уже стали привычными сооружения, максимально освещенные изнутри солнечным светом и при этом сохраняющие внутреннее тепло, экономящие таким образом электро- и теплоэнергию. Поликарбонат в виде сотовых и монолитных листов как нельзя лучше подходит для решения этих задач, поэтому спрос на них ежегодно увеличивается. И чтобы удовлетворить запросы потребителей, поставщики стараются изобрести все новые и новые виды поликарбоната и способы его применения. Этот пластик позволил создавать покрытия и остекление большой площади для стадионов и спорткомплексов, бассейнов, супермаркетов, рынков (торговых комплексов), автостоянок, зимних садов. Из него делают элементы фасада и автобусные остановки, покрывают внутренние дворы магазинов и кафе, переходы между зданиями, галереи. Более подробно о строительных конструкциях, где применяется поликарбонат, будет рассказано во второй части книги.



Кровля железнодорожной станции в Шанхае. Самая большая в мире круглая крыша создана из сотового поликарбоната для Южной железнодорожной станции в Шанхае. Ее площадь 52 тысячи кв. м.

### Реклама и дизайн

Поликарбонат применяется в рекламной отрасли, позволяя создавать оригинальные и прочные рекламные конструкции.

Среди них можно встретить: световые конструкции, короба, табло, вывески, объемные буквы. Поликарбонат применяется в рекламном дизайне. Антивандальная защита рекламных конструкций обеспечивается за счет так называемых монолитных листов из поликарбоната.



Ударопрочная конструкция сити-формата.



Дизайн интерьера.

### Оптические диски

В начале 1980-х годов компания Philips приступила к разработке хранилища музыкальных данных на новых носителях – CD-дисках. В поисках подходящего материала обратились к Bayer Material Science, специалисты которой вскоре создали поликарбонат, отвечающий необходимым требованиям. Термопласт должен обладать высокой текучестью, чтобы быстро и равномерно растекаться внутри формовочной матрицы, а также высочайшими оптическими качествами и прозрачностью, чтобы лазер мог считывать с диска цифровые данные без ошибок. Первым музыкальным альбомом, выпущенным на поликарбонатных дисках, стал «The Visitors!» группы ABBA. Это случилось в 1982 году и ознаменовало начало акустической революции в музыкальном мире.

Поликарбонат навсегда изменил сферу оптических хранилищ данных. Теперь из него выпускают диски большой емкости – DVD, на которых можно записывать практически любые данные в цифровом формате, диски Blu-ray для видео высокой четкости, ожидается выход на рынок 500-гигабайтного носителя Terestry™. Поликарбонатные диски и пленки применяются для хранения информации, записанной голографическим способом. Такая запись допускает огромные объемы информации и защиту данных от несанкционированного доступа.



Группа ABBA.

*One of us is crying*

*One of us is lying*

*In her lonely bed*

*Staring at the ceiling*

*Whishing she was somewhere else instead...*

### Электроника

Бурное развитие разнообразных электронных устройств для бытового применения и их миниатюризация предоставили практически бесконечную область для использования поликарбоната. Трудно назвать современный гаджет, где бы не было частей из этого материала. Из него делают корпуса и различные виды покрытий для домашних компьютеров, ноутбуков, карманных ПК, смартфонов, мобильных телефонов, проигрывателей. Недавно появилась новая технология защиты устройств – оборачивание их в тончайшую прозрачную пленку из поликарбоната. Это позволило применить технологию touch screen почти на всех миниатюрных устройствах.

При разработке паспортов нового вида также не обошлось без поликарбоната. Биометрический паспорт представляет собой тонкий кусок многослойного пластика наподобие банковской карты со встроенным внутри чипом, где будут записаны персональные данные владельца. В целях защиты от подделки слои позволяют записать множество другой информации, по которой будет происходить идентификация паспорта.



Современная электроника, гаджеты, ноутбуки.



### Автомобиле – и авиастроение

Поликарбонат находит применение в автомобилестроении: его место там, где нужно суперпрочное, прозрачное, но легкое изделие. Из него делают фары, стекла, люки.

Изобретатели всевозможных концепт-каров полюбили поликарбонат, в том числе, и за то, что ему легко придать нужную форму. На Женевском автосалоне 2007 года произвел фурор концепт-кар eXasis швейцарской компании Rinspeed – насекомоподобный автомобиль с полностью прозрачным корпусом и днищем, выполненными из макролона. Из него же сделаны шпангоуты обоих сидений машины, сенсорные приборные панели. За счет множества пластиковых деталей eXasis весит всего 750 кг, что при мощности в 150 лошадиных сил делает его сродни спортивным моделям «Порше».

Тюнинг-ателье Lorinser разработало уникальные колесные диски Radurra. Основная часть колеса сделана из специально обработанного алюминия и поликарбоната, что позволило создать очень прочную и легкую конструкцию весом всего 14-17 кг вместе с покрышкой. Эксклюзивный аксессуар для авто сравнивают с алмазами в платиновых часах и продают по цене 5000 \$ за диск.

В результате появилось действительно уникальное колесо – прочное, безопасное и красивое.



Концепткар – eXasis.



Диски Radurra из поликарбоната.

Новый материал не обошел стороной и авиакосмическую отрасль. Из него делали и продолжают делать стекла для шлемов летчиков и космонавтов, иллюминаторы в космических кораблях, кабины самолетов. Пластические и ударопрочные возможности поликарбоната прекрасно демонстрирует пример из военной области. В 2005 году на вооружении Военно-воздушных сил США появился новый истребитель фирмы Boeing – F-22 Raptor. Купол кабины пилота этого самолета сделан из высокооптического поликарбоната без обычных для такого рода скрепляющих конструкций или других механических соединений. На сегодняшний день – это самое большое по площади изделие из сформированного поликарбоната.

### Оптика

В начале 2000-х годов из поликарбоната стали делать линзы для промышленных очков, которые защищали глаза во время различных работ. Такие линзы прочнее линз из других пластиков в десятки раз, при ударе они не разлетаются на осколки, их труднее поцарапать. Со временем поликарбонат стали использовать и для очковых линз повседневного ношения. Они легче, тоньше и более безопасны, чем стеклянные линзы. Из-за своих безопасных качеств поликарбонатные линзы популярны для детских и спортивных очков, стекла для мотоциклетных и водолазных шлемов, даже шлемов для космических скафандров. В США четверть выпускаемых для очков линз – поликарбонатные.



Заднее стекло Peugeot 308 RC Z из поликарбоната.



Boeing F-22 Raptor.



Очки, маски и шлемы.

### Медицина и детские товары

Почти одновременно с электроникой поликарбонат занял другую важную промышленную нишу – медицинских инструментов. Этому способствует его хорошая биосовместимость, то есть он не вызывает иммунного ответа организма, не токсичен и, насколько известно на сегодняшний день, не приводит к каким-либо иным нежелательным изменениям в человеческом теле.

Поликарбонат стал конкурентом металлу и стеклу, потому что совмещал в себе свойства обоих материалов – прочность и прозрачность, что жизненно необходимо в клинических и диагностических устройствах, так как обеспечивает прямое наблюдение за тканями, кровью и другими жидкостями организма. Кроме того, изделия из поликарбоната можно подвергать современным способам стерилизации: УФ, термическому и радиационному воздействиям.

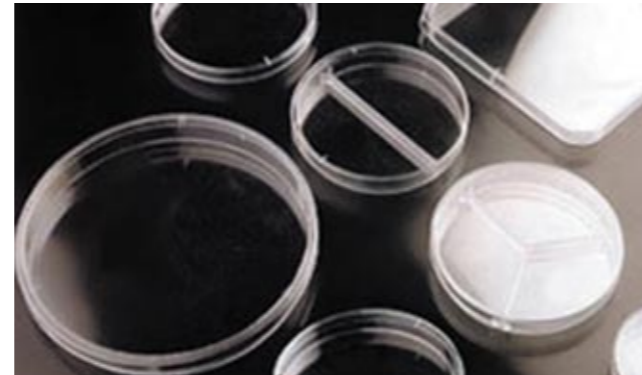
Из специальных марок поликарбоната, прошедших клинические испытания и разрешенных к применению в медицине, делают фильтрующие элементы для аппаратов «искусственная почка», резервуары для крови, используемые во время операций на сердце, троакары – инструменты для удаления жидкостей из полостей тела.

Из поликарбоната Makrolon(R) DP1-1805 производства Bayer Material Science (первый в мире поликарбонат, стойкий к воздействию липидов) делают безыгольные соединители для инфузионных систем, через которые безопасно вводить лекарства в вену, забирать кровь.

Еще пример: новейшие хирургические инструменты – микропинцеты и микроножницы компании Alcon Grieshaber, поворачивающиеся в любом направлении за счет воланов с тонкостенными перемычками, насаженных на их корпуса. Эти воланы и еще пять частей в данных инструментах выполнены из макролона.



Детские товары.



Чашки «Петри».

### Другие области

Не менее важен поликарбонат для потребительской промышленности. Если внимательно приглядеться вокруг, то в любой квартире или офисе найдется несколько предметов из поликарбоната или вещей, где он используется, например, шариковые ручки, компьютерная мышка, фонарик Zippo. Специальные высокотемпературные марки используются вместо металла в утюгах, гладильных досках, чайниках.

Материал, особо устойчивый к действию спиртов, идет на изготовление пробок для винных бутылок и бокалов. Из поликарбоната делают ручки и корпуса для электрических инструментов: дрелей, электропил, ножей. А также упаковочную пленку, детали для мебели, емкости для питья, акваирумы и многое другое.





### Мировой спорт под крышей поликарбоната

1. К чемпионату Европы по футболу в Португалии шесть стадионов были покрыты поликарбонатными листами с двусторонней УФ-защитой. Общая площадь покрытия составила 74 тыс. м<sup>2</sup>.
2. К чемпионату Европы по футболу Евро-2008 отремонтировали стадионы и построили несколько новых в Инсбруке, Зальцбурге, Клагенфурте (Австрия) и Берне (Швейцария). Около 34 000 м<sup>2</sup> поликарбоната использовали для застекления этих сооружений.
3. Для покрытия стадиона «Шеньян» в Пекине, построенного к Олимпийским играм 2008 г., использовали 25-мм поликарбонатные панели. Общая площадь покрытия составляет более 20 тыс. м<sup>2</sup>.



Стадион.



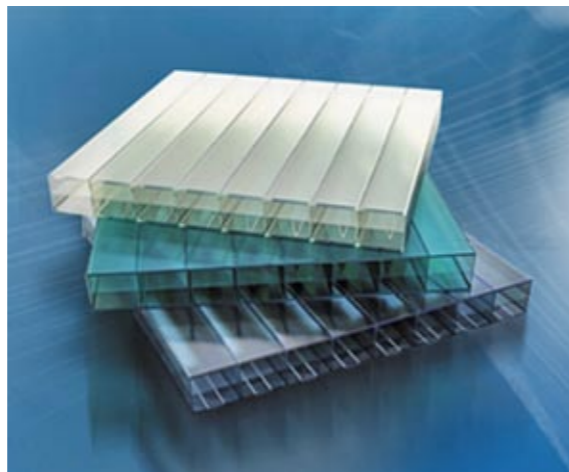


## Что такое поликарбонатные листы?

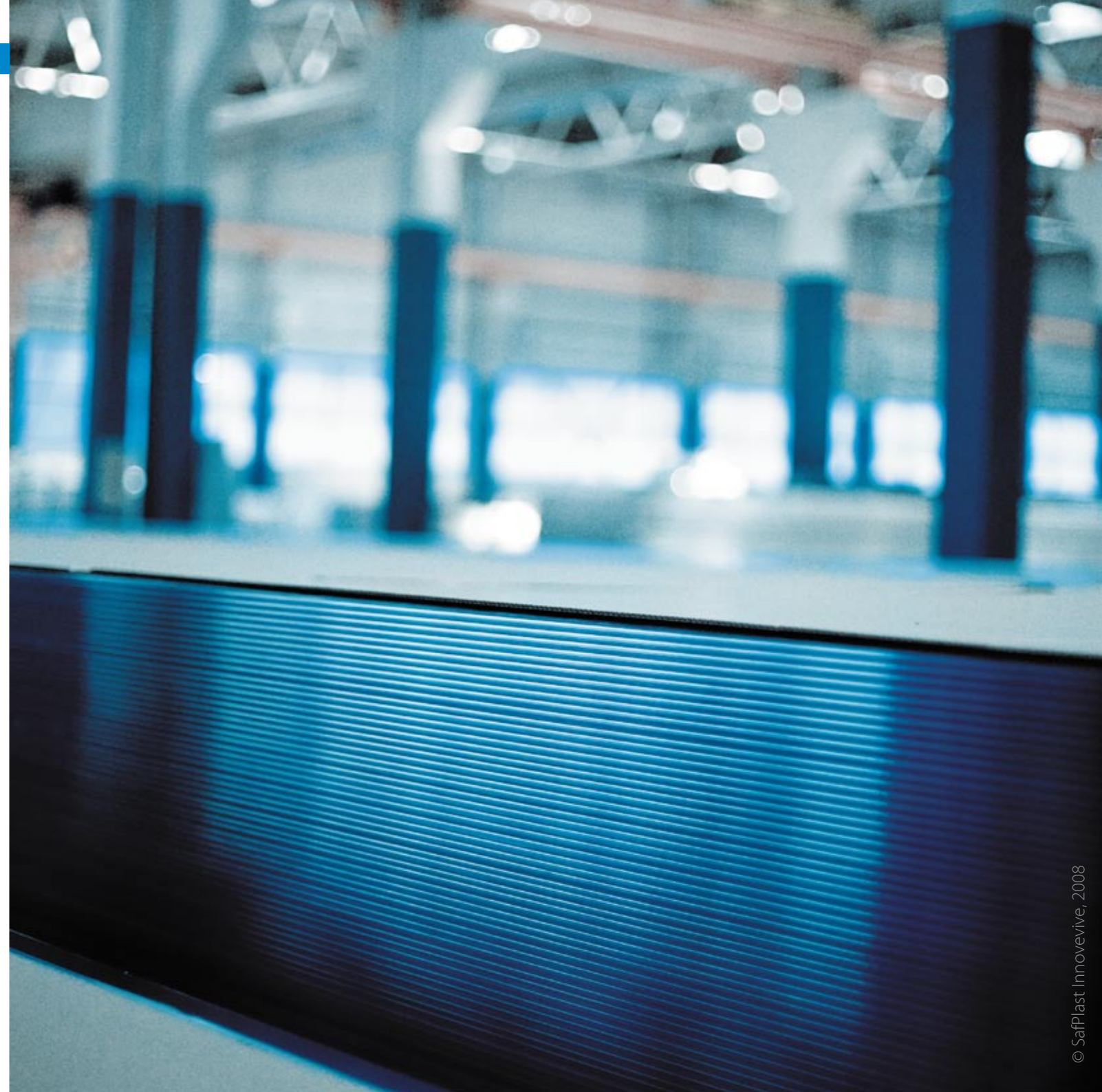
В строительных и архитектурных задачах, где требуются облегченные, прозрачные материалы (как правило, это горизонтальные и арочные перекрытия), широко используются поликарбонатные листы. Их выпускают двух видов: структурированные и монолитные.

### Структурированный поликарбонат

Этот вид поликарбоната называют также «сотовым» или «ячеистым» из-за его внутренней структуры, которая представляет собой двух-, трех- или четырехслойную конструкцию, заполненную большим количеством продольных перемычек (ребер жесткости). Ребра жесткости могут образовывать квадраты, треугольники, крестовые структуры. В разрезе такие листы действительно напоминают пчелиные соты, отсюда одно из английских названий материала – Honeycomb Polycarbonate. Другие названия, отражающие структуру материала, – Multiwall Polycarbonate Sheet, Cellular Polycarbonate.



Сотовые поликарбонатные листы..





Высокая пластичность и прочность самого материала делает возможным получать экструзионным способом листы с очень тонкими стенками (0,3-0,7 мм) без потери ударопрочных характеристик и в то же время с очень малым весом. За счет большого количества пустот вес листа снижается, а значит, снижается и его себестоимость. Сотовая структура придает поликарбонатным конструкциям визуальную легкость и воздушность. Все попытки получить такие же листы из других светопропускающих материалов не увенчались успехом, в частности, при использовании для этих целей гранул полиметилметакрилата (оргстекла) лист с такими тонкими стенками не может сформироваться после выхода из головки экструдера из-за повышенной хрупкости и тут же ломается. Поэтому сотовые листы из оргстекла имеют очень толстые стенки (более 1 мм) – этим обеспечивается прочность листа, но также увеличивается его вес. При использовании полипропилена сотовые листы хорошо получаются, но невозможно добиться их высокой прозрачности из-за особенностей химического строения материала.

Производители выпускают в основном панели толщиной от 4 до 35 мм. Они могут быть прозрачными, цветными, а также разноцветными, когда наружные поверхности окрашены в разный цвет. Пластичность поликарбоната позволяет формировать сотовые листы различной конфигурации (зигзаго- и волнообразные), а также профилированные листы.

В сотовых панелях все полезные качества поликарбоната сохраняются, а благодаря полой внутренней структуре появляется целый ряд новых качеств:

- 1) И без того хорошая тепло- и звукоизоляция поликарбоната увеличивается за счет воздуха, наполняющего пустоты поликарбонатной панели.
- 2) Конструктивную прочность по отношению к весу придают многочисленные ребра жесткости, образующие ячейки внутри панели. За счет этого панель выдерживает большие весовые нагрузки, чем стекло.

3) Панели сотового поликарбоната обладают высокой степенью прозрачности. Наиболее тонкие из них пропускают до 85 % видимого спектра, что приближается к показателям для силикатного стекла.

4) Сотовая панель весит меньше, чем аналогичные продукты. Удельный вес поликарбоната от 0,8 до 4,0 кг/м<sup>2</sup>. Это в 6 раз легче стекла и в 3 раза легче акрила.

5) Панели достаточно гибкие, что позволяет применять их в конструкциях сложной геометрической формы.

6) От удара сотовый поликарбонат не разлетается на осколки, что также дает ему преимущество перед стеклом.

*Структурированный поликарбонат впервые создали в Израиле в середине 1970-х годов. В то время многие компании искали альтернативу стеклу в качестве конструкционного материала и экспериментировали с пластиками. Удача в этом деле улыбнулась молодой фирме Polygal, владевшей в кибуце на севере страны небольшим экструзионным заводом для выработки пустотных плит из полипропилена. В 1976 году на Polygal начали серию опытов с поликарбонатом – новым для того времени материалом инженерного класса, которые вскоре закончились изобретением сотовых панелей. Polygal стал первой фирмой в мире, предложившей рынку сотовый поликарбонат.*

## От первого лица компании OMIPA

Пионерское начинание Polygal не состоялось бы без сотрудничества с итальянской фирмой OMIPA. Как создавался сотовый поликарбонат, рассказывает генеральный директор OMIPA Фабио Кацани.

В начале 1970-х годов фирма Polygal приобрела у OMIPA экструзионную линию для изготовления панелей из полипропилена. Из полипропилена собирались делать ящики для фруктов. Но рынок не откликнулся на эту продукцию, и в Polygal стали искать новое применение купленному экструдеру. После консультаций с инженерами OMIPA по поводу переработки поликарбоната, Polygal приступили к испытаниям. Первые попытки закончились неудачей – слишком маленький оказался выход изделий. Учитывая, что в то время поликарбонат был очень дорогим материалом, продукция не окупилась бы.

Но исследования продолжались, в конце концов оборудование удалось настроить настолько точно, что выпуск сотового поликарбоната состоялся, и Polygal успешно вышел на рынок со своей продукцией.

С тех пор OMIPA лидирует в области производства экструзионных линий для поликарбоната.

В последующие годы OMIPA занималась усовершенствованием технологии. К примеру, существовала серьезная проблема, мешавшая развитию рынка поликарбонатных листов, – от длительного пребывания на солнце листы теряли свои механические свойства и желтели. Но компания OMIPA ее решила – мы изобрели УФ-защитный слой для поликарбонатных листов.



Фабио Кацани  
Генеральный директор OMIPA

## Монолитные поликарбонатные листы

Монолитный поликарбонат – это сплошной полимерный лист без внутренних пустот. Внешне он напоминает обычное силикатное стекло, только легче и прочнее. Его собственно и создали как альтернативу тяжелому и хрупкому стеклу. Листы монолитного поликарбоната выпускаются различными по толщине – 0,75 - 40 мм, цвету, структуре поверхности и размерам. Они могут быть также многослойными. Например, верхний – внешний – слой имеет матовую или шершавую поверхность, второй слой не пропускает УФ-излучение, а третий слой представляет собой монолитный поликарбонат, который обеспечивает всей композиции высокую прочность.

На рынке пользуются также спросом монолитные листы с двухсторонней УФ-защитой. Кроме этого, производители предлагают ламинированные листы (пуленепробиваемые), с усиленной поверхностью от механических воздействий.



Монолитные поликарбонатные листы.

Несмотря на монолитную структуру, листы остаются достаточно легкими, но основным их преимуществом, определившим собственно сферу их применения, является их чрезвычайная ударная стойкость – 95 Н/мм<sup>2</sup>. Это в 250 раз больше, чем у стекла той же толщины. Лист толщиной всего 4 мм нельзя разбить молотком. Плюс к этому монолитный поликарбонат сохраняет высокую прозрачность, поэтому его применяют при остеклении зданий или конструкций, которые подвергаются большим ударным нагрузкам, например, теннисных кортов, автобусных остановок, щитов для стражей правопорядка или в качестве защитного остекления зданий. Кроме того, высокая теплостойкость поликарбоната позволяет использовать поликарбонатные листы в качестве светорассеивателей для уличных фонарей.

Еще одна особенность монолитных листов – пластичность, благодаря которой из них легко создать фигурные изделия методом холодной или горячей формовки. Можно сделать небольшой купол целиком или часть крупного купола, пирамиду, волнистую, зигзагообразную поверхность, согнуть лист под углом или выгнуть его.

Монолитный поликарбонат применяют в строительстве там, где нельзя экономить на безопасности и требуется создание крупных или сложных криволинейных светопрозрачных конструкций.





## Виды структур сотовых листов из поликарбоната

### Структура листа

Сотовый поликарбонат – это листовая пластик, облегченный, по сравнению с монолитным, за счет особой структуры (рис. 1). Он состоит из 2-х внешних пластин, между которыми возможно наличие внутренних более тонких пластин поликарбоната, соединенных внутренними продольными или диагональными ребрами жесткости, ориентированными в направлении длины листа. За счет этого лист обладает необычайной пластичностью, легкостью и одновременно прочностью. На современных экструдерах можно сделать лист с очень тонкими стенками (0,3-0,7 мм) без потери ударопрочных характеристик и в то же время с очень малым весом.

Воздух, содержащийся в пустотах между слоями листа, обеспечивает его высокие теплоизоляционные свойства, а ребра жесткости – большую конструктивную прочность по отношению к весу.

Малый вес листов позволяет создавать легкие, оригинальные и элегантные конструкции и производить монтаж без подъемных механизмов. Большая длина листа (12 м) позволяет покрывать значительную площадь конструкций, а гибкость позволяет монтировать конструкции сложной геометрической формы (арочные, сводчатые и др.).

Структура элементарной ячейки сотового листа из поликарбоната является основным параметром, который определяет физические и механические свойства листа. К механическим свойствам относятся способность листа противостоять различным нагрузкам, стойкость к изгибу и стойкость к сдвигу. К физическим относятся теплопередача, светопропускание, шумоизоляция и удельный вес. Все эти параметры находятся в четкой зависимости друг от друга.

Очевидно, что при малых толщинах 4-10 мм использовать диагональные перегородки не целесообразно, прочность, удельный вес и светопропускание при H-образной структуре на этих толщинах оптимально.

Так, за счет увеличения внутренней доступной площади между внешними стенками листа на толщинах от 16 мм имеется возможность установить внутренние перегородки для изменения свойств листа.

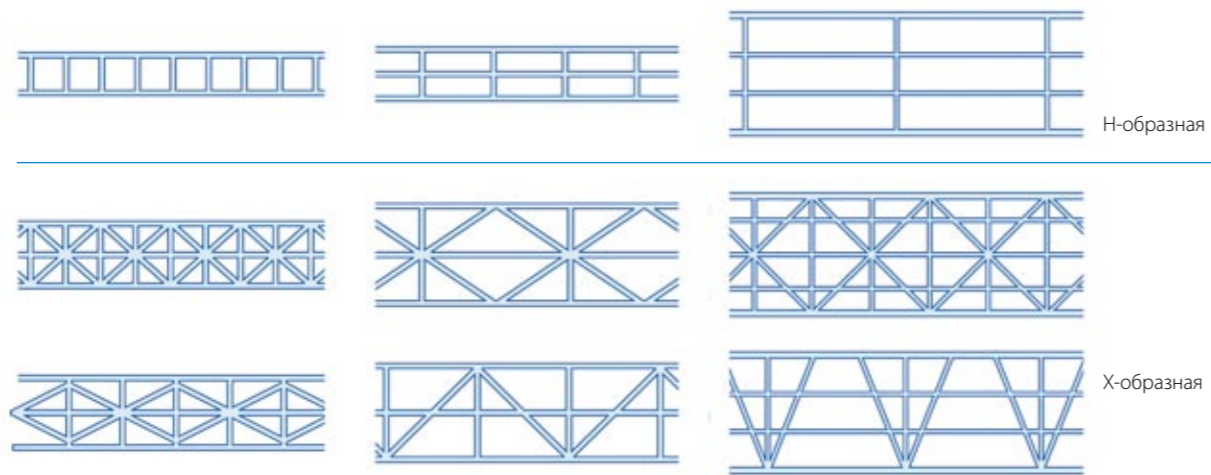


Рис. 1 Разновидности структур сотовых листов из поликарбоната

## Влияние структур сотовых листов на физико-механические характеристики продукции

Свойства сотовых листов из поликарбоната зависят от структуры сот. Количество, толщина и расположение ребер в сотах существенно влияют на теплофизические, оптические, прочностные свойства листового поликарбоната. На рынке сотовых листов из поликарбоната представлен широкий ассортимент с различными видами сот. Они имеют ту или иную предпочтительную область применения в зависимости от их свойств. Однако зачастую достижение лучших результатов в одних характеристиках может привести к ухудшению других, например, высокая прочность листа может сопровождаться увеличением материалоемкости, веса, уменьшением светопропускаемости. Поэтому представляет интерес разработка или выбор из имеющихся на рынке сотовых листов из поликарбоната с оптимальным сочетанием желательных свойств, которые могли бы отвечать потребностям достаточно широкого круга потребителей с различными требованиями к материалу.

Специалисты компании SafPlast Innovative (ООО «Саф-Пласт») и Казанского государственного технологического университета провели исследования сотовых листов из поликарбоната по комплексу параметров: напряженно-деформированное состояние, оптическое светопропускание, удельный вес.

Были рассмотрены поликарбонатные листы толщиной 16 и 32 мм с различными видами сот, показанные на рис. 2 и рис. 3.

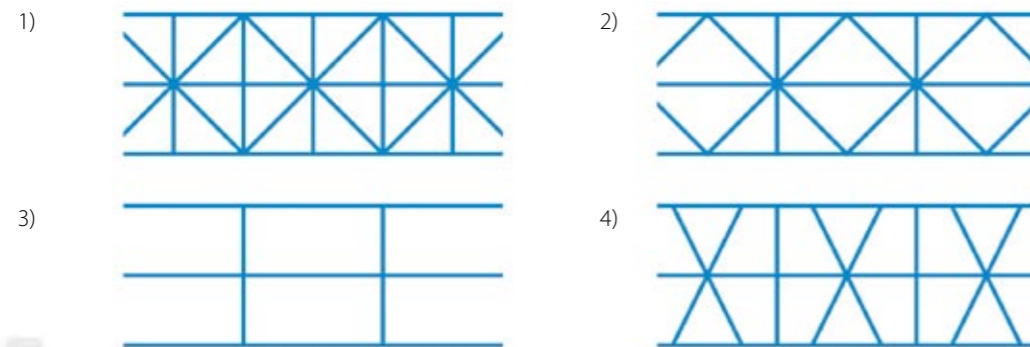


Рис. 2 Варианты профилей элементов сотовых листов (16 мм)

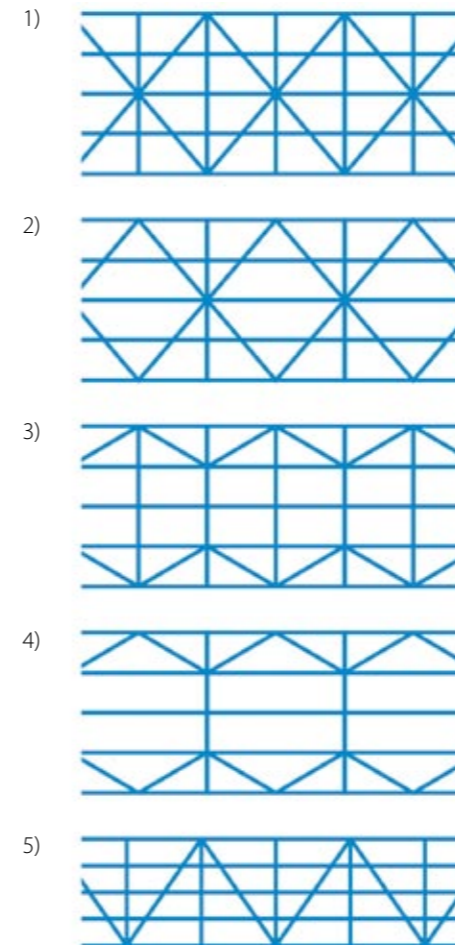


Рис. 2 Варианты профилей элементов сотовых листов (32 мм)

Сотовые листы с различными вариантами сот оценивались по прочности, жесткости, материалоемкости и светопропускаемости.

При оценке прочности и жесткости листов были рассмотрены два варианта приложения нагрузки:

а) равномерно распределенная по поверхности нагрузка действует на лист сверху (рис. 4);

б) равномерно распределенная по длине листа сила действует в верхнем углу профиля соты (рис. 5).

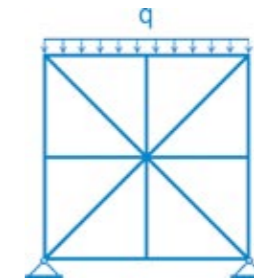


Рис. 4

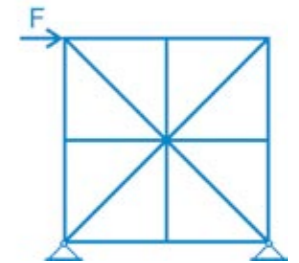


Рис. 5

Такая схема отвечает воздействию снеговой и ветровой нагрузки при остеклении горизонтальных и наклонных плоскостей, а также выпуклых поверхностей.

Под действием нормальной распределенной нагрузки оценивалась прочность и жесткость элементов сотовой структуры, а также листа в целом.



Определение прочностных характеристик сотовых поликарбонатных листов производилось с помощью авторского пакета прикладных программ, разработанного на основе вариационного метода расчета составных оболочечных и стержневых конструкций.

Сравнительная светопрозрачность листов с различными видами сот оценивалась по величинам потерь в результате отражения от каждой поверхности сотового листа при нормальном падении луча естественного света и в результате светопоглощения материалом листа.

Основные результаты расчетов сведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4. Расчетные параметры сотовых листов толщиной 16 мм

Вид соты	Нормальная нагрузка		Напряжения и деформация при сдвиге соты	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Светопроектирование, %
	Напряжения и деформация листа	Напряжения и деформация соты			
1	$\sigma_{\max} = 48$ МПа, $w_{\max} = -1,23$ см	$\sigma_{\max} = 19,2$ МПа, $w_{\max} = 0,0134$ см	$\sigma_{\max} = -2,55$ МПа, $w_{\max} = 0,0037$ см	14777	63
2	$\sigma_{\max} = 56$ МПа, $w_{\max} = -1,48$ см	$\sigma_{\max} = -17,8$ МПа, $w_{\max} = -0,022$ см	$\sigma_{\max} = -2,54$ МПа, $w_{\max} = 0,0043$ см	9360	64
3	$\sigma_{\max} = 68$ МПа, $w_{\max} = -1,69$ см	$\sigma_{\max} = 113,9$ МПа, $w_{\max} = -0,222$ см	$\sigma_{\max} = -0,4$ МПа, $w_{\max} = 0,111$ см	7360	70
4	$\sigma_{\max} = 56$ МПа, $w_{\max} = 1,44$ см	$\sigma_{\max} = -42,2$ МПа, $w_{\max} = -0,0602$ см	$\sigma_{\max} = -3,17$ МПа, $w_{\max} = 0,011$ см	13650	68

Таблица 5. Расчетные параметры сотовых листов толщиной 32 мм

Вид соты	Нормальная нагрузка		Напряжения и деформация при сдвиге соты	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Светопроектирование, %
	Напряжения и деформация листа	Напряжения и деформация соты			
1	$\sigma_{\max} = 31$ МПа, $w_{\max} = 0,652$ см	$\sigma_{\max} = 69$ МПа, $w_{\max} = 0,131$ см	$\sigma_{\max} = -8,12$ МПа, $w_{\max} = 0,0271$ см	18068,4	50
2	$\sigma_{\max} = 32$ МПа, $w_{\max} = 0,723$ см	$\sigma_{\max} = 41,3$ МПа, $w_{\max} = 0,102$ см	$\sigma_{\max} = -9,43$ МПа, $w_{\max} = 0,0421$ см	14857,5	51
3	$\sigma_{\max} = 31,3$ МПа, $w_{\max} = 0,704$ см	$\sigma_{\max} = 61,2$ МПа, $w_{\max} = 0,174$ см	$\sigma_{\max} = -13,2$ МПа, $w_{\max} = 0,5,4$ см	17568,6	50
4	$\sigma_{\max} = 48,5$ МПа, $w_{\max} = 0,998$ см	$\sigma_{\max} = 73,5$ МПа, $w_{\max} = 0,282$ см	$\sigma_{\max} = -13,5$ МПа, $w_{\max} = 8,9$ см	13133,4	50
5	$\sigma_{\max} = 37,8$ МПа, $w_{\max} = 0,827$ см	$\sigma_{\max} = 184,2$ МПа, $w_{\max} = 0,640$ см	$\sigma_{\max} = -9,42$ МПа, $w_{\max} = 0,0355$ см	17062,5	53

Анализируя результаты, представленные в таблице 4, по структурам 16 мм листов, следует отметить, что сотовый поликарбонат с сечением №1 обладает наибольшей прочностью как листа в целом, так и сотовой структуры при всех видах нагружения. Однако вес этих листов наибольший из анализируемых.

Сотовые листы с сечением №2 являются вторыми по прочности после листов с сечением №1 и обладают достаточно малым весом.

Листы с сечениями №3 и №4 имеют меньшую прочность, а №4 еще и является достаточно тяжелым.

Листы с сотами №1 и №2 обладают примерно равной светопрозрачностью, №3 и №4 – относительно меньшей.

Таким образом, сотовые листы с сечением №2 обладают наилучшим сочетанием прочности – жесткости – веса – светопрозрачности, что и повлияло на выбор структуры сотового листа 16 мм компании SafPlast Innovative.

При оценке характеристик сотовых листов большой толщины (32 мм (Таблица 5)) и выборе предпочтительного к применению было принято во внимание, что для таких листов критичными напряжениями могут быть напряжения, возникающие при действии боковой нагрузки, т.е. сдвиге под действием снеговых нагрузок. Наименьшими напряжениями при сдвиге и большой жесткостью обладает сотовый лист с сечением №1. Поэтому листы с сечением №1 целесообразнее использовать для ответственных конструкций по сравнению с другими сотовыми листами.



## Novattro – материалы будущего сегодня!

Многие технические свойства поликарбонатных листов, а значит, и потребительские качества, закладываются во время изготовления, причем важен каждый технологический этап: вид используемого сырья, структура и толщина листов, нанесение покрытий, специальные добавки для придания дополнительных свойств, красители. На качество листов влияют также особенности производственной линии, последующие испытания свойств, способ хранения готовых листов.

Покупая дешевые поликарбонатные листы малоизвестного производителя, всегда существует вероятность того, что покупатель раскается в этом. Года через три, а то и раньше, дешевый товар потеряет свой привлекательный вид и часть функциональных свойств: листы пожелтеют, покроются многочисленными царапинами, треснут. А знаете, почему это может произойти? Потому что листы изготовили с нарушением технологии.

### Исходные показатели для производства качественных листов

**Сырье.** Основным сырьем при производстве поликарбонатных листов являются гранулы поликарбоната. Можно использовать и вторичное сырье, то есть отработанные поликарбонатные листы. В последнем случае снижается стоимость изготовления, но в то же время снижаются

потребительские свойства листов. От того, что используется в качестве сырья, напрямую зависит качество конечной продукции. Из какого сырья изготовлены листы, можно легко проверить визуальным путем – изучить лист на просвет. Если лист был произведен из вторсырья, то внутри него можно увидеть мелкие вкрапления.

**Структуры листов.** У сотовых листов, в отличие от монолитных, есть внутренняя структура, образованная сочетанием слоев и тонких перегородок. От того, какая именно структура заложена в листе, зависят его физические и механические свойства. Существуют два основных типа структур – Н- и Х-структуры. Их название отражает рисунок ребер жесткости, видимый на срезе листа. Есть и другие структуры, представляющие собой незначительные модификации двух основных.

Н- и Х-структуры отличаются друг от друга принципиально, так как они придают листам различные свойства. Так, листы с Х-структурой и толщинами 16, 20, 25 и 32 мм при сравнении с листами аналогичных толщин, но имеющих внутреннюю Н-структуру, обладают лучшими теплопроводными свойствами. Кроме того, они служат лучшими звукоизоляторами, поскольку наклонные стенки, идущие от одной наружной стенки к другой, играют роль волновода. Листы с Х-структурой выигрывают также в жесткости на целых 25 % по сравнению с Н-структурированными листами.

**Защитные покрытия.** Поликарбонатный лист, изготовленный из качественного сырья, все же должен быть подвергнут дополнительной обработке, чтобы лучше сопротивляться разрушительному воздействию окружающей среды: солнечной радиации, перепадам температуры, повышенной влажности, осадкам. Для того чтобы сберечь листы от воздействия ультрафиолетового излучения, на них наносится так называемый УФ-слой, который поглощает свет в ультрафиолетовом диапазоне. Этот слой предохраняет материал от деградации. От толщины УФ-слоя зависит фактически срок, в течение которого поликарбонат сохраняет свои первоначальные физико-механические свойства.

**Специальные добавки.** Для того чтобы улучшить пожаробезопасные характеристики поликарбонатных листов, производители добавляют в них антипирены – вещества или смеси, предохраняющие материалы органического происхождения от воспламенения и самостоятельного горения.

**Красители.** Листам можно придать различную окраску, а также снизить их прозрачность. Этого достигают при помощи красителей. Разумеется, от того, какой краситель используется, зависит качество окраски готового листа – равномерность цвета по всей площади.

**Компания SafPlast Innovative предлагает вашему вниманию продукцию Novattro\*, которая воплощает в себе лучшие свойства поликарбонатных листов. Производители листов Novattro выполняют следующие требования:**

1. Используют только качественное сырье.
2. Создают Х-структуры для сотовых листов толщиной 16, 20, 25, 32 мм.
3. Наносят УФ-слой толщиной не менее 40 мкм, позволяющий сохранить свойства поликарбонатного листа не менее 20 лет.

Толщина листа, мм	Толщина УФ-слоя, мкм не менее
4, 6, 8	40
10	45
16, 20	50
25, 32	55

4. Используют только лучшие красители. При окраске происходит тонкая система дозировки, которая позволяет более равномерно прокрасить лист. Кроме того, контролируя цифровые координаты цвета, ООО «СафПласт» выпускает листы, равные по цвету от партии к партии.

Чтобы понять, как производятся качественные поликарбонатные листы, мы предлагаем вам совершить экскурсию по заводу компании SafPlast Innovative, расположенному под Казанью. Здесь все технологические процессы изготовления листов спроектированы по мировым стандартам и нацелены на получение продукции высшего качества.

Компания обладает мощным и современным производственно-складским комплексом, который специально спроектирован для размещения на его территории производства сотовых и монолитных листов из поликарбоната, органического стекла. Также на нашей территории расположены склады сырья и готовой продукции, административный корпус и прочие вспомогательные сооружения.

\*Novattro – зарегистрированная торговая марка компании SafPlast Innovative.





Общая площадь земельного участка составляет 1,4958 га, из них:

- Производственный участок, где размещаются технологические линии, занимает площадь 3 168 кв.м.
- Склад сырья занимает площадь 1 080 кв. м.
- Склад готовой продукции, рассчитанный на хранение 1 200 тонн поликарбонатных листов, занимает площадь 3 024 кв. м.

- Административный корпус занимает площадь 810 кв. м.

Стоит отметить, что этот проект не характерен для России, где распространенной практикой является аренда или выкуп под производственные и складские потребности старых ангаров или использованных ранее производственных помещений.



В заводские мощности входят три новейшие экструзионные линии компании OMIPA s.p.a. (Италия):

- Линия OM-150 предназначена для производства сотовых листов из поликарбоната с толщинами листов 4, 6, 8, 10, 16, 20, 25, 32 мм.
- Линия OM-120 предназначена для производства сотовых листов из поликарбоната с толщинами листов 4, 6, 8, 10, 16, 20, 25, 32 мм.
- Линия OM-150 предназначена для производства монолитных листов из поликарбоната с толщинами листов 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 мм.
- Общая производительность экструзионных линий составляет более 10 000 тонн/год.

Завод располагает также экструзионной линией-компаундером, изготовленной компанией OMC s.r.l. (Италия) по производству гранулированных композиционных материалов и регранулята возвратных отходов производства листов.

**Для производства качественной продукции компания SafPlast Innovative задействует лучший мировой опыт в полимерной отрасли. В нашей работе задействованы:**

- Производители оборудования (OMIPA s.p.a., OMC s.r.l.)
- Поставщики качественного сырья (Bayer, BASF, Clariant, Poli-Film)
- Технологические решения, адаптированные к России (Антей-Альянс)
- Конструкторские решения в строительстве (ЗАО «КАЗАНСКИЙ ГИПРОНИИАВИАПРОМ»)

- Профессиональные кадры, воспитанные на традициях и достижениях знаменитой Казанской химической научной школы (выпускники Казанского государственного технологического университета и Казанского государственного университета)

- Научные исследования в области материалов и добавок

Компания SafPlast Innovative располагает собственной лабораторией, которая начиная уже с 2007 года ведет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) совместно с ведущими научными организациями (в том числе Химическим институтом им. А.М. Бутлерова и Казанским государственным технологическим университетом), направленные на совершенствование качества поликарбонатных листов и обеспечение дополнительных полезных свойств материалов. Именно на основе данной совместной работы компания SafPlast Innovative впервые среди российских производителей ввела в свой ассортимент X-образные структуры для сотовых листов.

**Компания имеет все необходимые документы:**

- Протокол сертификационных испытаний
- Сертификат соответствия ГОСТ Р
- Санитарно-эпидемиологическое заключение
- Сертификат пожарной безопасности
- Внедряется система менеджмента качества в соответствии с требованиями международных стандартов ИСО 9001
- ТУ 2246-002-81057157-2008
- ТУ 2246-003-81057157-2008









## Как производят листы

### Хранение сырья

Поликарбонатный гранулят, как правило, изготавливают за много тысяч километров от того места, где ему суждено превратиться в сотовые или монолитные листы. На перерабатывающий завод компании SafPlast Innovative сырье прибывает автотранспортом. Гранулят, словно сахарный песок, расфасован в многослойные влагонепроницаемые мешки вместимостью одна тонна. Рабочие их вскрывают, взвешивают содержимое и отправляют в силосный склад (производства германской компании ABC) – высокие гибкие емкости с воронкообразным дном, подвешенные на металлических рамах и оснащенные металлическими частями для загрузки и выгрузки гранул. Эти силоса, где хранятся сотни тонн поликарбоната, сделаны из многослойного высокопрочного текстильного материала, инертного к поликарбонату.

### Очистка и плавление гранулята

Из силосов по пневмотранспортеру гранулы буквально летят и оказываются в циклоне – устройстве вроде центрифуги, предназначенном для очистки сырья от пыли. Это очень важный этап, ведь еще на заводе-изготовителе в процессе хранения, расфасовки и перевозки гранулят неизбежно загрязняется более мелкими частицами – песком, органикой и всем тем, что составляет обычную пылевую массу в городах и на автомагистралях. Его очищение непосредственно перед переработкой необходимо, поскольку любые посторонние примеси могут отрицательно повлиять на качество поликарбонатных листов, к примеру, ухудшить их прозрачность, цвет или ослабить прочностные характеристики.





Очищенные гранулы проходят автоматический дозатор и попадают в бункер – камеру, где происходит их плавление. Туда же добавляют различные присадки для улучшения свойств смеси и будущих листов, например, для вспенивания или предотвращения конденсации воды на поверхности и внутри ячеек. Можно также придать поверхности листа свойство отталкивать грязь и воду. Металлическая крошка обеспечит не только благородный оттенок «металлика», но и будет служить как отражатель инфракрасного излучения, то есть не пропускать тепло. Вариантов листов с необычными свойствами уже сейчас велико, и в ответ на запросы потребителей эксперименты в этом направлении, безусловно, продолжаться. Поликарбонатная смесь плавится в бункере и перемешивается, постепенно нагреваясь до 250–290° С и превращаясь в однородную массу. Выделяемые при этом газы отводятся наружу.

#### Экструзия

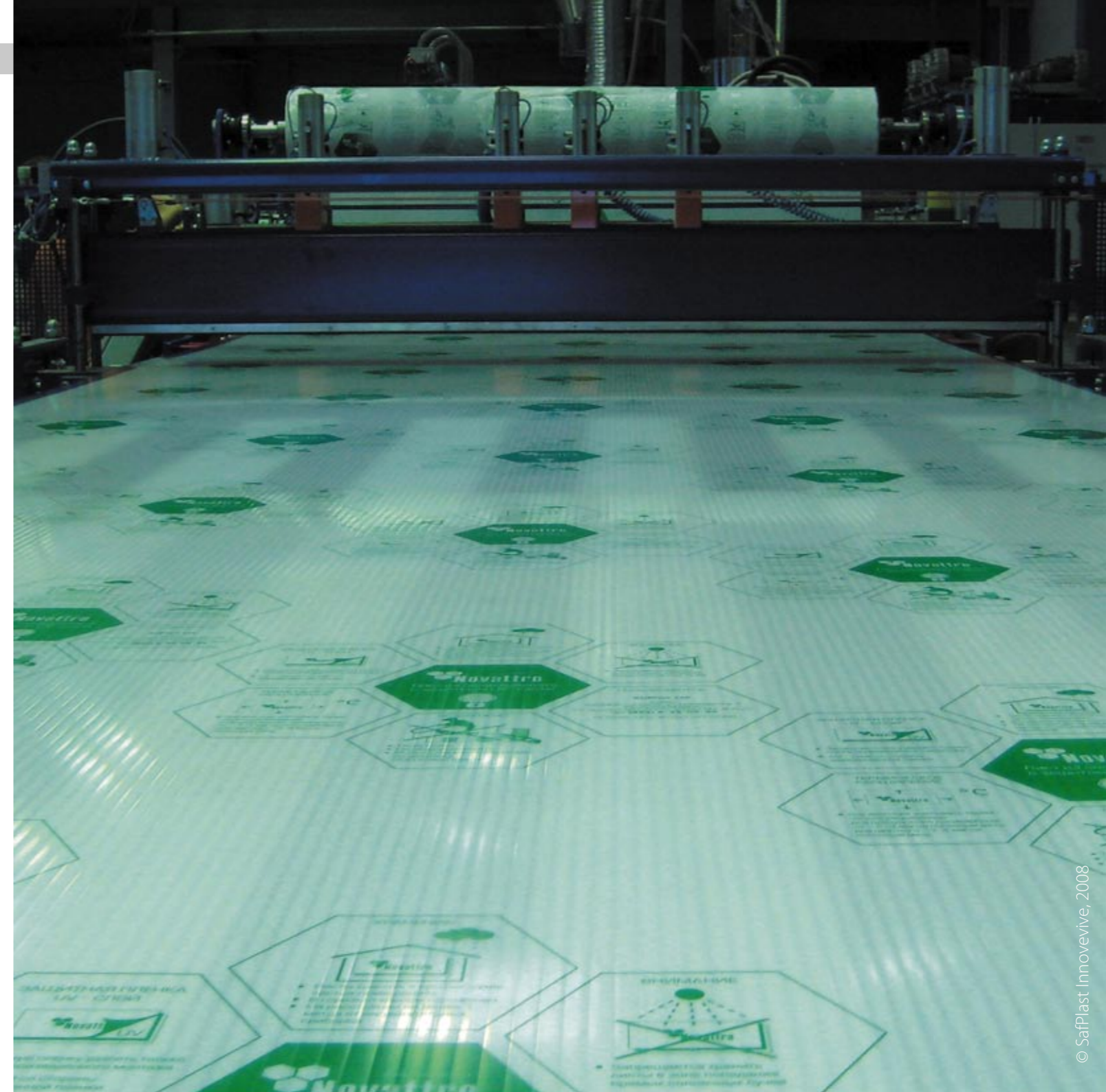
Следующий узел производственной линии, который предстоит пройти расплавленной смеси, – экструдер. Именно в нем формируется соответствующая структура листа – монолитная или сотовая. Почему применяется экструдер? Потому что поликарбонат даже в жидком состоянии остается высоковязким веществом, и формировать из него ровные листы эффективнее всего путем продавливания (экструзии) через специальную матрицу, или фильеру. Так получается изделие нужного профиля. Помимо основного процесса экструзии поликарбонатной массы одновременно происходит соэкструзия тонкой пленки, поглощающей ультрафиолетовое излучение. Подобная защита обеспечивает листу неизменность оптических качеств в течение многих лет и сохраняет его превосходную прочность. Затем сформированная поликарбонатная лента попадает под пресс, который придает ей нужную толщину и гладкость, и движется далее по транспортеру, релаксируя, то есть, освобождаясь от испытанных нагрузок.

Каждая экструзионная линия по производству сотовых листов состоит из экструдера, соэкструдера, калибратора (две пары калибрующих плит для линии OM-120 и три пары калибрующих плит для линии OM-150), устройства для нанесения защитной пленки и устройства поперечной резки листов.

Благодаря компьютеризации работа экструзионной линии полностью автоматизирована и рассчитана на 24-часовой цикл работы, для ее управления необходим лишь один оператор.

#### Технологический процесс получения сотового листа из поликарбоната состоит из следующих операций:

1. Дозирование сырьевых компонентов
2. Экструзия
3. Нанесение защитного слоя соэкструзией
4. Калибрование
5. Протяжка
6. Снятие внутренних напряжений
7. Нанесение защитной пленки
8. Резка
9. Маркировка и установка магнитных меток (система активных магнитных меток)
10. Укладка листов на паллеты, упаковка, подготовка к транспортировке на склад готовой продукции



### Технологический процесс получения монолитных листов из поликарбоната и полиметилметакрилата состоит из следующих операций:

1. Удаление пыли и дозирование сырьевых компонентов
2. Экструзия
3. Нанесение защитного слоя соэкструзией
4. Калибрование
5. Снятие внутренних напряжений
6. «Чистая комната»
7. Протяжка
8. Нанесение защитной пленки
9. Резка и аспирация (отсос воздуха от места образования пыли)
10. Маркировка и установка магнитных меток (система Активных Магнитных меток)
11. Укладка листов на паллеты, упаковка, подготовка к транспортировке на склад готовой продукции

#### Что такое «чистая комната»?

При производстве монолитных листов из поликарбоната используется уникальная установка, называемая «чистой комнатой». Это стерильное помещение, куда полностью исключено попадание пыли. Обычно «чистые комнаты» используют в медицине: как операционные или палаты для больных. Но в данном производстве такое помещение тоже необходимо – именно через него проходит лист, еще не покрытый защитной маскировочной пленкой. «Чистая комната» смонтирована на саму производственную линию по производству монолитных листов.

Установка «чистая комната» включает в себя следующие основные элементы:

- Камеру смешивания внешних и забираемых из «чистой комнаты» воздушных потоков, оснащенную двумя секциями регулируемых жалюзи и нейлоновыми фильтрующими элементами.
- Секцию многоразовых синтетических фильтрующих элементов с большой удерживающей способностью. Фильтры относятся к классу G4 и способны удерживать до 90,1 % частиц, содержащихся в воздухе.
- Секцию картриджных фильтров класса F8.
- Секцию высокоэффективных фильтрующих элементов класса H13. Микрофибра и антибактериальный состав обеспечивают удержание 99,99% частиц.
- Секцию кондиционирования/осушения воздуха. Теплообменник «холодной» секции обеспечивает охлаждение и осушение воздуха, используя охлаждающую воду от компрессорного охладителя. Бак для сбора конденсата выполнен из оцинкованной стали.
- Секцию нагрева. Электрические нагреватели оснащены предохранительным термостатом.
- Финальную вентиляционную секцию, оснащенную центробежным вентилятором.

В совокупности элементы «чистой комнаты» полностью предотвращают попадание инородных элементов, таких как производственная пыль, на монолитный лист, поверхность которого статически намагничена в процессе прохода листа по производственной линии.

Подобная технология очень сложна и дорога, поэтому ее применяют только на крупных производствах. Чтобы создать в помещении «космические» условия, подобные описанным выше, требуется специальное оборудование и соответствующая подготовка, которая проходит на начальной стадии монтажа и строительства завода.

### Нарезка и контроль качества

Когда поликарбонатная лента остыла и приняла свою естественную форму, ее предстоит нарезать на листы. Регулируемыми ножницами сначала обрезается кромка, а затем происходит поперечная нарезка листов. Стандартные ширина и длина для сотовых листов составляют 2,1 x 6, 2,1 x 12 м, и 2,05 x 3 м – для монолитных листов. Возможно создание и нестандартных размеров панелей по индивидуальному заказу.

Готовые панели складывают на поддон, но прежде чем отправиться на склад, специалисты с помощью приборов проверяют их качество: толщину, прочность, светопропускание, толщину UV-защитного слоя, инородные включения и т.д.

Качество произведенной продукции гарантируется непрерывным производственным контролем, а также контролем лаборатории ОТК компании SafPlast Innovative. Кроме того, при появлении сбоев в работе производственных линий итальянская компания OMIPA s.p.a. в режиме онлайн оперативно их устраняет.

Лаборатория ОТК компании SafPlast Innovative обеспечена новейшим испытательным оборудованием, позволяющим в кратчайшие сроки анализировать продукцию и осуществлять контроль качества сырья и готовой продукции. Например, контроль толщины UV-слоя осуществляется с помощью новейшего электронного микроскопа; физико-механические показатели изготовленных листов определяются разрывной машиной, а коэффициент светопропускания – спектрофотометром.

Только после этих процедур поликарбонатные листы увозят на склад готовой продукции. Сотовые листы грузят с помощью автоматических боковых погрузчиков, монолитные листы и компаунды перемещаются на склад с помощью фронтального погрузчика. Все листы размещаются на складе готовой продукции на полках стеллажей и хранятся там до загрузки в автомобильный транспорт, идущий к потребителю.

Продуманная складская логистика включает в себя автоматизированную систему хранения (по магнитным маякам), которая позволяет в доли секунды вывести паспорт изделия с указанием номера партии и даты выпуска. Уникальный погрузчик с размахом вилок до 8 метров и максимальной грузоподъемностью негабаритных грузов до 12 тонн на высоту до 9 метров обеспечивает полную сохранность груза от механических повреждений и оперативную загрузку в транспорт клиента на складе. Точная логистика позволяет оперативно исполнить заказы дилеров, а также выполнить срочный заказ.

Таким образом, можно удостовериться, что бизнес процессы компании SafPlast Innovative нацелены на получение продукции мирового уровня качества.

Как итог вышесказанному можно смело утверждать, что SafPlast Innovative – крупнейший проект по производству поликарбонатных листов на рынке России и СНГ не только в силу наибольшей мощности своих производственных линий и самого широкого и полного ассортимента, но и как глобальная бизнес-система, которая основывается на лучших достижениях отрасли и по условиям построения модели бизнеса нацелена на непрерывное развитие в будущем.





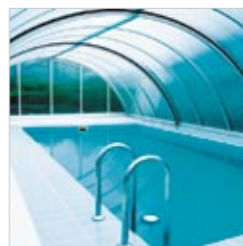
#### Коммерческое строительство

- Остекление и перекрытия зданий (торговых, офисных и производственных комплексов)
- Экстерьерные решения
- Антивандальная защита в магазинах, музеях, банках
- Витрины, оформление торговых и выставочных павильонов



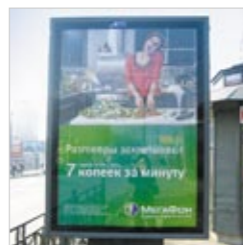
#### Городское строительство

- Перекрытия вокзалов и перронов железнодорожных станций
- Ветровые и антишумовые ограждения автотрасс
- Перекрытия автозаправочных станций
- Крытые автостоянки
- Остановочные комплексы
- Светопрозрачные переходы между зданиями
- Оформление детских площадок и жилых дворов
- Экстерьерные решения
- Малые архитектурные формы



#### Частное строительство

- Остекление балконов, лоджий, мансард
- Остекление теплиц и зимних садов
- Навесы, козырьки
- Светопрозрачные переходы между постройками
- Крытые автостоянки
- Перекрытия для бассейнов
- Остекление пожарных лестниц



#### Реклама

- Световые конструкции, коробка, табло
- Вывески и объемные буквы
- Антивандальная защита рекламных конструкций
- Рекламный дизайн



#### Дизайн интерьеров

- Подвесные потолки
- Перегородки для офисов
- Интерьерные решения



#### Промышленное производство

- Изготовление корпусных частей оборудования
- Зенитные фонари
- Душевые кабины



#### Спортивные сооружения:

- остекление стадионов,
- специальные спортивные ограждения (хоккейные коробки и т.п.)



#### Сельское хозяйство:

- остекление теплиц,
- остекление животноводческих комплексов

#### Две функции продукции Novattro наиболее важны:

1. Теплосбережение
2. Защита от удара


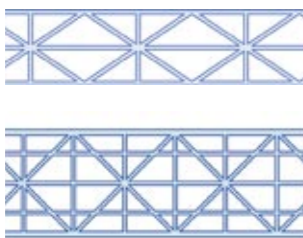
Теплосбережение достигается за счет отличных теплоизоляционных характеристик сотового поликарбоната. Ведь между слоями листов находится множество наполненных воздухом пустот, а, как известно, воздух – отличный теплоизолятор. Эта функция особенно актуальна ввиду постоянного роста стоимости энергоносителей.

Защитная функция достигается за счет высокой ударопрочности, свойственной поликарбонату. Ударопрочность обеспечивается химической структурой вещества и составом его макроформулы.

Защитная функция поликарбонатных листов требуется в следующих случаях:

- проявления вандализма и нападения – защитное остекление в магазинах, музеях, банках, рекламных конструкциях,
- экстремальные условия – остекленные хоккейных коробок,
- воздействие стихии – укрытия, навесы от ветра, снега, дождя и града,
- городской и индустриальный шум – шумопоглощающие ограждения вдоль скоростных трасс, рядом с производствами и т.п.

Теплосберегающее остекление – сотовые поликарбонатные листы

Название	Структура	Толщина, мм	Удельный вес, кг/м <sup>2</sup>	Стандартные размеры, мм	Цвета
<b>Novattro Light</b>		4	0,8	2100 x 12000, 2100 x 6000	Прозрачный, белый, молочный, бронзовый, синий, зеленый, бирюзовый, красный
		6	1,3	2100 x 12000, 2100 x 6000	Прозрачный, белый, молочный, бронзовый, синий, зеленый, бирюзовый, красный
		8	1,5	2100 x 12000, 2100 x 6000	Прозрачный, белый, молочный, бронзовый, синий, зеленый, бирюзовый, красный
		10	1,7	2100 x 12000, 2100 x 6000	Прозрачный, белый, молочный, бронзовый, синий, зеленый, бирюзовый, красный
<b>Novattro Xcellent</b>		16	2,7	2100 x 12000, 2100 x 6000	Прозрачный, белый, молочный, бронзовый, синий, зеленый, бирюзовый, красный
		20	3,1	2100 x 12000, 2100 x 6000	Прозрачный
		25	3,5	2100 x 12000, 2100 x 6000	Прозрачный
		32	3,7	2100 x 12000, 2100 x 6000	Прозрачный
				Другие размеры под заказ	Другие цвета изготавливаются под заказ



Защитное остекление – монолитные поликарбонатные листы

Название	Толщина, мм	Удельный вес, кг/м <sup>2</sup>	Стандартные размеры, мм	Стандартные цвета
<b>Novattro Guard</b>	2	2,4	2050 x 3050	Прозрачный, белый, молочный
	3	3,6	2050 x 3050	Прозрачный, молочный
	4	4,8	2050 x 3050	Прозрачный, молочный
	5	6,0	2050 x 3050	Прозрачный, бронзовый
	6	7,2	2050 x 3050	Прозрачный, бронзовый
	8	9,6	2050 x 3050	Прозрачный, бронзовый
	10	12,0	2050 x 3050	Прозрачный, бронзовый
	12	14,4	2050 x 3050	Прозрачный, бронзовый
				Другие цвета изготавливаются под заказ



### Физико-механические показатели сотовых поликарбонатных листов Novattro

№	Наименование показателей	Толщина изделий, мм								Методика проведения испытаний
		4	6	8	10	16	20	25	32	
1	Предел прочности при растяжении, МПа, не менее	65	65	65	65	65	65	65	65	ГОСТ 11262
2	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	20	20	20	20	20	20	20	20	ГОСТ 11262
3	Максимальная прочность на изгиб, МПа, не менее	90	90	90	90	90	90	90	90	ГОСТ 4648
4	Модуль упругости при растяжении, МПа, не менее	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	ГОСТ 9550
5	Коэффициент направленного пропускания света (для бесцветных прозрачных листов), %, не менее	80	79	78	75	43	42	40	39	ASTM D 1003, ГОСТ 26302 метод А
6	Термическое сопротивление, м <sup>2</sup> *°С/Вт, не менее	0,23	0,27	0,28	0,29	0,37	0,40	0,45	0,50	ГОСТ 7076
7	Индекс изоляции воздушного шума, дБА, не менее	17	17	17	18	18	20	20	22	ГОСТ 26602.3
8	Определение изменения свойств при искусственном старении, усл. лет, не менее	20	20	20	20	20	20	20	20	ГОСТ 30973
9	Прочность связи защитной пленки с листом, Н/м, не менее (под углом 180°С)	15	15	15	15	15	15	15	15	ГОСТ 21981
10	Отклонения по удельному весу, %, не более	5	5	5	5	5	5	5	5	ТУ 2246-002-81057157-2008
11	Отклонение по толщине, не более %	5	5	5	5	5	5	5	5	ТУ 2246-002-81057157-2008

№	Наименование показателей	Норма	Методика проведения испытаний
1	Температура размягчения по Вика, °С, не менее	140	ГОСТ 15088 (способ В, вариант 1) или ISO 306:2004 (Метод В 50)
2	Стойкость к удару при отрицательных температурах	Выдерживает испытание	ГОСТ 30673

### Свойства поликарбонатных листов

В данной главе рассматриваются свойства, относящиеся к поликарбонатным листам как к готовым изделиям и зависящие от толщины листа. Приоритетными свойствами листов из поликарбоната как сотовых, так и монолитных являются низкий вес, возможность изгиба в холодном состоянии (минимальный радиус изгиба), отличная звуко- и теплоизоляция, превосходное светопропускание и высокая ударная прочность.

Таблица 6. Свойства сотовых листов из поликарбоната

Свойства	Толщина листа, мм							
	4	6	8	10	16	20	25	32
*Вес, кг/м <sup>2</sup>	0,8-1,0	1,3	1,5-1,7	1,7-2,0	2,5-2,7	3,0-3,1	3,4-3,5	3,7-3,8
*Минимальный радиус изгиба, м	0,7	1,05	1,2-1,4	1,5-1,75	2,4-2,8	3,5	3,75-4,4	4,8-5,7
*Звукоизоляция, дБА	15-16	16-18	16-20	17-24	17-20	19-22	19-25	20-25
*Термическое сопротивление теплопередаче R, м <sup>2</sup> * °С/Вт	0,20-0,26	0,25-0,30	0,25-0,30	0,25-0,30	0,35-0,40	0,35-0,50	0,40-0,50	0,45-0,55
*Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> *°С	4,1	3,7	3,6	3,1	2,0-2,4	1,8-2,0	1,6-1,7	1,4
*Светопропускание (для прозрачного бесцветного листа), %	80-88	75-85	75-80	60-80	40-70	35-65	18-60	18-60
Поглощаемая энергия удара, Нм	21,3	27	>27	>27	>27	>27	>27	>27

\* - зависит от производителя и структуры листа

Таблица 7. Свойства монолитных листов из поликарбоната

Свойства	Толщина листа, мм							
	2	3	4	5	6	8	10	12
Вес, кг/м <sup>2</sup>	2,4	3,6	4,8	6	7,2	9,6	12	14,4
*Минимальный радиус изгиба, м	0,3	0,45	0,6	0,75	0,9	1,2	1,5	1,75-1,8*
*Звукоизоляция, дБА	26	26	24-27	25-28	26-29	28-31	30-32	31-34
*Термическое сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> * °С/Вт	0,17-0,18	0,18	0,18-0,19	0,19	0,2	0,2-0,21	0,21-0,22	0,23
*Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> * °С	5,66	5,49	5,30-5,35	5,21	5,09	4,84-4,89	4,61-4,68	4,35
*Светопропускание (для прозрачных марок), %	89-92	88-91	87-91	87-90	86-89	85-88	83-85	82-80
Поглощаемая энергия удара, Нм	>200	>200	>400	>400	>400	>400	>400	>400

\* - зависит от производителя

Таблица 8. Сравнение свойств листов из поликарбоната, листовых пластиков и стекла

Свойства	ПММА	ПВХ	ПЭТ-Г	ПС	УПС	Стекло	ПК монолит	ПК сотовый
Вес, кг/м <sup>2</sup>	4,77	5,5	5,08	4,2	4,2	9,4	4,8	0,8
Минимальный радиус изгиба R <sub>мин.</sub> , м	1,32	1,0	0,6	-	-	-	0,6	0,7
Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> × °С	5,45		5,3			5,8	5,3	3,8-4,1
Теплостойкость по Вика, °С	90-105	70-75	82	98	94-97	600	145	145
Коэффициент линейного термического расширения К <sup>1</sup> ·10 <sup>-5</sup>	7	7-9	6,8	8	8-10	0,9	6,5	6,5
Звукоизоляция, дБ	26					30	27	15-16
Ударостойкость по Гарднеру (Дж)	0,5				<15	-	>400	>27
Ударная вязкость по Шарпи образца без надреза, кДж/м <sup>2</sup>	10-12	Без разрушения	Без разрушения	5-6	60	-	Без разрушения	18,4
Ударная вязкость по Шарпи образца с надрезом, кДж/м <sup>2</sup>	2	2	10	2	8-10	-	Более 35-40	
Коэффициент светопропускания, %	92	87-88	88-90	90	90	84-87	91	80-88

Значения приведены для листовых материалов толщиной 4 мм.

ПММА - полиметилметакрилат; ПВХ - поливинилхлорид; ПЭТ-Г – полиэтилентерефталат-гликоль; ПС - полистирол; УПС - ударопрочный полистирол; ПК - поликарбонат.

## Вес

Поликарбонат имеет такой же вес, как оргстекло, и почти в 2 раза легче обычного стекла, на 15 % легче ПВХ и на 6 % легче ПЭТ-Г. По весу поликарбонат уступает только полистиролу (ударопрочному полистиролу). Облегчить конструкцию из поликарбоната можно, если использовать сотовые листы вместо монолитных. Так, при замене монолитного листа толщиной 4 мм на сотовый лист такой же толщины дает снижение веса в 6 раз.

## Гибкость

Одним из преимуществ поликарбонатных листов является возможность формовки в холодном состоянии, в отличие от стекла, требующего предварительного термоформования. Гибкость поликарбонатных листов по дугообразным элементам несущих конструкций характеризуется такой показателем, как минимальный радиус изгиба. При конструировании изогнутых секций следует иметь в виду, что чем тоньше материал, тем легче он гнется, но при этом надо обязательно учитывать минимальные радиусы изгиба, характерные для выбранного вида пластика. Так, 4-миллиметровый лист монолитного поликарбоната может быть изогнут по радиусу не меньше 0,6 м, радиус изгиба вспененного ПВХ толщиной 4 мм должен быть не менее 1 м, а для ПММА это значение составит 1,32 м.

Как видно из таблицы 8, при замене в конструкции листа из ПММА на монолитный ПК можно получить конструкции с меньшим радиусом изгиба. Кроме того, как сотовый, так и монолитный поликарбонат можно транспортировать свернутым в рулон с радиусом изгиба не менее R<sub>мин.</sub>, что существенно экономит место для перевозки. Минимальный радиус изгиба листов представлен в таблицах 6 и 7. Сотовый поликарбонат допускает изгиб только по длине сот.





## Звукоизолирующие свойства

Шум образуется в результате давления воздушных волн и измеряется длиной волны и ее частотой. Единицей измерения шума является децибел, причем до 60 дБ шум считается негромким, от 65 до 90 дБ – значительным, а свыше 90 дБ – разрушительным. Известно, что эффект снижения шума достигается за счет увеличения массы задерживающего шум сооружения либо за счет увеличения воздушной прослойки между такого рода сооружениями. Уровень снижения шума структурными поликарбонатными листами различной толщины от 4 до 32 мм составляет от 15 до 25 дБ.



Звуковой барьер на автодороге

Таблица 9. Сравнение звукоизоляции одинарного остекления монолитным листом и стеклом

Толщина, мм	Звукоизоляция, дБ	
	поликарбонат	одинарное стекло
4	27	30
6	29	31
8	31	32

При применении монолитного поликарбоната вместе с обычным стеклом на расстоянии > 50 мм друг от друга, монолитные листы значительно снижают звукопропускание, особенно низкочастотное, например городской шум. (Таблица 10)

Таблица 10. Звукоизоляция при двойном остеклении

Толщина, мм		Расстояние, мм	Звукоизоляция, дБ
стекло	поликарбонат		
4	6	85	39
6	6	85	40
8	6	85	42
4	6	54	36
6	6	54	37
8	6	54	39

## Теплоизолирующие свойства

Многостенная структура листов сотового поликарбоната предоставляет значительные преимущества там, где низкая теплопроводность материала является основным требованием. Поликарбонатные панели дают существенную экономию электроэнергии (до 50%), затрачиваемой на отопление или кондиционирование, по сравнению со стеклом и ПММА аналогичной толщины. Это связано не только с теплоизолирующими свойствами воздуха, находящегося в пространстве между ребрами жесткости, но и с меньшей по сравнению с этими материалами теплопроводностью, что обеспечивает сохранение температурного режима в помещении. Теплоизолирующие свойства материала характеризует такой показатель, как коэффициент теплопередачи – количество тепла, проходящего через 1 м<sup>2</sup> материала при изменении температуры в 1°С.

Даже самые тонкие панели сотового поликарбоната (4 мм) почти в 2 раза превосходят по степени теплоизоляции простое остекление.



Таблица 11. Сравнительный коэффициент теплопередачи монолитных поликарбонатных листов и стекла

Толщина, мм	Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> * °С	
	Поликарбонат	Одинарное стекло
4	5,33	5,82
6	5,09	5,77
8	4,84	5,71

Из таблицы 11 видно, что для всех толщин коэффициент теплопередачи К в случае монолитного поликарбоната ниже, чем у стекла. Таким образом, потери тепла в помещении и проникновение тепла или холода извне через ограждающие конструкции в зданиях с поликарбонатным остеклением будут меньше, чем при использовании обычного стекла.

Таблица 12. Зависимость коэффициента теплопередачи от толщины стекла и монолитного поликарбоната при двойном остеклении

Толщина, мм		Расстояние, мм	Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> * °С
Стекло	Поликарбонат		
4	4	20-60	2,77
4	6	20-60	2,70
6	6	20-60	2,68
5	8	20-60	2,62
6	8	20-60	2,60

Таблица 13. Зависимость коэффициента теплопередачи от толщины стекла и монолитного поликарбоната при тройном остеклении

Толщина, мм		Расстояние, мм	Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> * °С
Двойных герметичных стекол с зазором 12 мм	Поликарбонат		
4+4	4	30-60	1,85
6+4	6	30-60	1,82
8+4	8	30-60	1,78

## Светопропускание

Выдающийся французский архитектор Ле Корбюзье сказал: «Вся история архитектуры – это история борьбы за свет». И в этом утверждении можно усмотреть один из ключей к успеху поликарбоната как строительного материала XXI века. Способность пропускать солнечный свет у поликарбоната самая высокая среди сходных с ним материалов.

Солнечный свет, достигающий земной поверхности, включает в себя три диапазона волн: ультрафиолетовый, видимый и инфракрасный.

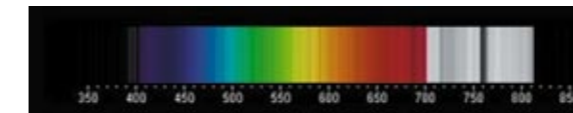
Ультрафиолет С – длина волны между 180-280 нм включительно, лучи более мощные, чем ультрафиолет А и В, и могут стать смертельными для живых организмов.

Ультрафиолет В – средний диапазон 315 нм – 280 нм (способствует выработке витамина D (антирахит), вызывает загар и раздражение роговицы глаз).

Ультрафиолет А – длинноволновой диапазон 400 нм – 315 нм (загар и повреждение глаз).

Видимые волны – 380 и 780 нм включительно (лучи соответствуют обычному восприятию света).

Инфракрасные волны – более 780 нм (передают солнечное тепло и несут 50 % его энергии).



Поликарбонат чувствителен к воздействию ультрафиолетового излучения. На открытом воздухе прозрачные марки желтеют, теряют прозрачность, падают ударопрочность материала и относительное удлинение. Для предотвращения нежелательных последствий сотовые и монолитные листы снабжают внутренним УФ-защитным слоем, нанесенным с помощью коэкструзии. Этот защитный слой совершенно прозрачен, и определить его наличие на глаз невозможно, поэтому следует внимательно изучать маркировку панелей, сделанную производителем. Листы с УФ-защитой могут пребывать на открытом воздухе в течение многих лет без изменения

своих свойств и потери внешнего вида. Обычные же листы, незащищенные от ультрафиолета, предназначены для использования только внутри помещений.

## Ударопрочность

При стандартных статических испытаниях, например, испытаниях на растяжение и изгиб, материал поглощает энергию медленно. В случаях же резких усилий: падений предметов, ударов, столкновений и т.д. – обычно материалы быстро поглощают энергию. Целью испытаний на прочность при ударе и является имитация таких условий.



Ударопрочная дверь.



Существует целая группа испытаний, позволяющих оценить прочностные свойства пластических масс при ударных воздействиях. Эти испытания проводят либо на маятниковых копрах (испытания на двухопорный изгиб по Шарпи), либо с помощью падающего груза (ударостойкость по Гарднеру). Испытание на двухопорный изгиб заключается в разрушении образцов с надрезом и без надреза ударом маятника поперек образца, установленного горизонтально на двух опорах.

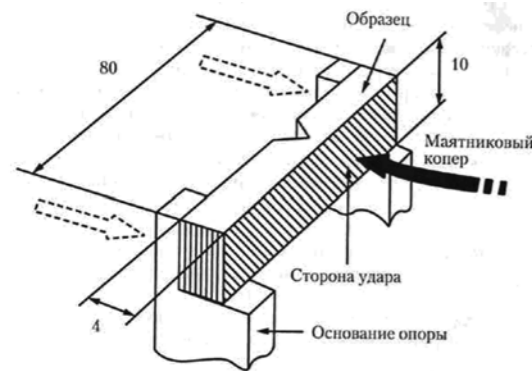


Рисунок 6 – Метод измерения ударной прочности по Шарпи

В ходе испытания определяют ударную вязкость – величину работы, затраченной на разрушение образца, отнесенную к площади его поперечного сечения или к площади поперечного сечения образца в месте надреза.

Ударостойкость по Гарднеру определяется при испытании на ударное воздействие падающих гирь массой 4 кг с высоты 1 метр. Как видно из приведенных данных (Таблица 8), предельные значения энергии удара для сотового поликарбоната достаточно велики по сравнению, например, с оргстеклом, для которого эта величина не превышает 0,5 Дж.

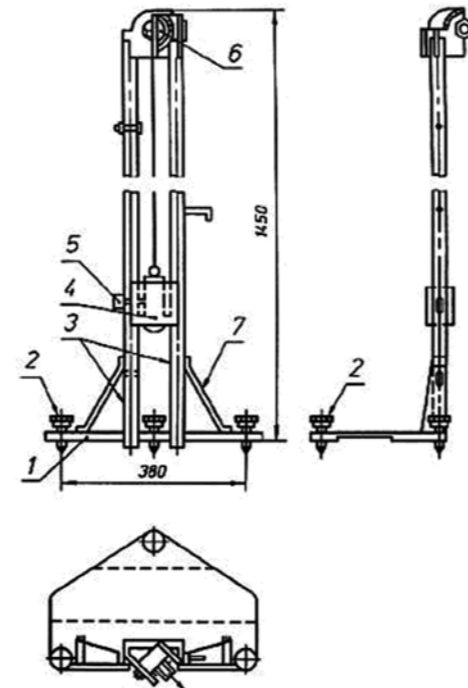


Рисунок 7 - Копер для испытаний на стойкость к ударным воздействиям по Гарднеру.

1 - площадка с прорезью для прохода гири; 2 - регулировочные винты; 3 - вертикальные направляющие; 4 - гиря с боковыми пазами и бойком; 5 - выдвижные штыри; 6 - направляющий ролик; 7 - подкосы

Лабораторными методами измерить ударную вязкость поликарбоната (по Шарпи, без надреза) невозможно. Поэтому в каталогах указывают «без разрушения». Если соотносить данные показателя ударной вязкости образца поликарбоната с соответствующими показателями для других листовых материалов, например, для оргстекла 10-12 кДж/м<sup>2</sup> (без надреза) и 2 (с надрезом), для полистирола 5-6 (без надреза) и 1-2 (с надрезом), то можно приблизительно оценить величину этой физической характеристики в 900-1100 кДж/м<sup>2</sup> (без надреза). Эта величина иллюстрирует экстремальную ударопрочность материала.

Монолитный поликарбонат относится к категории антивандалных прозрачных материалов, потому что разбить его подручными средствами (удар ногой, бутылкой, бейсбольной битой, камнем) человеку не под силу. Сотовые панели из поликарбоната обладают очень высокой степенью ударопрочности (при неправильном монтаже в них могут появиться трещины, но они не разобьются). При самых неблагоприятных условиях человек не сможет пораниться сотовым поликарбонатом. Даже если в силу каких-либо внешних обстоятельств ударопрочность уменьшится в 3-5 раз, указанная физическая величина будет иметь настолько большое значение (200-300), что не возникнет ощутимого снижения прочности конструкционного элемента. Поэтому этот материал для использования в антивандалных строительных и рекламных конструкциях, несомненно, предпочтителен.

## Теплостойкость

Теплостойкость – это способность твердых полимерных материалов сохранять определенную жесткость под действием нагрузки при повышении температуры. Эта характеристика является условной, принятой для сравнительной оценки поведения различных нагруженных полимеров в нестационарном тепловом поле, что помогает правильно выбрать пластмассу для конкретных условий.

Для оценки теплостойкости по Вика определяют температуру при скорости нагрева 50°С в час, при которой стальной цилиндрический индентор диаметром 1,13 мм под действием груза вдавливаются в образец на глубину 1 мм. Высокая теплостойкость поликарбоната выдвигает его на первое место среди листовых пластиков при использовании его в качестве светотехнических изделий и там, где необходимо выдерживать высокую температуру.

Как видно из таблицы 8, поликарбонат имеет наивысшую теплостойкость среди листовых пластиков.





## Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций

### Расчетные нагрузки

Остекление с использованием листового поликарбоната должно выполняться с учетом действующих нагрузок. В регионах РФ и стран ближнего зарубежья расчетные значения ветровых и снеговых нагрузок изменяются в широких пределах и регламентируются СНиП 2.01.07-85.

В приложениях 1 и 2 представлены карты районирования территории РФ и стран ближнего зарубежья по давлению ветра и веса снегового покрова.

Величины расчетных значений давления ветра по районам РФ:

I – 0,3 кПа, II – 0,45 кПа, III – 0,6 кПа, IV – 0,8 кПа, V – 1,0 кПа, VI – 1,2 кПа.

Величины расчетных значений давления снегового покрова по районам РФ:

I – 0,8 кПа, II – 1,2 кПа, III – 1,6 кПа, IV – 2,4 кПа, V – 3,2 кПа, VI – 4,0 кПа.

### Типовые элементы остекления

Конструктивные решения элементов остекления могут быть самыми разными, однако можно выделить ряд типовых. На примере конструкции павильона (рис. 8) указаны основные типовые элементы.

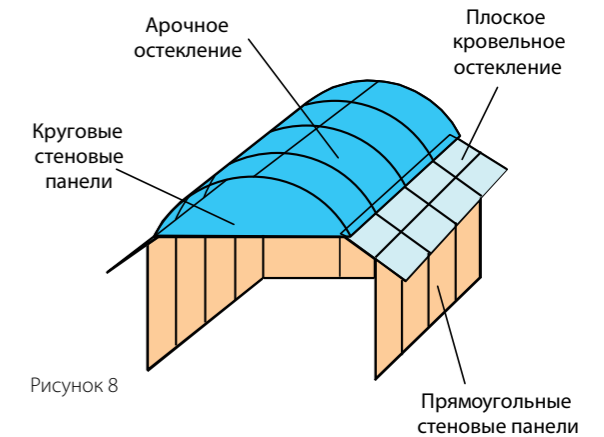


Рисунок 8

### 1. Стеновые панели

Основная нагрузка, действующая на панель, – давление ветра.

#### а) Панели прямоугольной формы

Панели могут быть закреплены с двух, трех, четырех сторон. Ребра жесткости могут располагаться как вдоль, так и поперек опор.

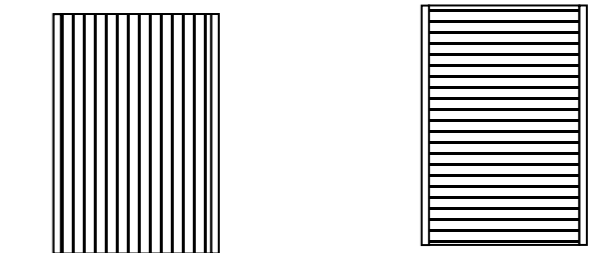


Рисунок 9

## Термическое расширение

Для описания теплового расширения полимерных материалов используют коэффициент линейного термического расширения:

$$\beta = \frac{l - l_0}{l_0 \Delta T}$$

Здесь  $l_0$  – значение длины образца при начальной температуре измерения;  $l$  – значение длины образца при конечной температуре измерения;  $\Delta T = T - T_0$  – разность температур начала и окончания измерения.

Коэффициент линейного термического расширения поликарбоната ниже, чем у других листовых пластиков. Однако его нужно учитывать при монтаже во избежание деформации листа.

Допуск, который нужно оставить на термическое расширение по длине и ширине листа, легко вычисляется:

$$\Delta L = \beta \times L \times \Delta T$$

где  $\beta$  – коэффициент линейного термического расширения;

$L$  – длина листа;

$\Delta T$  – температурный интервал применения.

Свойства листовых пластиков и стекла обобщены в таблице 14 оценки приоритетных свойств этих материалов при использовании в качестве конструкционных материалов (по 5 бальной системе).

Таблица 14. Бальная оценка листовых пластиков (4 мм)

Свойства	ПММА	ПЭТ-Г	Стекло	ПК монолит	ПК сотовый
Вес	4	3	1	4	5
Возможность изгиба в холодном состоянии	3	5	1	5	5
Теплоизолирующие свойства	3	4	2	4	5
Теплостойкость	3	2	5	4	4
Тепловое расширение	2	3	5	4	4
Звукоизоляция	4	2	5	5	3
Ударопрочность	2	4	1	5	5
Светопропускание	5	4	3	5	3
<b>Суммарный балл</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>36</b>	<b>34</b>

ПММА - полиметилметакрилат; ПЭТ-Г – полиэтилентерефталат-гликоль; ПК - поликарбонат.



**б) Круговые панели**

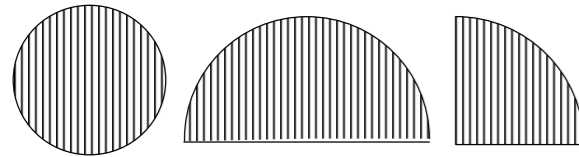


Рисунок 10

Панели закреплены по контуру креплениями. Ребра жесткости могут располагаться как вертикально, так и горизонтально.

**2. Кровельное остекление**

Основная действующая нагрузка – снеговая.

**а) Плоское остекление**

Листовое покрытие может опираться на стропила по краям листа, т.е. на расстоянии 210 см, или на расстояниях в 105 см и 70 см (рис. 11).

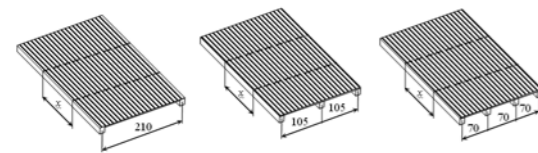


Рисунок 11

**б) Арочное остекление**

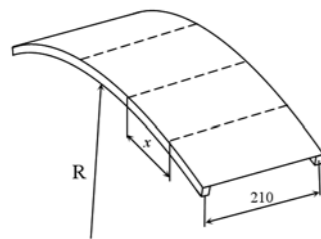


Рисунок 12

**Проектирование остекления**

При проектировании стеновых панелей различной формы, плоской кровли, арочных элементов из листового поликарбоната следует обеспечить их прочность и жесткость. Это можно обеспечить путем рационального проектирования опорной конструкции. Для этого определяются максимальные расстояния между опорными элементами, при которых обеспечивается надежная эксплуатация поликарбонатного листового остекления.

*Для получения более подробной информации см. Приложения. В Приложениях 3-16 представлены расчеты максимальных расстояний между опорными элементами, при которых обеспечивается надежная эксплуатация поликарбонатных листов при действии на конструкцию снеговых и ветровых нагрузок с учетом регионов РФ и стран ближнего зарубежья.*

Рассмотрим проектирование каждого вида типового остекления и примеры использования таблиц Приложений.

**1. Стеновые панели**

**а) Прямоугольные панели**, закрепленные по двум, трем, четырем сторонам крепежными элементами.

В таблице 15 приведены рекомендуемые расстояния между опорами при продольном и поперечном расположении ребер жесткости по отношению к ним (рис. 9) в зависимости от расчетной величины ветровой нагрузки и способе закрепления.

Например: при максимальной действующей нагрузке II ветрового района (Приложение 1), равной 0,45 кПа, при закреплении листа по двум сторонам в колонке даны расстояния между опорами для различных толщин сотовых и монолитных листов.

Или при известных расстояниях между опорными элементами и нагрузке можно определить требуемую толщину листа. Например, если расстояние между опорами составляет 125 см, то при нагрузке 0,45 кПа и закреплении по двум сторонам необходимо взять лист монолитный толщиной не менее 6 мм, сотовый лист с ребрами жесткости вдоль опор толщиной не менее 16 мм, поперек опор – не менее 10 мм.

Таблица 15. Пример определения расстояния между опорами вертикальных стеновых панелей

Вид листа	Нагрузка	I - 0.3 кПа			II - 0.45 кПа		
	Закреплены	2 ст*	3 ст	4 ст	2 ст	3 ст	4 ст
	Толщина						
Моно	2	57	57	57	51	51	52
	4	95	95	99	86	86	86
	5	112	112	119	102	102	106
	<b>6</b>	129	129	139	<b>116</b>	116	123
	7	145	145	162	130	130	141
	8	159	159	190	145	145	162
	10	189	188	280	170	170	212
	12	217	216	∞	195	195	325

**Армирование вдоль опор**

H sot	4	58	58	59	50	50	51
	6	88	88	92	78	78	81
	8	99	99	105	87	87	90
	10	120	120	134	106	106	114
X sot	<b>16</b>	201	201	∞	<b>181</b>	181	262
	20	234	234	∞	211	211	∞
X5 sot	25	247	247	∞	222	222	∞
	32	278	278	∞	251	251	∞

**Армирование поперек опор**

H sot	4	70	70	72	63	63	65
	6	99	99	103	89	89	93
	8	121	121	127	109	109	114
	<b>10</b>	141	141	152	<b>128</b>	128	134
X sot	16	208	208	450	188	188	255
	20	234	234	∞	212	212	∞
X5 sot	25	254	254	∞	230	230	∞
	32	288	291	∞	259	259	∞

\* СТ – сторона закрепления.



б) **Круговые панели**, закрепленные по контуру

В Приложениях 4-5 приведены максимальные радиусы для панелей в форме круга, полукруга, четверти круга (рис. 10) в зависимости от расчетной величины ветровой нагрузки.

Например: при максимальной действующей нагрузке II ветрового района (Приложение 1), равной 0,45 кПа для структурного листа толщиной 8 мм, получим, что радиус круглой панели может быть не более 67,2 см, полукруглой панели с ребрами жесткости, расположенными горизонтально, не более 119 см, вертикально – 101 см, а для четверти круга – 140 см.

## 2. Кровельное остекление

а) **Плоское остекление**

В Приложениях 6-7 приведены максимальные расстояния между обрешеткой (х) при различных расстояниях между стропилами (рис. 11) в зависимости от расчетной снеговой нагрузки. Лист закрепляется к стропилам и обрешетке по четырем сторонам.

Например: при максимальной действующей нагрузке IV снегового района (Приложение 2), равной 2,4 кПа, при толщине монолитного листа 10 мм и расстоянии между стропилами равно 210 см, шаг обрешетки должен быть не менее 116 см, при расстоянии 105 см – 172 см, а при расстоянии 70 см - обрешетка не требуется.

В Приложениях даны расстояния, когда одна из четырех сторон поперек ребрам жесткости не закреплена. Определение шага обрешетки аналогично предыдущему примеру.

б) **Арочное остекление**

В Приложениях 8-11 приведен рекомендуемый шаг обрешетки при расстоянии между стропилами 210 см в зависимости от нагрузки, толщины и желаемого радиуса кривизны листа (рис. 12).

Например: при максимальной действующей нагрузке IV снегового района (Приложение 2), равной 2,4 кПа, и заданном радиусе кривизны 2,6 м при использовании листа из монолитного поликарбоната толщиной 2 мм шаг обрешетки должен быть не более 33 см, толщиной 4 мм – не более 61 см, толщиной 5 мм – не более 127 см, толщиной 6 мм – обрешетка не требуется.

Определение шага обрешетки осуществляется по Приложениям 9-11 аналогично описанному выше примеру.

В Приложениях 12-14 и 15, 16 приведен рекомендуемый шаг обрешетки при расстоянии между стропилами 105 см и 70 см соответственно в зависимости от нагрузки, толщины и желаемого радиуса кривизны листа (рис. 12).

Таким образом, представленные таблицы Приложений 3-16 позволяют достаточно просто определять как размеры листового поликарбонатного материала, так и расстояния между опорными элементами проектируемой конструкции.





## Инструкция по монтажу листов из поликарбоната

Поликарбонатные листы достаточно легкие и неприхотливые в обращении, их несложно перевозить и в дальнейшем использовать. Однако следует знать слабые стороны этого материала и соблюдать меры предосторожности. В этом помогут наши рекомендации, разработанные с учетом зарубежного опыта.

### Транспортировка и хранение

Перемещать поликарбонатные листы стандартного размера можно соответствующим подъемником, но если габариты листов превышают размеры паллеты, то возникает опасность их порчи. В этом случае учитывайте следующие рекомендации:

- 1) Не допускайте прогибания панелей во время подъема и перемещения.
- 2) Панели не должны соскальзывать и падать с подъемника.
- 3) Веревки и кабели, используемые для обвязки груза, не должны нарушать целостность упаковки листов.
- 4) При опускании листов подъемником надо поддерживать их свисающие концы и не допускать контакта с полом.

### Хранение

- 1) Поликарбонатные листы должны храниться в сухом, проветриваемом, затененном помещении, вдали от нагревательных приборов, на ровном поддоне.
- 2) Края верхних листов в стопке не должны свисать, чтобы избежать чрезмерного их прогибания.
- 3) Следует избегать попадания на листы прямых солнечных лучей и защищать их от атмосферных воздействий.
- 4) Листы надо складывать УФ-защитой вверх.
- 5) Нельзя накрывать панели пленкой из ПВХ.

б) По листам нельзя ходить, а также допускать сильные механические воздействия.

### Защитные покрытия листов

Все поликарбонатные листы покрыты тонкой маскировочной пленкой, которую не нужно снимать до начала монтажа. Перед началом монтажа пленку можно снять резким движением руки, опираясь на край панели другой рукой. Удалять пленку надо в незапыленном помещении. Имейте в виду, что при длительном хранении листов или воздействии на них дождя, снега, солнечной радиации полиэтиленовая пленка может потерять эластичность и даже сильно приклеиться к листам так, что ее невозможно будет удалить, и изделия будут испорчены.

Края сотовых листов также покрыты защитной пленкой с двух сторон, которая предотвращает попадание пыли внутрь каналов. Пленка должна оставаться на листах во время транспортировки и хранения, а также во время операций по распиловке и сверлению, в противном случае электростатический заряд, присутствующий на листах, притянет внутрь каналов пылевые частицы. В процессе монтажа защитную пленку с краев нужно снять и быстро заменить ее соответствующим герметичным покрытием – лентой или профилем.

### «Внешняя» и «внутренняя» поверхности листа

Если лист выпускается с односторонним слоем УФ-защиты, то на покрывающей его маскировочной пленке с соответствующей стороны будет стоять маркировка производителя. Именно эта сторона листа предназначена быть «внешней», то есть обращенной к солнцу. Когда перед установкой панелей маскировочную пленку снимают, рекомендуется, отодрав небольшой ее участок с «внешней стороны», поставить на листе отметку фломастером. Тогда вы не перепутаете «внешнюю» и «внутреннюю» стороны.

## Монтаж

### Ориентация панели при установке

Длина панели принимается параллельной линиям полых каналов. Если панель устанавливается вертикально, то каналы должны быть ориентированы также вертикально. В изогнутых конструкциях, например в крышах теплиц, каналы должны быть параллельны направлению изгиба. А в наклонных конструкциях – направлению ската.

### Плоские крыши

Если панель используется как крыша, то она должна иметь небольшой уклон по направлению течения предполагаемых водных потоков. Обычно этот уклон равен 5 градусам, или 90 мм на каждый метр листа. Такой уклон обеспечит свободное стекание воды с крыши и максимальный моющий эффект панелей. Если планируется крыша длиной более 6 метров, то ее уклон должен быть больше 90 мм/м.

### Изогнутые крыши

Сотовые панели идеальны для создания арочных перекрытий, круглых козырьков и туннельных теплиц. Панели не нужно нагревать, чтобы придать изогнутую форму. Кроме того, изгибание увеличивает их жесткость. Лучше всего закрепить изогнутую панель с четырех сторон, чтобы использовать ее максимальную несущую способность.

Для расчета минимального радиуса изгиба панели пользуйтесь данными, приведенными в таблице 16.

Таблица 16. Минимальный радиус изгиба сотовых листов из поликарбоната.

Свойства	Толщина листа, мм							
	4	6	8	10	16	20	25	32
Вес, кг/м <sup>2</sup>	0,8	1,3	1,5	1,7	2,7	3,1	3,5	3,7
Минимальный радиус изгиба, м	0,7	1,05	1,4	1,75	2,8	3,5	3,75	4,8

### Термическое расширение

В жару поликарбонатные листы увеличиваются в размерах, а в холод, наоборот, уменьшаются. Причем коэффициент термического расширения этого материала выше, чем у других материалов, применяемых в строительстве для остекления:

$$\alpha = 0,065 \text{ мм/м}^\circ\text{C}$$

Если эту особенность не учитывать при монтаже, то панель, уже будучи в составе конструкции, может деформироваться. Особенно сильные искривления могут произойти весной и осенью, во время резких перепадов температур в течение суток. Поэтому следует оставлять допуск на свободное расширение по длине и ширине панели, который в среднем составляет 3 мм на линейный метр при разнице температур (при которых эксплуатируются панели) более 40 градусов Цельсия.

### Соединение профилями

Чтобы в стыки между панелями не забивались пыль и влага, там должны быть проложены уплотнители. Обычно для стыковки сотовых панелей используют алюминиевые профили с различными эластичными прокладками.

Чтобы использовать максимальную несущую способность конструкции, нужно, чтобы все концы панелей, которые попадают в область стыка, заканчивались пазами глубиной по крайней мере 20 мм и хотя бы одним ребром.

Все применяемые уплотнители должны быть из материалов, совместимых с поликарбонатом. Надо помнить, что области стыка являются наиболее уязвимыми во всей конструкции, поэтому во время монтажа и эксплуатации не надо подвергать их избыточным нагрузкам.

**Эластичные материалы, совместимые с поликарбонатом:**

- EPDM (ethylene propylene diene monomer rubber)
- Полихлоропрен
- Полиэтилен
- PTFE (poly(tetrafluoroethene) or poly(tetrafluoroethylene) или Тефлон)
- Неопрен
- Силикон
- EPT-герметик

**С поликарбонатом не совместимы:**

- PVC (Поливинилхлорид)
- PVC Nitrile
- Полиуретан

#### **Резка и сверление**

Поликарбонатные листы можно распиливать так же, как изделия из обычных пластиков. В большинстве случаев, при толщине до 8 мм, это можно сделать просто острым ножом (желательно с коротким толстым лезвием). Панели же с компактной структурой или толстыми внешними стенками нужно резать мелкозубчатыми ручными пилами, ножовками, циркулярными пилами. Для резки сотовой панели используйте пилы с мелкозубчатым лезвием (размер зубчиков – до 16 мм). Рекомендуемая скорость распилки составляет 1500–3000 оборотов в минуту.

Маскировочную пленку и защитную пленку на краях до распилки снимать не нужно, чтобы осколки и стружки не затянуло в полости при помощи статического электричества. Если это все-таки произошло, панель надо потрясти или продуть каналы сжатым воздухом, чтобы максимально очистить их перед использованием.

При сверлении листов можно используют стандартные сверла. Если отверстие надо сделать у края панели, то не рекомендуется сверлить в 1,5 дюйма от края (3,81 см). Просверленное отверстие должно иметь допуск на термальное расширение поликарбоната, то есть его диаметр должен быть больше, чем диаметр предназначенного для него болта.

#### **Общие рекомендации для резки и сверления:**

- Панель должна лежать на ровной твердой поверхности;
- Используйте только острые, заточенные инструменты, в противном случае края получатся неровными;
- Соблюдайте правила безопасности при работе с инструментами.

#### **Герметизация краев**

Перед монтажом необходимо снять заводскую защитную пленку с краев панелей и герметично закрыть самоклеющейся лентой или поликарбонатным профилем верхний и нижний края сотового листа, чтобы в открытые ячейки не попадала пыль, насекомые, вода. Края панели должны быть гладкими и ровными, иначе загерметизировать качественно не удастся. При этом край, который будет верхним, надо заклеить перфорированной алюминиевой клейкой лентой как можно плотнее, а нижний – перфорированной, чтобы каналы проветривались и выпавший в ячейках конденсат хорошо фильтровался через отверстия. Если герметизация нижнего края происходит с помощью поликарбонатного профиля, то в нем надо просверлить дырки через каждые 30,5 см (12 дюймов).

Самоклеющиеся ленты должны быть подходящими для сотовых панелей, то есть быть погодоустойчивыми и не терять своих химических и механических свойств от длительной эксплуатации.

Если по краям панели монтируется профиль, то он должен скрывать наклеенную на них ленту и не повреждать ее. Если лента повреждена, то ее следует заменить.

#### **Безопасность**

- Во избежание порчи панелей необходимо снять маскировочную пленку сразу после монтажа.
- Ни в коем случае нельзя применять острые режущие инструменты для снятия маскировочной пленки.
- Не надо ходить по покрытиям из поликарбонатных листов. Если все же это необходимо в процессе монтажа или чистки крыши, то используйте специальные опоры: планки, жесткие доски или что-то в этом роде.

#### **Чистка**

Поликарбонатные панели можно чистить от загрязнений с помощью теплой мыльной воды, используя мягкую ткань или губку. Использовать лучше мягкое средство для мытья посуды, с низкой кислотностью или нейтральное. Нельзя тереть панели щеткой, царапать, использовать абразивы и растворители. После удаления грязи лист надо промыть чистой водой и обсушить мягкой тканью.

Пятна масляной краски, смазки и подобные загрязнения можно удалить, слегка потерев панели тряпкой, смоченной в этиловом спирте или бензине. После этого немедленно нужно промыть очищенное место большим количеством воды и просушить.

Большие загрязненные участки можно обрабатывать с помощью мини-моек, подающих воду под давлением, или пароочистителей (рабочая температура не выше 80 градусов).







## Остекление балкона

Конструкция предназначена для остекления балкона жилой квартиры или офиса. Вместо стекла мы предлагаем использовать сотовый поликарбонат, который окупит свою более высокую стоимость за счет экономии электроэнергии, расходуемой на дополнительные обогреватели. В холодном климате средней полосы России и особенно в ее северных районах сохранение тепла в помещении – одна из главных проблем, и сотовые листы помогают ее решить. Они почти не пропускают сквозь себя инфракрасное излучение, которое излучают нагретые объекты. Благодаря поликарбонату тепло квартиры, большая часть которого, как известно, уходит через оконные проемы, не пойдет на «обогрев улицы». Лишняя площадь, образованная за счет остекления балкона, сможет использоваться с большим комфортом. Прозрачный поликарбонат внешне мало чем отличается от стекла, поэтому внешний вид здания не ухудшится. Стоит отметить, что сотовые листы обладают несколько меньшей прозрачностью по сравнению со стеклом, однако этот недостаток с лихвой компенсируется их превосходными теплоизолирующими и прочностными свойствами. При ударах тяжелыми предметами, кулаками, бутылкам поликарбонатное остекление не разрушается. Оно также гораздо лучше, чем стекло справляется с ветровыми нагрузками. Даже в том случае, если остекление повреждено и вниз полетели куски пластика, они представляют собой меньшую опасность для людей и находящихся внизу предметов вследствие своей легкости и большей округлости краев.

Для последних этажей зданий, где балконы не оборудованы крышей, возможен вариант остекления с кровлей из поликарбоната. Такая кровля по своим потребительским качествам ничем не будет уступать обычной кровле из бетона, металла или дерева, но у нее будет одно потрясающее преимущество – прозрачность. Через поликарбонатную крышу своего балкона можно будет любоваться небом каждый день на зависть соседям с нижних этажей.

### Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) хорошие теплоизолирующие свойства
- 2) ударостойкость
- 3) хорошее сопротивление ветровым нагрузкам
- 4) легкость
- 5) низкая воспламеняемость
- 6) меньшая травматичность

### Типы используемых листов

Монолитные 4-6 мм подходят для кровли и верхних вертикальных пролетов (так как в этих местах нужна большая прозрачность).

Сотовый поликарбонат 6-10 мм (матовый, тонированный, цветной) подходит для нижней части остекления.

### Конструктивные особенности

Толщина листа будет зависеть от ширины пролета: чем он больше, тем более толстый применяется лист. Вертикальные поверхности остекления подвергаются значительным ветровым нагрузкам, поэтому для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

В данном примере несущие конструкции выполнены из алюминиевого профиля. Они легкие, просто монтируются и обеспечивают хорошую герметичность сооружения. Возможно применение любого профиля, даже деревянного без соблюдения специальных мер, обеспечивающих ровность контактных поверхностей. Данное требование не критично для поликарбоната, который допускает небольшие деформации без потери своих свойств и внешнего вида.

### Рекомендации по монтажу

На большей части территории России наблюдаются большие перепады температуры, порядка 60° С, как сезонные так и внутрисуточные, поэтому при сборе конструкции, чтобы избежать деформации листов, не нужно устанавливать листы стык в стык, в противном случае возможна их деформация. Необходимо учитывать коэффициент линейного термического расширения поликарбоната. Этот показатель, в свою очередь, зависит от площади используемых листов. Пример расчета допуска приведен в разделе «Термическое расширение» главы 13 «Свойства поликарбонатных листов».

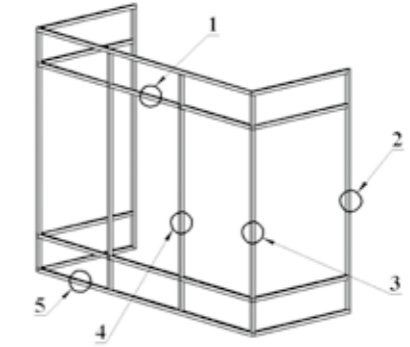


Рисунок 14. Каркас конструкции остекления балкона.

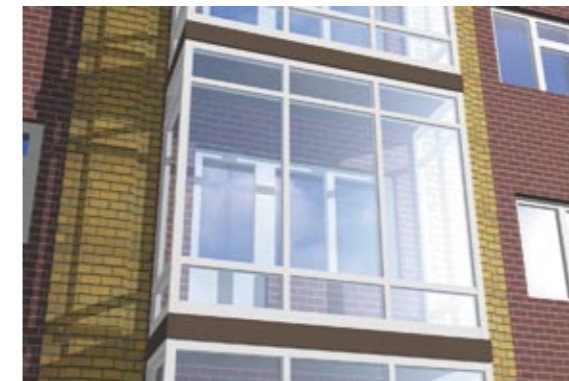


Рисунок 13. Остекление балкона.

### Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 15) – Сеч. 1.

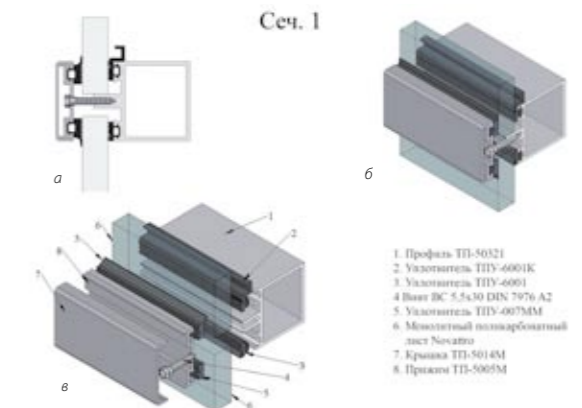


Рисунок 15. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции остекления балкона: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



Узел соединения листа из поликарбоната к стене здания (рис. 16) – Сеч. 2

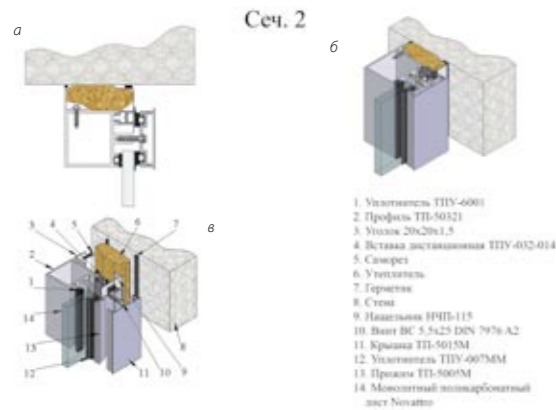


Рисунок 16. Типовой узел соединения листа из поликарбоната к стене здания в конструкции остекления балкона: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга (рис. 17) – Сеч. 3

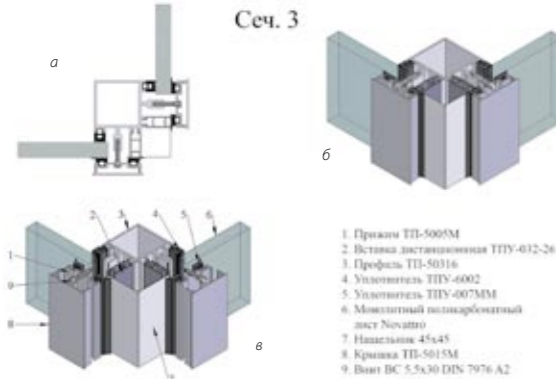


Рисунок 17. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга в конструкции остекления балкона: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 18) – Сеч. 4

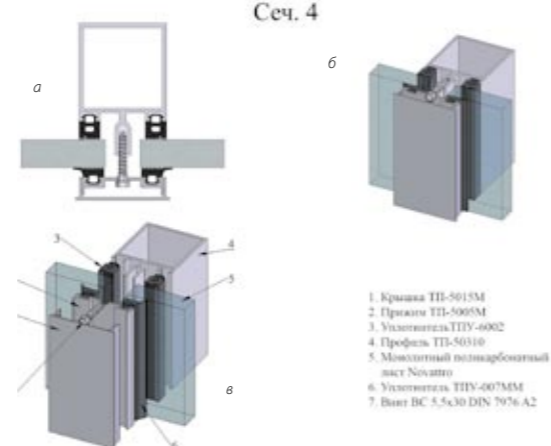


Рисунок 18. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции остекления балкона: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната в цокольной части конструкции (рис. 19) – Сеч. 5

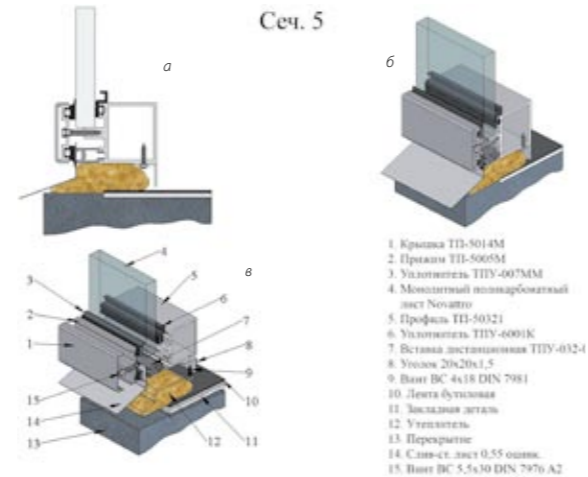


Рисунок 19. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в цокольной части конструкции остекления балкона: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Укрытие бассейна: арочная схема

Пользоваться плавательным бассейном, расположенным около загородного дома или на территории частной гостиницы, будет гораздо комфортнее, если построить над ним прозрачное укрытие. Оно будет защищать бассейн от загрязнения и непогоды. Наиболее оптимальным решением для укрытия является арочная конструкция из сотового или монолитного поликарбоната. Поликарбонатные листы, особенно сотовые, имеют небольшой вес и поддаются изгибу в холодном состоянии без изменения своих механических свойств – это позволяет создавать на их основе относительно легкие самонесущие конструкции. По сравнению с двускатной схемой, в арочной схеме задействовано меньше металлоконструкций за счет рационального использования прочностных свойств материала. Кроме того, поликарбонатные листы служат прекрасным теплоизолятором благодаря большому количеству воздушных пустот. Это свойство обеспечивает сохранение тепла в бассейне и медленное остывание воды. Купальный сезон в таком помещении может быть продлен до октября, при условии экономного подогрева воды.

Поликарбонатные листы очень прочные, серьезно повредить их и тем более разбить невозможно. Кроме того, выпускаются панели со специальным покрытием, улучшающим их свойства при эксплуатации в условиях повышенной влажности. Такие панели долго не теряют своих декоративных качеств как изнутри, так и снаружи.

При остеклении бассейна использование поликарбоната оказывается намного дешевле по сравнению с другими материалами: закаленным силикатным стеклом или триплексом из стекла.

### Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) гибкость в холодном состоянии
- 2) легкость
- 3) хорошее светопропускание
- 4) защита от ультрафиолета
- 5) хорошие теплоизолирующие свойства
- 6) ударостойкость
- 7) стойкость к высокой влажности и атмосферным воздействиям

### Типы используемых листов

Сотовые листы различной толщины используются в большинстве случаев.

Монолитные листы подходят там, где необходима прозрачность укрытия.

### Конструктивные особенности

В данном примере использованы стандартные профили из алюминиевого сплава с защитно-декоративным полимерно-порошковым покрытием. Поскольку укрытие не должно пропускать влагу, во всех сборочных узлах применяются резиновые уплотнители (на основе EPDM), обеспечивающие герметичность сборки. Для крепления применяются самонарезающиеся винты.

Для расчета оптимальной толщины листов в зависимости от шага несущих конструкций см. главу «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

Если ветровые и снеговые нагрузки на конструкцию велики или высота арки предполагается большой, то следует рассмотреть двускатную схему укрытия.



**Рекомендации по монтажу**

Как для всех конструкций из поликарбоната, создаваемых для эксплуатации на улице, следует оставлять допуск на термическое расширение листов. См. раздел «Термическое расширение» главы 13 «Свойства поликарбонатных листов».

Важно помнить, что та сторона сотового листа, где нанесена УФ-защита, должна быть обращена на улицу.

Изгибать листы можно непосредственно во время монтажа, но только по направлению их внутренних полых каналов.



Рисунок 20. Арочное укрытие бассейна.

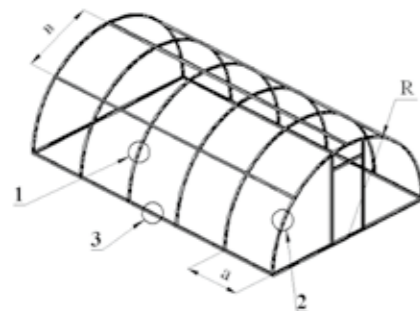


Рисунок 21. Каркас конструкции арочного укрытия бассейна.

**Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 22) – Сеч. 1.**

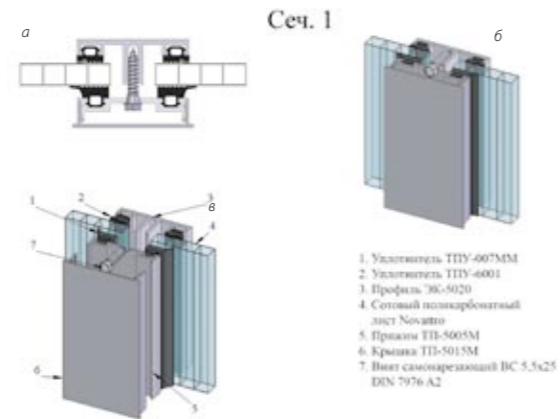


Рисунок 22. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции арочного укрытия бассейна: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга (рис. 23) – Сеч. 2.**

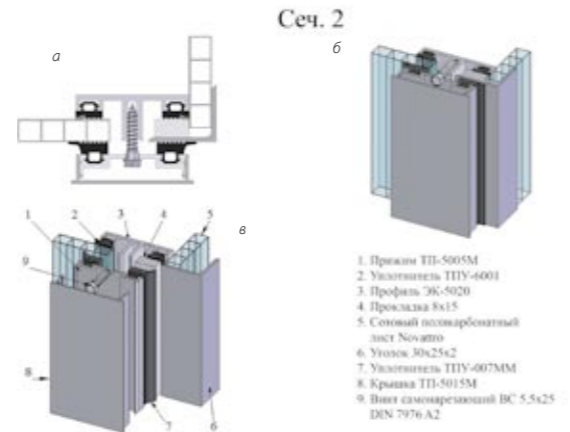
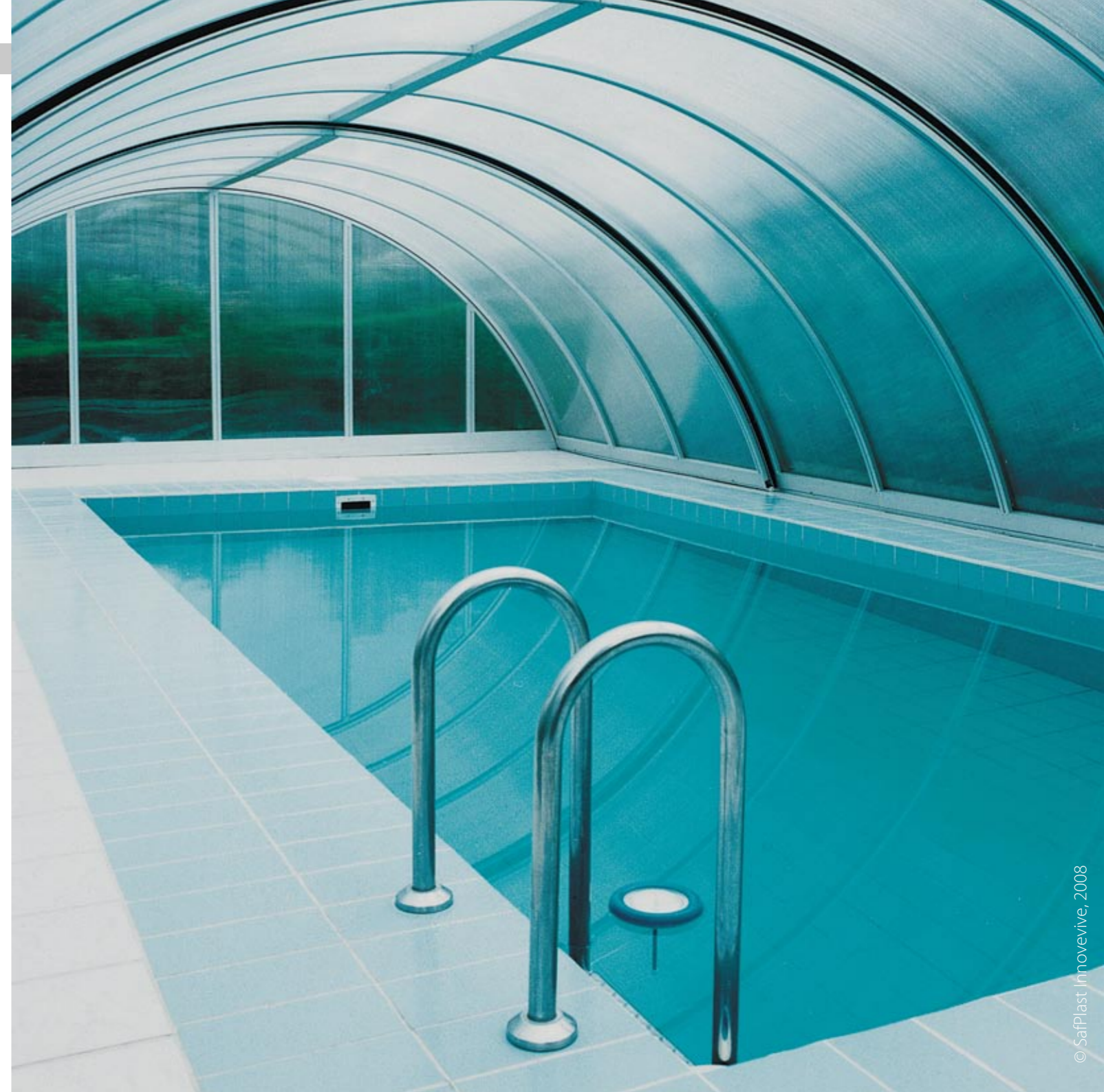


Рисунок 23. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга в конструкции арочного укрытия бассейна: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.





**Узел соединения листов в цокольной части конструкции (рис. 24) – Сеч. 3**

В качестве гидроизоляции в конструкции узла используется бутиловая лента, а в качестве утеплителя может быть использована монтажная пена (либо другой материал). Крепление узла непосредственно к цоколю может осуществляться различными способами и зависит от веса конструкции и испытываемых напряжений.

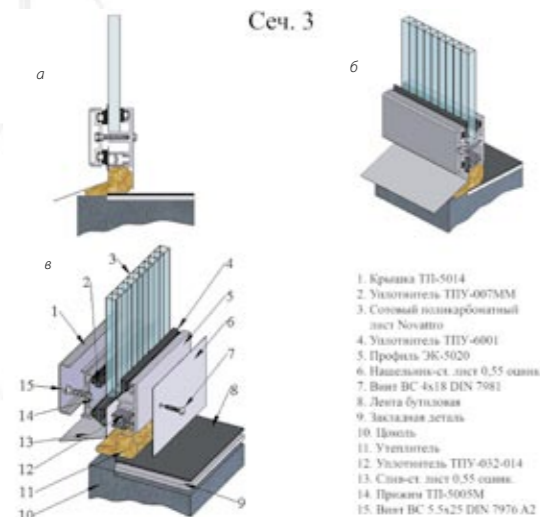


Рисунок 24. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в цокольной части конструкции арочного укрытия бассейна: а – двумерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Укрытие бассейна: двускатная схема**

Двускатная конструкция представляет собой более традиционный вариант укрытия, выбор которого зависит не только от эстетических предпочтений заказчика. Если площадь бассейна достаточно велика, то преимущества арочной схемы укрытия теряются, поскольку придется либо увеличивать высоту конструкции, что ведет к большому расходу материала, либо создавать плоскую площадку над бассейном, но тогда на ней будут скапливаться грязь, вода и снег, ее придется часто чистить. В таком случае применение двускатного укрытия предпочтительно. Осадки будут беспрепятственно скатываться по нему, хорошее естественное освещение бассейна будет оставаться неизменным, а теплоизолирующие и прочие характеристики такого укрытия аналогичны арочному.

**Преимущества поликарбоната в данной конструкции:**

- 1) легкость
- 2) хорошие теплоизолирующие свойства
- 3) хорошее светопропускание
- 4) защита от ультрафиолета
- 5) ударостойкость
- 6) стойкость к высокой влажности и атмосферным воздействиям

**Типы используемых листов**

Сотовые листы различной толщины используются в большинстве случаев.

Монолитные листы подходят там, где необходима прозрачность укрытия.

**Конструктивные особенности**

В данном примере использованы стандартные профили из алюминиевого сплава с защитно-декоративным полимерно-порошковым покрытием. Поскольку укрытие не должно пропускать влагу, во всех сборочных узлах применяются резиновые уплотнители (на основе EPDM), обеспечивающие герметичность сборки. Для крепления применяются самонарезающиеся винты.

Для расчета оптимальной толщины листов в зависимости от шага несущих конструкций см. главу 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

**Рекомендации по монтажу**

Важно помнить, что направление полых каналов сотовых панелей должно совпадать с направлением ската крыши, а при установке в качестве стен укрытия каналы должны располагаться вертикально.

Как для всех конструкций из поликарбоната, создаваемых для эксплуатации на улице, следует оставлять допуск на термическое расширение листов. См. раздел «Термическое расширение» главы 13 «Свойства поликарбонатных листов».



Рисунок 25. Двускатное укрытие бассейна.

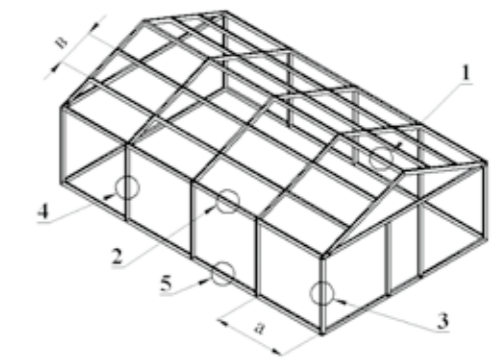


Рис. 26. Каркас конструкции двускатного укрытия бассейна

**Узлы соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом (рис. 27) – Сеч. 1 и (рис. 28) – Сеч. 2.**

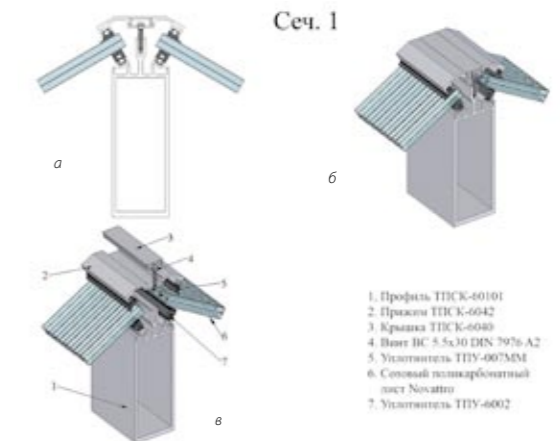


Рисунок 27. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в верхней части конструкции двускатного укрытия бассейна: а – двумерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

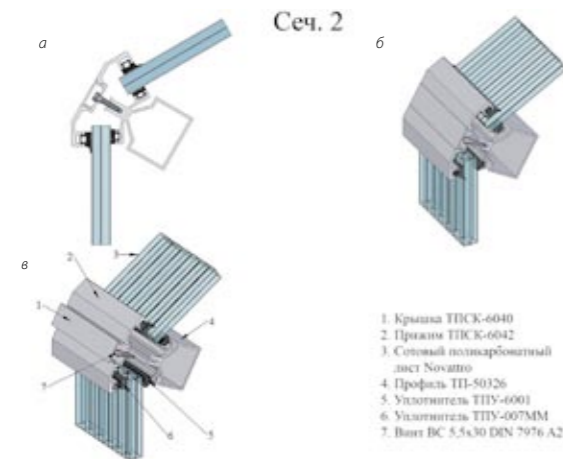


Рисунок 28. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в боковой части конструкции двускатного укрытия бассейна: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга (рис. 29) – Сеч. 3.

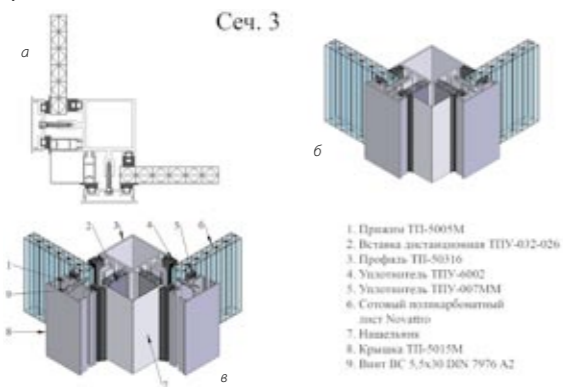


Рисунок 29. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга в конструкции двускатного укрытия бассейна: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 30) – Сеч. 4.

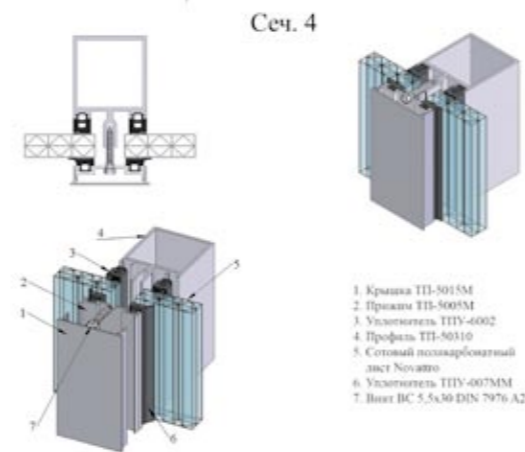


Рисунок 30. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции двускатного укрытия бассейна: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов в цокольной части конструкции (рис. 31) – Сеч. 5

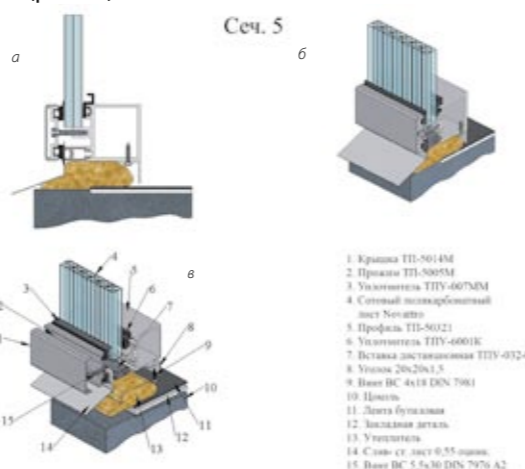


Рисунок 31. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в цокольной части конструкции двускатного укрытия бассейна: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Зенитный фонарь: арочная схема

Создание верхнего освещения, когда солнечный свет попадает в здание через проемы в крыше, пользуется заслуженной популярностью в современном строительстве. Зенитные фонари, световые купола – так называются окна в крыше – позволяют создавать освещение совершенно нового качества и принести естественный свет в самые затемненные места: чердаки, кладовые, мастерские, комнаты без окон. Их можно устанавливать в общественных зданиях и жилых домах, используя, главным образом, горизонтальные крыши. С появлением поликарбоната стало возможно остеклять зенитные фонари арочными конструкциями. Преимущество этого материала в том, что листы из него можно изгибать в холодном состоянии. Кроме того, поликарбонат хорошо рассеивает свет, помещение освещается более равномерно, чем сквозь стекло или акрил. Монтировать арочный фонарь несложно, так как удается избежать коньковый узел, применяемый в скатной схеме, и уменьшить количество металлоконструкций.

### Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) гибкость в холодном состоянии
- 2) высокая стойкость к ветровым и снеговым нагрузкам
- 3) хорошее светопропускание
- 4) хорошие теплоизолирующие свойства
- 5) легкость
- 6) низкая воспламеняемость
- 7) безопасность в эксплуатации

### Типы используемых листов

Сотовые листы различной толщины используются, если не требуется высокая прозрачность зенитного фонаря или нужно обеспечить лучшее рассеяние света.

Монолитные листы обеспечивают высокую светопропускаемость конструкции и ударостойкость. Их применение особенно оправдано в случае, если существует риск вандализма или случайных повреждений.

### Конструктивные особенности

Это самонесущая конструкция, которая не требует опор. Если фонарь проектируется стационарным, то есть не предназначенным для открывания и вентиляции помещения, то можно даже не применять алюминиевые профили – конструкция получится легкой и прочной, ее герметичность обеспечат резиновые уплотнители.

Не следует применять сотовые панели большой толщины, потому что они задерживают таяние снега, фонарь окажется закрытым и его придется чистить.

### Рекомендации по монтажу

См. общие рекомендации в главе 15 «Инструкции по монтажу листов из поликарбоната».

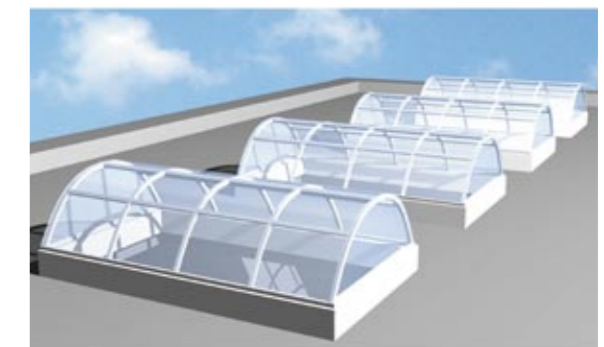


Рисунок 32. Арочная конструкция укрывающего ограждения зенитных фонарей.



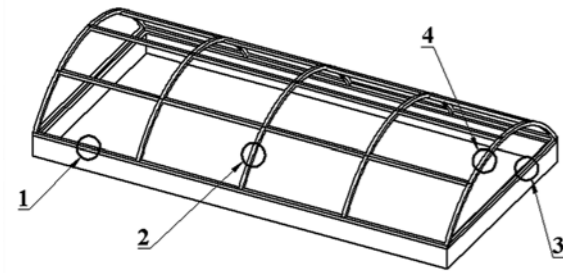


Рисунок 33. Каркас арочной конструкции укрывающего ограждения зенитных фонарей.

Узел соединения листов из поликарбоната с профилем, закрепленным к цоколю (рис. 34) – Сеч. 1.

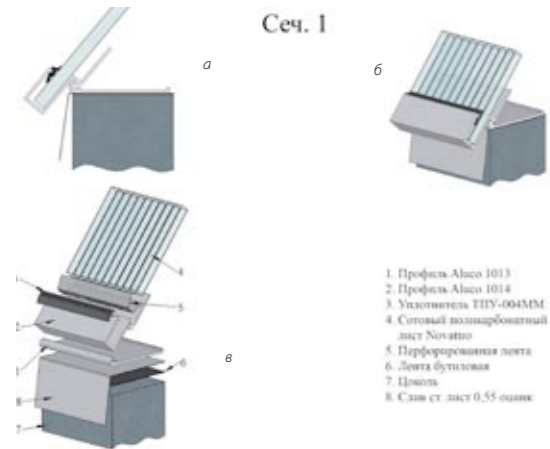


Рисунок 34. Типовой узел соединения листа из поликарбоната с профилем, закрепленным к цоколю: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 35) – Сеч. 2.

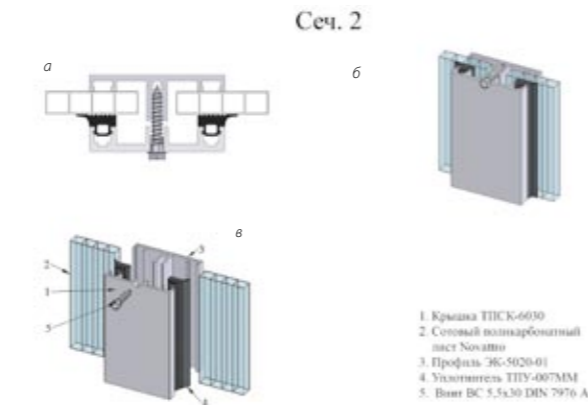


Рисунок 35. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в арочной конструкции укрывающего ограждения зенитных фонарей: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната к цоколю в торцевой части конструкции (рис. 36) – Сеч. 3.

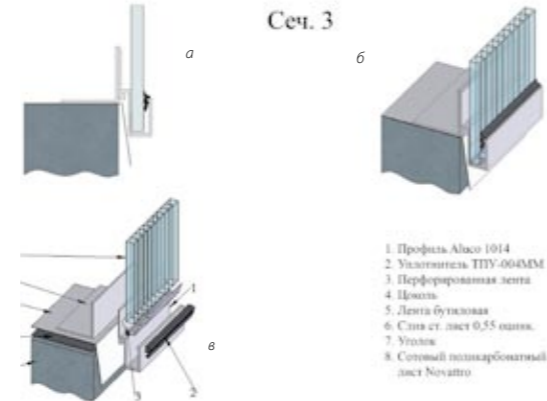


Рисунок 36. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в цокольной части конструкции арочного укрывающего ограждения зенитных фонарей: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга (рис. 37) – Сеч. 4

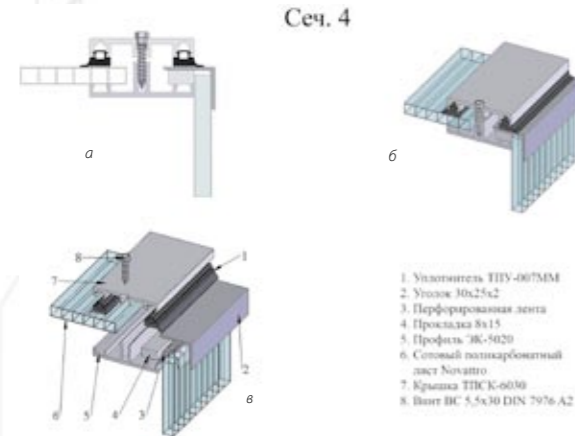


Рисунок 37. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга в арочной конструкции укрывающего ограждения зенитных фонарей: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Зенитный фонарь: двускатная схема

В процессе реконструкции зданий, а также если предполагаются открывающиеся створки фонарей для вентиляции помещения, целесообразно применять двускатную схему. Преимущества поликарбонатного остекления в данной схеме аналогичны тем, что указаны в описании арочной конструкции фонаря. Дополнительным плюсом данной конструкции следует считать применение маломощных электрических приводов, управляющих створками. Уменьшение мощности происходит за счет облегчения конструкции при использовании поликарбоната вместо стекла. Кроме того, в случае отказа одного из электроприводов открывающиеся створки фонаря окажутся целыми, потому что поликарбонат очень прочный. Стекло в подобной ситуации может лопнуть.

### Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) высокая стойкость к ветровым и снеговым нагрузкам
- 2) легкость
- 3) хорошее светопропускание
- 4) хорошие теплоизолирующие свойства
- 5) низкая воспламеняемость

### Типы используемых листов

Сотовые листы любой толщины 6-32 мм

Монолитные листы толщиной до 10 мм

### Конструктивные особенности

Для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

### Рекомендации по монтажу

Чтобы конструкция получилась герметичной, следует закрывать торцы сотовых листов самоклеющейся лентой и поликарбонатными профилями, как показано на чертежах сечений 1 и 3.

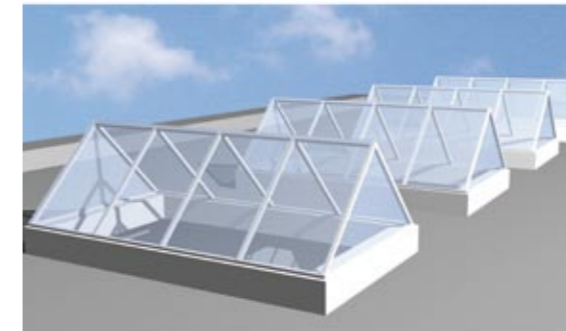


Рисунок 38. Конструкция двускатного укрывающего ограждения зенитных фонарей.

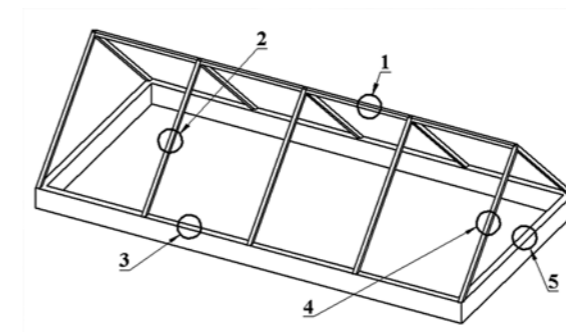


Рисунок 39. Каркас конструкции двускатного укрывающего ограждения зенитных фонарей.

Узел соединения листов из поликарбоната в плоскостях, расположенных под углом (рис. 40) – Сеч. 1.

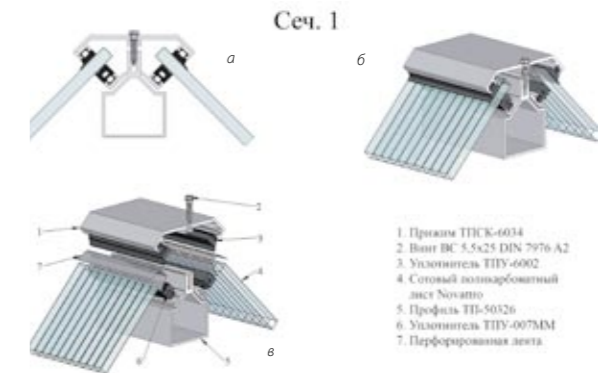


Рисунок 40. Типовой узел соединения листов из поликарбоната с коньковым профилем в конструкции двускатного укрывающего ограждения зенитных фонарей: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 41) – Сеч. 2.

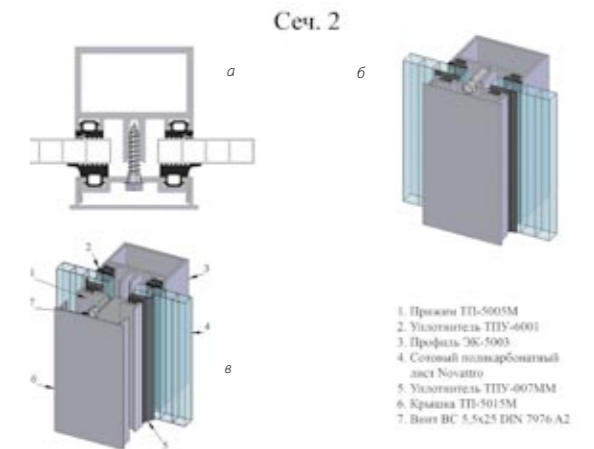


Рисунок 41. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции двускатного укрывающего ограждения зенитных фонарей: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



Узел соединения листов из поликарбоната с профилем, закрепленным к цоколю (рис. 42) – Сеч. 3.

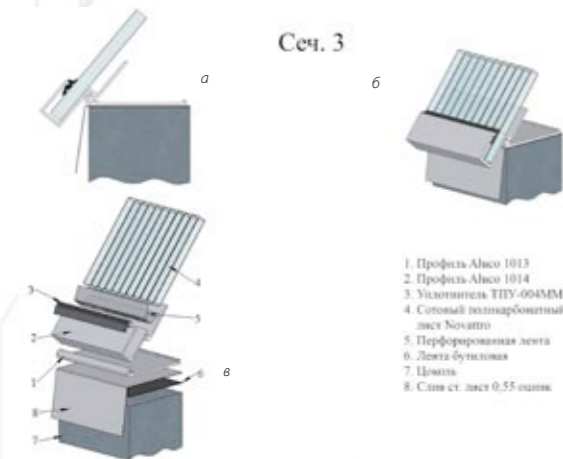


Рисунок 42. Типовой узел соединения листов из поликарбоната с профилем, закрепленным к цоколю: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга (рис. 43) – Сеч. 4

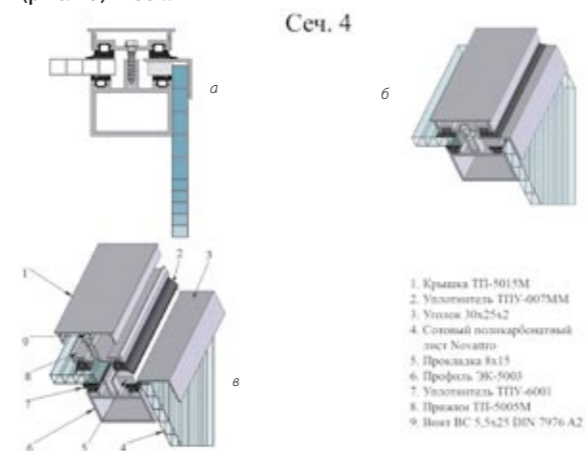


Рисунок 43. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга в конструкции двускатного укрывающего ограждения зенитных фонарей: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната в цокольной части конструкции (рис. 44) – Сеч. 5

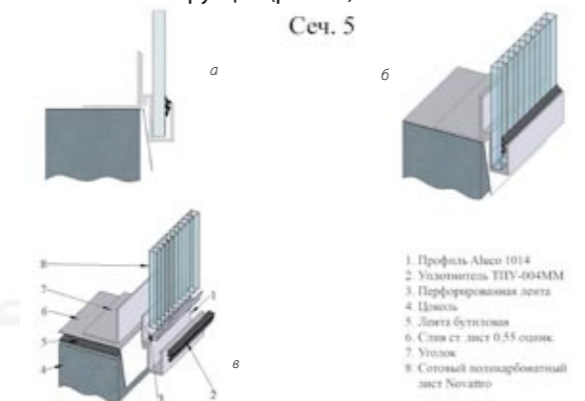


Рисунок 44. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в цокольной части конструкции двускатной конструкции зенитного фонаря: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Козырек: Г-образная конструкция

Современный офис, имеющий собственный вход в здание, немаловажно оригинально украсить фасада. Одним из элементов такого украшения служит козырек – навесная конструкция над входом или окнами. Козырек выполняет сразу три функции: он придает фасаду определенный архитектурный стиль, служит защитой от дождя и снега, является носителем рекламы. Поэтому к материалу, наполняющему каркас, предъявляют повышенные требования. Чтобы успешно выполнить свое назначение, козырек должен быть очень прочным, легким и прозрачным. Все эти требования применимы к поликарбонату, вот почему он так популярен при изготовлении элементов входной группы и наружной рекламы. Существует большое количество конструкций козырьков, одна из них – Г-образная.

### Преимущества поликарбоната:

1. ударостойкость
2. легкость
3. высокое светопропускание
4. высокие эстетические характеристики
5. широкая цветовая гамма

### Какого типа листы используются

Сотовые листы любой толщины и расцветки.

Монолитные листы любой толщины и расцветки, если важна высокая прозрачность козырька.

### Конструктивные особенности

Для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций и толщины листа, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций». Однако если кровлю козырька делать не слишком выступающей, то ветровая и снеговая нагрузка на него не будет большой. В таком случае сотовые листы можно применять минимальной толщины, и вся конструкция получится очень легкой. Ее собирают полностью на поликарбонатном профиле.

### Рекомендации по монтажу

См. общие рекомендации в главе 15 «Инструкция по монтажу листов из поликарбоната».



Рисунок 45. Г-образная конструкция козырька.

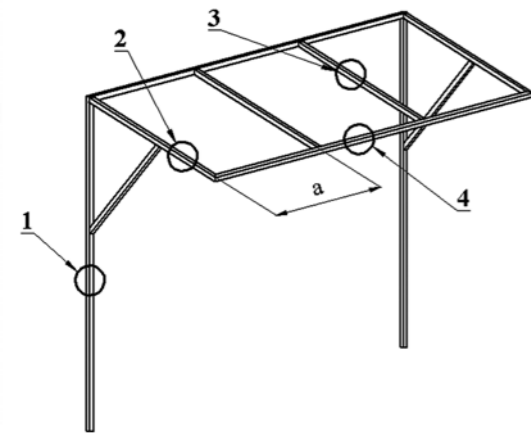


Рисунок 46. Каркас Г-образной конструкции козырька

В данной конструкции используются четыре типовых соединительных узла (рис. 47-50). Рассмотрим каждый из них.

Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса бокового ограждения конструкции (рис. 47) – Сеч. 1.

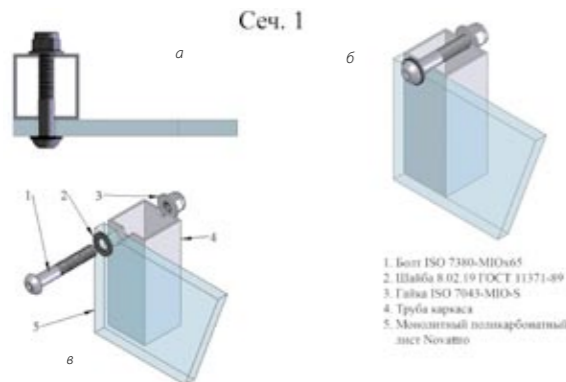


Рисунок 47. Типовой узел соединения листов из поликарбоната бокового ограждения конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 48) – Сеч. 2.

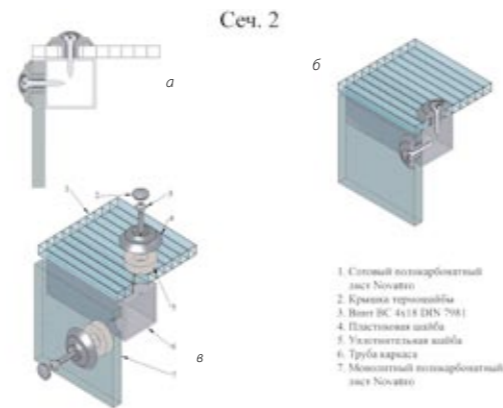


Рисунок 48. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 49) – Сеч. 3.

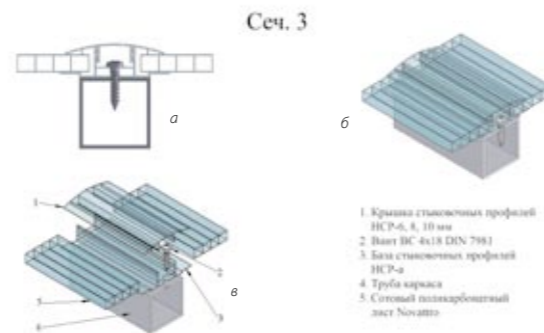


Рисунок 49. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в Г-образной конструкции козырька: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса (рис. 50) – Сеч. 4.

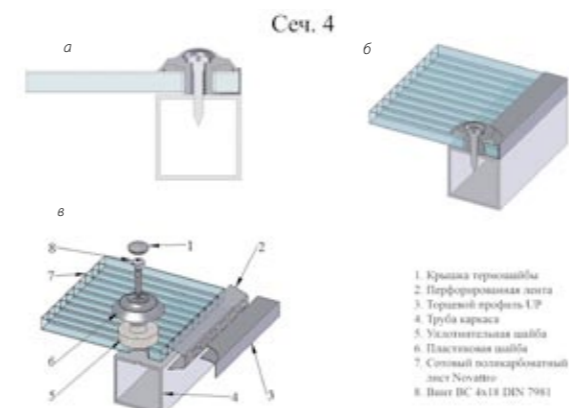


Рисунок 50. Типовой узел соединения листов из поликарбоната: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Козырек: угловая конструкция

Если помещение занимает угловую часть здания, то возникает необходимость сделать единый навес над обеими сторонами. В таком случае предпочтительна угловая конструкция козырька. Ее часто используют при украшении кафе и бутиков, стараясь привлечь клиентов красивым современным фасадом. Гибкость и прекрасные эстетические качества поликарбоната делают его незаменимым при изготовлении углового козырька.

### Преимущества поликарбоната:

- 1) возможность изгибать в холодном состоянии
- 2) легкость
- 3) ударостойкость
- 4) высокое светопропускание
- 5) широкая цветовая гамма

### Какого типа листы используются

Сотовые листы любой толщины и расцветки.

Монолитные листы любой толщины и расцветки, если важна высокая прозрачность козырька.

### Конструктивные особенности

Для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций и толщины листа, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций». Однако если кровлю козырька делать не слишком выступающей, то ветровая и снеговая нагрузка на него не будет большой. В таком случае сотовые листы можно применять минимальной толщины, и вся конструкция получится очень легкой. Ее собирают полностью на поликарбонатном профиле.



Рекомендации по монтажу

См. общие рекомендации в главе 15 «Инструкция по монтажу листов из поликарбоната»



Рисунок 51. Угловая конструкция козырька.

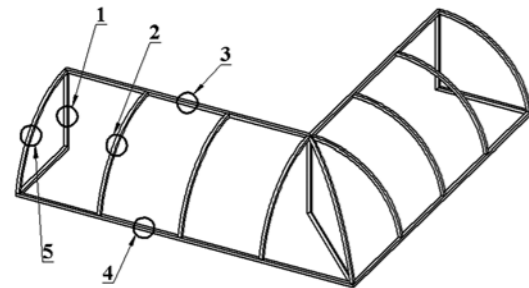


Рисунок 52. Каркас угловой конструкции козырька.

В данной конструкции используются пять типовых соединительных узлов (рис. 53-57). Рассмотрим каждый из них.

Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 53) – Сеч. 1.

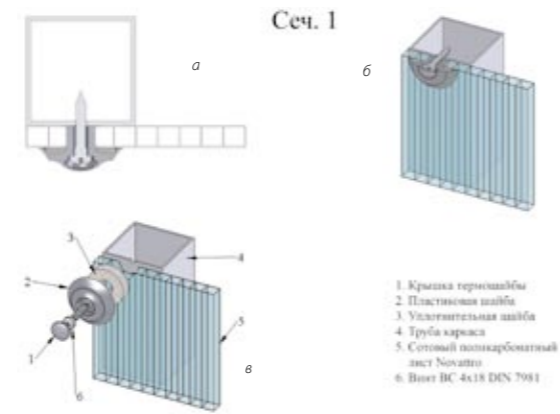


Рисунок 53. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в угловой конструкции козырька: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 54) – Сеч. 2.

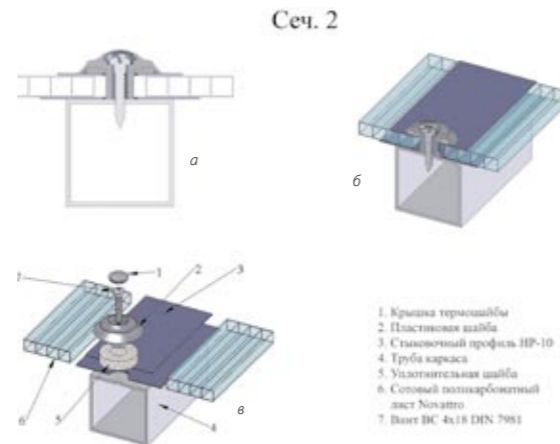


Рисунок 54. Типовой узел соединения листов из поликарбоната угловой конструкции козырька: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 55) – Сеч. 3.

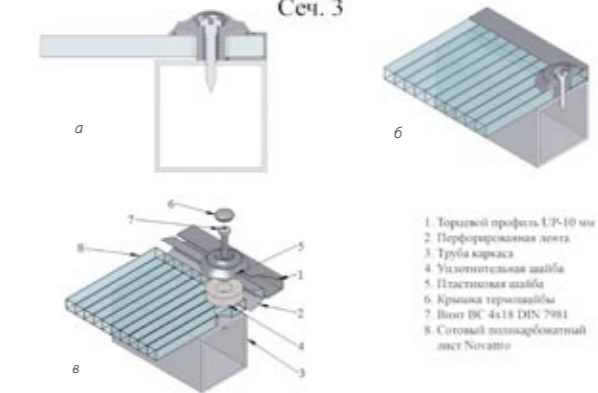


Рисунок 55. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 56) – Сеч. 4.

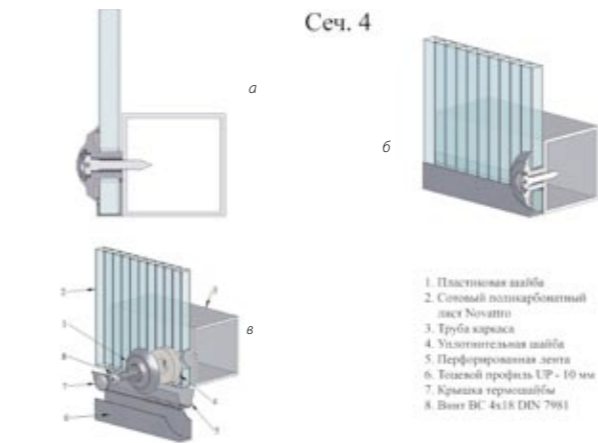


Рисунок 56. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга (рис. 57) – Сеч.5

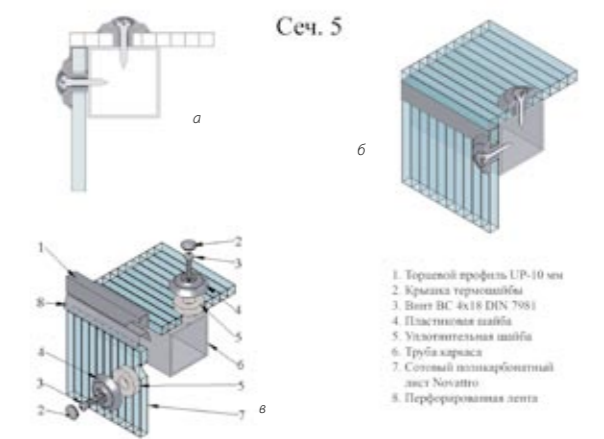


Рисунок 57. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга в угловой конструкции козырька: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Козырек: арочная конструкция

Небольшой и изящный, кажущийся невесомым, козырек украсит вход в любое помещение. Благодаря легкости поликарбоната данную конструкцию можно крепить прямо к стене, не используя опоры. Его несложно монтировать и поддерживать в чистом состоянии.

### Преимущества поликарбоната:

1. возможность изгибать в холодном состоянии
2. легкость
3. ударостойкость
4. высокое светопропускание
5. широкая цветовая гамма

### Какого типа листы используются

Сотовые листы любой толщины и расцветки.

Монолитные листы любой толщины и расцветки, если важна высокая прозрачность козырька.

### Конструктивные особенности

Если козырек делать не слишком выступающим, то ветровая и снеговая нагрузка на него не будет большой. В таком случае сотовые листы можно применять минимальной толщины, и вся конструкция получится очень легкой. Ее собирают полностью на поликарбонатном профиле.

### Рекомендации по монтажу

Для определения радиуса изгиба конкретной конструкции следует обратиться к главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций» и таблицам Приложений.

См. общие рекомендации в главе 15 «Инструкция по монтажу листов из поликарбоната».



Рисунок 58. Арочная конструкция козырька.

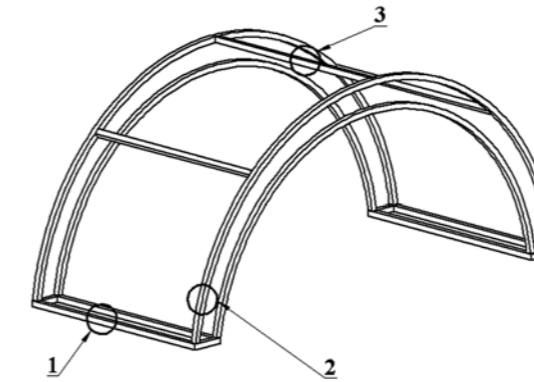


Рисунок 59. Каркас арочной конструкции козырька.

В данной конструкции используются три типовых соединительных узла (рис. 60-62). Рассмотрим каждый из них.

### Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 60) – Сеч. 1.

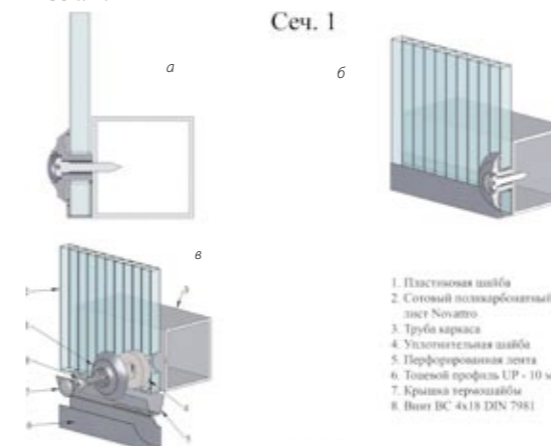


Рисунок 60. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

### Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 61) – Сеч. 2.

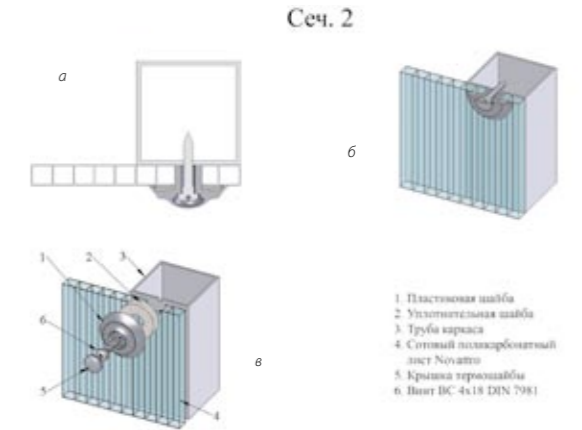


Рисунок 61. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

### Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 62) – Сеч. 3.

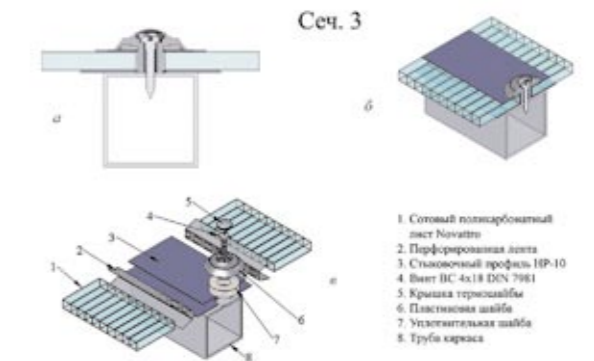


Рисунок 62. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции арочного козырька: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



## Кровля: арочная схема

Светопроницающая кровля становится в последнее время весьма популярным конструктивным решением для промышленных и жилых зданий. Причем арочную схему кровли возможно создать исключительно с помощью поликарбоната, поскольку он допускает деформацию в холодном состоянии без потери своих свойств. Легкость поликарбоната позволяет не использовать опоры, а создавать красивые самонесущие конструкции. Этот материал соответствует всем требованиям, которые предъявляются к светопрозрачной кровле: он хорошо пропускает внешний свет, сохраняет тепло внутри, выдерживает значительные снеговые нагрузки, не воспламеняется. Что касается сотового поликарбоната, то этот тип листов мягко рассеивает солнечный свет, уменьшая его яркость и слепящий эффект. Специальное УФ-покрытие задерживает ультрафиолет и продлевает срок службы материала.

### Преимущества поликарбоната:

- 1) легкость
- 2) возможность изгибать в холодном состоянии
- 3) стойкость к значительным ветровым и снеговым нагрузкам
- 4) ударостойкость
- 5) хорошие теплоизолирующие свойства
- 6) высокое светопропускание
- 7) пожаробезопасность

### Какого типа листы используются

Сотовые листы толщиной 10-32 мм.

Монолитные листы используют при повышенных требованиях к светопропусканию, например при остеклении зимнего сада.

### Конструктивные особенности

Благодаря меньшему, чем у стекла, весу поликарбонат позволяет делать более широкие пролеты между опорами и тем самым экономить на металлоконструкции. Для расчета оптимальной толщины листов в зависимости от шага несущих конструкций и ожидаемых нагрузок см. главу 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

Для определения радиуса изгиба конкретной конструкции следует обратиться к главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций» и таблицам Приложений.

### Рекомендации по монтажу

Важно помнить, что направление полых каналов сотовых панелей должно совпадать с направлением ската крыши, а при установке в качестве стен укрытия каналы должны располагаться вертикально.

Как для всех конструкций из поликарбоната, создаваемых для эксплуатации на улице, следует оставлять допуск на термическое расширение листов. См. раздел «Термическое расширение» главы 13 «Свойства поликарбонатных листов».

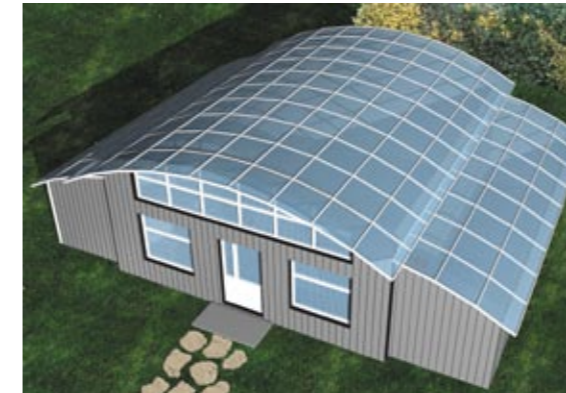


Рисунок 63. Кровля.

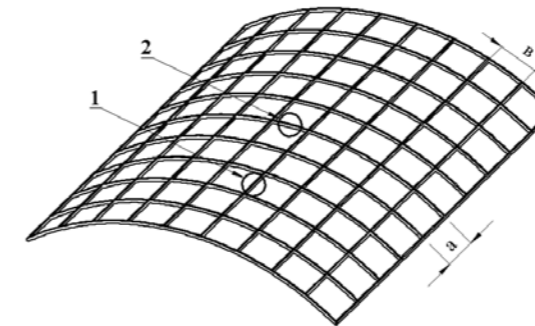


Рисунок 64. Каркас кровли.

В данной конструкции используются два типовых соединительных узла (рис. 65, 66). Рассмотрим каждый из них.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 65) – Сеч. 1

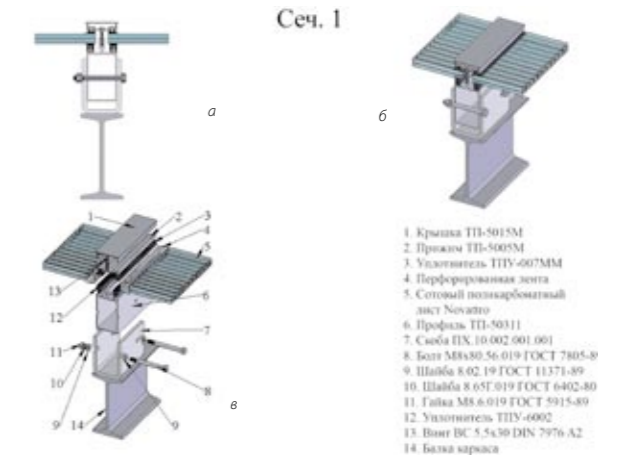


Рисунок 65. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции кровли: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 66) – Сеч. 2.

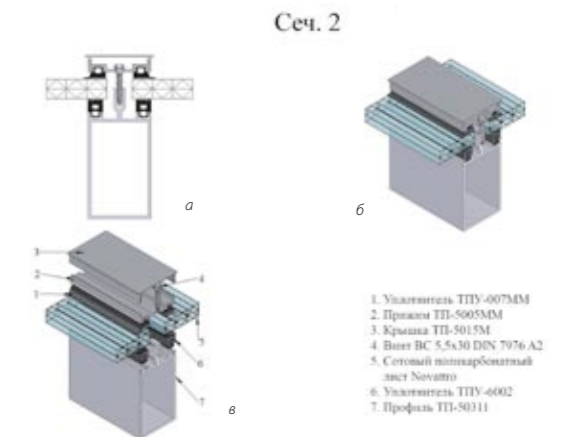


Рисунок 66. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции кровли: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Окно

В данном примере представлена конструкция оконного остекления производственного помещения, где применяется поликарбонат. Такое окно хорошо защищает от холода и обеспечивает достаточное освещение помещения. При использовании сотового поликарбоната толщиной 25 мм коэффициент теплопроводности которого сопоставим со стеклопакетом, будет обеспечена максимальная теплоизоляция. Это позволит экономить электроэнергию, особенно в зимнее время. Поликарбонатные окна не разобьются под действием града, удара веток и камней, ему не страшны порывы ураганного ветра.

### Преимущества поликарбоната:

1. хорошие теплоизоляционные свойства
2. высокая ударостойкость
3. хорошая светопропускаемость
4. хорошая шумоизоляция

### Какого типа листы используются:

Сотовые листы толщиной 6-25 мм используют там, где не требуются высокие показатели светопропускания, например, при остеклении склада.

Монолитные листы толщиной 4-6 мм используют, если нужна высокая степень прозрачности.

### Конструктивные особенности

Поликарбонат – более легкий материал, чем стекло, поэтому его можно использовать в рамках меньшего сечения для обеспечения прочности конструкции. Вертикальные поверхности остекления подвергаются значительным ветровым нагрузкам, поэтому для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

### Рекомендации по монтажу

См. общие рекомендации в главе 15 «Инструкция по монтажу листов из поликарбоната».



Рисунок 67. Оконное остекление.

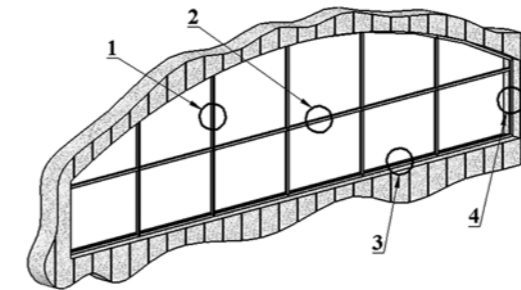


Рисунок 68. Каркас оконного остекления.

В данной конструкции используются четыре типовых соединительных узла (рис. 69-72). Рассмотрим каждый из них.

### Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 69) – Сеч. 1.

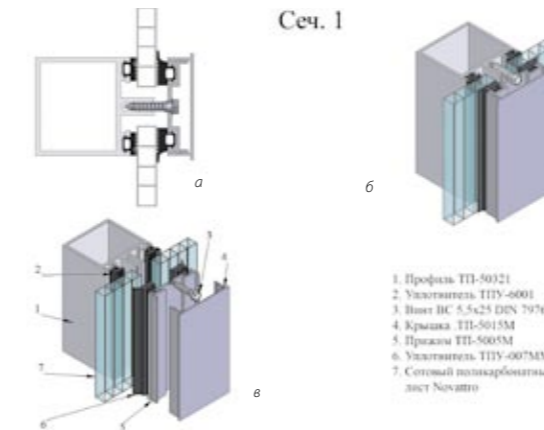


Рисунок 69. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции оконного остекления: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

### Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 70) – Сеч. 2.

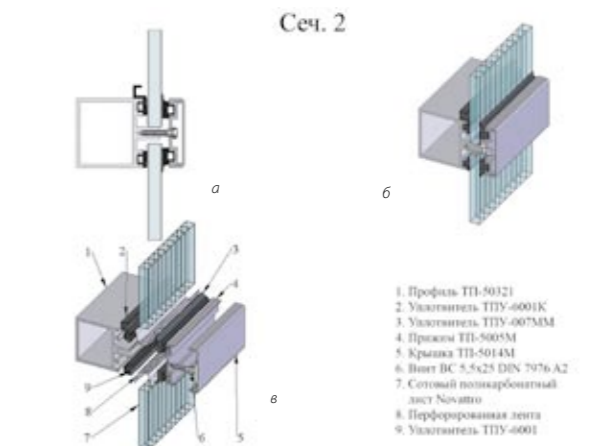


Рисунок 70. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции оконного остекления: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

### Узел соединения листов из поликарбоната в нижней части конструкции (рис. 71) – Сеч. 3

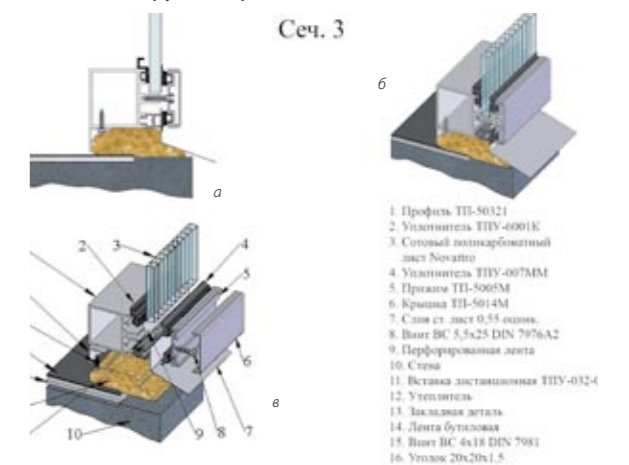


Рисунок 71. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в нижней части конструкции оконного остекления: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



Узел соединения листов из поликарбоната в боковой части конструкции (рис. 72) – Сеч. 4

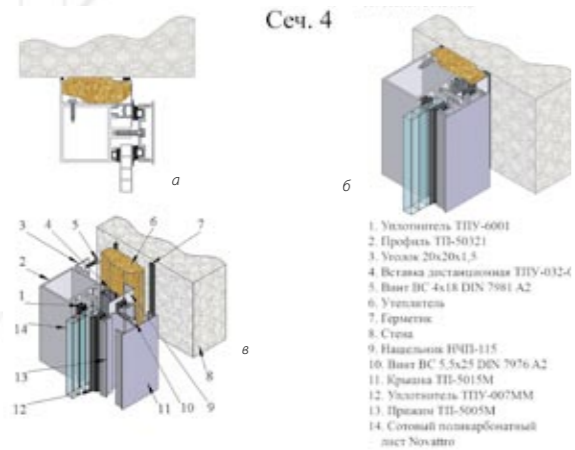


Рисунок 72. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в боковой части конструкции оконного остекления: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Павильон на остановке общественного транспорта

В данной конструкции поликарбонат используется для остекления павильона, предназначенного для остановки общественного транспорта. Основная функция павильона – защита пассажиров от сильного ветра, дождя и других видов непогоды. Будучи местом большого скопления людей, павильоны остановок всегда рискуют стать предметом вандализма, чаще подвержены случайным ударам тяжелыми предметами, контакту с открытым огнем и сигаретами. Поэтому наряду с основной функцией материал павильона должен обладать повышенной ударостойкостью, не биться с образованием осколков и быть пожаробезопасным. Монолитный поликарбонат соответствует всем этим требованиям, а также благодаря своей прозрачности предоставляет пассажирам лучший обзор. Он обойдется гораздо дешевле стеклянного триплекса, применяемого в подобных случаях. Кроме того, поликарбонат отвечает современным эстетическим требованиям, позволяет изготавливать навес павильона в виде арки. Красивая светопрозрачная автобусная остановка станет украшением любой городской улицы, а сборные металлоконструкции обеспечивают ее быстрый и простой монтаж.

### Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) ударостойкость
- 2) стойкость к атмосферным воздействиям
- 3) низкая воспламеняемость
- 4) гибкость в холодном состоянии
- 5) хорошее светопропускание
- 6) широкая цветовая гамма

### Типы используемых листов

Сотовые листы толщиной 6-10 мм используются для остекления кровли.

Монолитные листы толщиной 4-8 мм используются на остекление вертикальных ограждений.

### Рекомендации по монтажу

См. общие рекомендации в главе 15 «Инструкция по монтажу листов из поликарбоната».



Рисунок 73. Конструкция укрывающего ограждения остановки.

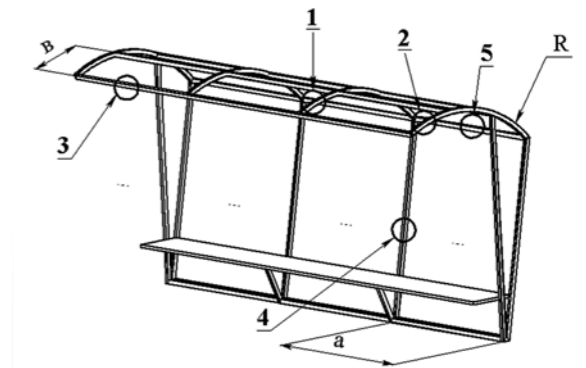


Рисунок 74. Каркас укрывающего ограждения остановки

В данной конструкции используются пять типовых соединительных узлов (рис. 75-79). Рассмотрим каждый из них.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 75) – Сеч. 1.

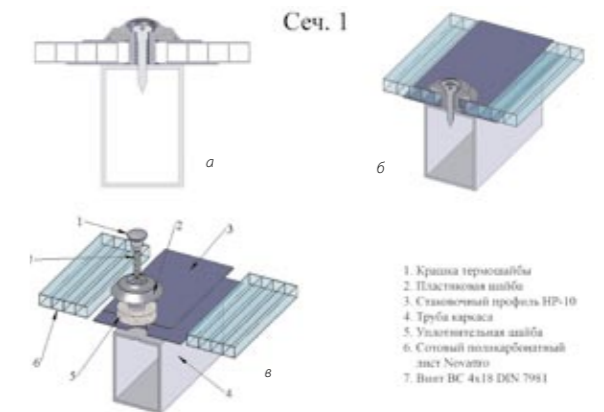


Рисунок 75. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции остановки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 76) – Сеч. 2.

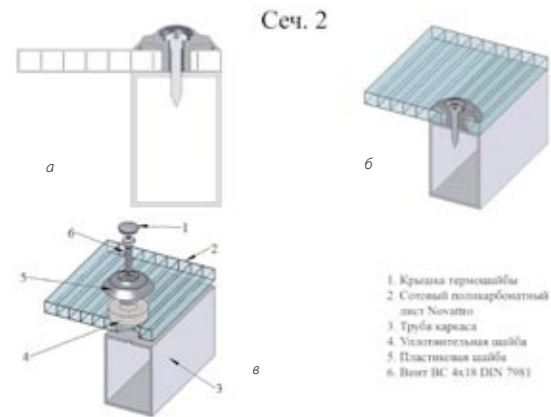


Рисунок 76. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 77) – Сеч. 3.

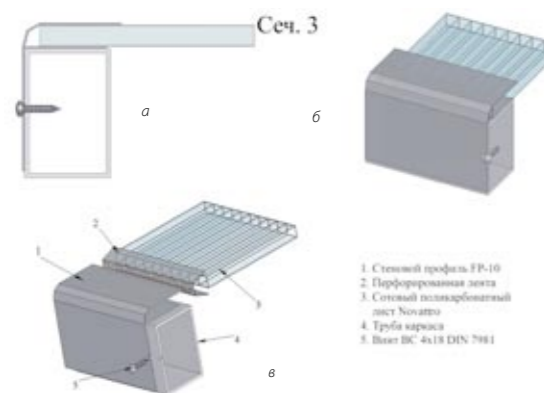


Рисунок 77. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 78) – Сеч. 4.

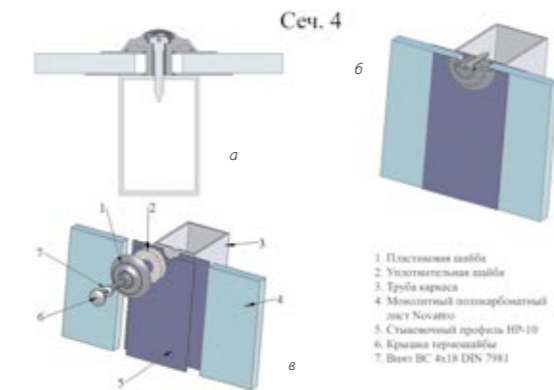


Рисунок 78. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции остановки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга (рис. 79) – Сеч. 5.

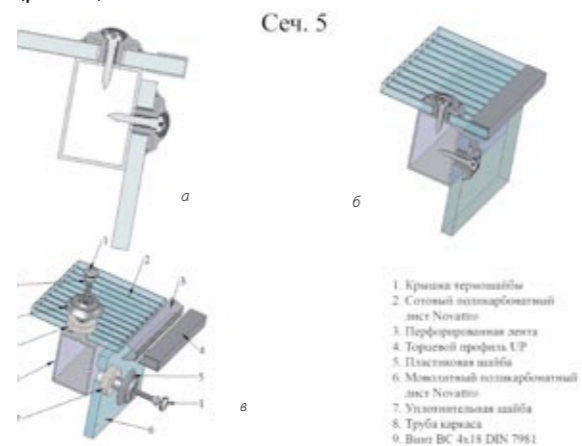


Рисунок 79. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом 90° друг относительно друга в конструкции остановки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.





## Офисная перегородка

Офисная перегородка – традиционная деталь современного интерьера, создающая в офисе деловую атмосферу. С ее помощью помещение делят на территориальные отделы, которые служат обозначением личного пространства для каждого сотрудника или группы сотрудников. Перегородка выполняет также шумоизоляционную функцию. Из поликарбоната очень удобно изготавливать офисные перегородки любого размера и конфигурации. Немаловажно для использования в помещении и то, что поликарбонат трудновоспламеняем, значит, он не сможет стать источником пожара при соприкосновении с открытым огнем (сигаретой, свечой). Перегородку можно сделать как прозрачной, так и непрозрачной.

### Преимущества поликарбоната:

- 1) легкость
- 2) ударостойкость
- 3) хорошие шумоизолирующие свойства
- 4) высокое светопропускание
- 5) широкая цветовая гамма

### Какого типа листы используются

Сотовые листы используются, если необходимо скрыть происходящее за перегородкой, например рабочее место бухгалтера.

Монолитный лист используется в случае, если необходим хороший обзор.

### Конструктивные особенности

Возможно применение несущей конструкции из любого материала, а также формы (например, изогнутые металлоконструкции).

### Рекомендации по монтажу

См. общие рекомендации в главе 15 «Инструкция по монтажу листов из поликарбоната»



Рисунок 80. Типичная конструкция офисной перегородки.

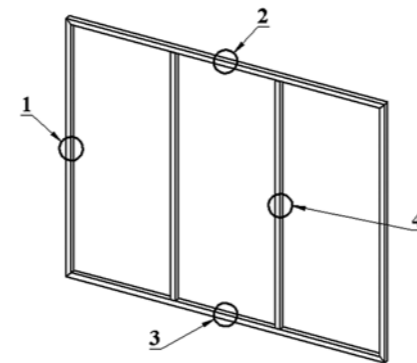


Рисунок 81. Каркас конструкции офисной перегородки.

В данной конструкции используются четыре типовых соединительных узла (рис. 82-85). Рассмотрим каждый из них.



Узел соединения листа из поликарбоната, расположенного в торцевой части (рис. 82) – Сеч. 1.

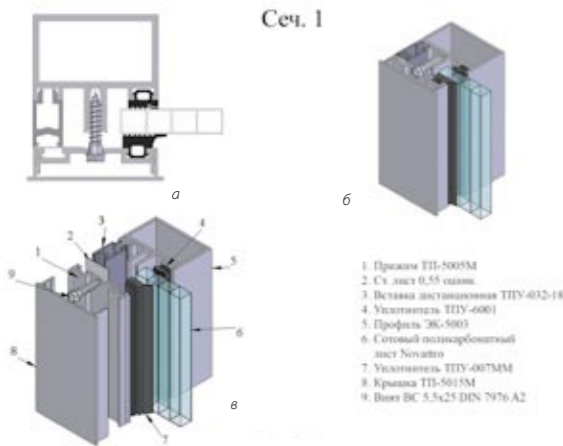


Рисунок 82. Типовой узел соединения листа из поликарбоната, расположенного в торцевой части конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла

Узел соединения листов из поликарбоната в верхней части конструкции (рис. 83)–Сеч.2

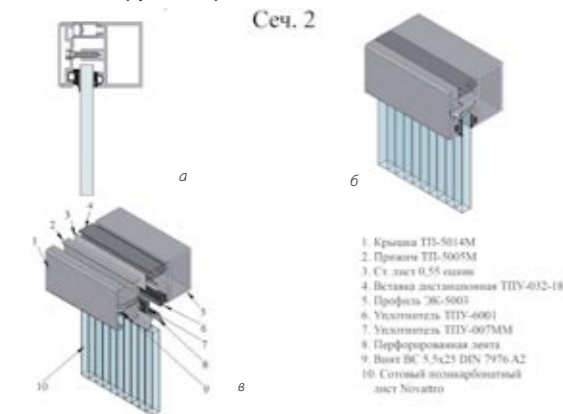


Рисунок 83. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в верхней части конструкции перегородки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната в нижней части конструкции (рис. 84)–Сеч.3

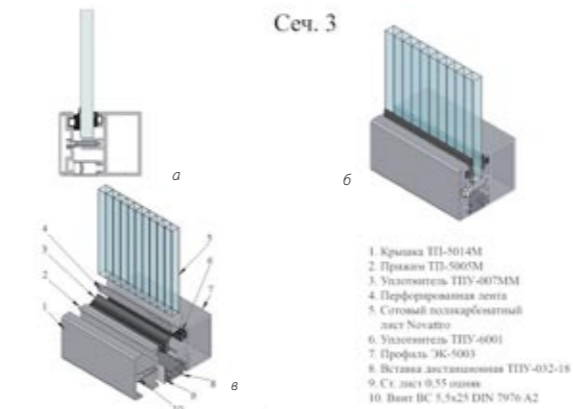


Рисунок 84. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в нижней части конструкции перегородки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 85) – Сеч. 4.

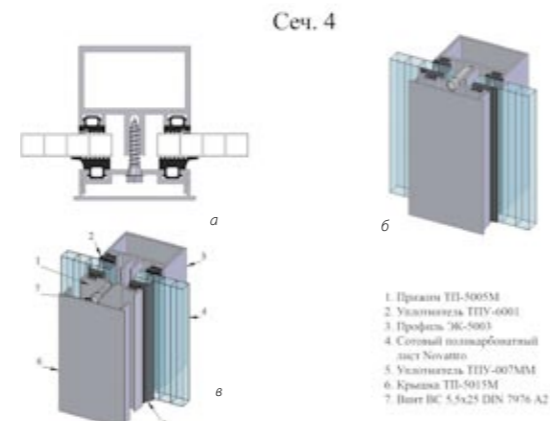


Рисунок 85. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции перегородки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Надземная переходная галерея

Переход между двумя зданиями, выполненный в виде светопрозрачной надземной галереи, является практичным и оригинальным решением, соответствующим стилю современной городской архитектуры. Данная конструкция представляет собой пешеходный переход, остекленный сверху и с боков поликарбонатными листами. Кровля выполнена в виде арки. Основная функция подобных элементов – осуществить безопасный переход людей из одного здания в другое с минимальными затратами времени. Поскольку ударостойкость монолитных поликарбонатных листов в сотни раз превышает ударостойкость стекла и в десятки раз – оргстекла, применение этого материала при остеклении надземных галерей является предпочтительным. Даже если поликарбонат удастся повредить и вниз полетят его куски, они ввиду своей легкости и закругленности форм не смогут поранить находящихся под переходом людей и нанести серьезный вред автомобилям.

Хорошие теплоизоляционные свойства позволят снизить затраты на отопление в холодный период. Кроме того, поликарбонатное остекление будет препятствовать проникновению в галерею шума с улицы и наоборот. Хорошее светопропускание материала дает сразу два преимущества: позволяет экономить на освещении перехода и препятствовать совершению противоправных действий людьми, находящимися внутри.

Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) ударостойкость
- 2) стойкость к атмосферным воздействиям
- 3) легкость
- 4) хорошее светопропускание
- 5) хорошие теплоизоляционные свойства

- 6) хорошие шумоизоляционные свойства
- 7) гибкость в холодном состоянии

Типы используемых листов

Сотовые листы используются в большинстве случаев.

Монолитные листы используются, если важна высокая прозрачность конструкции, чтобы контролировать происходящее внутри перехода.

Рекомендации по монтажу

Монтаж осуществляется без подъемных механизмов.



Рисунок 86. Конструкция надземной переходной галереи.

В качестве гидро-, шумоизоляции в конструкции узла используется бутиловая лента, а в качестве утеплителя может быть использована монтажная пена (либо другой материал). Крепление узла непосредственно к цоколю может осуществляться различными способами и зависит от веса конструкции и испытываемых напряжений.



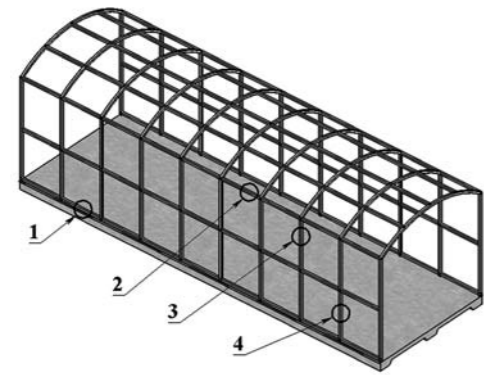


Рисунок 87. Каркас конструкции надземной переходной галереи.

В данной конструкции используются четыре типовых соединительных узла (рис. 88-91). Рассмотрим каждый из них.

Узел соединения листов из поликарбоната в цокольной части конструкции (рис. 88) – Сеч. 1

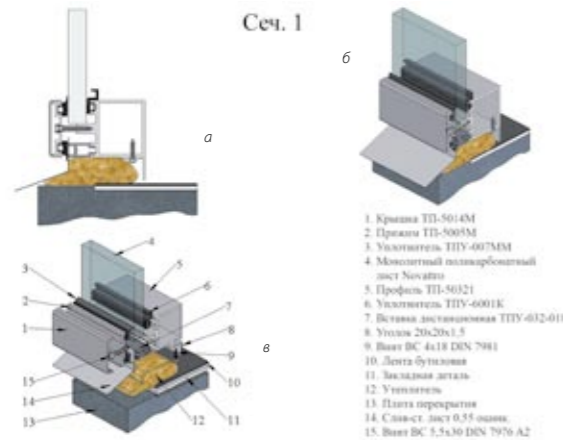


Рисунок 88. Типовой узел соединения листа из поликарбоната в цокольной части конструкции надземной переходной галереи: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов структурных и монолитных из поликарбоната в плоскостях, расположенных под углом (рис. 89) – Сеч. 2

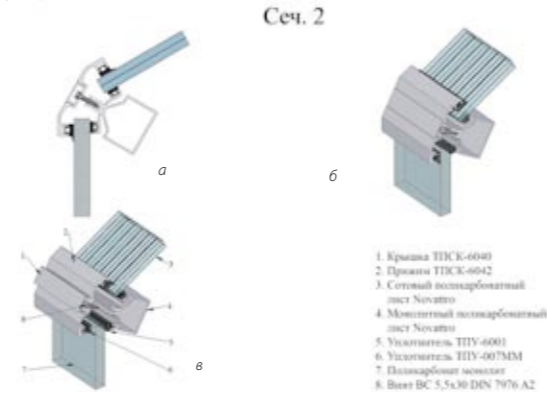


Рисунок 89. Типовой узел соединения структурных и монолитных листов из поликарбоната в плоскостях, расположенных под углом: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 90) – Сеч. 3.

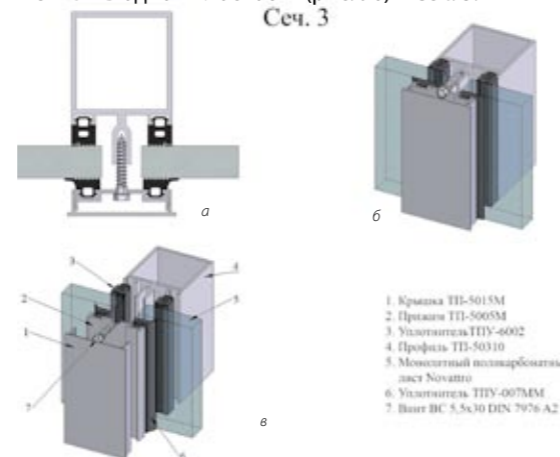


Рисунок 90. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции надземной переходной галереи: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса (рис. 91) – Сеч. 4.

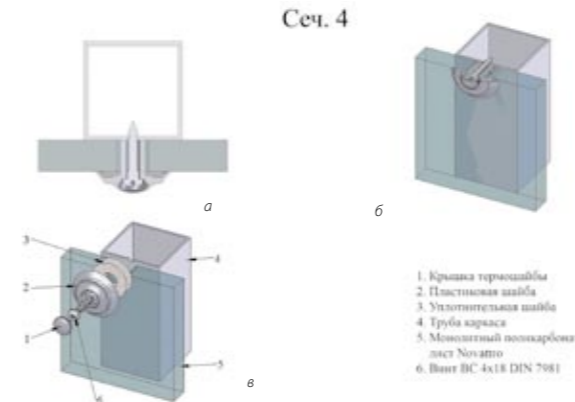


Рисунок 91. Типовой узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Укрывающее ограждение парковки: двускатная схема

Чтобы защитить оставленные на парковке автомобили от непогоды и солнечного излучения, над местом стоянки сооружают поликарбонатный навес. Благодаря небольшому весу этого пластика удается свести количество элементов, поддерживающих крышу, к минимуму. Навес получается облегченным, прочным и долговечным. Кроме того, он обеспечивает хорошую освещенность стоянки и элегантный внешний вид всему архитектурному сооружению.

Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) легкость
- 2) сопротивляемость ветровым и снеговым нагрузкам
- 3) ударостойкость
- 4) прозрачность
- 5) широкая цветовая гамма

Типы используемых листов

Сотовые листы толщиной от 16 мм.

Монолитные листы различной толщины и различных цветов

Конструктивные особенности

Данный пример выполнен на каркасе из стальных труб, что обеспечивает большую прочность конструкции.

Двускатная схема навеса применяется при необходимости укрыть парковку большой площади. Такой навес выдерживает большие ветровые и снеговые нагрузки.



Наклонные поверхности остекления подвергаются значительным ветровым и снеговым нагрузкам, поэтому для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

**Монтаж**

Необходимо учитывать коэффициент линейного термического расширения поликарбоната. Этот показатель в свою очередь зависит от площади используемых листов. Пример расчета допуска приведен в разделе «Термическое расширение» главы 13 «Свойства поликарбонатных листов».



Рисунок 92. Конструкция укрывающего ограждения парковки.

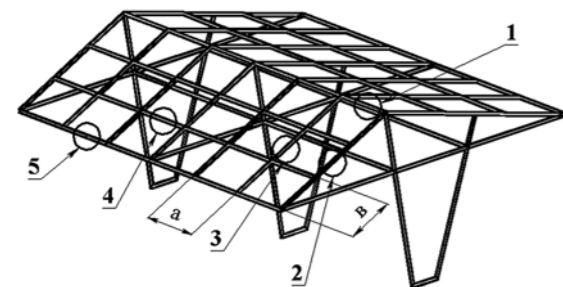


Рисунок 93. Каркас конструкции укрывающего ограждения парковки.

В данной конструкции используются пять типовых соединительных узлов (рис. 94-98). Рассмотрим каждый из них.

**Узел соединения листов из поликарбоната коньковым профилем в верхней части конструкции (рис. 94) – Сеч. 1.**

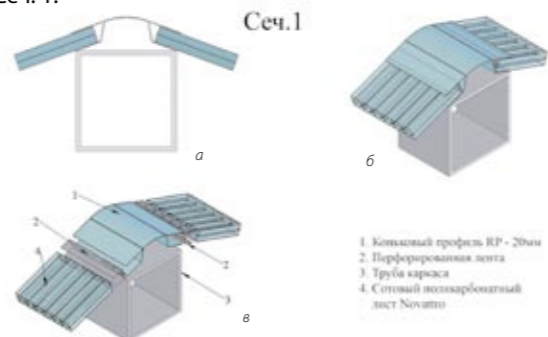


Рисунок 94. Типовой узел соединения листов из поликарбоната коньковым профилем в конструкции укрывающего ограждения парковки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 95) – Сеч. 2.**

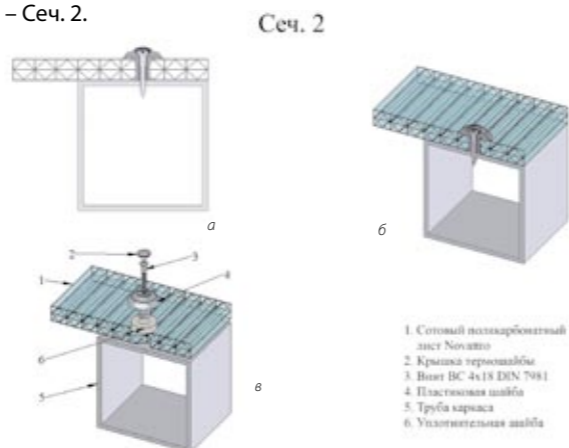


Рисунок 95. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции укрывающего ограждения парковки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.





Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 96) – Сеч.3.

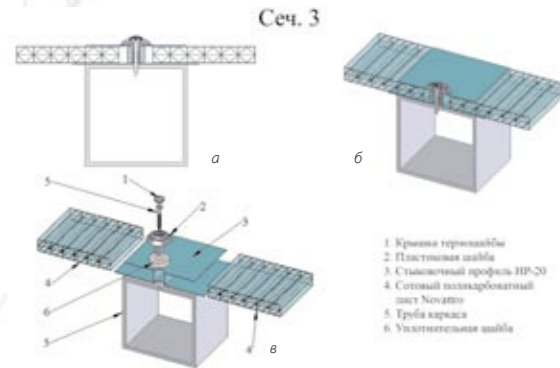


Рисунок 96. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции укрывающего ограждения парковки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листа из поликарбоната с трубой каркаса (рис. 97) – Сеч.4.

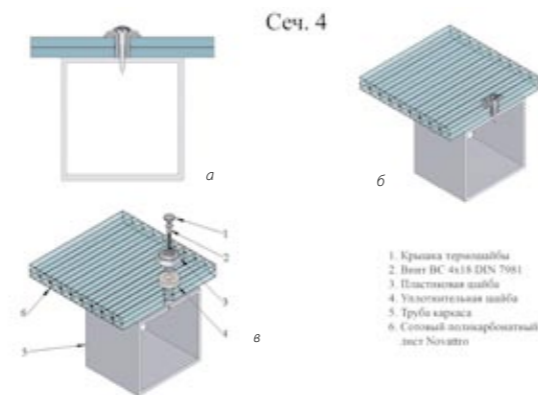


Рисунок 97. Типовой узел соединения листа из поликарбоната с трубой каркаса укрывающего ограждения парковки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листа из поликарбоната с трубой каркаса (рис. 98) – Сеч. 5.

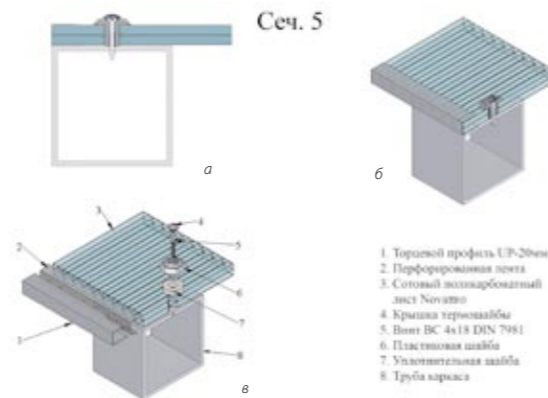


Рисунок 98. Типовой узел соединения листа из поликарбоната с трубой каркаса укрывающего ограждения парковки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Укрытие подземного перехода: арочная схема

Легкий самонесущий навес над подземным переходом служит прекрасной защитой от ветра и непогоды для спускающихся в него людей. Благодаря укрытию лестница дольше остается сухой во время дождя или снегопада, что способствует более безопасному спуску. Здесь представлен один из типичных вариантов арочной схемы с поликарбонатным остеклением. Преимуществами поликарбоната перед другими видами остекления являются его гибкость, прочность и привлекательный внешний вид. Арочная конструкция не позволяет воде и снегу скапливаться на поверхности навеса, а очистка от пыли и грязи не доставит много хлопот. Поскольку подземный переход является местом большого скопления людей, то на первый план выступают также антивандальные характеристики поликарбоната и его травмобезопасность.

Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) легкость
- 2) гибкость в холодном состоянии
- 3) хорошее сопротивление ветровым и снеговым нагрузкам
- 4) ударостойкость
- 5) прозрачность
- 6) широкая цветовая гамма

Типы используемых листов

Сотовые листы толщиной 6-10 мм.

Монолитные листы различной толщины используются при повышенных требованиях к ударостойкости и прозрачности.

Конструктивные особенности

Данный пример выполнен на каркасе из стальных труб, что обеспечивает большую прочность конструкции.

Поверхности остекления подвергаются значительным ветровым и снеговым нагрузкам, поэтому для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

Для определения радиуса изгиба конкретной конструкции следует обратиться к главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

Монтаж

Необходимо учитывать коэффициент линейного термического расширения поликарбоната. Этот показатель, в свою очередь, зависит от площади используемых листов. Пример расчета допуска приведен в разделе «Термическое расширение» главы 13 «Свойства поликарбонатных листов».



Рисунок 99. Типичная арочная конструкция укрывающего ограждения подземного перехода.

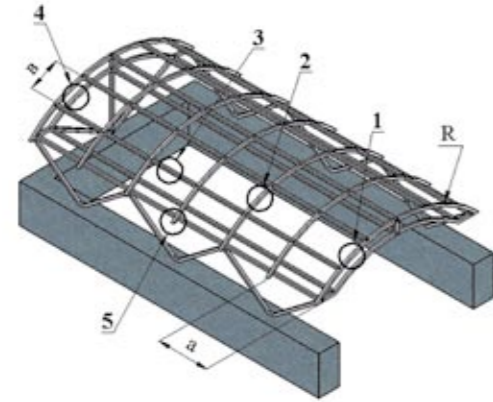


Рисунок 100. Каркас конструкции арочного укрытия стоянки

В данной конструкции используются пять типовых соединительных узла (рис. 101-105). Рассмотрим каждый из них.

**Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 101) – Сеч. 1.**

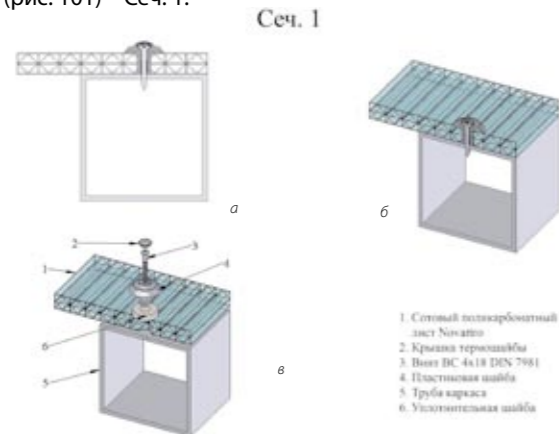


Рисунок 101. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 102) – Сеч. 2.**

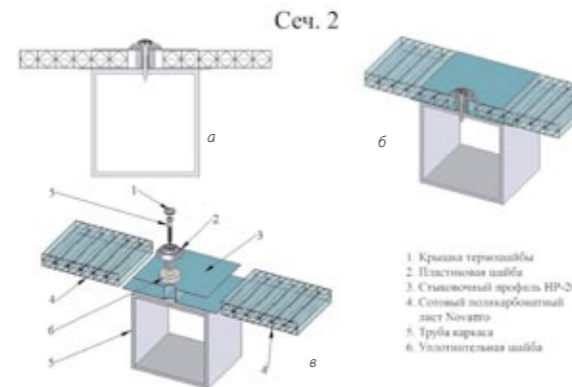


Рисунок 102. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции арочного укрытия перехода: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листа из поликарбоната с трубой каркаса (рис. 103) – Сеч.3.**

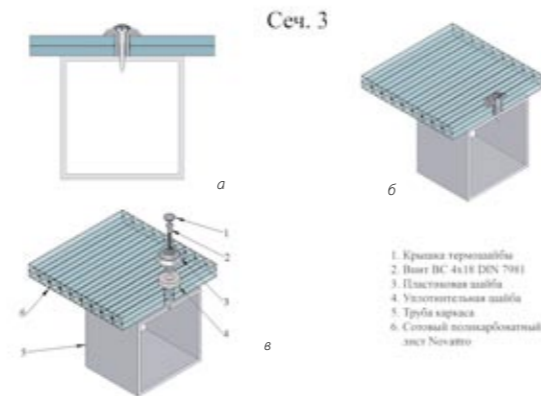


Рисунок 103. Типовой узел соединения листа из поликарбоната с трубой каркаса: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната в верхней торцевой части конструкции (рис. 104) – Сеч. 4.**

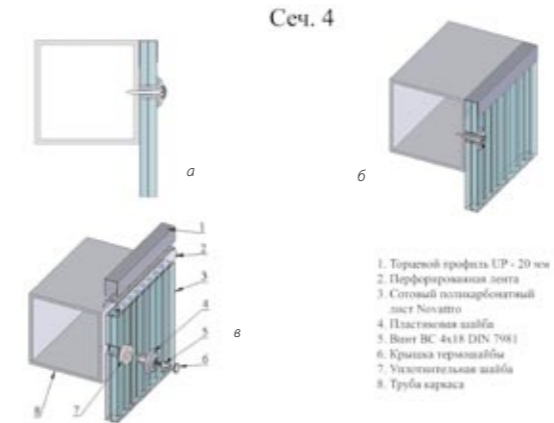


Рисунок 104. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в верхней торцевой части конструкции арочного укрытия перехода: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в боковой части конструкции (рис. 105) – Сеч. 5.**

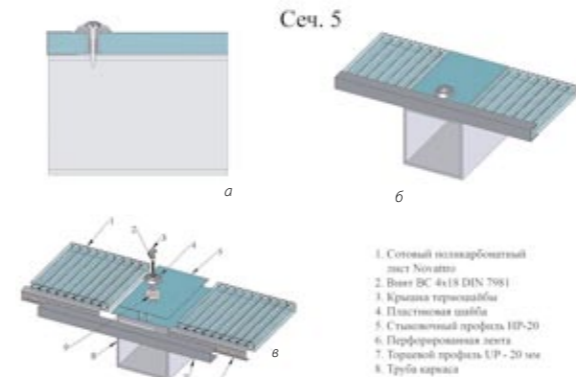


Рисунок 105. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в боковой части конструкции арочного укрытия перехода: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Остекление промышленной теплицы

Уже многие десятилетия поликарбонат служит для остекления промышленных обогреваемых теплиц и прекрасно зарекомендовал себя в этом качестве. Благодаря хорошим теплоизоляционным характеристикам он позволяет существенно экономить электроэнергию, идущую на обогрев теплицы. Это преимущество особенно важно для России. Поликарбонатные сотовые листы мягко рассеивают солнечный свет, поэтому больше света попадает даже на самые затемненные части растений, что способствует их росту. Большие размеры листов и малый вес пластика, по сравнению с другими материалами, применяемыми для остекления, позволяют уменьшить элементы металлического каркаса и других непрозрачных частей. Помимо материальной экономии это ведет к большей площади остекления, а значит, уменьшению участков, создающих тень. Для теплиц выпускаются особые марки сотовых листов, с покрытием, защищающим их от запотевания.

**Преимущества поликарбоната в данной конструкции:**

- 1) отличные теплоизолирующие свойства
- 2) создание парникового эффекта
- 3) высокая светопропускаемость
- 4) защита от ультрафиолета
- 5) ударостойкость
- 6) стойкость к высокой влажности и атмосферным воздействиям
- 7) легкость монтажа

**Типы используемых листов**

Сотовые листы толщиной от 6 мм и больше.



**Конструктивные особенности**

Поверхности остекления подвергаются значительным ветровым и снеговым нагрузкам, поэтому для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

**Рекомендации по монтажу**

Данная конструкция легко монтируется и требует только соблюдения рекомендаций, указанных в главе 13 «Свойства поликарбонатных листов».



Рисунок 106. Конструкция теплицы.

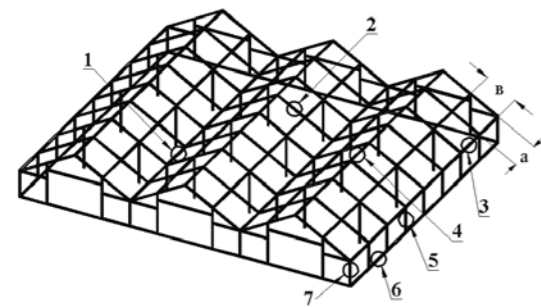


Рисунок 107. Каркас конструкции теплицы.

В данной конструкции используются семь типовых соединительных узлов (рис. 108-114). Рассмотрим каждый из них.

**Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом (рис. 108) – Сеч. 1.**

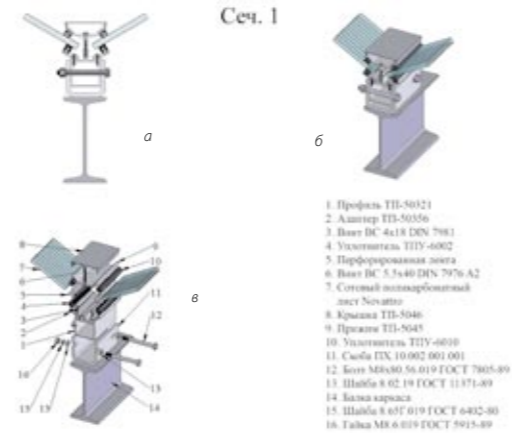


Рисунок 108. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной горизонтальной плоскости (рис. 109) – Сеч. 2.**

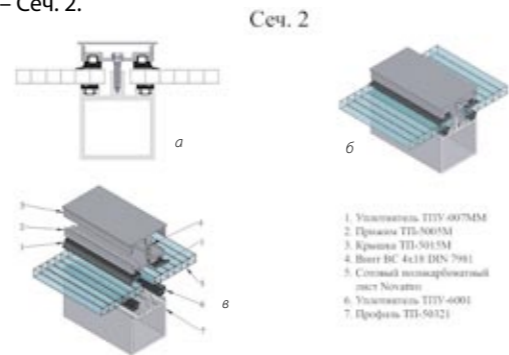


Рисунок 109. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной горизонтальной плоскости: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.





Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под тупым углом (рис. 110) – Сеч. 3.

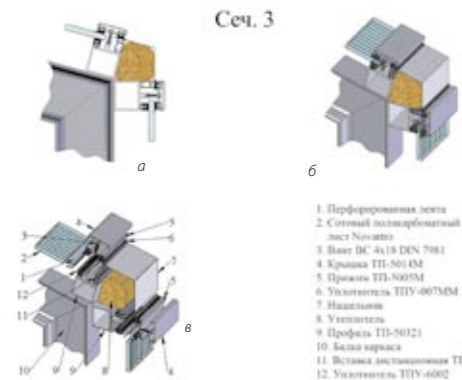


Рисунок 110. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции промышленной теплицы: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом в верхней части конструкции (рис. 111) – Сеч. 4

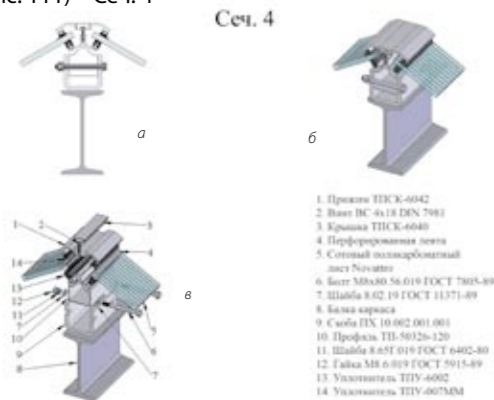


Рисунок 111. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, коньковым способом в верхней части конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной вертикальной плоскости (рис. 112) – Сеч. 5

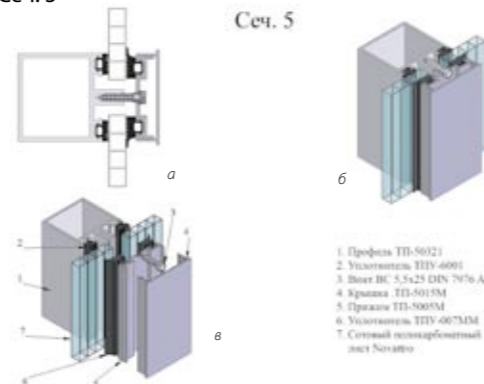


Рисунок 112. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной вертикальной плоскости: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната в цокольной части конструкции (рис. 113)–Сеч.6

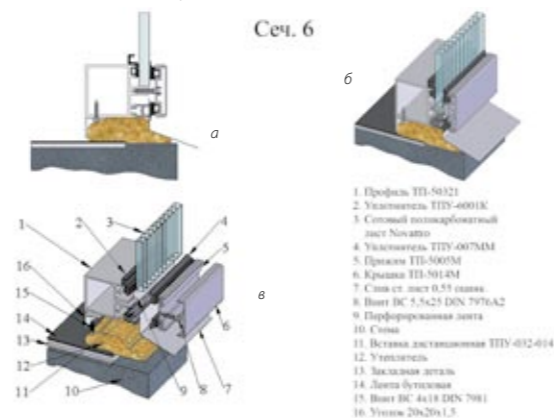


Рисунок 113. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в цокольной части конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов в плоскостях, расположенных перпендикулярно друг другу (рис. 114) – Сеч. 7

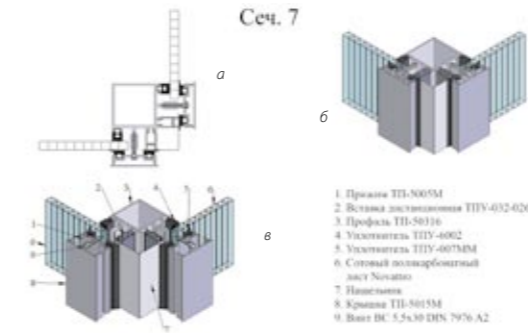


Рисунок 114. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в плоскостях, расположенных перпендикулярно друг другу: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Парник: двускатная схема

Парники и теплицы были первыми конструкциями, где применялся сотовый поликарбонат, можно сказать, что он специально для них и разрабатывался в 1970-х годах. В этом качестве материал зарекомендовал себя очень хорошо, с тех пор теплицы из поликарбоната стали очень популярны во всем мире. Сотовый поликарбонат служит прекрасным теплоизолятором, хорошо пропускает солнечный свет, имеет малый вес, по сравнению со стеклом, и большую прочность. Сочетание этих качеств делает поликарбонат идеальным материалом для строительства как крупных тепличных комплексов, так и небольших парников. Предлагаемая двускатная конструкция применяется для весенних парников небольшого размера, легко уместящихся на приусадебном участке. В отличие от конструкций с плоской крышей снег и вода беспрепятственно скатываются с нее, двускатный парник меньше грязнится со временем и страдает при выпадении града. Такой парник прослужит не менее десяти лет. Металлический каркас в данном случае будет менее громоздким, чем при остеклении стеклом, так как за счет легкости и прочности материала увеличивается шаг несущих конструкций.

**Преимущества поликарбоната в данной конструкции:**

- 1) отличные теплоизолирующие свойства
- 2) создание парникового эффекта
- 3) высокая светопропускаемость
- 4) защита от ультрафиолета
- 5) ударостойкость
- 6) стойкость к высокой влажности и атмосферным воздействиям
- 7) легкость монтажа



**Типы используемых листов**

Сотовые листы различной толщины и любых цветов

**Конструктивные особенности**

В данной конструкции возможно использование любого каркаса, например самого дешевого – деревянного. Парник не требует фундамента, устанавливается просто на грунт. Однако следует помнить, что конструкция эта не разборная, то есть она будет стоять на улице круглый год, зимой – под снегом. Поэтому толщину поликарбонатных листов следует рассчитывать исходя из снеговых нагрузок региона. См. главу 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

**Рекомендации по монтажу**

Двускатный парник очень легко монтировать, однако следует помнить об обеспечении герметичности торцов панелей с помощью самоклеющейся перфорированной (снизу) и неперфорированной ленты (сверху) и поликарбонатного профиля.

Каркас такой конструкции представлен на рис. 116.

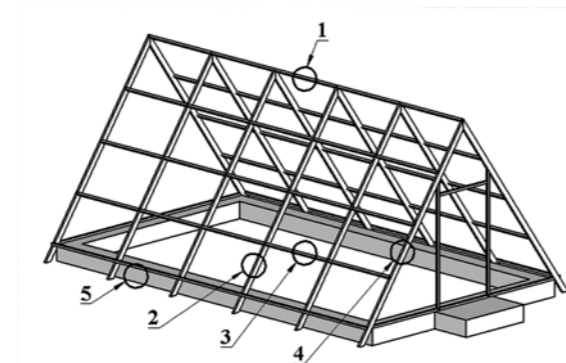


Рисунок 116. Каркас двускатной конструкции теплицы

**Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом друг относительно друга (рис. 117) – Сеч. 1**

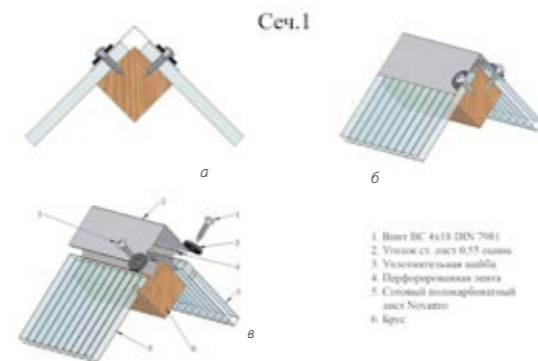


Рисунок 117. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом друг относительно друга в двускатной конструкции теплицы: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 118) – Сеч. 2.**

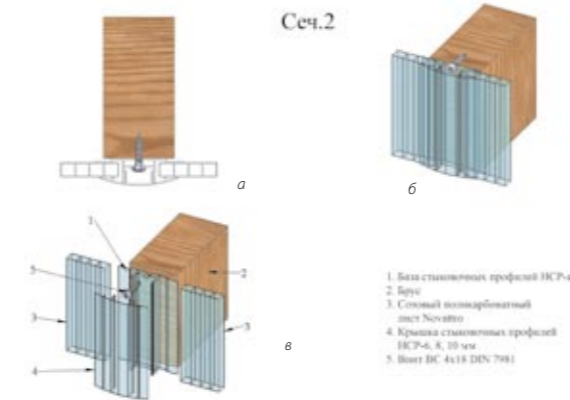


Рисунок 118. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в двускатной конструкции теплицы: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната к деревянному каркасу конструкции (рис. 119) – Сеч. 3.**

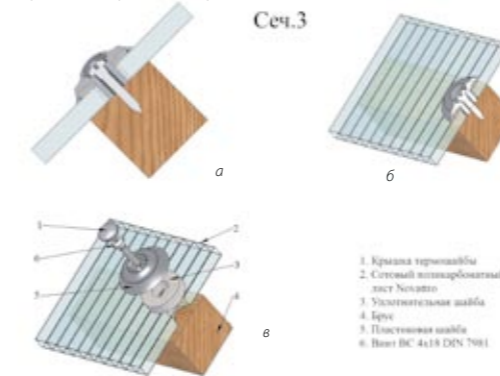


Рисунок 119. Типовой узел соединения листов из поликарбоната к деревянному каркасу конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных перпендикулярно друг другу на торце конструкции (рис. 120) – Сеч. 4.**

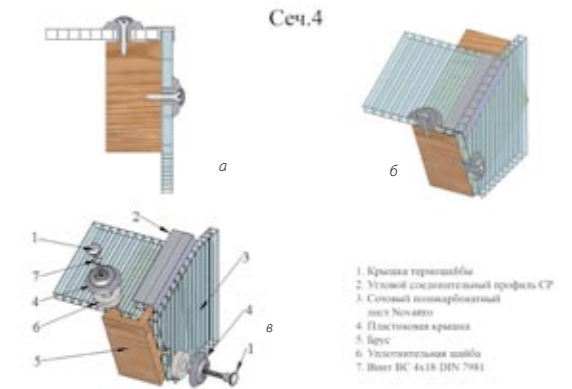


Рисунок 120. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных перпендикулярно друг другу на торце конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

**Узел соединения листов из поликарбоната в цокольной части конструкции (рис. 121) – Сеч. 5**

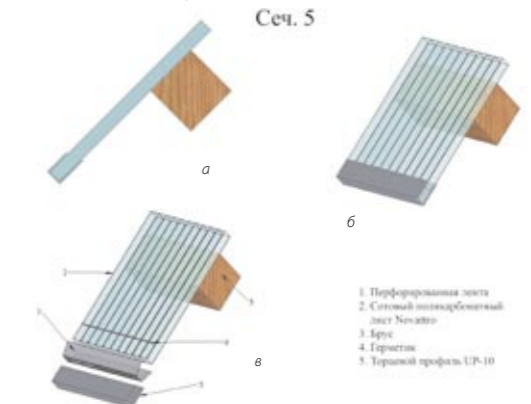


Рисунок 121. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в цокольной части конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



Рисунок 115. Двускатная конструкция теплицы.



## Шумовое ограждение

Данный тип конструкции используют в первую очередь для защиты от сильного шума промышленных объектов, общественных зданий, и в последнее время, все чаще для защиты жилых загородных домов. Благодаря хорошим звукоизолирующим свойствам поликарбонатное ограждение рационально использовать в местах, расположенных рядом с оживленной автомагистралью, аэродромом, рынком, школой, стройкой. Кроме того, шумовое ограждение выполняет основные функции обычного забора: защищает расположенные за ним строения и территорию от проникновения ветра, в холодное время года предотвращает их охлаждение, защищает от несанкционированного проникновения. Поликарбонатное ограждение смотрится гораздо современнее, чем заборы из традиционных материалов, при том, что его очень сложно повредить.

### Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) хорошее шумопоглощение
- 2) хорошее сопротивление сильному ветру
- 3) ударостойкость
- 4) легкость
- 5) прозрачность
- 6) низкая воспламеняемость

### Типы используемых листов

Сотовый поликарбонат снижает уровень шума на 15–36 дБ. Монолитный – на 27–31 дБ

### Конструктивные особенности

Вертикальные поверхности остекления подвергаются значительным ветровым нагрузкам, поэтому для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

В данном примере использованы алюминиевый каркас, но конструкцию можно рассчитать для стального или деревянного каркаса. В сочетании с поликарбонатными профилями и термошайбами они обеспечат надежность и герметичность.

### Рекомендации по монтажу

На большей части территории России наблюдаются большие перепады температуры, порядка 60°C, как сезонные так и внутридневные, поэтому при сборе конструкции, чтобы избежать деформации листов, не нужно устанавливать листы стык встык, в противном случае, возможна их деформация. Необходимо учитывать коэффициент линейного термического расширения поликарбоната. Этот показатель в свою очередь зависит от площади используемых листов. Пример расчета допуска приведен в разделе «Термическое расширение» главы 13 «Свойства поликарбонатных листов».

Обратите внимание, как обеспечивается герметичность сотового поликарбоната, на примере сечения 3. Чтобы в желоба не попадали насекомые и влага, кромку листа надо заклеить неперфорированной алюминиевой клейкой лентой и закрыть поликарбонатным профилем.



Рисунок 122. Конструкция ветрового ограждения.

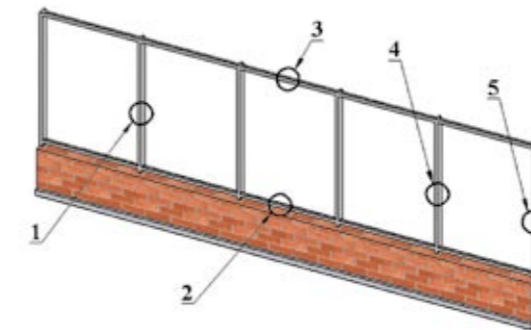


Рисунок 123. Каркас ветрового ограждения

### Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 124) – Сеч. 1.

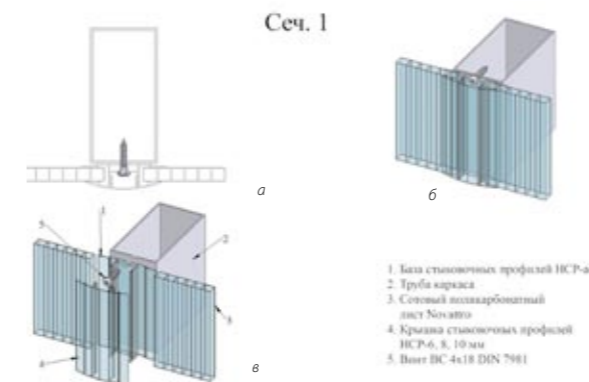


Рисунок 124. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции ветрового ограждения: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

### Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных в нижней части конструкции (рис. 125) – Сеч. 2.

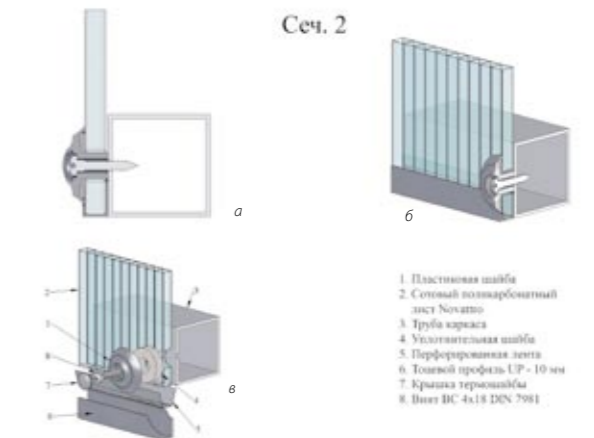


Рисунок 125. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в нижней части конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

### Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных в верхней части конструкции (рис. 126) – Сеч. 3.

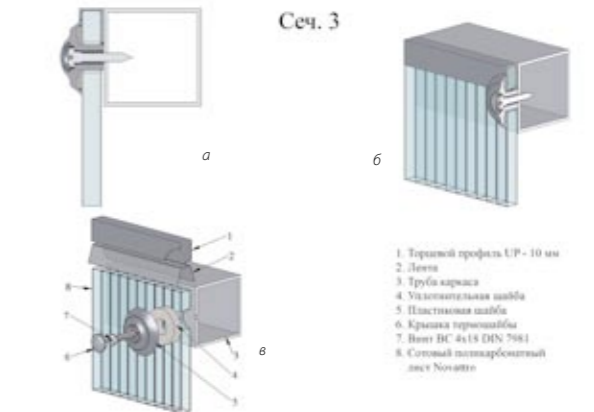


Рисунок 126. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в верхней части конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса (рис. 127) – Сеч. 4.

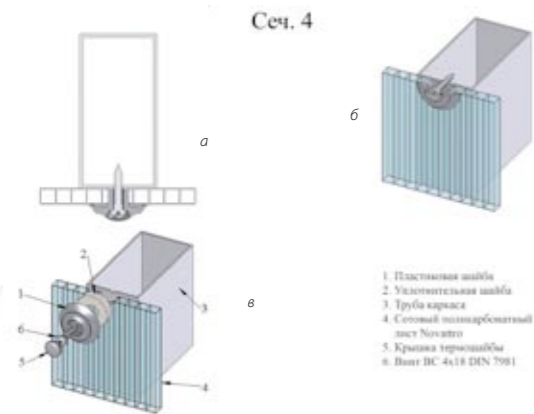


Рисунок 127. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции ветрового ограждения: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната с трубой каркаса, расположенных с торца конструкции (рис. 128) – Сеч. 5.

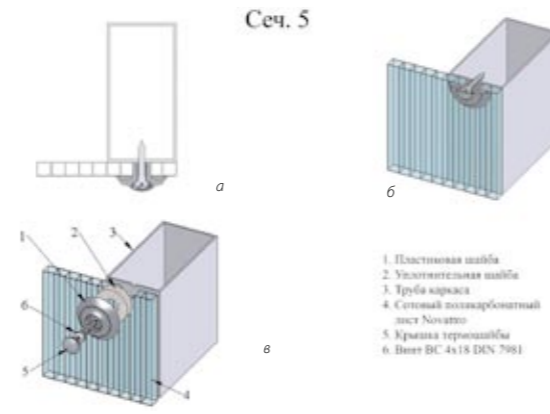


Рисунок 128. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Навесы над детской площадкой

Наверное, многим знакома ситуация, когда прогулка детей после дождя на территории детского сада или домашнего двора становится неполноценной в силу того, что песок в песочнице намок, и в нем неприятно копаться, качели мокрые, и на них невозможно сидеть, веранды тоже намокли и т.д. Естественным решением проблемы станет навес из поликарбоната над различными объектами детской площадки. Легкий и красивый навес защитит песочницу и веранду от непогоды, главным образом от дождя и снегопада.

### Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) стойкость к атмосферным воздействиям
- 2) гибкость в холодном состоянии
- 3) ударостойкость
- 4) хорошее светопропускание
- 5) широкий цветовой ряд

### Типы используемых листов

Сотовые листы толщиной от 6 мм.

Монолитные листы толщиной от 4 мм.

### Конструктивные особенности

Сотовый и монолитный поликарбонат позволяет делать навес любого размера и формы. Листы легко поддаются изгибу. Вся конструкция очень легко и быстро собирается.

Вертикальные поверхности остекления подвергаются значительным ветровым и снеговым нагрузкам, поэтому для каждого конкретного случая необходимо выполнить точный расчет шага несущих конструкций, как показано в главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».

### Рекомендации по монтажу

Если в конструкции используется сотовый поликарбонат, то прежде чем изгибать листы, надо убедиться, что полые каналы внутри панели сориентированы правильно: вдоль направления изгиба. Для определения радиуса изгиба конкретной конструкции следует обратиться к главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций» и таблицам Приложений.



Рисунок 129. Конструкция песочницы на детской площадке.

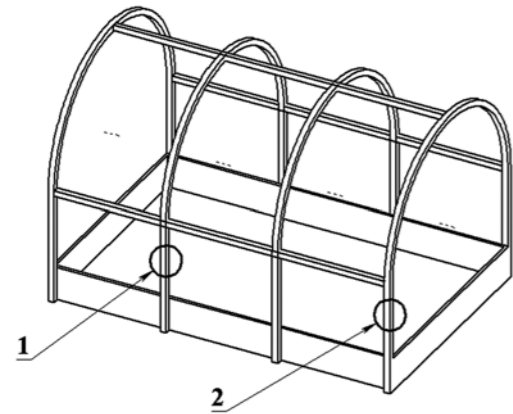


Рисунок 130. Каркас конструкции песочницы

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 131) – Сеч. 1.

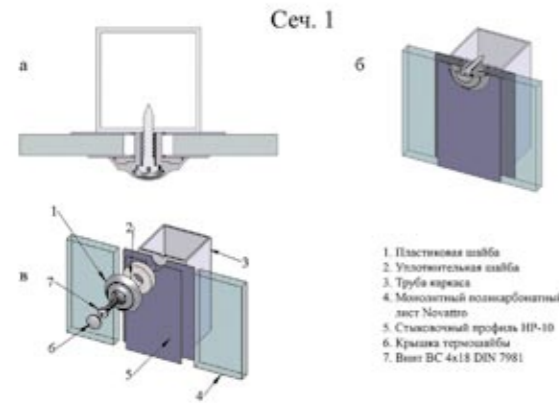


Рисунок 131. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции песочницы: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных на торце конструкции (рис. 132) – Сеч. 2.

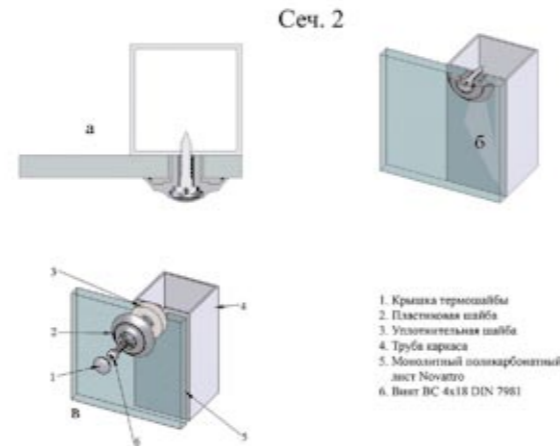


Рисунок 132. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных на торце конструкции песочницы: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

На рис. 133 представлена конструкция павильона на детской площадке из сотовых поликарбонатных листов.



Рисунок 133. Конструкция павильона детской площадки.

Каркас такой конструкции представлен на рис. 134.

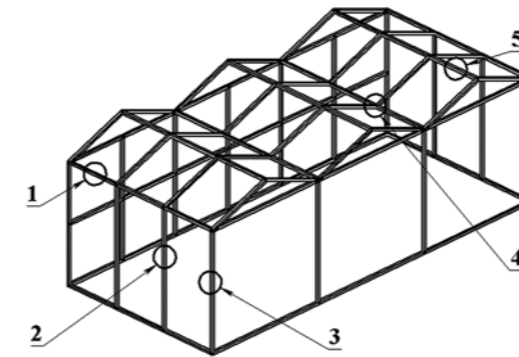


Рисунок 134. Каркас конструкции павильона детской площадки

В данной конструкции используются пять типовых соединительных узлов (рис. 135-139). Рассмотрим каждый из них.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом (рис. 135) – Сеч. 1

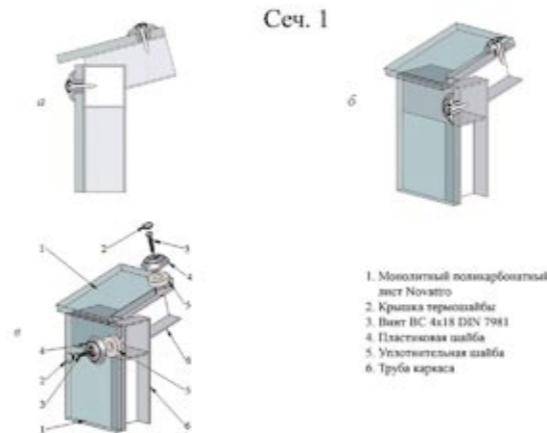


Рисунок 135. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом в конструкции павильона: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 136) – Сеч. 2.

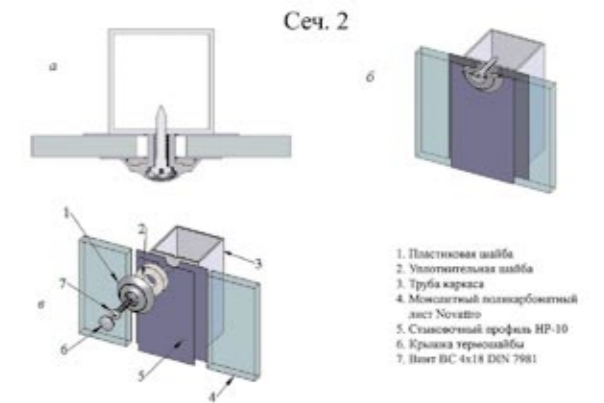


Рисунок 136. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в двускатной конструкции павильона: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных на торце конструкции (рис. 137) – Сеч. 3.

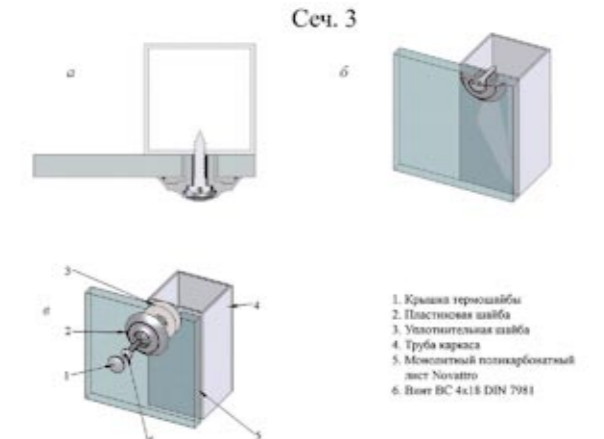


Рисунок 137. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных на торце конструкции павильона: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом (рис. 138) – Сеч. 4.

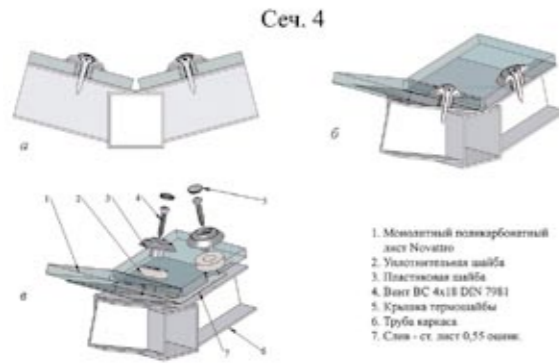


Рисунок 138. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных под углом: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната коньковым профилем в верхней части конструкции (рис. 139) – Сеч. 5

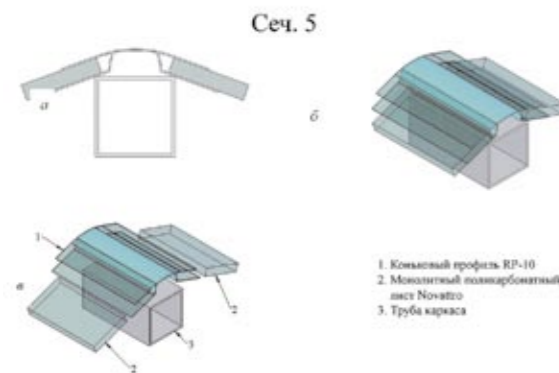


Рисунок 139. Типовой узел соединения листов из поликарбоната коньковым профилем в верхней части конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Ограждение хоккейной коробки

Хоккейная коробка – один из самых распространенных спортивных элементов в наших городах. Ее необходимо ограждать прочными бортами, чтобы игроки и шайба не улетали за пределы поля во время игры. Для большей безопасности, в том случае, когда игру будут смотреть зрители, борта можно продолжить в высоту. Высокое ограждение надежно защитит людей от случайного удара шайбой. Однако к нему применяются повышенные требования: такое ограждение должно быть очень прочным, прозрачным и травмобезопасным. Единственным материалом, соответствующим данным требованиям, является монолитный поликарбонат. Он практически не бьется, обеспечивает хорошую видимость, эстетичен. При эксплуатации на улице поликарбонат долго не теряет своих механических свойств.

Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) ударостойкость
- 2) хорошее светопропускание
- 3) не образует острых осколков
- 4) гибкость в холодном состоянии

Типы используемых листов

Монолитный поликарбонат 6-8 мм.

Конструктивные особенности

Данная конструкция из монолитного поликарбоната получается в несколько раз легче (при сопоставимой прочности), по сравнению с аналогичной, где применяется триплекс. Она также оказывается более экономичной.

Рекомендации по монтажу

Поликарбонатные листы изогнуты на угловых участках конструкции. Для определения радиуса изгиба и шага конкретной несущей конструкции следует обратиться к главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».



Рисунок 140. Хоккейная коробка.

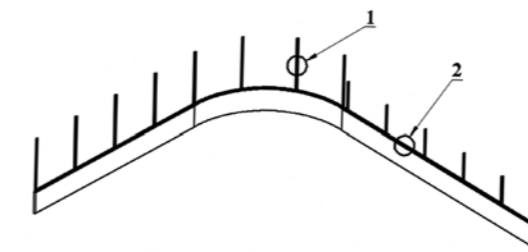


Рисунок 141. Каркас хоккейной коробки.

Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 142) – Сеч. 1.

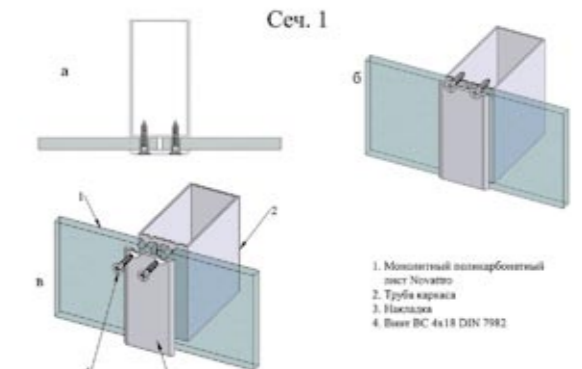


Рисунок 142. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции хоккейной коробки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листов из поликарбоната с рамой хоккейной коробки (рис. 143) – Сеч. 2

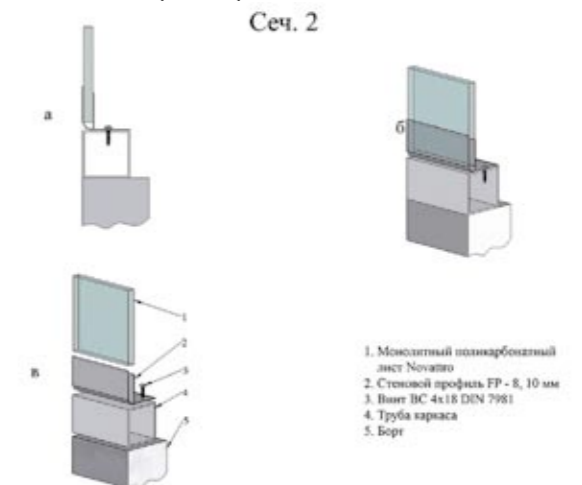


Рисунок 143. Типовой узел соединения листов из поликарбоната с рамой хоккейной коробки: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Тренерская кабина

Тренерская кабина совмещает в себе скамью и высокий навес, предназначенные для размещения тренеров, запасных игроков или судейских бригад. Ее устанавливают на стадионах и открытых спортивных площадках, чтобы укрыть людей от прямых солнечных лучей, дождя, сильного ветра, снега, а также в закрытых спортзалах. В конструкциях таких навесов применение силикатного стекла практически исключено по соображениям безопасности, другие полимерные материалы проигрывают поликарбонату по сроку службы и пожароопасности. При желании навес может быть выполнен из цветного пластика. Такую конструкцию можно будет перемещать с места на место, не боясь повредить.

### Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) гибкость в холодном состоянии
- 2) ударостойкость
- 3) легкость
- 4) хорошее светопропускание
- 5) стойкость к атмосферным воздействиям
- 6) непрозрачность для ультрафиолета

### Типы используемых листов

Сотовый поликарбонат, особенно непрозрачный, используют в случае, когда не нужна высокая прозрачность конструкции, например, если в кабине будут переодеваться игроки.

Монолитный поликарбонат обеспечит высокую прозрачность тренерской кабины и хороший обзор для находящихся внутри людей.

### Конструктивные особенности

Кабину можно сделать любой ширины, включающей в себя одно или несколько кресел. Для этого не придется заказывать нестандартные панели, ведь сотовый поликарбонат легко режется острым ножом или ножницами.

### Рекомендации по монтажу

Для определения радиуса изгиба конкретной конструкции следует обратиться к главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций» и таблицам Приложений.

Важно помнить, что в данной конструкции ориентация полых каналов внутри сотовых панелей должна быть вертикальной. Изгибать панели можно только вдоль этих каналов.

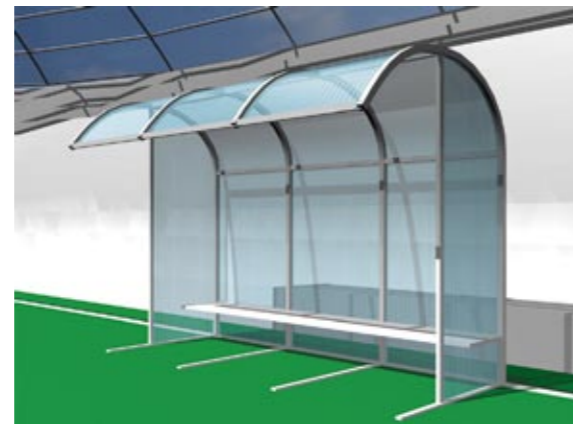


Рисунок 144. Конструкция тренерской.

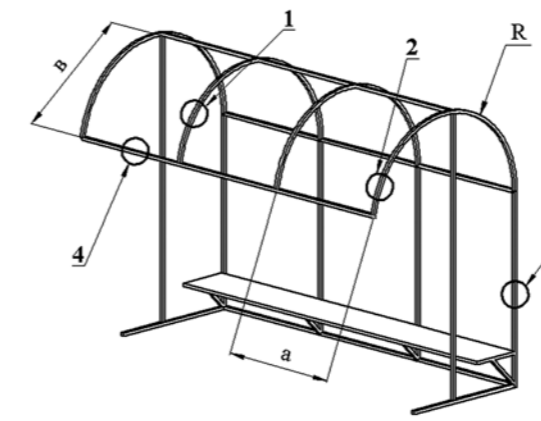


Рисунок 145. Каркас конструкции тренерской.

### Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных в одной плоскости (рис. 146) – Сеч. 1.

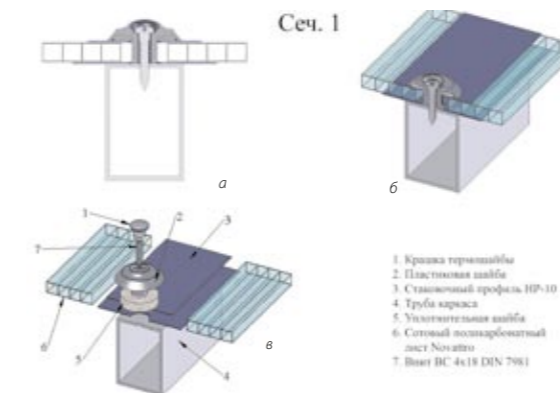


Рисунок 146. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в конструкции тренерской кабины: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

### Узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца (рис. 147) – Сеч. 2.

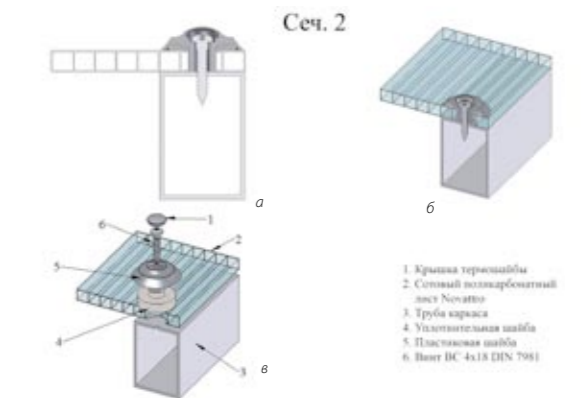


Рисунок 147. Типовой узел соединения листов из поликарбоната, расположенных с торца: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

### Узел соединения листов в плоскостях, расположенных перпендикулярно друг другу (рис. 148) – Сеч. 3

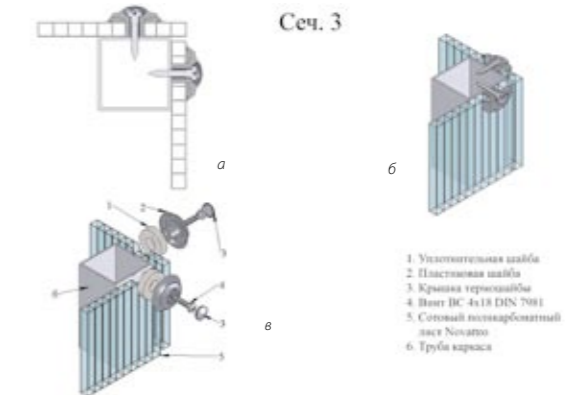


Рисунок 148. Типовой узел соединения листов из поликарбоната в плоскостях, расположенных перпендикулярно друг другу: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.



Узел соединения листа из поликарбоната с трубой каркаса в верхней части конструкции (рис. 149) – Сеч. 4

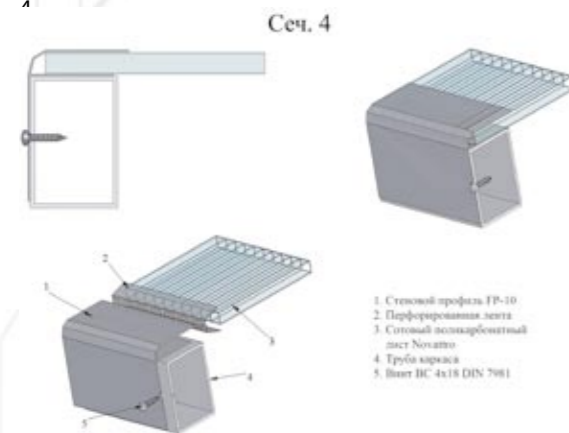


Рисунок 149. Типовой узел соединения листа из поликарбоната с трубой каркаса в верхней части конструкции: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

## Световой короб

Крупный элемент наружной рекламы с внутренней подсветкой называют световым коробом, или light box. В сущности это обычная вывеска, только созданная с помощью современных технологий. Внутри короба размещается текстовая или графическая информация, которая высвечивается и таким образом привлекает к себе внимание. Световые короба, установленные на улице, подвергаются мощному воздействию загрязнений, непогоды, а также вандализму, поэтому их принято защищать поликарбонатным экраном. Монолитный поликарбонат аналогичен по светопропускающим свойствам стеклу, но в сотни раз прочнее. Из него можно делать экраны большого размера. Этот материал эксплуатируется и в жарком и холодном климате, при любой погоде без потери своих физико-механических свойств.

### Преимущества поликарбоната в данной конструкции:

- 1) прочность
- 2) хорошее светопропускание
- 3) высокая стойкость к воздействию погоды и городских загрязнений

### Типы используемых листов

Сотовые листы толщиной от 4 мм.

Монолитные листы толщиной от 4 мм. В местах, где отсутствует вандализм, можно использовать 2-миллиметровые листы.

### Конструктивные особенности

Данная конструкция представляет собой двусторонний световой короб, иначе его называют панель-кронштейном. Защитные экраны из поликарбоната устанавливаются с двух сторон короба.

Панель-кронштейн предназначена для установки на улице или внутри большого помещения (супермаркета, автосалона). Поликарбонатный экран может быть несущим, в зависимости от применяемой технологии нанесения изображения. Интересный эффект может быть получен, если применить сотовые листы, подсвеченные изнутри, они дают красивую мягкую игру света.

По сравнению с оргстеклом, поликарбонатный экран существенно выигрывает в ударопрочности, а при сравнении с каленым стеклом – в стоимости.

### Рекомендации по монтажу

В данной конструкции поликарбонатные экраны слегка изогнуты. Для определения радиуса изгиба конкретной несущей конструкции следует обратиться к главе 14 «Сбор нагрузок и определение шага несущих конструкций».



Рисунок 150. Рекламный световой короб.

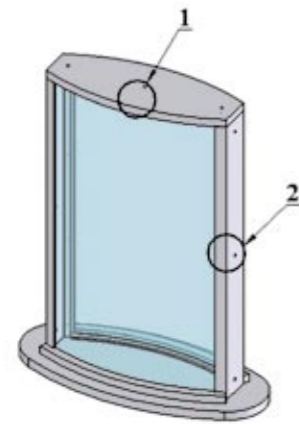


Рисунок 151. Каркас рекламного короба.

Узел соединения листа из поликарбоната верхней части конструкции светового короба (рис. 152) - Сеч. 1

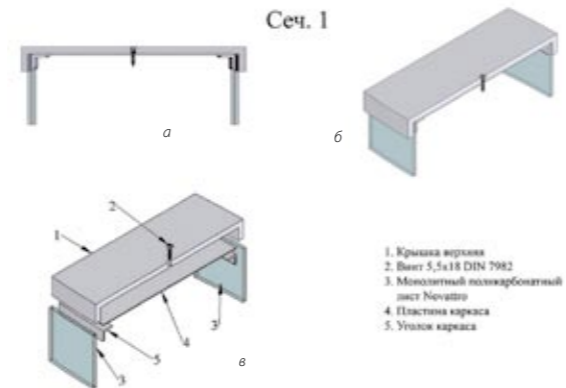


Рисунок 152. Узел соединения листа из поликарбоната верхней части конструкции светового короба: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.

Узел соединения листа из поликарбоната к боковой части светового короба (рис. 153) - Сеч. 2

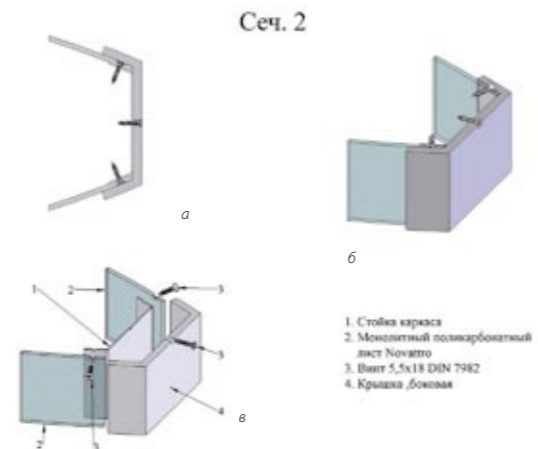


Рисунок 153. Узел соединения листа из поликарбоната к боковой части конструкции светового короба: а – двухмерное изображение узла, б – трехмерное изображение узла, в – схема сборки узла.





## Технико-экономическое обоснование применения поликарбонатных листов

### Что лучше – поликарбонат или стекло?

#### Сравнительный анализ преимуществ

Характеристики обоих материалов приведены в таблицах 6, 7 и 8 главы 13 «Свойства поликарбонатных листов». Здесь приведем основные преимущества и недостатки поликарбоната по отношению к силикатному стеклу и некоторым другим материалам.

#### Преимущества поликарбоната

1) Основными преимуществами поликарбонатных материалов, особенно многослойных панелей, по сравнению со стеклом являются их малые тепло-, звукопроницаемость и удельный вес, повышенные ударостойкость, гибкость и травмобезопасность.

2) Применение поликарбонатных материалов вместо силикатного стекла позволяет создавать значительно более легкие, а значит дешевые силовые каркасы, так как вес листов поликарбоната, в зависимости от их типа, в десять и более раз меньше веса стекла сопоставимой толщины.

3) Из поликарбоната легко делать криволинейные конструкции, не прибегая к специальным технологиям, его также легко резать и формовать. В случае применения стекла работа по созданию изогнутой конструкции выйдет гораздо дороже. Поскольку каждое гнутое силикатное, закаленное или триплексное стекло выполняется по специальному заказу, причем в стоимость заказа входит изготовление технологической оснастки, которая может составить до 30% заказа (в зависимости от сложности конструкции и конфигурации, а также ассортимента гнутых изделий).

4) При изготовлении поликарбонатных конструкций совершенно необязательно выдерживать жесткие допуски на геометрию несущей конструкции, особенно в конструкциях сложной формы, потому что каждый изгибаемый элемент можно подгонять буквально «по месту» в силу легкой обрабатываемости материала.

#### Недостатки поликарбоната

1) Более высокая стоимость квадратного метра по сравнению со стеклом аналогичной толщины. Стоимость панелей (как монолитных, так и сотовых) из поликарбоната определяется, в основном, стоимостью сырья: по состоянию на 2008 год – примерно 212 руб. за 1 кг.

2) Несколько меньшая поверхностная твердость.

3) Потеря механических и эстетических свойств под действием ультрафиолетового излучения. Чтобы защитить поликарбонат от солнечной радиации, на него наносят особый УФ-слой. Продукция Novattro защищена таким слоем, срок эксплуатации составляет не менее 20 лет.

#### Примеры замены стекла на поликарбонат

##### 1. Теплицы (парники, ограждения приусадебных бассейнов)

В западных странах и в Израиле поликарбонат давно уже стал популярным материалом для строительства теплиц и подобных им сооружений, основная задача которых – удерживать тепло внутри помещения и создать парниковый эффект. Для России же этот материал в таком качестве пока еще экзотика, поэтому мы провели подробный анализ преимуществ, которые дает замена стекла на поликарбонат при строительстве промышленных отапливаемых теплиц, небольших дачных парников, приусадебных бассейнов.

В настоящее время при остеклении теплиц широко применяется силикатное стекло толщиной 4 мм, реже – 6 мм. Поскольку сотовый поликарбонат толщиной 4 мм под нагрузкой имеет значительные прогибы, то для несущих поверхностей (например крыш теплиц) рекомендуется применять сотовые панели толщиной от 6 мм и больше.

Таблица 17. Сравнение основных характеристик стеклянной и поликарбонатной теплиц

	Теплица из поликарбоната производства ООО «НМЗ»	Теплица из стекла альтернативного производства	Примечание
1. Материалоемкость (расход материала)	Труба проф. 40x20x1,5 Труба проф. 20x20x1,0 Труба проф. 20x10x1,0 Поликарбонат 50,4 м2 масса 119,4 кг	Уголок 40x40x4,0 «Т»-образный металлический профиль Стекло 54,6 м2 Резиновый профиль для стекла масса 1354 кг	
2. Трудоемкость изготовления каркаса теплицы	12,3 ч/часа	49,2 ч/часа	
3. Транспортировка	Доставка клиенту всей конструкции осуществляется за 1 рейс автомобиля «Газель»	Доставка клиенту требует 2 рейса: 1) доставка каркаса, 2) доставка стекла (возможен бой)	Не рекомендуется одновременная перевозка стекла и металла
4. Трудоемкость монтажа	4 часа (бригада из 2-х человек)	36 часов (бригада из 2-х человек)	
5. Количество комплектующих деталей	17 деталей каркаса	60 деталей каркаса	
6. Теплопроводность	0,14 Вт/м <sup>2</sup> *°С	0,72-0,9 Вт/м <sup>2</sup> *°С	
7. Наличие эффекта «линзы»	Нет	Да	Лучи света выжигают растения в теплице
8. Наличие фундамента под теплицу	Необязательно	Установка исключительно на фундамент	Наличие стекла в конструкции не допускает деформации каркаса
9. Прочность каркаса	Применяемые материалы повышают прочность каркаса на 20-30 % по сравнению с каркасом стеклянной теплицы		

10. Снеговая нагрузка	Повышенная стойкость к снеговым нагрузкам за счет эластичности укрывного материала и конструкции теплицы	Стекло обладает высокой хрупкостью, что снижает стойкость к снеговым нагрузкам
11. Оптимальные размеры (длина*ширина*высота)	Любой размер, кратный ширине листа поликарбоната. Экономия средств происходит за счет уменьшения отходов материала	Любой размер. Отходы стекла неизбежны
12. Преимущества эксплуатации	Легко перемещать конструкцию без демонтажа. Удобно хранить в разобранном виде	Конструкция стационарна и не подлежит перемещению. В процессе эксплуатации возможно повреждение покрытия теплицы
13. Безопасность	Конструкция изделия исключает возможность получения травм	Применение стекла повышает вероятность получения травм
14. Внешний вид	Более эстетичный, современный внешний вид	Традиционный, устаревший внешний вид

Примечание. Данная таблица опубликована с разрешения ООО «НМЗ», РБ, г. Нефтекамск

Таблица 18. Сравнение материалов, применяемых при проектировании теплиц, парников, ограждений приусадебных бассейнов.

	Силикатное стекло /гнутое силикатное стекло 4 мм	Закаленное силикатное стекло/гнутое закаленное силикатное стекло 6 мм	Триплексное стекло/гнутое триплексное стекло 6,76 мм	Монолитный поликарбонат 6 мм	Сотовый поликарбонат 6 мм
Стоимость материала, руб/м <sup>2</sup>	Ок.200 / ок.280	Ок.2030 / Ок.2060	От 1570 / от 2320	1245-1725	~277
Удельный вес кг/м <sup>2</sup>	9,4	15	16,9	7,2	1,3
Травмоопасность осколков	Весьма высокая	Весьма низкая	Практически исключена	Практически исключена	Практически исключена
«Вандалостойкость», градостойкость	Весьма низкая	Низкая	Весьма высокая	Весьма высокая	Высокая
Особенности монтажа	Жесткие требования к геометрии несущих конструкций/ + необходимость в дополнительной тех. оснастке для гнутья в печах	Жесткие требования к геометрии несущих конструкций/ + необходимость в дополнительной тех. оснастке для гнутья в печах	Жесткие требования к геометрии несущих конструкций/ + необходимость в дополнительной тех. оснастке для гнутья в печах	Возможность монтажа с подгонкой каждого элемента перекрытия «по месту», без дополнительной и специального инструмента	Возможность монтажа с подгонкой каждого элемента перекрытия «по месту», без дополнительной и специального инструмента
Светопропускание, %	91	90	90	86	82
Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> *°С	5,8	5,77	5,77	5,49	3,7
Итог: стоимость перекрытий для конструкции общей площадью 200 м <sup>2</sup> , руб.	~40000 /~56000	406000/412000	301400/464000	249000-345000	~55400
Сравнительный коэффициент по затратам на отопление	1,01 (потери)	1	1	0,95	0,57
Экономия на затратах на отопление в %	-1	0	0	5	43



**Расчет среднегодовых расходов на отопление теплицы из стекла и поликарбоната**

Исходные данные:

- 1) среднегодовой тариф по отоплению для жилых помещений, приведенный к 1 м<sup>2</sup> площади – 4,51 руб.
- 2) Стоимость 1 м<sup>2</sup> стекла толщиной 4 мм – 240 руб.
- 3) стоимость 1 м<sup>2</sup> сотового поликарбоната толщиной 6 мм 248–330 руб. в зависимости от производителя. Для расчета взято – 298 руб.
- 4) коэффициент теплопроводности стекла – 0,17
- 5) коэффициент теплопроводности монолитного поликарбоната – 0,21
- 6) коэффициент теплопроводности сотового поликарбоната – 0,3

Формула расчета:

$$C = c_1 * k * 12 * S$$
 – стоимость отопления теплицы при остеклении силикатным стеклом;

$$C = c_1 * k * 12 * S * 0,161 / 0,8$$
 – стоимость отопления теплицы при остеклении сотовым поликарбонатом;

C – стоимость отопления за 1 год;

c<sub>1</sub> – стоимость отопления 1 м<sup>2</sup> площади жилого помещения за 1 месяц (среднегодовой тариф);

k – коэффициент, учитывающий разницу потерь тепла жилого помещения и теплицы;

12 – число месяцев в году;

S – укрываемая площадь теплицы.

Расчет производится для условной теплицы площадью 100 м<sup>2</sup> высотой 2,5 м с одинарным остеклением. Площадь остекления стен и крыши составит приблизительно 200 м<sup>2</sup> в зависимости от конфигурации и конструкции сооружения.

При расчете учитывалось, что площадь окон жилых помещений составляет около 30% от площади стен и примерно 12% от площади всех ограждающих поверхностей помещения. Через стены удельные тепловые потери примерно в 3 раза меньше, чем через окна. Таким образом, потери тепла через окна составят около 55–60% от общих потерь тепла. Площадь остекления парника примерно в 16 раз больше площади остекления одинакового по площади жилого помещения.

Таким образом, у теплицы тепловые потери, отнесенные к 1 м<sup>2</sup> укрываемой площади, будут примерно в 9 раз больше, чем у жилого помещения.

После подстановки значений тарифа и коэффициента «к» исходная формула примет следующий вид:  $C = 4,51 * 9 * 12 * S$  (руб./год). Следовательно, среднегодовые расходы на отопление теплицы при остеклении простым стеклом составят  $4,51 * 9 * 12 * 100 = 48708$  рублей;

При подсчете среднегодовых расходов на отопление теплицы, перекрытой сотовым поликарбонатом толщиной 6 мм, необходимо ввести поправочный коэффициент, учитывающий разницу коэффициентов теплопроводности.

$$R = 0,17 : 0,3 = 0,57$$
, где 0,17 – коэффициент теплопроводности силикатного стекла 4 мм, а 0,3 – коэффициент теплопроводности сотового поликарбоната 6 мм.

Таким образом, среднегодовые затраты на отопление теплицы с покрытием из сотового поликарбоната толщиной 6 мм составят  $4,51 * 9 * 12 * 100 * 0,57 = 27763,56$  руб.

Экономия на отоплении составит  $48708 - 27763,56 = 20944,44$  руб.

**Расходы на остекление составят:**по силикатному стеклу 4 мм –  $240 * 200 = 48000$  руб.по сотовому поликарбонату 6 мм –  $298 * 200 = 59600$  руб.

Установка сотового поликарбоната дороже на 11 600 руб.

Вычитая из экономии на отопление превышение стоимости установки поликарбоната вместо стекла, видно, что установка поликарбонатного остекления окупается, даже с прибылью, в течение всего одного года.

Прибыль за первый год составит:  $20944,44$  руб. –  $11600$  руб. =  $9344,44$  руб., каждый следующий год прибыль составит  $20944,44$  руб.

Кроме этого, ударная энергоемкость сотового поликарбоната толщиной 6 мм примерно в 13 раза выше, чем у силикатного стекла толщиной 4 мм, а такой показатель прочности поликарбоната обеспечивает практически полную защиту от града. Такая защита исключает затраты на восстановление остекления и посадок после выпадения града.

На территории России, в зонах развитого земледелия, в зависимости от региона, градобой происходит до 3–8 раз в сезон или 1 раза за 3–5 лет.

**Преимущества поликарбоната при устройстве парников (необогреваемых теплиц)**

Лучшие, чем у стекла, теплозащитные свойства поликарбоната позволят увеличить сельскохозяйственный сезон примерно на 30–45 дней. Это происходит за счет существенно большей аккумуляции тепла в дневное время и за счет значительно меньшей (примерно в 5 раз) потери тепла в ночное время, в сравнении с аналогичными сооружениями с перекрытиями из полиэтиленовой пленки и силикатного стекла. Аккумуляция тепла в парнике происходит за счет нагрева поверхности земли инфракрасной составляющей солнечного света, которая даже в пасмурный день проникает сквозь облачный

**Таблица 19. Сравнение сотового поликарбоната и стеклопакета.**

Толщина стекла, мм	Воздушный зазор, мм	Толщина стеклопакета	Вес, кг/м <sup>2</sup>	Кэф. теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> *°C	Толщина панели Novattro, мм	Кэф. теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> *°C	Вес, кг/м <sup>2</sup>
4	16	24	20	2,85	6	3,7	1,3
					8	3,6	1,5
					10	3,1	1,7
						2,2	2,7

покров и достигает поверхности земли. В теплице, имеющей перекрытия из поликарбонатных материалов и пропускающих значительную часть этого излучения, происходит нагрев земли, а затем и воздуха внутри парника. Основные потери тепла в теплицах происходят за счет теплопередачи через стены и крышу, то есть через остекление, и за счет вентиляции через щели в стенах и крыше теплицы. При аккуратном изготовлении и сборке теплицы вентиляционные потери будут незначительны. Таким образом, основным источником потерь тепла будет теплопередача через остекление. Но так как удельный коэффициент теплопередачи поликарбонатных сотовых панелей примерно в 1,6 раза меньше, чем у силикатного стекла той же толщины, то общие потери тепла у поликарбонатной теплицы будут примерно на 64% меньше, чем у теплицы с остеклением из силикатного стекла.

Такое снижение потерь тепла позволяет начать сельхоз работы раньше на 15–20 дней и закончить их позже тоже на 15–20 дней. Таким образом, в теплицах с поликарбонатным остеклением сельскохозяйственный сезон может быть увеличен на 30–45 дней по сравнению с теплицами с остеклением из силикатного стекла, а тем более из полиэтиленовой пленки.

**2. Стеклопакеты**

Поликарбонат обладает отличными теплоизоляционными свойствами, особенно сотовые панели, поэтому их можно рассматривать как альтернативу стеклопакетам. Мы прилагаем следующую схему остекления с заменой стеклопакета, изготовленного из силикатного стекла, толщиной 4 мм (4-16-4), на поликарбонатную панель Novattro.

Как показывают вышеприведенные данные, коэффициент теплопроводности сотовой панели Novattro толщиной 16 мм немного меньше, чем тот же параметр однокамерного стеклопакета толщиной 24 мм, что свидетельствует о лучших теплоизоляционных свойствах первого. Кроме того, масса одного квадратного метра стеклопакета оказывается в 8 раз больше.

Таким образом, при остеклении подсобных, складских и производственных помещений может быть достигнута не только экономия тепла, но и существенная экономия на несущих конструкциях и фурнитуре, применяемой при навеске рам. При равных ветровых нагрузках экономия составит от 2 до 8%, учитывая высокую прочность материала.

### 3. Световые проемы (зенитные фонари, горизонтальные и вертикальные световые полосы)

Благодаря хорошей гибкости и пластичности поликарбонат широко применяют в конструкции зенитных фонарей арочной и сферической формы. При правильном подборе таких параметров конструкции, как радиус изгиба, ширина пролета и толщина листа (сотового или монолитного), можно обойтись без несущей конструкции или свести ее удельный вес к минимуму, используя высокие показатели удельной прочности поликарбоната. Применение поликарбоната в световых полосах вместо силикатного стекла уменьшает потери тепла через световые проемы от 2 до 4 раз. Кроме того, существенно сокращается возможность травмирования рабочего персонала при возможном разрушении остекления. Стоимость светопропускающей части конструкции можно сравнить, обратившись к таблице 21.

### 4. Навесы

В конструкциях навесов над зрительскими трибунами стадионов и открытых концертных площадок применение силикатного стекла практически исключено по соображениям безопасности. А другие полимерные материалы проигрывают поликарбонату по сроку службы и большей пожароопасности. Реальной альтернативой ему служат конструкции с использованием стального профнастила.

Таблица 20. Сравнение перекрытий из поликарбоната и профнастила

Перекрытие	Уд. вес, кг/м <sup>2</sup>	Стоимость, руб/м <sup>2</sup>	Прозрачность
Профнастил Н60, сталь 0,6	6,8	307–493 (в зависимости от толщины листа)	нет
Сотовый поликарбонатный лист Novattro X25	3,5	696–774 (в зависимости от производителя)	да

Таблица 21. Сравнение стоимости материалов, применяемых при проектировании световых проемов

	Одинарное силикатное стекло 4 мм.	Стеклопакет 4-16-4.	Сотовый поликарбонат 16 мм.	Сотовый поликарбонат 25 мм.
Стоимость материала руб/м <sup>2</sup>	290-400	~2475	536 - 637	696 - 774
Удельный вес кг/м <sup>2</sup>	10	20	2,7	3,5
Травмоопасность осколков	Весьма высокая	Весьма высокая	Практически исключена	Практически исключена
Градостойкость	Весьма низкая	Весьма низкая	Весьма высокая	Высокая
Особенности монтажа	Жесткие требования к геометрии несущих конструкций	Жесткие требования к геометрии несущих конструкций	Возможность монтажа с подгонкой каждого элемента перекрытия «по месту», без дополнительной тех. оснастки и специального инструмента	Возможность монтажа с подгонкой каждого элемента перекрытия «по месту», без дополнительной тех. оснастки и специального инструмента
Светопропускание, %	90	90	76	62
Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> *°C	5,77	2,85	2,2	1,45
Итог: стоимость остекления для конструкции общей площадью 100м <sup>2</sup> (без учета стоимости монтажа).	29000 - 40000	247500	53600 - 63700	69600 - 77400
Экономия на затратах на остекление, % (без учета стоимости монтажа)	88 - 84	0	65 - 74	72 - 68
Сравнительный коэффициент по затратам на отопление	2,02	1	0,77	0,51
Экономия на затратах на отопление в %	-102 (потери)	0	23	49

Данные, касающиеся экономии на стоимости остекления и экономии на потерях тепла через ограждение, взяты в сравнении с однокамерным стеклопакетом, выполненным из силикатного стекла 4 мм, с воздушным зазором 16 мм, поскольку по соотношению цена/качество он является наиболее распространенным и показательным для сравнения из всех материалов, представленных на рынке.

При оценке стоимости невозможно учесть следующие факты, но их надо иметь в виду:

- 1) Сотовые и монолитные поликарбонатные листы могут быть согнуты при монтаже прямо на стройплощадке без применения дополнительного оборудования.
- 2) Потери в виде боя стекла при транспортировке и монтаже. По разным данным эта цифра составляет от 3,5 до 7%.



**Преимущества поликарбоната:**

1) Из таблицы следует, что суммарный вес укрывающего материала может быть снижен примерно на 45%, что может привести в конечном итоге к снижению веса несущих конструкций и обусловит экономию материала на металлоконструкциях от 1 до 7% в зависимости от климатической зоны и конкретных конструктивных решений.

2) Важен также внешний вид конструкции. Выполняя основную функцию – защиту от всякого рода атмосферных явлений – конструкция из поликарбоната лишена тяжеловесности, прозрачность делает ее визуально «воздушной». Несмотря на несколько более высокую стоимость материала, этот аргумент может оказаться решающим при создании навесов над местами проведения массовых мероприятий.

3) Монтировать навесы из поликарбоната легко, для этого не требуется дополнительного оборудования и работ (подъемные краны, сварка и т.д.).

**5. Остановка общественного транспорта**

Сравнение различных материалов приблизительно равной толщины при проектировании остановки представлено в таблице 22.

Таблица 22 может быть использована также для предварительной оценки экономической эффективности в конструкциях ветровых (шумовых) ограждений, а также навесов над переходами, парковками и т. д.

Таблица 22. Сравнение различных материалов приблизительно равной толщины при проектировании остановки

	Силикатное стекло /гнутое силикатное стекло 6 мм*	Закаленное силикатное стекло/гнутое закаленное силикатное стекло 6 мм*	Триплексное стекло/гнутое триплексное стекло 6,76 мм*	Монолитный поликарбонат 6 мм**	Сотовый поликарбонат 6 мм**	Сотовый поликарбонат 16 мм**
Стоимость материала руб/м <sup>2</sup>	290-400/ ок.550	Ок.2030/ Ок.2060*	От 1570/ от 2320	1245-1725	~277	515 -637
Удельный вес кг/м <sup>2</sup>	15	15	16,9	7,2	1,3	2,7
Травмоопасность осколков	Весьма высокая	Весьма низкая	Практически исключена	Практически исключена	Практически исключена	Практически исключена
«Вандалостойкость»	Весьма низкая	Низкая	Весьма высокая	Весьма высокая	Высокая	Высокая
Особенности монтажа	Жесткие требования к геометрии несущих конструкций/ + необходимость в дополнительной тех. оснастке для гнутья в печах	Жесткие требования к геометрии несущих конструкций/ + необходимость в дополнительной тех. оснастке для гнутья в печах	Жесткие требования к геометрии несущих конструкций/ + необходимость в дополнительной тех. оснастке для гнутья в печах	Возможность монтажа с подгонкой каждого элемента перекрытия «по месту», без дополнительной тех. оснастки и специального инструмента	Возможность монтажа с подгонкой каждого элемента перекрытия «по месту», без дополнительной тех. оснастки и специального инструмента	Возможность монтажа с подгонкой каждого элемента перекрытия «по месту», без дополнительной тех. оснастки и специального инструмента
Звукоизоляция	31	31	31	29	18	24
Итог: стоимость перекрытий для конструкции общей площадью 10 м <sup>2</sup> , руб.	2900-4000/ ок.5500	20300/20600	15700/23000	12450 -17250	~2770	5150 – 6370
Экономия на затратах на остекление, %	81 – 75/76	- 29(потеря)/10	0/0	20/25	83/88	67/72

\* здесь указана стоимость триплекса без учета стоимости формы для моллирования (гнутья); она начинается от 3500 руб. за форму, в зависимости от толщины стекла и сложности изгиба, причем стоимость одной гибки в печи составляет сумму не меньше 2500 руб.

\*\* в конструкциях из силикатного стекла и сотового поликарбоната, прочность которых одинакова, сотовый поликарбонат будет меньшей толщины, особенно в арочных и купольных конструкциях.

## Применение листов Novattro в соответствии с нормативными документами

Таблица 23. Рекомендованные типы и толщины поликарбонатных листов для применения в гражданском и промышленном строительстве в соответствии с нормативными документами

№ п/п	Наименование объекта	Тип панели	Рекомендуемая толщина панели, мм.	Требуемое термическое сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> С /Вт (в соотв. СНиП II-3-79)	Звукоизоляция, дБ (в соотв. СНиП II-12-77)	Пожарно-техническая характеристика по горючести (в соотв. СНиП21-01-97)	Коэффициент светопропускания (в соотв. СНиП 23-05-95(2003))	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Зенитные фонари:							
	- жилые <sup>4</sup>	Сотовый	8-20	0,30-0,55	30	Г2	0,75	
	- лечебные <sup>5</sup>	Сотовый	8-10 <sup>1</sup>	0,30-0,55	25	Г2	0,80	
	- детские учреждения <sup>6</sup>	Сотовый	8-10 <sup>2</sup>	0,30-0,55	40	Г2	0,86	
	- общественные (залы кафе, ресторанов, столовых, фойе театров и кинотеатров) <sup>7</sup>	Сотовый	8-3 <sup>2</sup>	0,30-0,55	55	Г2	0,63	
		Монолитный	2-12 <sup>3</sup>					
	- общественные (торговые залы магазинов, спортзалы, пассажирские залы аэрофлотов и вокзалов) <sup>8</sup>	Сотовый	8-32	0,30-0,55	60	Г2	0,63	
		Монолитный	2-12 <sup>3</sup>					
	- бытовые, административные учреждения <sup>9</sup>	Сотовый	8, 10 <sup>1</sup>	0,30-0,55	50	Г2	0,80	
	- производство ГСМ и взрывоопасных веществ <sup>10</sup>				0,2-0,45	Не норм.	Г1	0,70
	- текстильная промышленность <sup>11</sup>	Сотовый	4-25	0,2-0,45	Не норм.	Г2	0,70	
		Монолитный	12					
- пищевая промышленность <sup>12</sup>	Сотовый	4-25	0,2-0,45	Не норм.	Г2	0,70		
	Монолитный	12						
2	Теплицы и парники <sup>13</sup>	Сотовый	4, 62	0,45	Не норм.	Не норм.	0,85	
3	Офисные перегородки <sup>14</sup>	Сотовый	4-10 <sup>2</sup>	0,20-0,45	55	Г2	0,80	
		Монолитный	12					

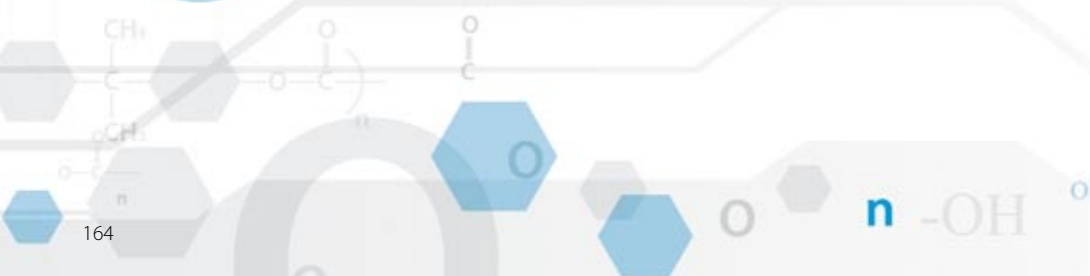
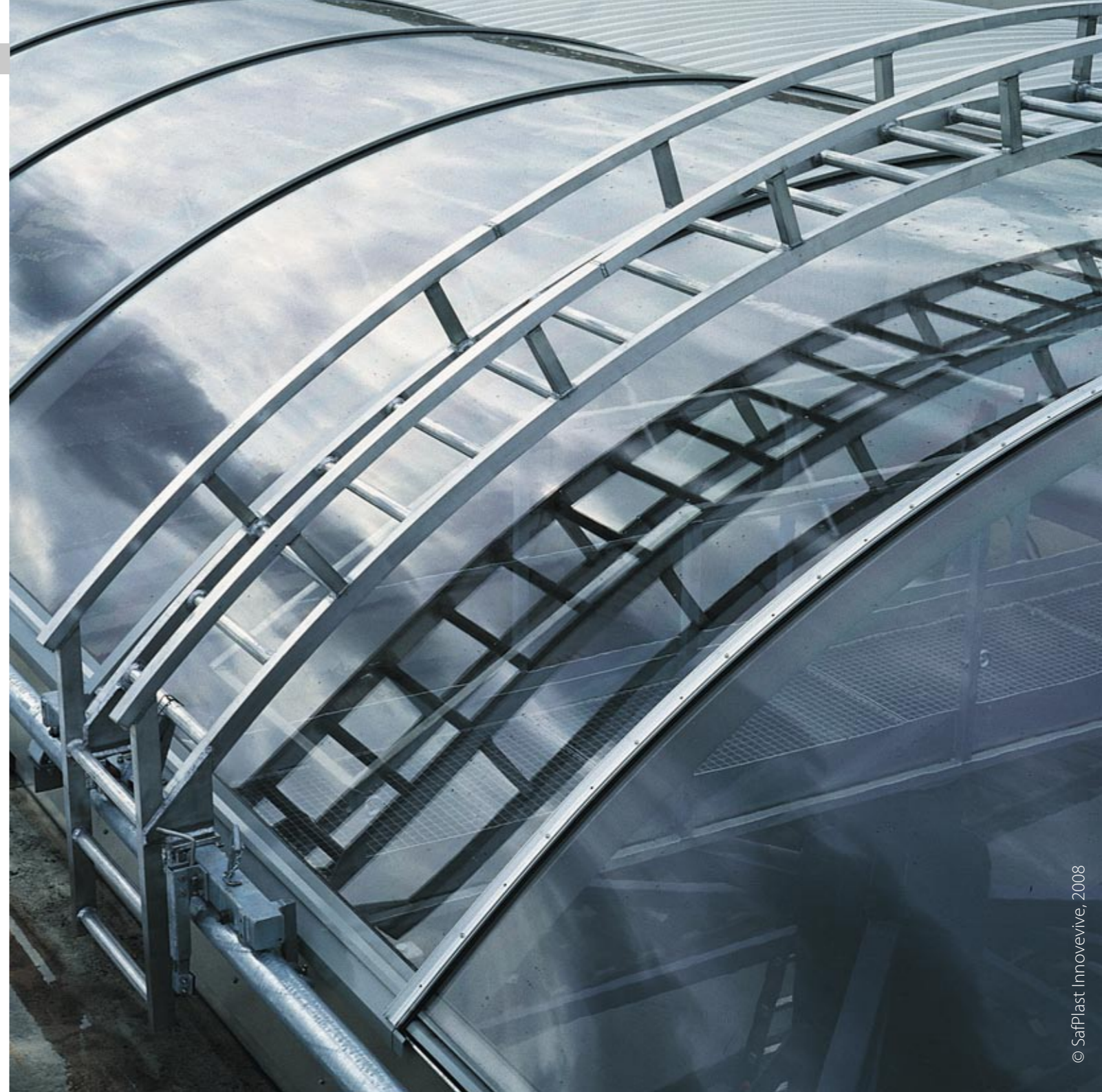
4	Остекление балконов, лоджий <sup>15</sup>	Сотовый	8,10	0,30-0,55	30	Г2	0,80
		Монолитный	12 <sup>1</sup>				
5	Козырьки и навесы	Сотовый Монолитный	Ударостойкий	Не норм.	Не норм.	Не норм.	Не норм.
6	Остановочные площадки	Сотовый Монолитный	Ударостойкий	Не норм.	Не норм.	Не норм.	Не норм.
7	Защитное ограждение спорт. площадок	Монолитный	Ударостойкий	Не норм.	25	Г2	Не норм.
8	Боковое остекление:						
	- жилые <sup>16</sup>	Сотовый	8-20	0,30-0,80	30	Г2	0,75
	- лечебные <sup>17</sup>	Сотовый	8-10 <sup>2</sup>	0,30-0,80	25	Г2	0,80
	- детские учреждения <sup>18</sup>	Сотовый	8-10 <sup>2</sup>	0,30-0,80	40	Г2	0,86
	- общественные (залы кафе, ресторанов, столовых, фойе театров и кинотеатров) <sup>19</sup>	Сотовый	8-32	0,30-0,80	55	Г2	0,63
		Монолитный	2-12 <sup>3</sup>				
	- общественные (торговые залы магазинов, спортзалы, пассажирские залы аэрофлотов и вокзалов) <sup>20</sup>	Сотовый	4-32	0,30-0,80	60	Г2	0,63
		Монолитный	2-12 <sup>3</sup>				
	- бытовые, административные учреждения <sup>21</sup>	Сотовый	8-10 <sup>2</sup>	0,30-0,80	50	Г2	0,80
	- производство ГСМ и взрывоопасных веществ <sup>22</sup>	Сотовый Монолитный	-	Не норм.	Не норм.	Г1	0,70
- текстильная промышленность <sup>23</sup>	Сотовый	4-25	0,20-0,45	Не норм.	Г2	0,70	
	Монолитный	12					
- пищевая промышленность <sup>24</sup>	Сотовый	4-25	0,20-0,45	Не норм.	Г2	0,70	
	Монолитный	12					

Примечания:

1. При условии соблюдения норм естественного освещения (коэффициент светопропускания – 0,8)
2. При условии соблюдения норм естественного освещения (коэффициент светопропускания – 0,86)
3. При условии соблюдения норм сопротивления теплопередачи материала (коэффициент 0,3–0,55)
4. Не соотв. листа 4,6 мм – по термическому сопротивлению; 25,32 мм – по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов по термическому сопротивлению
5. Не соотв. листа 4,6 мм - по термическому сопротивлению; 16-32 мм – по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов по термическому сопротивлению
6. Не соотв. листа 4,6 мм - по термическому сопротивлению; 16-32 мм – по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов по термическому сопротивлению
7. Не соотв. листа 4,6 мм - по термическому сопротивлению. Использование монолитных листов только при условии соблюдения норм термического сопротивления



8. Не соотв. листа 4,6 мм - по термическому сопротивлению. Использование монолитных листов только при условии соблюдения норм термического сопротивления
9. Не соотв. листа 4,6 мм - по термическому сопротивлению. 16-32 мм – по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов по термическому сопротивлению
10. Не соотв. монолитных и сотовых листов по пожарно-технической характеристике
11. Не соотв. листа 32 мм - по термическому сопротивлению. Не соотв. монолитных листов 2-10 мм - по термическому сопротивлению
12. Не соотв. листа 32 мм - по термическому сопротивлению. Не соотв. монолитных листов 2-10 мм - по термическому сопротивлению
13. Не соотв. листа 8-32 мм - по термическому сопротивлению и коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов по термическому сопротивлению
14. Не соотв. листа 16-32 мм - по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов 2-10 мм - по термическому сопротивлению
15. Не соотв. листа 4-6 мм – по термическому сопротивлению. 16-32 мм- по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов 2-10 мм- по термическому сопротивлению
16. Не соотв. листа 4-6 мм – по термическому сопротивлению и по коэфф. светопропускания. 25-32 мм - по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов по термическому сопротивлению
17. Не соотв. листа 4-6 мм – по термическому сопротивлению и по коэфф. светопропускания. 16-32 мм - по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов по термическому сопротивлению
18. Не соотв. листа 4-6 мм – по термическому сопротивлению и по коэфф. светопропускания. 16-32 мм - по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов по термическому сопротивлению
19. Не соотв. листа 4-6 мм – по термическому сопротивлению.
20. Не соотв. листа 4-6 мм – по термическому сопротивлению.
21. Не соотв. листа 4-6 мм – по термическому сопротивлению и по коэфф. светопропускания. 16-32 мм - по коэфф. светопропускания. Не соотв. монолитных листов по термическому сопротивлению
22. Не соотв. монолитных и сотовых листов по пожарно-технической характеристике
23. Не соотв. листа 32 мм - по термическому сопротивлению. Не соотв. монолитных листов 2-10 мм - по термическому сопротивлению
24. Не соотв. листа 32 мм - по термическому сопротивлению. Не соотв. монолитных листов 2-10 мм - по термическому сопротивлению



## Выдержка из СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»

5.4 Строительные материалы подразделяются на негорючие (НГ) и горючие (Г). Горючие строительные материалы подразделяются на четыре группы:

Г1 (слабогорючие);

Г2 (умеренногорючие);

Г3 (нормальногорючие);

Г4 (сильногорючие).

Горючесть и группы строительных материалов по горючести устанавливают по ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть».

Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются.

Горючесть и группы строительных материалов, применимые к конкретному объекту, определяются в зависимости от его класса ответственности и степени огнестойкости (класс ответственности и степень огнестойкости здания и сооружения определяется по СНиП 31-05-2003; СНиП 2.08.01-89(2002); СНиП 21-01-97). Значение термического сопротивления теплопередаче, звукоизоляция и коэффициент светопропускания материала для конкретных объектов и условий эксплуатации определяются индивидуально.

Пределы огнестойкости заполнения проемов (дверей, ворот, окон и люков, а также фонарей, в том числе зенитных, и других светопрозрачных участков настилов покрытий) не нормируются, за исключением специально оговоренных случаев и заполнения проемов в противопожарных преградах.

5.19 Здания и пожарные отсеки по конструктивной пожарной опасности подразделяются на классы согласно таблице 5.

Пожарная опасность заполнения проемов в ограждающих конструкциях зданий (дверей, ворот, окон и люков) не нормируется, за исключением специально оговоренных случаев.

Нормативные документы:

СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника»

СНиП II-12-77 «Защита от шума»

СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»

СНиП 23-05-95(2003) «Естественное и искусственное освещение»

Ниже приведены дополнительные нормативные документы для более детального ознакомления:

СНиП 2.10.04-85 «Теплицы и парники»

МДС 31-8.2002 «Рекомендации по проектированию и устройству фонарей для естественного освещения помещений»

ГОСТ 30826-2001 «Стекло многослойное строительного назначения»

ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть»

Листы структурные и монолитные из поликарбоната, производимые в ООО «Сафпласт», соответствуют действующим строительным нормам и правилам по пожарной безопасности, строительной теплотехнике, защите от шума и естественному освещению. Применять поликарбонатные листы в гражданских и промышленных зданиях и сооружениях следует согласно таблице 1 настоящего заключения.

## Выдержка из СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника»

### 2. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

2.1\*. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций  $R_0$  следует принимать в соответствии с заданием на проектирование, но не менее требуемых значений,  $R_{tr}$ , определяемых исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий по формуле (1) и условий энергосбережения – по табл. 1а\* (первый этап) и табл. 1б\* (второй этап).

В табл. 1а\* (первый этап) приведены минимальные значения сопротивления теплопередаче, которые должны приниматься в проектах с 1 сентября 1995 года и обеспечиваться в строительстве, начиная с 1 июля 1996 года, кроме зданий высотой до трех этажей со стенами из мелкоштучных материалов. В заданиях на проектирование могут быть установлены более высокие показатели теплозащиты, в том числе соответствующие нормам табл. 1б\*.

В табл. 1б\* (второй этап) приведены минимальные значения сопротивления теплопередаче для зданий, строительство которых начинается с 1 января 2000 года. При этом для вновь строящихся зданий высотой до 3-х этажей со стенами из мелкоштучных материалов, а также

реконструируемых и капитально ремонтируемых независимо от этажности сроки введения в действие требований табл. 1б\* устанавливаются как для первого этапа.

Для зданий с влажным или мокрым режимом, зданий с избытками явного тепла более 23 Вт/м. куб., предназначенных для сезонной эксплуатации (осенью или весной), и зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха 12°C и ниже, а также для внутренних стен, перегородок и перекрытий между помещениями при разности расчетных температур воздуха в этих помещениях более 6°C приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных) следует принимать не ниже значений, определяемых по формуле (1).

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций охлаждаемых зданий и сооружений следует принимать по СНиП 2.11.02-87.



Таблица 1а\*

Здания и помещения	Градусо-сутки отопительного периода, °С-сут	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций не менее R <sub>тп</sub> , м <sup>2</sup> *°С/Вт				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	покрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	2000	1,2	1,8	1,6	0,30	0,30
	4000	1,6	2,5	2,2	0,45	0,35
	6000	2,0	3,2	2,8	0,60	0,40
	8000	2,4	3,9	3,4	0,70	0,45
	10 000	2,8	4,6	4,0	0,75	0,50
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2000	1,0	1,6	1,4	0,30	0,30
	4000	1,4	2,3	2,0	0,40	0,35
	6000	1,8	3,0	2,6	0,50	0,40
	8000	2,2	3,7	3,2	0,60	0,45
	10 000	2,6	4,4	3,8	0,70	0,50
Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	0,8	1,4	1,2	0,25	0,20
	4000	1,1	1,8	1,5	0,30	0,25
	6000	1,4	2,2	1,8	0,35	0,30
	8000	1,7	2,6	2,1	0,40	0,35
	10 000	2,0	3,0	2,4	0,45	0,40
12 000	2,3	3,6	2,7	0,50	0,45	

Примечания:

1. Промежуточные значения R<sub>тп</sub> следует определять интерполяцией.
2. Нормы сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций для помещений производственных зданий с влажным или мокрым режимом, с избытками явного тепла от 23 Вт/м.куб, а также для помещений общественных, административных и бытовых зданий с влажным или мокрым режимом следует принимать как для помещений с сухим и нормальным режимами производственных зданий.
3. Приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих изделий.
4. В отдельных обоснованных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнения оконных и других проемов, допускается применять конструкции окон, балконных дверей и фонарей с приведенным сопротивлением теплопередаче на 5 % ниже устанавливаемого в таблице.

Таблица 1б\*

Здания и помещения	Градусо-сутки отопительного периода, °С-сут	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций не менее R <sub>тп</sub> , м <sup>2</sup> *°С/Вт				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	покрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	2000	2,1	3,2	2,8	0,30	0,30
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,60	0,40
	8000	4,2	6,2	5,5	0,70	0,45
	10 000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,50
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2000	1,6	2,4	2,0	0,30	0,30
	4000	2,4	3,2	2,7	0,40	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,50	0,40
	8000	3,6	4,8	4,1	0,60	0,45
	10 000	4,2	5,6	4,8	0,70	0,50
Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,20
	4000	1,8	2,5	1,8	0,30	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,30
	8000	2,6	3,5	2,6	0,40	0,35
	10 000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,40
12 000	3,4	4,5	3,4	0,50	0,45	

Примечания:

1. Промежуточные значения R<sub>тп</sub> следует определять интерполяцией.
2. Нормы сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций для помещений производственных зданий с влажным или мокрым режимом, с избытками явного тепла от 23 Вт/м.куб, а также для помещений общественных, административных и бытовых зданий с влажным или мокрым режимом следует принимать как для помещений с сухим и нормальным режимами производственных зданий.
3. Приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих изделий.
4. В отдельных обоснованных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнения оконных и других проемов, допускается применять конструкции окон, балконных дверей и фонарей с приведенным сопротивлением теплопередаче на 5 % ниже устанавливаемого в таблице.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) следует определять по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер.}}) z_{\text{от.пер.}} \quad (1a)$$

где  $t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха, °C, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005-88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

$t_{\text{от.пер.}}$

$z_{\text{от.пер.}}$  – средняя температура, °C, и продолжительность, сут, периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8°C по СНиП 2.01.01-82.

### Выдержка из: Территориальные строительные нормы Владимирской области ТСН 23-312-2000 ВладО «Тепловая защита жилых и общественных зданий» Нормативы по теплозащите

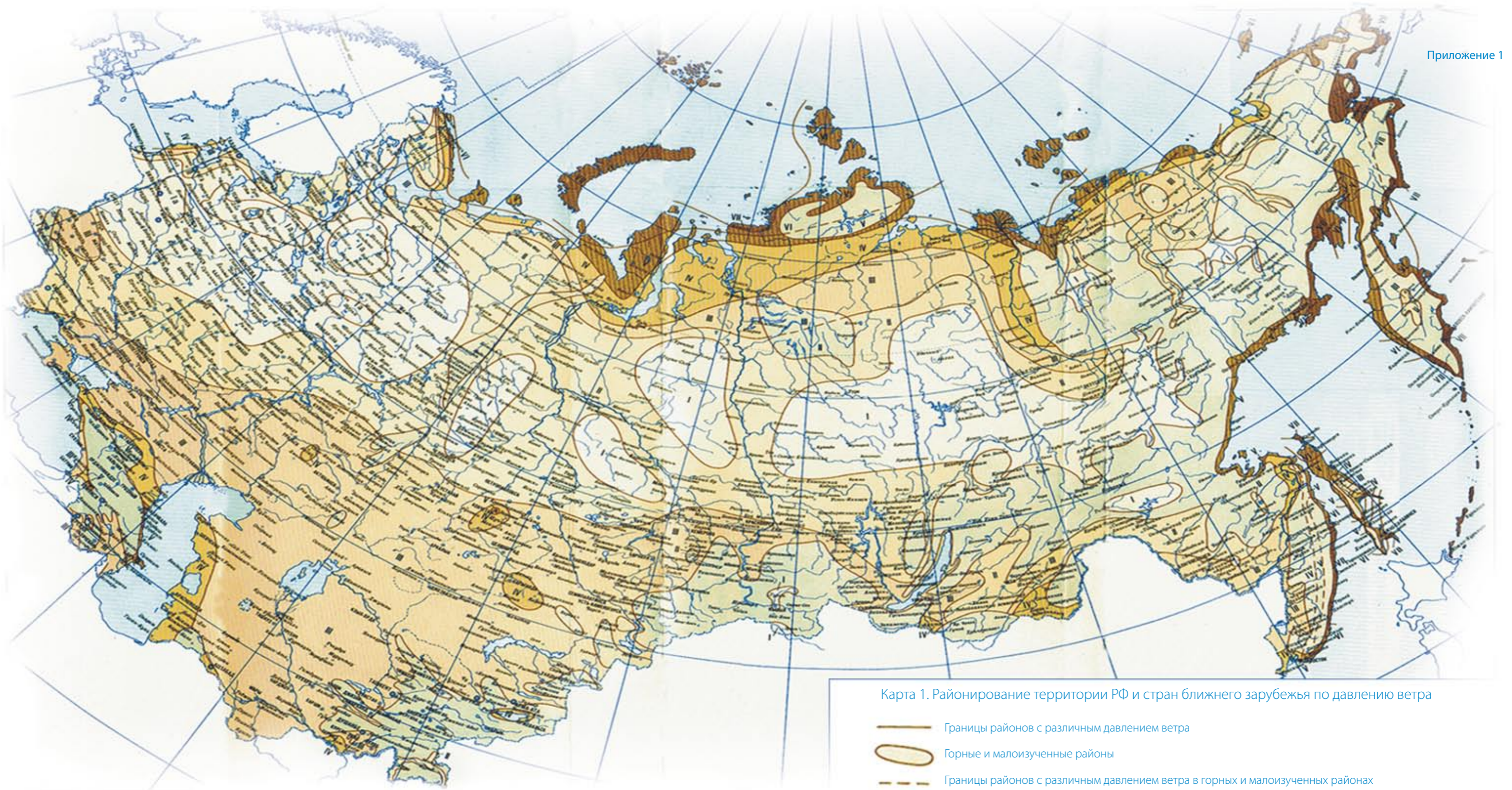
3.3.4. Требуемое сопротивление теплопередаче  $R_0^{\text{req}}$  светопрозрачных конструкций и наружных дверей жилых зданий следует принимать:

- 0,55 м<sup>2</sup>·°C/Вт для окон, балконных дверей и витражей; 0,81 м<sup>2</sup>·°C/Вт для глухой части балконных дверей;
- 0,54 м<sup>2</sup>·°C/Вт для входных дверей в квартиры, расположенные выше первого этажа;
- 1,2 м<sup>2</sup>·°C/Вт для входных дверей в многоквартирные здания и квартиры, расположенные на первых этажах многоэтажных зданий, а также ворот.

Требуемое сопротивление теплопередаче  $R_0^{\text{req}}$  светопрозрачных конструкций общественных зданий должно быть не менее 0,55 м<sup>2</sup>·°C/Вт для окон, для фонарей – 0,38 м<sup>2</sup>·°C/Вт, для дверей не менее произведения 0,6  $R_0^{\text{req}}$ , где  $R_0^{\text{req}}$  определяют для стен по формуле (3.2).













Расстояния между опорами вертикальных стеновых панелей

Таблица 24

Вид листа	нагрузка	I - 0.3 кПа			II - 0.45 кПа			III - 0.6 кПа			IV - 0.8 кПа			V - 1.0 кПа			VI - 1.2 кПа		
	закреплены	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.
	толщина																		
Монолитный	2	57	57	57	51	51	52	48	47	48	44	44	45	42	41	42	40	40	40
	4	95	95	99	86	86	86	80	80	83	74	75	77	70	71	73	67	68	69
	5	112	112	119	102	102	106	95	95	98	88	88	91	83	83	86	79	80	82
	6	129	129	139	116	116	123	108	109	114	101	101	105	95	95	100	91	91	94
	7	145	145	162	130	130	141	122	122	130	113	113	120	107	107	112	102	102	106
	8	159	159	190	145	145	162	134	134	147	125	125	134	118	118	126	113	113	117
	10	189	188	280	170	170	212	159	159	187	148	148	167	140	140	155	134	134	140
	12	217	216	∞	195	195	325	182	181	250	170	169	211	160	159	190	153	153	163

Армирование вдоль опор

H sot	4	58	58	59	50	50	51	46	46	46	41	41	41	38	38	37	35	34	35
	6	88	88	92	78	78	81	72	72	75	66	66	68	61	61	63	58	58	59
	8	99	99	105	87	87	90	78	78	81	70	70	73	65	65	67	61	61	62
	10	120	120	134	106	106	114	97	97	102	88	88	92	81	81	84	77	77	79
X sot	16	201	201	∞	181	181	262	169	169	216	156	156	188	148	148	171	141	141	159
	20	234	234	∞	211	211	∞	196	196	344	182	182	253	172	172	219	165	165	200
X5 sot	25	247	247	∞	222	222	∞	206	206	∞	191	191	350	180	180	262	172	172	230
	32	278	278	∞	251	251	∞	233	233	∞	216	216	∞	203	203	∞	194	194	600

Армирование поперек опор

Вид листа	нагрузка	I - 0.3 кПа			II - 0.45 кПа			III - 0.6 кПа			IV - 0.8 кПа			V - 1.0 кПа			VI - 1.2 кПа		
	закреплены	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.
	толщина																		
H sot	4	70	70	72	63	63	65	59	59	61	55	55	56	52	52	53	50	50	51
	6	99	99	103	89	89	93	83	83	86	77	77	80	73	73	76	70	70	72
	8	121	121	127	109	109	114	102	102	∞	95	95	98	90	90	93	86	86	88
	10	141	141	152	128	128	134	119	119	124	111	111	115	105	105	109	100	100	104
X sot	16	208	208	450	188	188	255	174	174	216	162	162	190	154	154	174	147	147	162
	20	234	234	∞	212	212	∞	197	197	338	184	184	250	173	173	219	166	166	182
X5 sot	25	254	254	∞	230	230	∞	213	213	800	198	198	306	188	188	255	179	179	200
	32	288	291	∞	259	259	∞	242	242	∞	225	225	∞	212	212	650	203	203	227

Примечание: 2 ст. - закрепление по двум сторонам листа, 3 ст. - по трем сторонам, 4 ст. - по четырем сторонам листа.

Максимально допустимые радиусы круговых панелей

Таблица 25

Вид листа	Зона	I - 0.3 кПа				II - 0.45 кПа				III - 0.6 кПа				V - 0.8 кПа				V - 1.0 кПа				VI - 1.2 кПа			
		h мм	1	0,5г	0,5в	0,25	1	0,5г	0,5в	0,25	1	0,5г	0,5в	0,25	1	0,5г	0,5в	0,25	1	0,5г	0,5	0,25	1	0,5г	0,5в
Монолитный	2	37,4	62,4		81,6	33,8	56,2		73,8	31,4	52,3		68,8	29,2	48,8		64,1	27,6	46,1		60,5	26,5	44,1		57,8
	4	62,9	105		138	56,6	94,5		124	52,7	88,3		116	49,2	82		108	46,5	77,3		102	44,4	74,2		97,3
	5	74,2	124		162	67,2	112		147	62,5	104		137	58,2	96,9		127	55,1	91,8		120	52,5	87,5		115
	6	85,2	142		187	77	128		169	71,5	120		157	66,7	111		146	62,9	105		138	60,2	101		132
	7	95,7	159		209	86,3	144		189	80,5	134		176	74,4	125		164	70,7	118		155	67,6	112		148
	8	105	177		231	95,3	159		209	88,7	148		195	82,8	138		181	78,1	130		171	74,6	125		163
	10	125	208		273	113	188		247	105	175		230	97,7	163		214	92,2	154		203	88,3	147		194
	12	143	239		314	129	216		283	120	201		264	112	187		245	106	177		233	101	169		222
	H sot	4	43,4	76,2	66,4	87,4	39	68,8	58,6	82,4	35,9	63,7	53,5	77,3	33,2	59,4	48,7	71,5	31,2	55,9	45,3	67,2	29,7	53,5	42,6
6		62,5	108	99,6	122	56,2	97,3	88,7	118	52,2	90,6	81,6	113	48,4	84,4	75	105	45,6	79,7	69,9	98,8	43,3	75,8	66,4	93,8
8		75	131	115	148	67,2	119	101	140	62,1	110	92,2	134	57,4	102	84	123	53,9	96,5	78,1	116	51,5	92,2	73,4	110
10		88,7	154	138	173	79,3	139	122	164	73,4	129	112	159	68	120	102	147	64,1	113	95,3	138	60,9	108	90,2	131
X sot	16	130	222	216	284	117	201	195	256	109	187	181	239	101	173	169	222	95,7	164	159	210	91,4	157	152	201
	20	148	252	200	325	134	227	227	294	125	211	211	273	116	196	195	255	109	186	184	241	105	177	177	230
X5 sot	25	166	279	273	362	149	252	247	328	139	234	229	305	129	218	212	283	122	206	201	267	116	197	191	255
	32	188	316	309	409	169	286	278	370	157	266	258	344	146	247	240	320	138	233	227	302	133	223	216	288

Примечание: приняты следующие обозначения колонок таблицы: 1 - полный круг; 0,5 г – полуокружность с горизонтально расположенными ребрами жесткости; 0,5 в – полуокружность с вертикально расположенными ребрами жесткости; 0,25 – четверть круга.

Круглые панели, снеговые нагрузки

Таблица 26

Вид листа	Зона	I - 0.80 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа			
		h	1	0,5 гор	0,5 верт	0,25	1	0,5 гор	0,5 верт	0,25	1	0,5 гор	0,5 верт	0,25	1	0,5 гор	0,5 верт	0,25	1	0,5 гор	0,5 верт	0,25	1	0,5 гор	0,5 верт
Mono	2	29,2	48,8		64,1	26,5	44,1		57,8	24,6	41		53,9	22,2	37,1		48,7	20,7	34,4		45,3	19,5	32,6		42,9
	4	49,2	82		108	44,4	74,2		97,3	41,4	68,8		90,6	37,4	62,4		81,6	34,8	57,8		76,2	32,8	54,7		71,9
	5	58,2	96,9		127	52,5	87,5		115	48,8	81,6		107	44,1	73,4		96,9	41	68,4		89,8	38,9	64,8		85,2
	6	66,7	111		146	60,2	101		132	56,1	93,4		123	50,7	84,4		111	47,2	78,5		103	44,5	74,2		97,7
	7	74,4	125		164	67,6	112		148	62,9	105		138	56,9	94,9		124	52,9	88,3		116	50	83,6		109
	8	82,8	138		181	74,6	125		163	69,5	116		152	62,9	105		138	58,5	97,7		128	55,4	92,2		121
	10	97,7	163		214	88,3	147		194	82	137		180	74,2	124		162	69,1	115		152	65,2	109		143
	12	112	187		245	101	169		222	94,1	157		206	85,1	142		187	79,3	132		173	75	125		164
	H sot	4	33,2	59,4	48,7	71,5	29,7	53,5	42,6	63,7	27,5	49,6	38,7	58,6	24,6	44,7	33,6	52,3	22,7	41,4	30,5	48	21,3	39,3	28,3
6		48,4	84,4	75	105	43,3	75,8	66,4	93,8	40,2	70,7	60,5	86,7	35,9	63,7	53,5	77,3	33,2	59,3	48,7	71,5	31,2	55,9	45,3	67,1
8		57,4	102	84	123	51,5	92,2	73,4	110	47,6	85,5	66,8	101	42,5	77,3	58,2	90,2	39,1	71,5	52,7	82,8	36,7	67,6	48,8	77,7
10		68	120	102	147	60,9	108	90,2	131	56,2	101	82	121	50,4	90,6	71,9	108	46,5	84,4	65,2	99,2	43,8	79,3	60,5	93,4
X sot	16	101	173	169	222	91,4	157	152	201	85,2	146	141	187	77	132	128	169	71,5	123	119	157	67,6	116	112	148
	20	116	196	195	255	105	177	177	230	97,3	165	164	214	87,9	149	148	193	81,6	139	138	180	77,3	131	130	170
X5 sot	25	129	218	212	283	116	197	191	255	109	183	178	238	97,7	165	160	214	90,6	153	148	198	85,5	145	140	188
	32	146	247	240	320	133	223	216	288	123	207	200	267	110	187	180	241	102	173	166	223	93,8	164	157	211

Примечание: 1 - круглая панель, 0,5 гор - полуокруг с горизонтальными ребрами жесткости, 0,5 верт - полуокруг с вертикальными ребрами жесткости, 0,25 - четверть круга.





Шаг обрешетки x (см) на плоских кровлях

Таблица 27

Вид листа	Нагрузка L толщина	I - 0.8 кПа			II - 1.2 кПа			III - 1.6 кПа			IV - 2.4 кПа			V - 3.2 кПа			VI - 4.0 кПа		
		210	105	70	210	105	70	210	105	70	210	105	70	210	105	70	210	105	70
Mono	2	45,6	45,9	42,6	41,2	41,3	38,3	38,3	38,3	35,4	34,6	34,6	31,9	28,1	31,9	29,5	30,5	30,5	28
	4	77	80,9	89,1	69,1	71,9	73,4	64,5	66	65,6	58,1	59	57	56,2	54,7	52,5	51,2	51,6	48,8
	5	91	102	200	82	88,3	105	76,2	80,5	87,5	68,8	71,1	71,7	64,1	65,6	64,5	60,5	61,7	60,2
	6	104	130	∞	94,1	108	400	87,5	96,5	138	79,3	84	95,3	73,4	77	80,9	69,5	71,9	73,4
	7	117	178	∞	106	134	∞	98,4	116	∞	89,1	98,4	150	82,8	89,1	107	78,1	85,9	92,2
	8	130	600	∞	117	178	∞	109	143	∞	98,4	116	∞	91,4	102	245	86,3	94,5	125
	10	156	∞	∞	140	∞	∞	130	550	∞	116	172	∞	108	141	∞	102	124	∞
	12	184	∞	∞	163	∞	∞	150	∞	∞	134	∞	∞	125	275	∞	118	178	∞
	12	184	∞	∞	163	∞	∞	150	∞	∞	134	∞	∞	125	275	∞	118	178	∞
H sot	4	56,6	56,6	52,8	51,2	51,2	47,3	47,5	47,7	43,8	42,8	43	39,4	39,7	40	36,6	37,5	37,8	34,7
	6	80,1	82,8	84,2	72,3	73,8	71,6	67,2	68	65,1	60,5	60,9	57,4	56,5	56,6	52,5	53,5	53,5	49,5
	8	97,7	104	109	88,3	91,4	90,2	82	84	80,9	74,2	75	70,5	69	69,5	65,1	65,2	65,6	61
	10	115	132	315	103	112	125	96,1	102	119	86,7	89,8	105	80,9	82,4	78,8	76,6	77,3	73,3
X sot	16	173	∞	∞	155	∞	∞	143	∞	∞	128	250	∞	119	169	∞	112	145	∞
	20	203	∞	∞	179	∞	∞	164	∞	∞	147	∞	∞	∞	∞	∞	112	375	∞
X5 sot	25	223	∞	∞	195	∞	∞	179	∞	∞	159	∞	∞	147	∞	∞	138	∞	∞
	32	267	∞	∞	230	∞	∞	208	∞	∞	184	∞	∞	172	∞	∞	158	∞	∞

Шаг обрешетки x (см) при закреплении с трех сторон

Таблица 28

Вид листа	Нагрузка L толщина	I - 0.8 кПа			II - 1.2 кПа			III - 1.6 кПа			IV - 2.4 кПа			V - 3.2 кПа			VI - 4.0 кПа		
		210	105	70	210	105	70	210	105	70	210	105	70	210	105	70	210	105	70
Mono	2	16,9	17,6	18,5	15,2	15,8	16,3	14,2	14,7	15	12,8	13,2	13,5	11,9	12,2	12,5	11,2	11,5	11,8
	4	29,5	32,3	∞	26,4	28,1	43,4	24,4	25,8	33,2	21,9	22,9	26,6	20,3	21,1	23,4	19,1	19,9	21,7
	5	35,1	43	∞	31,5	35,5	∞	29,3	32	∞	26,2	27,9	42,2	24,2	25,6	32,8	22,9	23,9	28,8
	6	40,4	64,1	∞	36,3	46,5	∞	33,6	39,8	∞	30,4	33,6	∞	28,1	30,5	450	26,5	28,3	43,8
	7	45,7	∞	∞	41	68,8	∞	37,9	52	∞	34,2	41	∞	31,6	35,9	∞	30	33,2	∞
	8	51,6	∞	∞	45,7	∞	∞	42,2	100	∞	37,9	51,6	∞	35,2	43,4	∞	33,2	39,1	∞
	10	64,1	∞	∞	55,9	∞	∞	51,2	∞	∞	45,3	∞	∞	42	87,5	∞	39,5	59,4	∞
	12	79,7	∞	∞	67,2	∞	∞	60,9	∞	∞	53,4	∞	∞	48,8	∞	∞	46	∞	∞
	12	79,7	∞	∞	67,2	∞	∞	60,9	∞	∞	53,4	∞	∞	48,8	∞	∞	46	∞	∞
H sot	4	21,7	21,6	∞	19,3	19,4	∞	18,1	18,1	∞	16,3	16,3	16,4	15,1	15,2	15,2	14,3	14,4	14,4
	6	30,5	31,8	∞	27,3	28,1	∞	25,4	26	∞	22,9	23,2	24,5	21,4	21,6	22,3	20,2	20,4	20,8
	8	37,3	39,8	∞	33,6	34,8	∞	31,2	32	∞	28,1	28,5	30,5	26,2	26,4	27,5	24,8	24,9	25,7
	10	43,8	52	∞	39,5	43,4	∞	36,6	39	∞	33,1	34,2	40,2	30,8	31,3	34,8	29	29,5	31,6
X sot	16	71,9	∞	∞	62,1	∞	∞	56,6	∞	∞	50	∞	∞	46,1	∞	∞	43,4	81,2	∞
	20	93	∞	∞	75,8	∞	∞	67,6	∞	∞	58,6	∞	∞	53,5	∞	∞	50	∞	∞
X5 sot	25	106	∞	∞	84,4	∞	∞	74,2	∞	∞	63,7	∞	∞	57,8	∞	∞	53,9	∞	∞
	32	∞	∞	∞	112	∞	∞	92,2	∞	∞	76,2	∞	∞	68	∞	∞	62,9	∞	∞







Шаг обрешетки арок из монолитного поликарбоната

Таблица 30

Расстояние между стропилами 210 см

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа			
	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12
1.8																								
2.0																								
2.2																								
2.4																							101	
2.6																							97	
2.8																							84	
3.0																							82	
3.2													108										81	109
3.4													91										81	100
3.6													89											95
3.8													110											93
4.0													98											92
4.2													95											91
4.4													93											
4.6													92											122
4.8																								114
5.0														119										112
5.2														109										110
5.4														106										108
5.6														105										107
5.8														113										106
6.0														109										
6.2														106										
6.4														105										152
6.6														104										140
6.8														103										134
7.0																								131
5.0			81																					
5.2																								
7.2																								129
7.4																								128
7.6																								127

Продолжение таблицы 30

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа			
	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12
7.8																								
8.0																								
8.2																								
8.4																								
8.6																								
8.8																								
9.0																								
9.2																								
9.4																								
9.6																								
9.8																								
10.0																								
10.2																								
10.4																								
10.6																								
10.8																								
11.0																								
11.2																								
11.4																								
11.6																								
11.8																								
12.0																								
12.2																								
12.4																								
12.6																								
12.8																								
13.0																								
13.2																								
13.4																								
13.6																								

Продолжение таблицы 30

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа			
	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12	7	8	10	12
13.8																								
14.0																								199
14.2																								180
14.4		163																						176
14.6		144																						173
14.8		143																						171
15.0		142																						170
15.2		141																						168
15.4		141																						167
15.6		140																						166
15.8		139																						
16.0																								
16.2																								
16.4																								
16.6																								204
16.8																								197
17.0			190																					192
17.2			183																					189
17.4			178																					186
17.6			176																					184
17.8			175																					181
18.0			174																					180
18.2																								
18.4																								
18.6																								
18.8																								

Примечание: Минимальный радиус изгиба листов толщиной 7 мм равен 105 см, толщиной 7 мм – 120 см, толщиной 10 мм – 150 см, толщиной 12 мм – 180 см.

Шаг обрешетки x (см) для арочного остекления из сотового поликарбоната

Таблица 31

Расстояние между стропилами 210 см

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа			
	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
0.7	56				47				42				35				30				27			
0.8	55				47				42				35				30				27			
0.9	55				47				42				35				30				27			
1.0	55																							
1.1		#			75				66				57				49				44			
1.2					75				66				57				49				44			
1.3					74				66				57				49				44			
1.4			#		74	#			65	88			72				64				57			
1.5					74				86				72				64				57			
1.6									84				72				64				57			
1.7		92		#				#	83	#			87				79				69			
1.8		86							82				87				79				69			
1.9		84						99					86				79				69			
2.0		82						94					86				79				69			
2.2		81						91					86				79				69			
2.4		80						90					86				79				69			
2.6		80						89					86				79				69			
2.8			112					89	114				86				79				69			
3.0			106						110				86				79				69			
3.2			103						108				86				79				69			
3.4			102						107				86				79				69			
3.6			101						106				86				79				69			
3.8													86				79				69			
4.0													86				79				69			
4.2													86				79				69			
4.4													86				79				69			
4.6													86				79				69			
4.8													86				79				69			
5.0													86				79				69			
5.2													86				79				69			
5.4													86				79				69			
5.6													86				79				69			
5.8													86				79				69			
6.0													86				79				69			
6.2													86				79				69			





Шаг обрешетки x (см) для арочного остекления из сотового поликарбоната

Таблица 32

Расстояние между стропилами 210 см

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа							
	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32
2.8	#				#				#				#				122				109							
3.0																	120				108							
3.2																	118				108							
3.4		#				#				#			149	#			117	145			116	126						
3.6													137				117	141			115	125						
3.8													133					139			115	125						
4.0													131					137				124						
4.2			#				#				#	129	175	#			136	151			124	136						
4.4												128	167				135	149				135						
4.6												127	160	194			134	148				135						
4.8												126	156	180			133	147										
5.0												126	153	174			133	146										
5.2													165				151	171										
5.4				#				#				157		#		150	169	#				176					157	
5.6												152				149	167					175					157	
5.8												150				148	165	238				174					157	
6.0												148				147	164	227				174						
6.2												147				163	213											
6.4							179					146						209										
6.6							169					145	202					205										
6.8							164					191						202										
7.0							162					185						200										
7.2							161					182	214					198										
7.4							159					179	210					197										
7.6							157					177	204					196										
7.8							156	220				175	201															
8.0							155	204				174	199															
8.2							155	198				173	197															
8.4							194					172	195	303														
8.6							192	228				193	242															
8.8							189	224				193	237															
9.0							187	219				233																

Продолжение таблицы 32

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа							
	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32
9.2																	186	215			230							
9.4																	185	213			228							
9.6																	184	211			225							
9.8	234																209				224							
10.0	215																208											
10.2	200																			259								
10.4	194	244																		252								
10.6	191	229																		250								
10.8	188	222																		248								
11.0	185	219																		245								
11.2	183	215																		243								
11.4	182	213	276																	241								
11.6		211	265																	239								
11.8		209	255																	238								
12.0		208	251																	237								
12.2			247																	236								
12.4			244																	235								
12.6			241																									
12.8			239																									
13.0			238																									
13.2			236																									
13.4			235	331																								
13.6				320																								
13.8				306																								
14.0				300																								
14.2				294																								
14.4				291																								
14.6				286																								
14.8				284																								
15.0				281																								
15.2				279																								
15.4				278																								







Продолжение таблицы 34

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа			
	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
4.0								72								90								
4.2						87																		
4.4						84									119									
4.6						82									106									
4.8						80					101				103									
5.0						79					97				100									
5.2											94				99									
5.4											92				97									
5.6											91				96									
5.8											90													
6.0																								
6.2		110					115																	
6.4		98					110																	
6.6		95					106																	
6.8		94					104				146													
7.0		93					103				122													
7.2											119													
7.4											117													
7.6											115													
7.8											114													

Шаг обрешетки x (см) для арочного остекления из сотового поликарбоната

Таблица 35

Расстояние между стропилами 105 см

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа			
	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32
2.8	#				#				#				#				#				#			145
3.0																								124
3.2																							213	119
3.4		#							#				#	#							161	#		116 170
3.6																					133	#		115 145
3.8																					128	#		115 139
4.0																							126 285	136
4.2																							123 173 #	133 149
4.4																							122 155 199	132 146
4.6																							121 149 172	131 144
4.8																							146 166	130 142
5.0																							140 161	141
5.2																							142 158	141
5.4																							141 156 235	170
5.6																							140 154 207	168
5.8																							169 208	153 199
6.0																							164 189	152 194
6.2																							161 183	151 189
6.4																							159 179	186
6.6																							172	185
6.8																							164	183
7.0																							159	182
7.2																							157	180
7.4																							156	179
7.6																							154	229
7.8																							199	221
8.0																							181	217
8.2																							175	213
8.4																							173	211
8.6																							170	208
8.8																							168	206
9.0																							166	219
9.2																							165	213





Продолжение таблицы 35

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа			
	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32
9.4																								
9.6												183	210											
9.8												182	207											
10.0												206												
10.2	215											205	274											
10.4	200												262											
10.5	194												254											
10.8	191												249											
10.8	188												246											
11.0	185												243											
11.2	183												240											
11.4	182												238											
11.6	181												236											
11.8																								
12.0																								
12.2																								
12.2		278											287											
12.4		256											278											
12.6		243											275											
12.8		237											269											
13.0		233											265											
13.2		229											262											
13.4		226	313										259											
13.6		223	289										257											
13.8		221	274																					
14.0			266																					
14.2			262																					
14.4			258	316																				
14.6			255	306																				
14.8			253	296																				
15.0				294																				
15.2				293																				
15.4				292																				
15.6																								
15.8																								

Шаг обрешетки арок из монолитного поликарбоната

Таблица 36

Расстояние между стропилами 70 см

Нагрузка толщина, мм Радиус изгиба, мм	I - 0.8 кПа			II - 1.2 кПа			III - 1.6 кПа			IV - 2.4 кПа			V - 3.2 кПа			VI - 4.0 кПа								
	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5						
1.4																								
1.6																								
1.8																								
2.0																								
2.2																								
2.4																								
2.6																								
2.8																								
3.0																								
3.2																								
3.4																								
3.6																								
3.8																								
4.0																								
4.2																								
4.4																								
4.6																								
4.8																								
5.0																								
5.2																								
5.4																								
5.6																								
5.8																								
6.0																								
6.2																								
6.4																								
6.6																								
6.8																								





Продолжение таблицы 37

Нагрузка Толщина, мм Радиус изгиба, м	I - 0.8 кПа				II - 1.2 кПа				III - 1.6 кПа				IV - 2.4 кПа				V - 3.2 кПа				VI - 4.0 кПа				
	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	
5.8														112										98	
6.0														101											96
6.2														98											95
6.4														94											
6.6											104			92											
6.8											94			91									126		
7.0											90			90									117		
7.2											88			89									112		
7.4											87			88									110		
7.6											86												107		
7.8																							105		
8.0																							104		
8.2																									
8.4																									
8.6																									
8.8																									
9.0																									
9.2																									
9.4												132													
9.6							122					120													
9.8							115					118													
10.0							109					116													
10.2							106					114													
10.4							103					112											151		
10.6							102					110											137		
10.8							101					109											134		
11.0																							131		
11.2																							128		
11.4																							127		
11.6																									



# AS STROY HOLDING

**Республика Казахстан, г. Алматы  
ул. Чайковского 22, офис 109, 110  
тел.: 8 (727) 233 5743, 327 0679  
факс: 8 (727) 233 5725, 279 6395**

**e-mail: [alstroy\\_k@mail.ru](mailto:alstroy_k@mail.ru)  
[www.alstroy.kz](http://www.alstroy.kz)**

