

Использование модульных систем из поликарбоната в строительстве спортивных сооружений

С. Г. Абрамян, Д. А. Артемова, А. В. Грунин

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Рассматривается применение поликарбонатных модульных систем при устройстве светопрозрачных наружных ограждающих конструкций спортивных сооружений. На основе сравнения значений светопропускаемости распространенных светопрозрачных материалов отмечается, что они уступают практически всем материалам. В табличной форме приведены некоторые характеристики сотовых поликарбонатных листов в зависимости от слоев и структуры сот. Подчеркивается также, что существующие замковые соединения для сборки больших плоскостных структур не всегда отвечают требованиям технологичности и безопасности выполнения работ.

Ключевые слова: поликарбонатные модульные системы, сотовый поликарбонат, светопропускаемость, структура сот, замковые соединения.

Модульные системы из светопрозрачных материалов являются одним из основных элементов в строительстве современных уникальных сооружений. Их также нередко используют при строительстве спортивных сооружений с наружными вертикальными, горизонтальными и наклонными ограждающими конструкциями, полностью или частично выполненными из натуральных и полимерных светопрозрачных материалов или структурных изделий из них. Например, стадион в Стокгольме, устройство фасада которого выполнено исключительно из стекла, стадион «Фишт» в Сочи, построенные и реконструированные стадионы в России для проведения чемпионата мира по футболу 2018 года с использованием энергоэффективного стекла, ультрапрочной мембранной пленки ETFE (Ethylene Tetrafluoroethylene), поликарбоната и других материалов.

Тенденция возведения энергоэффективных спортивных сооружений с применением светопрозрачных покрытий наблюдается также в строительстве катарских стадионов, где будут проходить игры мундиала 2022 года.

Столь пристальное внимание к светопрозрачным покрытиям объясняется также возможностью создания спортивных сооружений с

оригинальными неповторяющимися архитектурными формами и дизайном (рис. 1) [1], отличающиеся одновременно инженерными, экономическими и экологическими решениями [2—5].

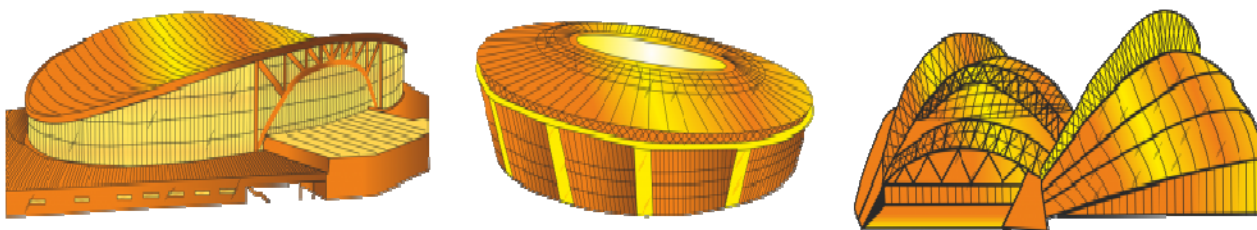


Рис. 1. — Внешний вид спортивных сооружений с применением поликарбоната [1]

Как показывает анализ научных публикаций, в последнее время вместе со светопропускающей пленкой на основе фторопласта-40 (пленка ETFE) особое распространение имеют модульные системы из монолитного и сотового поликарбоната. Необходимо также отметить, что изобретенные в прошлом столетии поликарбонат и пленка ETFE в настоящее время занимают лидирующие позиции на мировом строительном рынке светопропускающих материалов. Уникальность поликарбоната заключается в парадоксальном сочетании самых важных потребительских характеристик: высокая ударпрочность, легкий вес, светопрозрачность и гибкость, легкость монтажа и химическая стойкость. И главное, возможность осуществлять любые формы при проектировании без нарушения физико-механических свойств конструкции.

По сравнению с монолитным поликарбонатом (МПК) сотовый поликарбонат (СПК) более энергоэффективный, в связи с чем в мегасооружениях он получил наибольшее применение. Энергоэффективность объектов спортивного назначения (других тоже) с модульными системами (конструктивными элементами) из сотового поликарбоната обеспечивается за счет самих конструкций (с одной стороны,

в сотах сохраняется источник тепла, позволяющий снизить затраты энергии на обогрев помещения, и, с другой стороны, светопрозрачность модулей сокращает энергозатраты на искусственное освещение). Лист из СПК толщиной 4 мм удерживает такое же количество тепла, как и двойной стеклопакет [4].

По светопропускаемости сотовый поликарбонат практически уступает всем светопрозрачным материалам, кроме полиэстера (рис. 2).

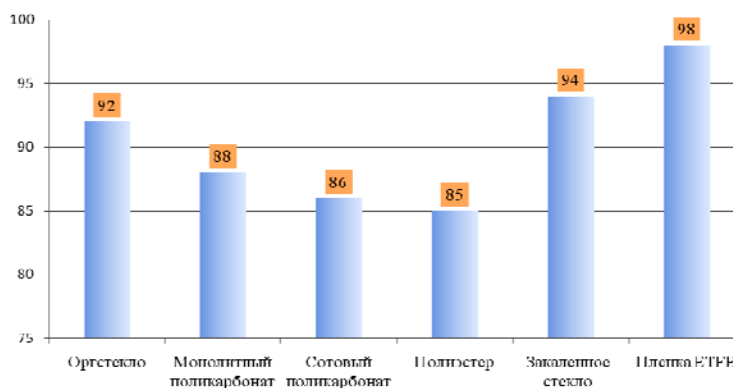


Рис. 2. — Максимальное значение светопропускаемости некоторых материалов, применяемых для светопрозрачных наружных покрытий, %

Значение светопропускаемости меняется в зависимости от цветовой палитры листов. Для повышения самоочищения листов на внешнюю поверхность модульных систем из СПК наносят дополнительное покрытие с включением TiO_2 , что, согласно исследованиям авторов [6], снижает светопропускаемость примерно на 10...15 %.

Вместе с тем авторы статьи [6] отмечают, что, несмотря на линейную зависимость светопропускания от толщины наносимого слоя (чем больше толщина покрытия, тем меньше светопропускаемость), дополнительное покрытие улучшает твердость и устойчивость к царапинам модульных систем из СПК и МПК.

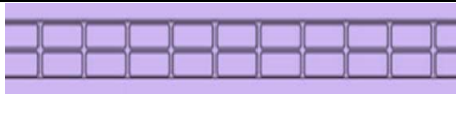
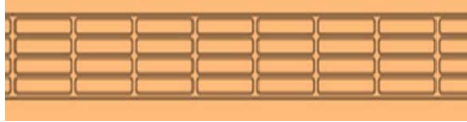
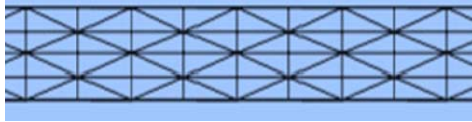
В совокупности с другими преимуществами, к которым относятся также шумоизоляция, высокая стойкость к неблагоприятным условиям

внешней среды и т. д., модульные системы из СПК успешно применяют для устройства фасадов и кровель. По разным данным, температурный режим, при котором можно эксплуатировать этот материал, составляет – 40...+130 °С. В таблице № 1, которая составлена по данным [7, 8], приведены самые распространенные виды сотового поликарбоната по толщине, удельному весу и другим характеристикам.

Таблица № 1

Некоторые характеристики сотовых поликарбонатных листов
в зависимости от слоев и структуры сот

Количество слоев и структура сот	Толщина листа, мм	Удельный вес, кг/м ²	Расстояние между ребрами жесткости, мм
Двухслойная прямоугольными сотами 	4	0,8	6
	6	1,3	6
	8	1,5	10,5
	10	1,7	10,5
Трехслойная прямоугольными сотами с дополнительными наклонными перегородками 	16	2,5	25
Двухслойная прямоугольными сотами	16	2,8	16

			
Пятислойная прямоугольными сотами 	20	3,1	20
Пятислойная прямоугольными сотами с дополнительными наклонными перегородками 	25	3,4	20

Толщина пятислойных листов с прямоугольной структурой сот может колебаться в пределах 16...20 мм.

Относительно малый удельный вес (существуют материалы, которые еще легче) этого материала, большой выбор по цветовой гамме и т. д. для многих производителей являются решающими факторами для создания модульных светопрозрачных структур из этого материала. Вес монолитного поликарбоната, при одинаковой толщине массива, в 5 раз меньше, а сотовый в 25 раз легче закаленного стекла.

В принципе модульные системы из поликарбоната отличаются от обычных листов тем, что представляют собой комплекс элементов, соединяющихся между собой герметичным и прочным креплением — интегрированными замками.

Хотя во многих исследованиях подчеркивается, что листы из поликарбоната легко между собой соединяются, практика показывает, что на современном этапе развития имеющиеся способы технологичны для сборки

листов из монолитного поликарбоната. Особый интерес в этом направлении представляет научная работа [9]. Существующие замковые соединения, в виде отдельных профилей, или же готовые листы с замковыми соединениями, в том числе и инновационные [10] и др., для создания больших плоскостных модульных структур из СПК не полностью отвечают современным требованиям технологичности и безопасности выполнения работ, что требует новых разработок.

Литература

1. Спортивные сооружения. URL: carboglass.pro/catalogue/sportivnye-sooruzheniya (дата обращения: 07.02.2019).
2. Абрамян С. Г., Фарниев Д. К., Оганесян О. В. Устройство светопрозрачных кровель. Часть 1. Традиционные материалы и изделия // Инженерный вестник Дона. 2016. № 2. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_102_Abramian_N.pdf_a2fd254bea.pdf.
3. Абрамян С. Г., Фарниев Д. К., Оганесян О. В. Устройство светопрозрачных кровель. Часть 2. Инновационные технологии и материалы // Инженерный вестник Дона. 2017. № 1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37_Abramian.pdf_d56f40c303.pdf.
4. Абрамян С. Г., Ишмаметов Р. Х. Устройство светопрозрачных покрытий современных зданий и сооружений : монография. Волгоград : ВолгГТУ, 2017. 131 с.
5. Соловьева Е. В., Боброва А. С., Сергеева Е. Ю. Современные светопрозрачные конструкции с использованием пленок на основе ETFE-полимера // Научные труды КубГТУ. 2018. № 9. С. 332—342. URL: ntk.kubstu.ru/file/2340 (дата обращения: 01.02.2019).
6. Yaghoubi H., Taghavinia N., Alamdari EK. Self Cleaning TiO₂ Coating on Polycarbonate: Surface Treatment, Photocatalytic and Nanomechanical

Properties // Surface & Coatings technology. 2010. Vol. 204 (Iss. 9-10). Pp. 1562—1568. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2009.09.085.

7. Технические характеристики сотового поликарбоната. URL: srbu.ru/stroitelnye-materialy/237-tekhnicheskie-kharakteristiki-sotovogo-polikarbonata.html (дата обращения: 07.02.2019).

8. Артемова Д. А. Сравнительные характеристики известных марок сотового поликарбоната // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Научные исследования высшей школы в области строительства и архитектуры». Уфа: Аэтерна, 2018. С. 27—32.

9. Jang M., Park, S., Lee NY. Polycarbonate Bonding Assisted By Surface Chemical Modification without Plasma Treatment and Its Application for the Construction of Plastic-Based Cell Arrays // SENSORS AND ACTUATORS A-PHYSICAL. 2014. Vol. 206. Pp. 57—66. DOI: 10.1016/j.sna.2013.11.022.

10. Сотовые поликарбонатные панели с замковым креплением Novattro PROF (14 лет гарантии). URL: helvetica.perm.ru/catalogue/view/355 (дата обращения: 07.02.2019).

References

1. Sportivnye sooruzheniya [Athletic facilities]. URL: carboglass.pro/catalogue/sportivnye-sooruzheniya.

2. Abramyan S. G., Farniev D. K., Oganessian O. V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016. № 2. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_102_Abramian_N.pdf_a2fd254bea.pdf.

3. Abramyan S. G., Farniev D. K., Oganessian O. V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017. № 1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37_Abramian.pdf_d56f40c303.pdf.

4. Abramyan S. G., Ishmametov R. Kh. Ustrojstvo svetoprozrachnyh pokrytij sovremennyh zdaniy i sooruzhenij [The device of translucent coatings of modern buildings and structures]. Volgograd: VolgGTU, 2017. 131 p.

5. Solovyova E. V., Bobrova A. S., Sergeeva E. Yu. Nauchnye trudy KubGTU. 2018. № 9. Pp. 332—342. URL: ntk.kubstu.ru/file/2340/.
6. Yaghoubi H., Taghavinia N., Alamdari EK. Self Cleaning TiO₂ Surface & Coatings technology. 2010. Vol. 204 (Iss. 9-10). Pp. 1562—1568. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2009.09.085.
7. Tekhnicheskie harakteristiki sotovogo polikarbonata [Technical characteristics of cellular polycarbonate]. URL: srbu.ru/stroitelnye-materialy/237-tekhnicheskie-kharakteristiki-sotovogo-polikarbonata.html.
8. Artyomova D. A. Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauchnye issledovaniya vysshej shkoly v oblasti stroitel'stva i arhitektury» [Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference «Scientific research of higher education in the field of construction and architecture»]. Ufa, 2018. Pp. 27—32.
9. Jang M., Park, S., Lee NY. SENSORS AND ACTUATORS A-PHYSICAL. 2014. Vol. 206. Pp. 57—66. DOI: 10.1016/j.sna.2013.11.022.
10. Sotovyje polikarbonatnye paneli s zamkovym krepleniem Novattro PROF (14 let garantii) [Cellular polycarbonate panels with lock fastening Novattro PROF (14 years warrants)]. URL: helvetica.perm.ru/catalogue/view/355.