

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТОВЫХ СТЕКОЛ

к.т.н. О.А.Гладушко, к.т.н. А.Г.Чесноков, ОАО «Институт Стекла», Москва

Одним из основных требований, предъявляемых к качеству стекла листового строительного назначения, является высокий уровень пропускания света – видимой составляющей солнечного излучения в диапазоне длин волн 380 – 780 нм, хотя нормативные документы могут не содержать, как это имеет место в европейских стандартах [1], непосредственных указаний относительно коэффициента светопропускания. В Российских же стандартах всегда оговаривались конкретные значения этой величины. Так стекла толщиной 4 мм наиболее качественных марок M_1 , M_2 согласно нормативным требованиям, действовавшим до 2001 г. [2], должны обеспечивать коэффициент светопропускания не менее 88 %, а стекла менее качественных марок M_3 – M_8 – не менее 85 %. В действующем в настоящее время нормативе [3] оговорены минимально допустимые значения коэффициентов светопропускания только в зависимости от толщины без указания марки (для 4-х мм стекла эта величина составляет 88 %).

В рекламных сведениях о продукции обязательно содержатся данные о пропускании видимой части солнечного излучения, т.е. света (коэффициент направленного светопропускания). Помимо этого часто указывается также пропускание солнечного излучения в более широком интервале длин волн – от 300 до 2500 нм, т.е. включающем часть ультрафиолетового, видимый и ближний инфракрасный диапазоны. В технической терминологии эти характеристики принято называть, соответственно, пропусканием света (τ_{vl}) и пропусканием солнца (τ_{el}).

Коэффициент пропускания (качество) стекла определяется как уровнем технологического процесса, так и качеством применяемых сырьевых материалов. Современный флоат-способ производства позволяет получить листовое стекло с минимумом дефектов, искажающих ход лучей и снижающих уровень направленного пропускания. Передовые зарубежные и отечественные производители выпускают стекло, превосходящее по качеству требования нормативов. Например, четырехмиллиметровое флоат-стекло отечественных Борского, Салаватского, Саратовского стекольных заводов реально пропускает более 90 % света (что обусловлено не только применяемым высокотехнологичным производственным процессом, но и высоким качеством исходного сырья).

Известно [4], что прозрачность стекла для видимого излучения обусловлена тем, что химически чистое натрий-кальций-силикатное стекло имеет такое строение решетки и энергетических зон, что интенсивное поглощение энергии за счет электронных переходов между зонами (фундаментальное поглощение) начинается в ультрафиолетовом диапазоне примерно с 300 – 350 нм и далее в сторону увеличения энергии квантов $E=h\nu=h/\lambda$ (h – постоянная Планка, ν - частота электромагнитной волны, λ - длина волны) и, соответственно, уменьшения длин волн, а поглощение за счет колебаний решетки происходит в инфракрасном диапазоне примерно с 2500 нм и далее в сторону бо`льших длин волн. То есть, «чистое» (без примесей) стекло должно быть прозрачно в области ~300–2500 нм. Наличие красящих примесей приводит к появлению дополнительных уровней внутри запрещенных энергетических зон и, как следствие, к появлению дополнительных избирательных полос поглощения в указанном интервале и смещению его границ в сторону сужения.

Поэтому вопрос о чистоте сырья в производстве листового стекла стоит достаточно остро. В особенности это касается примесей железа, которое практически всегда в той или иной мере присутствует в кварцевых песках, полевых шпатах и доломитах, применяемых в стекловарении.

Железо в стекле может присутствовать в двух- и трехвалентном состоянии [4, 5]. Ионы 2-х валентного железа Fe^{2+} дают полосу поглощения с максимумом в области 1050 нм и тем самым уменьшают прозрачность стекла в ближней инфракрасной области. Железо в трехвалентной форме уменьшает пропускание со стороны коротковолновой границы, поскольку Fe^{3+} дает полосы поглощения с максимумами 380, 430 и 440 нм и вызывает сильное смещение границы пропускания в ультрафиолетовой области в сторону бо`льших длин волн. Поэтому в зависимости от количества железа в используемом сырье, от соотношения его двух- и трехвалентной форм, обусловленного окислительно-восстановительными условиями варки, уровень пропускания у стекла может меняться.

Уровень пропускания в ИК части для обычного потребителя не столь существенен, тогда как к пропусканию ультрафиолета следовало бы отнестись более серьезно. На южных широтах солнца в избытке и количестве ультрафиолета, проникающего сквозь остекление, можно не придавать особого значения, но при его дефиците на северных широтах, где расположена основная часть территории России, вопрос об ультрафиолете

становится весьма актуальным, поскольку человеку (как и вообще всем живым организмам) необходимо определенное его количество для поддержания нормального процесса жизнедеятельности, для дезинфекции и обеззараживания помещений [6].

В нормативных документах как в зарубежных, так и в отечественных, не содержится никаких указаний относительно пропускания УФ составляющей. Тем не менее, некоторые производители наряду со сведениями о пропускании света (τ_{vl}) и солнца (τ_{el}) указывают и уровень пропускания ультрафиолета, т.е. интегрального пропускания в диапазоне 300 – 380 нм (τ_{uv}).

В институте стекла определены все эти три величины для листовых стекол некоторых отечественных и зарубежных производителей. Измерения и расчеты коэффициента светопропускания проводились в соответствии с [7], коэффициентов солнечного и УФ-пропускания - в соответствии с [8]. Полученные данные для стекол номинальной толщиной 4 мм приведены в таблице 1.

Сравнительный анализ показывает, что продукция ведущих российских производителей флоат-стекла – Борского, Салаватского, Саратовского заводов - имеет преимущества даже перед такими признанными мировыми лидерами, как компании Пилкингтон и Сан-Гобен. Так светопропускание борского, салаватского и саратовского флоат – стекол составляет 90–91,0 %, солнечное пропускание 84–85 %, а у стекол фирм Пилкингтон и Сан-Гобен – эти показатели составляют, соответственно, 90 и 81–83 %. При этом пропускание в ультрафиолете у отечественных стекол выше: у Пилкингтон и Сан-Гобен оно не превышает 67 % (согласно рекламе и по факту*), у флоат-стеклол же борского, салаватского и саратовского заводов оно составляет 71–73 %. Это означает, что через двойное остекление (однокамерный стеклопакет) из первых стекол пройдет 30–45 % ультрафиолета, а из вторых – более 50 %. Для тройного остекления эти показатели составят, соответственно 18–30 % и 36–39 %. Наглядно «уровень проникновения» ультрафиолета в помещение в зависимости от вида остекления и УФ-пропускания исходного стекла представлен в таблице 2. Повторим, что в условиях российского климата выигрыш, даже незначительный, в доступе ультрафиолета может иметь весьма существенное значение.

Тот факт, что внешне совершенно одинаковые и имеющие практически одинаковые показатели по пропусканию света стекла могут различаться по характеристикам в

нерегистрируемой человеческим глазом, но функционально важной области солнечного спектра, должен учитываться как потребителем, так и проектировщиками при выборе материала для остекления, в особенности, когда это касается жилых помещений, детских садов, медицинских учреждений, зимних садов, теплиц и оранжерей. Существование упомянутых различий в стеклах разных производителей может также помочь в разрешении возникающих иногда споров между заказчиком и исполнителем относительно происхождения стекла, использованного в остеклении.

Список литературы

1. EN 572-1:2004 «Стекло в строительстве- Базовые продукты из натрий-кальций-силикатного стекла – Часть 1: Определения и основные физические и механические свойства»
- EN 572-2:2004 «Стекло в строительстве – Базовые продукты из натрий-кальций-силикатного стекла – Часть 2: Флоат-стекло»
- EN 572-4:2004 «Стекло в строительстве – Базовые продукты из натрий-кальций-силикатного стекла – Часть 4: Стекло листовое тянутое
2. ГОСТ 111-90 «Стекло листовое. Технические условия»
3. ГОСТ 111-2001 «Стекло листовое. Технические условия»
4. Артамонова М.В. Строение и физико-химические свойства стекла. –М.: Уч. Пособие МХТИ им.Менделеева, 1972. -162 с.
5. Справочник по производству стекла, Т.1 под ред. И.И.Китайгородского, С.И.Сильвестровича. -М.:Гос. Изд-во литературы по строительству, архитектуре и строит. материалам, 1963.-1026с
6. Популярная медицинская энциклопедия. Изд-во «Советская энциклопедия», 1984г.
7. ГОСТ 26302-93 «Стекло. Методы определения коэффициентов направленного пропускания и отражения света».
8. ISO 9050: 2003 «Стекло в строительстве - Определение светопропускания, прямого солнечного пропускания, общего пропускания солнечной энергии и ультрафиолетового пропускания и соответствующие параметры остекления»

Таблица 1

Оптические характеристики некоторых листовых стекол разных производителей
(данные приведены для номинальной толщины 4 мм)

Фирма-производитель		ОАО «Бор- ский стеколь- коль- ный за- вод»	ОАО «Сала- ватстек ло»	ОАО «Сара- товстек ло»	ОАО «Во- стек»	ЗАО Фирма «Сим- вол»	ОАО «Квар- цит»	Лиси- чан- ский стеколь- коль- ный за- вод «Проле- тарий»	Го- мель- ский стеколь- коль- ный за- вод	Компа- ния «Сан- Гобен»	Компа- ния «Пил- кинг- тон»
Марка стекла		М1	М1	М1	М5	М6	М6	М1	М6	М0	М0
Коэффициент светопропус- кания, %	Согласно рекламе или нормативам	90	91	90	не < 88	не < 88	не < 88	90	не < 88	90	90
	Фактически	90	91	91	91	90	90	91	90	90	90
Коэффициент прямого сол- нечного про- пускания, %	Согласно рекламе	–	–	–	–	–	–	–	–	83	82
	Фактически	84	85	83	81	79	78	84	82	81	82
Коэффициент УФ- пропускания, %	Согласно рекламе	–	–	–	–	–	–	–	–	56	59
	Фактически	71	71	73	66	65	58	68	67	67	66

Таблица 2

Количество ультрафиолета, попадающего в помещение в зависимости от типа остекления

УФ пропускание исходного стекла, τ_{uv} , %	Завод (фирма)-изготовитель	УФ пропускание при двойном остеклении (однокамерный стеклопакет), %	УФ пропускание при тройном остеклении (двухкамерный стеклопакет), %
73	Саратовский с/з	53	39
71	Борский с/з, Салаватский с/з	50	36
68	Лисичанский с/з	46	31
67	Сан-Гобен, Гомельский с/з	45	30
66	Пилкингтон, Востек	44	29
65	Символ	42	27
58	Кварцит	34	20

*Примечание

Расхождение экспериментальных данных и сведений, содержащихся в рекламе этих производителей, обусловлено, по всей вероятности, тем, что их заводы расположены в различных регионах и, соответственно, пользуются разными сырьевыми базами, обеспечивающими иногда лучшие показатели, чем «гарантированные» в рекламе. Отечественные заводы работают на определенном сырье, поэтому для их продукции характерна стабильность показателей.