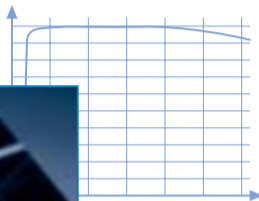


# Оптическое стекло

Описание свойств



**SCHOTT**  
glass made of ideas

# Оглавление

Предисловие .....	5	6.4 Устойчивость к щелочам, устойчивость к фосфатам ..	32
<b>1. Оптические свойства</b> .....	6	6.5 Обозначение видимых изменений поверхности .....	33
1.1 Показатель преломления, коэффициент дисперсии, маркировка стекол .....	6	6.6 Дополнение .....	33
1.2 Допуски для показателя преломления и коэффициента дисперсии .....	7	<b>7. Механические свойства</b> .....	34
1.3 Сертификаты испытаний показателей преломления и дисперсии .....	8	7.1 Твёрдость по шкале Кнупа .....	34
1.4 Однородность показателя преломления .....	10	7.2 Шлифуемость алмазным инструментом согласно стандарту ISO 12844 .....	34
1.5 Пропускание, цветовой код .....	11	7.3 Вязкость .....	35
<b>2. Внутренние свойства</b> .....	13	7.4 Коэффициент линейного термического расширения .....	36
2.1 Свилы .....	13	<b>8. Тепловые свойства</b> .....	37
2.2 Пузыри и включения .....	14	8.1 Теплопроводность .....	37
2.3 Двойное лучепреломление .....	16	8.2 Удельная теплоемкость .....	37
<b>3. Качество поставки</b> .....	18	<b>9. Справочные формулы и таблица длин волн</b> .....	38
3.1 Стандартное качество .....	18	<b>10. Разъяснение обозначений в разделе данных</b> .....	43
3.2 Повышенное качество .....	18	<b>11. Логистика</b> .....	44
<b>4. Формы поставки и допуски</b> .....	21	11.1 Приоритетное стекло .....	44
4.1 Заготовки стекла .....	21	11.2 Стекло по запросу .....	44
4.2 Обработанное стекло .....	21	11.3 Определение артикулов .....	44
4.3 Прессованные изделия .....	26	11.4 Приоритетные и запрашиваемые артикулы .....	44
<b>5. Оптические свойства, теоретические объяснения</b> .....	27	11.5 Приоритетный ассортимент .....	45
<b>6. Химические свойства</b> .....	28		
6.1 Устойчивость к климатическим воздействиям .....	28		
6.2 Сопротивление пятнаемости .....	29		
6.3 Устойчивость к кислотам .....	30		

## Предисловие

Мы рады представить Вам новое переработанное издание нашего карманного каталога.

Наш ассортимент состоит большей частью из стекол, не содержащих свинец и мышьяк, эти стекла обозначены буквой „N“, стоящей перед их названием. Из-за некоторых особых свойств стекол, содержащих свинец и мышьяк, мы также предлагаем и эти стекла.

Обращаем Ваше внимание на новую классификацию поставок, которая заменила старую систему. Эта классификация приведена в главе 1.2. Новая система дает нам возможность более гибко реагировать на Ваши запросы.

Раздел данных содержит самые важные свойства 101 марки приоритетных стекол. Добавились новые виды стекол N-SF19 и N-SF57. Исходя из этого, мы рады

предложить Вам расширенную номенклатуру видов стекол с новыми свойствами или комбинациями качеств для удовлетворения Ваших запросов. Полный перечень данных о наших приоритетных стеклах с новыми измененными свойствами Вы найдете на нашей интернет-странице по адресу [http://www.schott.com/optics\\_devices](http://www.schott.com/optics_devices).

Мы оставляем за собой право на изменение свойств на основе улучшения процессов производства.

# 1. Оптические свойства

## 1.1 Показатель преломления, коэффициент дисперсии, маркировка стекол

В качестве самых применяемых параметров для характеристики оптического стекла используют показатель преломления  $n_d$  в среднем диапазоне видимого спектра и коэффициент дисперсии  $\nu_d = (n_d - 1)/(n_F - n_C)$  в качестве характеристики дисперсии. Разницу  $n_F - n_C$  называют основной дисперсией.

В спецификации оптических компонентов в большинстве случаев используются пересчитанные на e-линии величины  $n_e$  и  $\nu_e = (n_e - 1)/(n_F - n_C)$ .

Марка стекла	$n_d$	$\nu_d$	Плотность	Код стекла
N-SF6	1,80518	25,36	3,37	805254,337 не содержащее мышьяк и свинец стекло
SF6	1,80518	25,43	5,18	805254,518 классическое свинцово- силикатное стекло

Таб. 1.1: Код стекла.

Марки стекла в программе поставок обобщены в группы в  $n_d/\nu_d$ -диаграмме Аббе. Маркировка каждого стекла складывается из сокращенного серийного обозначения и числа. В разделе данных серии стекла упорядочены по увеличению числа Аббе в определенных секторах.

Другим общепринятым способом маркировки для оптических стекол является указание числового кода. "ШОТТ" использует девятизначный код. Первые 6 позиций соответствуют обычному международному коду стекла. Они указывают на оптическое положение соответствующей марки стекла. Первые три цифры указывают на показатель преломления  $n_d$ , вторые три цифры на коэффициент дисперсии  $\nu_d$ . Три дополнительные цифры указывают на плотность стекла.

## 1.2 Допуски для показателя преломления и коэффициента дисперсии

Допуски для показателя преломления и коэффициента дисперсии указаны в таблице 1.2. Нормальным качеством поставки является третья категория для  $n_d$  и четвертая категория для  $v_d$ . Материал в более узких категориях мы поставляем по запросу. Для высокопреломляющих стекол с  $n_d > 1,83$  во всех  $n_d$  категориях действует соответствующая удвоенная величина допусков. Если Вам необходимы стекла с более жесткими допусками,

	$n_d \leq 1,83$	$n_d > 1,83$	$v_d$
Категория 4	-	-	$\pm 0,8\%$
Категория 3	$\pm 0,0005$	$\pm 0,001$	$\pm 0,5\%$
Категория 2	$\pm 0,0003$	$\pm 0,0006$	$\pm 0,3\%$
Категория 1	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0004$	$\pm 0,2\%$

Таб. 1.2: Допуски для показателя преломления и коэффициента дисперсии.

обращайтесь, пожалуйста, к нам для обсуждения возможности их поставки.

Все поставки тонко отожженного блочного и обработанного стекла производятся сериями в отдельных партиях. Партии могут представлять собой отдельные блоки или несколько небольших отрезанных из блока частей. Серия поставки из-за флуктуаций показателя преломления составляется из образцов стекла в одной категории допусков и маркируется номером серии поставки. Так как партии могут иметь некоторые незначительные отклонения в режиме охлаждения, такие серии поставки не рекомендуются для повторного прессования.

Все части серии поставки соответствуют условиям нижеследующих допусков для показателя преломления по отношению к указанным в таблице параметрам номинальных значений. Если необходимо, прессованные изделия также могут поставляться в серии с ограниченным допуском на показатель преломления. В отношении допусков смотри следующую таблицу 1.3.

Тонко отоженное стекло		Прессованные изделия	
	Отклонения показателя преломления	Все допуски для прессованных изделий только по требованию	Отклонения показателя преломления
Нормальное качество SN	$\pm 1 \times 10^{-4}$	нормальное качество LN	$\pm 2 \times 10^{-4}$
S0	$\pm 5 \times 10^{-5}$	LH 1	$\pm 1 \times 10^{-4}$
S1	$\pm 2 \times 10^{-5}$	LH 2	$\pm 5 \times 10^{-5}$

Таб. 1.3: Допуски для отклонения показателя преломления в пределах серии тонко отоженного стекла и в пределах серии прессованных изделий.

### 1.3 Сертификаты испытаний показателей преломления и коэффициентов дисперсии

#### 1.3.1 Стандарты сертификатов испытаний

Для всех поставок тонко отоженного оптического стекла, мы предоставляем в соответствии с ISO 10474/DIN EN 10204 сертификаты испытаний. Данные, полученные в результате выборочных проверок, являются средним значением оптических показателей для этой серии поставки. Значения отдельных заготовок могут отличаться от средних значений на величину допуска.

Измерения производятся методом, точность которого составляет для показателей преломления  $\pm 3 \times 10^{-5}$  и для дисперсии  $\pm 2 \times 10^{-5}$ . Цифровые данные охватывают 5 десятичных разрядов.

$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_F - n_d$	$n_{F'} - n_{C'}$	
$n_e$	$v_e$	$n_d - n_C$	$n_F - n_e$	$n_{F'} - n_e$	$n_g - n_F$

Таб. 1.4: Данные показателей преломления и коэффициентов дисперсии в сертификате испытаний.

По запросу могут быть представлены протоколы испытаний с повышенной точностью для отдельных частей стекла ( $\pm 2 \times 10^{-5}$  для показателя преломления и  $\pm 1 \times 10^{-5}$  для дисперсии).

### *1.3.2 Протоколы точных испытаний VIS, UV – IR и протоколы особых испытаний VIS*

Эти протоколы испытаний выдаются по требованию. В основном они касаются отдельных заготовок стекла.

Точные протоколы испытаний VIS для видимой спектральной области содержат одинаковые данные, как и сертификаты испытаний со стандартной точностью, а отклонения данных являются 6-значными. Значения действительны для атмосферного давления от 1013,3 hPa. Измерение производится на гониометре с использованием призм.

Точность измерения составляет: для показателей преломления – ( $\pm 1 \times 10^{-5}$ ), для дисперсии – ( $\pm 3 \times 10^{-6}$ ).

При высоком пропускании стекол в спектральной области между 0,405 мкм и 0,656 мкм могут быть определены показатели преломления с более высокой точностью от  $\pm 5 \times 10^{-6}$  и дисперсии  $\pm 2 \times 10^{-6}$ . Результаты измерений будут указаны в протоколе испытаний.

Протоколы точных испытаний UV – IR содержат дополнительные данные показателя преломления для расширенной спектральной области с длиной волны от 248 нм до 2325 нм. При этом точность показателей преломления будет выше, чем  $\pm 1 \times 10^{-5}$ . В инфракрасном диапазоне, начиная от 2 мкм, точность измерения показателя преломления составляет  $\pm 2 \times 10^{-5}$ . Из комплексной серии измерений для указанной спектральной области дополнительно определяются и приводятся константы формулы дисперсии Зелльмайера.

## 1.4 Однородность показателя преломления

Однородность показателя преломления – это величина измерения колебаний показателя преломления в пределах одного образца стекла.

При варке стекла и тонком отжиге можно изготавливать стекла с высокой оптической однородностью. Конкретное значение однородности показателя преломления, полученное в данном стекле, зависит от объема и от формы заготовки.

Ассортимент стекол с повышенными требованиями в отношении однородности показателя преломления охватывает 5 классов в соответствии со стандартом ISO 10110 часть 4 (смотри таблицу 8). Для класса 0-го стандарта применимы допуски, приведенные в разделе 1.2.

Класс однородности	Максимальные отклонения показателя преломления	Область действия, возможность поставки
H 1	$\pm 2 \times 10^{-5}$	Для отдельных отрезанных кусков стекол
H 2	$\pm 5 \times 10^{-6}$	Для отдельных отрезанных кусков стекол
H 3	$\pm 2 \times 10^{-6}$	Для отдельных отрезанных кусков стекол, не всех размеров
H 4	$\pm 1 \times 10^{-6}$	Для отдельных отрезанных кусков стекол, не всех размеров, не для всех марок стекол
H 5	$\pm 5 \times 10^{-7}$	Для отдельных отрезанных кусков стекол, не всех размеров, не для всех марок стекол

Таб. 1.5: Однородность оптических стекол.

### 1.5 Пропускание, цветовой код

Пропускание, т.е. пропускание света без потерь на отражение, согласно общей дисперсионной теории тесно связано с положением стекла на диаграмме Аббе. Применяя самые чистые виды сырья и дорогостоящую технологию варки стекла можно приблизиться к коротковолновой границе внутреннего пропускания, определяемого дисперсией.

“ШОТТ” стремится к достижению наилучших значений пропускания. Тем не менее, из-за требований экономической целесообразности возможны компромиссы с использованием сырья с незначительными отклонениями по примесям в сырье. “ШОТТ” соблюдает стандарты по минимальным отклонениям границ величин пропускания выплавляемых стекол.

Предоставляемые данные являются средними значениями для нескольких варок одного вида стекла.

По особому запросу могут устанавливаться минимальные отклонения для требуемого пропускания. Возможность таких поставок должна быть определена в результате предварительных консультаций.

В разделе данных значение величины пропускания указано для 400 нм при толщине пробы в 25 мм.

Граница диапазона пропускания оптических стекол по отношению к ультрафиолетовому диапазону особенно интересна у высокопреломляющих стекол, так как при возрастании показателя преломления, граница пропускания перемещается к видимому спектральному диапазону.

Цветовой код позволяет просто описать положение и крутизну ультрафиолетового края полосы поглощения.

Цветовой код дает длину волн  $\lambda_{80}$  и  $\lambda_5$ , при которых величина пропускания (включая потери на отражение) для толщины в 10 мм составляет соответственно 0,80 и 0,05. Значения округлены до 10 нм и записаны в виде дроби. Например, цветовой код 33/30 означает  $\lambda_{80} = 330$  нм и  $\lambda_5 = 300$  нм.

Для высокопреломляющих стекол с  $n_d > 1,83$  данные цветового кода относятся (обозначено\*) соответственно к пропусканию 0,70 и 0,05 ( $\lambda_{70}$  и  $\lambda_5$ ) из-за высокой доли потерь на отражение.

## 2. Внутренние свойства

### 2.1 Свили

Колебания показателя преломления в локальных объемах стекла называют свиллями. Они имеют вид полос размером от 0,1 до нескольких миллиметров.

Стандарт ISO 10110 (часть 4) содержит классификацию свиллей. Так как этот стандарт распространяется на готовые оптические элементы, то к поставляемым заготовкам оптического стекла он применяется только условно. При этом оцениваются свили по классу 1–4 в соответствии с их поверхностью в перерасчете на оптически активную общую площадь элемента. При этом учитываются только свили, деформирующие уровень волнового фронта более чем 30 нм.

Пятый класс обозначает стекло практически свободное от свиллей. Для свиллей, деформирующих фронт волны менее 30 нм, рекомендуется оформлять индивидуальные соглашения на поставку.

Все оптические стекла от “ШОТТ” соответствуют требованиям 1–4 классов ISO 10110 (часть 4). Проверяемая толщина стекла, как правило, существенно больше толщины готовых оптических элементов. В этом случае качество по свиллям готовых деталей оптической системы будет существенно лучше.

“ШОТТ” проверяет все оптические стекла, в основном используя теневой метод. Высокая чувствительность этого метода достаточна для контроля стекол высших требований.

Категория качества VS1 предполагает жесткий отбор по отсутствию свиллей и отвечает стеклам особо высоких требований. Стекла этой категории не содержат фиксируемых теневым методом свиллей. Для изготовления призм “ШОТТ” предлагает катего-

рию качества VS2. Такие стеклянные элементы соответствуют требованиям категории качества VS1 в двух расположенных вертикально друг к другу направлениях.

## 2.2 Пузыри и включения

Оптические стекла отличаются практически отсутствием пузырей. Тем не менее, для отдельных составов стекол и методов их получения невозможно полностью исключить появления пузырей в стекле.

За характеристику содержания пузырей в стекле принимается суммарное поперечное сечение их в мм<sup>2</sup>, находящихся в объеме 100 см<sup>3</sup> стекла. Включения в стекле, такие как маленькие камни или кристаллы будут учитываться также как пузыри равного поперечного сечения. При оценке учитываются все пузыри и включения размером  $\geq 0,03$  мм.

Классы пузырьности, а также максимально допустимые количества и диаметры пузырей и включений указаны в таблице 2.1. Для повышенных категорий качества VB (жесткий отбор стекла по отсутствию пузырей) и EVB (особо жесткий отбор стекла по отсутствию пузырей) стекло поставляется с полированными поверхностями. Согласно ISO 10110 (часть 3) вместо пузыря с заданной величиной может допускаться большее количество пузырей более маленьких размеров.

Для особых применений, например, в высокоэнергетических лазерах, в преломляющих призмах, линзах, формирующих изображение изображения и круговых шкал (лимбах) используются стекла, у которых допускается лишь незначительное количество очень маленьких пузырей/включений. По запросу мы можем предложить стекло, отвечающее этим требованиям.

Класс пузырьности согласно изложенной в каталоге таблицы параметров соответствующего вида стекла/Категория качества		B0	B0	B0	B1	B1	B1
			VB	EVB		VB	EVB
Максимально допустимая площадь поперечного сечения всех пузырей и включений в мм <sup>2</sup> на 100 см <sup>3</sup> стеклянного объема		0,03	0,01	0,006	0,1	0,03	0,02
Максимально допустимое количество на 100 см <sup>3</sup>		10	4	2	30	10	4
Максимально допустимый диаметр пузыря или включения в мм <sup>1)</sup> в заготовках с диаметром или самым большим габаритным размером в мм	50	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,10
	100	0,15	0,15	0,10	0,20	0,15	0,10
	200	0,20	0,15	0,10	0,30	0,20	0,10
	300	0,25	0,20	–	0,40	0,25	–
	500	0,40	–	–	0,60	–	–
	800	0,55	–	–	0,80	–	–

- 1) Примечание: В заготовках стекла в слитках и блоках, из которых производятся небольшие готовые элементы, допускаются редкие отдельные пузыри с большими диаметрами, если соблюдаются предельные значения для всей площади поперечного сечения и их количества на объем.

Таб. 2.1: Допуски на наличие пузырей и включений в оптических стеклах.

### 2.3 Двойное лучепреломление

Величина и распределение внутренних напряжений в стеклах зависят от условий отжига (например, скорости охлаждения и распределения температуры охлаждаемого изделия), марки стекла и размеров. Напряжения вызывают в стекле двойное лучепреломление, которое зависит от марки стекла.

Двойное лучепреломление при напряжении измеряется методом де Сенармонта и Фриделя как разность хода обычного и необычного лучей и указывается с учетом проверочной толщины в нм/см. Его точность составляет при простых геометрических формах проверочных элементов примерно 3–5 нм. Измерение происходит на круглых дисках на расстоянии в 5% диаметра от кромки. В прямоугольных пластинах измерение проводится в середине более длинной стороны на расстоянии от кромки в 5% ширины пластины.

Подробное описание метода можно найти в стандарте ISO 11455. При низких значениях двойного лучепреломления и незначительной толщине стекол точность метода де Сенармонта и Фриделя недостаточна. Для этих случаев мы располагаем на порядок более точными методами измерения.

Прецизионные методы отжига позволяют нам получать стекло, в котором наряду с хорошей оптической однородностью достигаются чрезвычайно низкие значения двойного лучепреломления. При этом остаточные напряжения в стекле располагаются симметрично. На поверхности стекла, как правило, доминирует сжимающее напряжение. Двойное лучепреломление в значительной степени уменьшается при разрезании

блоков и слитков стекла за счет снятия внутренних напряжений. Если оптические элементы существенно меньше, чем размеры блоков и слитков поставляемого стекла, то двойное лучепреломление в них будут существенно ниже, чем указанные в таблице 2.2.

Предельные значения для двойного лучепреломления элементов, размер которых более чем 600 мм определяются по специальному запросу.

В стекле, предназначенном для горячей обработки, допускаются более высокие напряжения. Механическая обработка при этом не имеет ограничений.

Размеры	Двойное лучепреломление		
	Тонкий отжиг [нм/см]	Специальный отжиг (SK) [нм/см]	Прецизионный отжиг (SSK) [нм/см]
$\varnothing \leq 300$ мм $d \leq 60$ мм	$\leq 10$	$\leq 6$	$\leq 4$
$\varnothing > 300 - 600$ мм $d > 60 - 80$ мм	$\leq 12$	$\leq 6$	$\leq 4$

Таб. 2.2: предельные значения двойного лучепреломления в отожженных стеклах для различных размеров.

## 3. Качество поставки

### 3.1 Стандартное качество

Если не требуются никакие особые категории качества, то поставляется стекло категории 3/4 с показателем преломления, показателем дисперсии и сертификатом стандартных испытаний.


Сертификат стандартных испытаний относится к серии поставки в одной категории допуска. Показатели преломления всех принадлежащих к серии поставки заготовок имеет отклонение не более чем  $\pm 1 \times 10^{-4}$  (у прессованных изделий  $\pm 2 \times 10^{-4}$ , если требуется) от значений, приведенных в сертификате испытаний. Стекло также проверяется на наличие пузырей и включений, свилей и двойного лучепреломления.

### 3.2 Повышенное качество

Повышенные категории качества не могут быть предложены для всех форм поставки в полном объеме. Смотри следующую таблицу.

	Стекло в слитке для горячей обработки	Стекло в блоке	Прессованное стекло	Обработанное стекло
Категории показателя преломления и дисперсии	подходит для 2, 1 3, 2, 1	2, 1 3, 2, 1	2, 1 3, 2, 1	2, 1 3, 2, 1
Паспорт на стекло	Инструкция по отжигу	Стандарт (S)	Стандарт (S)	Стандарт (S)
Точность измерения, области измерения	С указанием норм охлаждения для достижимых категорий показателей преломления и дисперсии по тонкому отжигу	Стандарт с повышенной точностью (SE)	Если требуется допуск	Стандарт с повышенной точностью (SE) прецизионность (PZ) супер-прецизионность (SPZ) прецизионность UV-IR (PZUI) dn/dT (DNDT)
Допуск на показатель преломления	S0, S1	S0, S1	LH1, LH2	S0, S1
Однородность	–	–	–	H2 – H5
Двойное лучепреломление	–	SK	SK	SK, SSK
Свили	–	–	VS	VS1, VS2
Пузыри и включения	–	–	VB, EVB	VB, EVB
Замечания		По меньшей мере обработана одна поверхность		Проверка свилей и однородности в том же направлении

Таб. 3.1: Повышенные категории качества при различных формах поставки.



Указанные категории качества поставки могут комбинироваться друг с другом. Однако не всегда в распоряжении есть варки, которые подходят для желательных комбинаций.

Мы рекомендуем по возможности заблаговременно выяснять с нами возможности поставки.

Запросы, превышающие упомянутые категории качества, также могут быть нами выполнены. Мы просим сделать предварительный запрос.

## 4. Формы поставки и допуски

### 4.1 Заготовки стекла

#### 4.1.1 Блок

Блоки имеют пять необработанных после отливки и отжига поверхностей, и, как правило одну поверхность обработанную, кромки закруглены.

Блоки тонко отожжены и поэтому пригодны для холодной обработки.

Приведены данные по: *длине, ширине, толщине*

#### 4.1.2 Слиток

Слитки имеют необработанные боковые поверхности и сломанные или отрезанные торцы. Слитки грубо отожжены и поэтому пригодны только к последующей горячей обработки.

Приведены данные по: *длине, ширине, толщине*

### 4.2 Обработанное стекло

#### 4.2.1 Пластина

Пластины – это прямоугольно обработанные заготовки. Все шесть поверхностей обработаны, ребра имеют фаски. Приведены данные по: *длине, ширине, толщине*

Самая большая длина ребра [мм]	Допуски				Минимальная толщина <sup>1)</sup> [мм]
	Для длины		Для толщины		
	Стандарт [мм]	VAT <sup>2)</sup>	Стандарт [мм]	VAT <sup>2)</sup>	
> 3–80	± 0,2	± 0,1	± 0,3	± 0,15	2
> 80–120	± 0,3	± 0,15	± 0,5	± 0,25	4
> 120–250	± 0,5	± 0,25	± 0,5	± 0,25	6
> 250–315	± 0,9	± 0,45	± 0,8	± 0,4	8
> 315–400	± 1,2	± 0,6	± 0,8	± 0,4	8
> 400–500	± 1,3	± 0,65	± 0,8	± 0,4	20
> 500–630	± 1,5	± 0,75	± 0,8	± 0,4	20
> 630–800	± 1,8	± 0,9	± 0,8	± 0,4	20
> 800–1000	± 2,0	± 1,0	± 0,8	± 0,4	20
> 1000	запрос	запрос	запрос	запрос	

1) Возможны меньшие толщины, чем указаны. Просьба сделать запрос.

2) VAT = Узкие габаритные допуски.

Таб. 4.2.1: Габариты, допуски и минимальные размеры для пластин.

С помощью стандартной обработки достигается шероховатость поверхностей  $R_t = 20-25$  мкм.

По запросу возможны поставки пластин с более жесткими габаритными допусками и гладкими поверхностями.

#### 4.2.2 Круглый диск

Круглые диски являются обработанными заготовками, диаметр цилиндрической части которых больше, чем толщина.

Приведены данные по: *диаметру, толщине*

Диаметр [мм]	Допуски				Минимальная толщина <sup>1)</sup> [мм]
	Для диаметра		Для толщины		
	Стандарт [мм]	VAT <sup>2)</sup> [мм]	Стандарт [мм]	VAT <sup>2)</sup> [мм]	
> 3-80	± 0,2	± 0,1	± 0,3	± 0,15	2
> 80-120	± 0,3	± 0,15	± 0,5	± 0,25	4
> 120-250	± 0,3	± 0,15	± 0,5	± 0,25	6
> 250-500	± 0,5	± 0,25	± 0,8	± 0,4	20
> 500-800	± 0,8	± 0,4	± 0,8	± 0,4	20
> 800-1250	± 1,0	± 0,5	± 0,8	± 0,4	40
> 1250	запрос	запрос	запрос	запрос	

<sup>1)</sup> Возможны меньшие толщины, чем указаны. Просьба сделать запрос. <sup>2)</sup> VAT = Узкие габаритные допуски

Таб. 4.2.2: Габариты, допуски и минимальные размеры для круглых дисков.

С помощью стандартной обработки достигается шероховатость поверхностей  $R_t = 20 - 25$  мкм.

По запросу возможны поставки дисков с более жесткими допусками по габаритам и шероховатости поверхностей.

#### 4.2.3 Стержень обработанный

Стержни – заготовки с обработанными цилиндрическими частями, длина которых больше, чем диаметр.

Приведены данные по: *диаметру, длине*

Диаметр [мм]	Стандартный допуск [мм]	Допуски, расточенные и отшлифованные согласно DIN ISO 286				Диапазон длины [мм]	Допуск для длины [%]
		[мм]	[мм]	[мм]	[мм]		
6 – 10	± 0,2	h11 +0/-0,090	h10 +0/-0,058	h9 +0/-0,036	h8 +0/-0,022	максимум 130	± 2
> 10 – 18	± 0,2	h11 +0/-0,110	h10 +0/-0,070	h9 +0/-0,043	h8 +0/-0,027	максимум 130	± 2
> 18 – 30	± 0,2	h11 +0/-0,130	h10 +0/-0,084	h9 +0/-0,052	h8 +0/-0,033	максимум 130	± 2
> 30 – 50	± 0,2	h11 +0/-0,160	h10 +0/-0,100	h9 +0/-0,062	h8 +0/-0,039	максимум 130	± 2
> 50 – 80	± 0,3	h11 +0/-0,190	h10 +0/-0,120	h9 +0/-0,074			

Таб. 4.2.3: Размеры и допуски для обработанных круглых стержней диапазон диаметров 6–80 мм.

#### 4.2.4 Заготовка с фрезерованными поверхностями

Заготовка линзы с фрезерованной хотя бы одной сферической поверхностью.

Приведены данные по: диаметру, толщине середины, радиусу 1, радиусу 2, ребрам.

#### 4.2.5 Вырезанные заготовки призм

Вырезанные заготовки призм при необходимости шлифуются, все стороны обработаны. Применяя различные технологии изготавливаются равносторонние, неравносторонние и призмы других форм (пентапризма с крышей, пятигранная призма, тройная призма, ...).

Описывается с помощью: чертежа

Максимальная боковая длина [мм]	Допуски	
	Для высоты [мм]	Для ширины [мм]
< 50	+ 1,0/- 0	± 0,5
50-100	+ 1,5/- 0	± 1,0
>100	+ 2,0/- 0	± 1,0

Таб. 4.2.4: Размеры и допуски для вырезанных призм.

### 4.3 Прессованные изделия

Прессованные изделия – это горячие отформованные заготовки с прямоугольным или круглым поперечным сечением, с определенными радиусами и гранями.

Приведены данные по: диаметру, толщине по центру, радиусу 1, радиусу 2, граням

Диаметр [мм]	Допуски				
	Для диаметра [мм]	Для толщины [мм]	Минимальная толщина по центру [мм]	Минимальная толщина кромки [мм]	Максимальная толщина кромки [мм]
5–18	+0 / -0,18	± 0,4	2	1	0,6 * Ø
> 18–30	+0 / -0,25	± 0,4	3	1,5	0,45 * Ø
> 30–60	+0 / -0,3	± 0,3	5	3	0,4 * Ø
> 60–90	+0 / -0,4	± 0,3	6	4	0,3 * Ø
> 90–120	+0 / -0,6	± 0,4	7	5	0,3 * Ø
> 120–140	+0 / -0,7	± 0,5	8	5	0,3 * Ø
> 140–180	+0 / -0,9	± 0,5	8	6	0,3 * Ø
> 180–250	+0 / -1,15	± 0,5	10	8	0,3 * Ø
> 250–320	+0 / -1,5	± 0,6	10	8	0,3 * Ø

Таб. 4.3.1: Размеры и допуски для прессованных изделий согласно (DIN) 58 926 (часть 2).

## 5. Оптические свойства, теоретические объяснения

В зависимости от количества и размеров деталей, их производство в виде прессованных заготовок может быть экономически рациональным. Спецификации мы согласовываем в соответствии с запросом.

Для этой информации мы отсылаем Вас к нашей интернет-странице [www.schott.com/optics\\_devices](http://www.schott.com/optics_devices).

В главе 9 данного карманного каталога содержится набор полезных формул.

## 6. Химические свойства

Для оценки химической характеристики полированных стеклянных поверхностей используются следующие пять методов испытаний.

### 6.1 Устойчивость к климатическим воздействиям (ISO/WD 13384), распределение по классам устойчивости к климатическим воздействиям CR 1–4

Устойчивость к климатическим воздействиям описывает взаимодействие оптических стекол с окружающей средой при высокой относительной влажности и высоких температурах. На полированной поверхности чувствительных стекол может образовываться налет (помутнение), который, в общем, не может быть удален с помощью вытирания.

Для испытания стекол на устойчивость к климатическим воздействиям применяется кратковременный способ, при котором полированные, непросветленные стеклянные пластины подвергаются воздействию насыщенной водяными парами атмосферы,

температура которой ежечасно меняется между 40°C и 50°C. Тем самым вызывается периодическое изменение конденсации влаги на стеклянной поверхности и последующей сушки.

После выдержки в течение 30 часов стекло извлекается из камеры для климатических испытаний. Разница  $\Delta H$  между помутнением до и после испытаний используется в качестве критерия устойчивости поверхности к климатическим воздействиям. Измерения проводятся с помощью нефелометра. Распределение по категориям классов происходит на основании увеличения  $\Delta H$  после 30-часового времени нагрузки как указано ниже:

Классы устойчивости к климатическим воздействиям CR	1	2	3	4
Увеличение в пропускании $\Delta H$	<0,3%	$\geq 0,3\%$	$\geq 1,0\%$	$\geq 2,0\%$
		<1,0%	<2,0%	

Таб. 6.1: Классификация оптических стекол по классам CR 1–4 устойчивости к климатическим воздействиям.

Стекла класса CR 1 после 30-часовой нагрузки изменением климата не обнаруживают видимых изменений. В обычных влажных условиях при обработке и хранении оптических стекол класса CR 1 на поверхности изменений не происходит. Обработка и хранение стекол класса CR 4 напротив должны проводиться с особой осторожностью,

так как эти стекла очень чувствительны к климатическим воздействиям.

Мы рекомендуем при хранении оптических полированных элементов применять защитные слои и/или по возможности обеспечить хранение в сухом помещении.

## 6.2 Сопротивление пятнаемости, классификация по классам сопротивления пятнаемости FR 0–5

Метод испытаний дает сведения о возможных изменениях стеклянной поверхности (образование пятен) при воздействии слегка кислой воды (например, пот, кислые конденсаты) без испарения.

Класс сопротивления пятнаемости определяется следующим методом: полированный стеклянный образец вставляется в испытательную кювету, в которой в отполированном сферическом углублении с максимальной глубиной в 0,25 мм находится несколько капель соответствующего тестового раствора.

Тестовый раствор I: Стандартный ацетат pH = 4,6  
 Тестовый раствор II: Буферный раствор ацетата натрия pH = 5,6

Под влиянием тестового раствора вследствие разложения стеклянной поверхности более или менее быстро образуются интерференционные цветные пятна. Для классификации стекол служит время, которое потребуется при 25°C для образования первого коричнево-синего изменения цвета. Это изменение цвета характеризует химическое изменение ранее определенного поверхностного слоя толщиной в 0,1 мкм, если стекла вообще могут образовывать слои.

Классы сопротивления пятнаемости	0	1	2	3	4	5
Тестовый раствор	I	I	I	I	II	II
Время (час)	100	100	6	1	1	0,2
Изменение цвета	нет	да	да	да	да	да

Таб. 6.2: Классификация оптических стекол по классам сопротивления пятнаемости FR 0–5.

Класс сопротивления пятнаемости FR 0 имеют стекла, которые даже при 100-часовом воздействии тестового раствора I практически не показали никакого интерференционного цвета.

Со стеклами класса FR 5 при обработке необходимо обращаться особенно осторожно.

### 6.3 Устойчивость к кислотам (ISO 8424: 1987), классификация по классам устойчивости к кислотам SR 1–4, 5, 51–53

Устойчивость к кислотам классифицирует характеристику оптических стекол при увеличенном контакте с кислыми растворами (на практике, например, пот, склеивающие субстанции, углекислая вода и т.д.).

Устойчивость к кислотам обозначается двумя или соответственно трехзначными числом. Первая или первые две цифры указывают их класс устойчивости к кислотам SR. Последняя цифра, (отделенная точкой) указывает, какие изменения поверхностей, видимые невооруженным глазом, наступили под воздействием реагента (смотри 6.5).

Для классификации устойчивости к кислотам служит время, которое необходимо для снятия слоя толщиной в 0,1 мкм. При этом используются два различных агрессивных раствора.

Для более стойких видов стекол применяется сильная кислота (азотная кислота,  $c = 0,5$  моль/л, pH 0,3) при 25 °С. Для стекол с более низким сопротивлением к воздействию кислот используется слабокислый раствор со значением pH 4,6 (стандартный ацетат) также при 25°С.

Класс SR 5 представляет собой переходный класс. В него входят стекла, у которых время для снятия слоя толщиной в 0,1 мкм при pH-значении 0,3 меньше чем 0,1 час и при pH-значении 4,6 больше чем 10 часов.

Класс устойчивости к кислотам SR	1		2		3		4		5		51		52		53			
	рН-значение	Время (час)	рН-значение	Время (час)	рН-значение	Время (час)	рН-значение	Время (час)	рН-значение	Время (час)	рН-значение	Время (час)	рН-значение	Время (час)	рН-значение	Время (час)		
	0,3	>100	0,3	10-100	0,3	1-10	0,3	0,1-1	0,3	<0,1	4,6	>10	4,6	1-10	4,6	0,1-1	4,6	<0,1

Таб. 6.3: Классификация оптических стекол по устойчивости к кислотам SR 1–53.

**6.4 Устойчивость к щелочам (ISO 10629), классификация по устойчивости к щелочам AR 1–4;  
Устойчивость к фосфатам (ISO 9689), классификация по устойчивости к фосфатам PR 1–4**

Оба метода проверки служат для определения устойчивости к концентрированным щелочным растворам и используют одинаковую схему классификации.

Устойчивость к щелочам указывает на чувствительность оптических стекол при контакте с теплыми щелочными жидкостями как, например, технологические жидкости при шлифовании и полировании. Устойчивость к воздействию фосфатов описывает характеристику оптических стекол при очистке фосфатосодержащими моющими растворами (синтетические моющие вещества).

Устойчивость к воздействию щелочей также как устойчивость к воздействию фосфатов указывается двумя, разделенными точкой, цифрами. Первая цифра дает класс устойчивости к воздействию щелочей AR или соответственно класс устойчивости к воздействию фосфатов PR, десятичный разряд говорит о том,

какие видимые невооруженным глазом изменения поверхности наступили под этим воздействием.

Класс устойчивости к воздействию щелочей AR зависит от того, какое время необходимо для снятия слоя стекла толщиной в 0,1 мкм в щелочном растворе (гидроксид натрия,  $c = 0,01$  моль/л,  $pH = 12$ ) при температуре 50°C.

Класс устойчивости к воздействию фосфатов PR зависит от того, какое время необходимо для снятия слоя стекла толщиной в 0,1 мкм в щелочном фосфатном растворе (пентанатрийфосфат  $Na_5P_3O_{10}$ ,  $c = 0,01$  моль/л,  $pH = 10$ ) при температуре 50°C.

Толщина слоя определяется по потере веса с поверхности и зависит от плотности стекла.

Классы AR устойчивости к щелочам	1	2	3	4
Классы PR устойчивости к фосфатам				
Время (час)	> 4	1–4	0,25–1	< 0,25

Таб. 6.4: Классификация оптических стекол по классам устойчивости к щелочам AR 1–4 и соответственно классы устойчивости к фосфатам PR 1–4.

### 6.5 Обозначение видимых изменений поверхности

Значение цифр после обозначения классов при сопротивлении кислотам, щелочам и фосфатам:

- .0 никаких видимых изменений
- .1 светлая, но неравномерная поверхность
- .2 интерференционные цвета (легкое избирательное выщелачивание)
- .3 прочно сцепляющийся, тонкий белый слой (более сильное избирательное выщелачивание, мутная тусклая поверхность)
- .4 свободные пристающие, более толстые слои, например, нерастворимые продукты реакции на поверхности (при этом может идти речь о рыхлой и/или откалывающейся поверхностной корке или потрескавшейся поверхности; сильное воздействие).

### 6.6 Дополнение

Наши стекла не содержат оксид тория или другого радиоактивного материала более чем 0,05 % веса. Как и у многих окружающих нас материалов в стеклах может быть незначительная собственная радиоактивность из-за естественной радиоактивности сырья для варки стекол.

## 7. Механические свойства

### 7.1 Твёрдость по шкале Кнупа

Твёрдость материала по шкале Кнупа – это величина остающихся изменений на поверхности после внедрения в него алмазной пирамиды при заданной нагрузке. Стандарт ISO 9385 описывает метод измерения для стекол. Согласно этому стандарту величины твёрдости по шкале Кнупа НК указаны в таблице данных для нагрузки 0,9807 N (соответствует 0,1 кгс) и времени воздействия нагрузки – 20 секунд. Испытание проводят на полированных стеклянных поверхностях при комнатной температуре. Данные величины твердости округляются до 10 НК 0,1/20. Микротвердость зависит от величины приложенной силы и уменьшается с ее возрастанием.

### 7.2 Шлифуемость алмазным инструментом согласно стандарту ISO 12844

Шлифуемость согласно стандарту ISO 12844 позволяет сравнивать методы шлифования между различными стеклами. 20 проб классифицируемого стекла шлифуются стандартизованным алмазным инструментом в определенных условиях в течение 30 секунд. Затем сравнивается объем снятия стекла с эталонным стеклом, N-SK16.

Классификация происходит по следующей схеме. При этом значение для N-SK16 принимается за 100.

Класс шлифуемости	Шлифуемость	
HG 1		$\leq 30$
HG 2	$> 30$	$\leq 60$
HG 3	$> 60$	$\leq 90$
HG 4	$> 90$	$\leq 120$
HG 5	$> 120$	$\leq 150$
HG 6	$> 150$	

Таб. 7.1: Класс шлифуемости в соответствии со стандартом ISO 12844.

Согласно этой схеме снятие слоя для самых низких классов меньше, а в более высоких классах больше, чем у эталонного стекла N-SK16.

### 7.3 Вязкость

Между температурой плавления и комнатной температурой стекло проходит 3 области вязкости: расплава, охлажденного расплава и замороженного расплава. При охлаждении расплава ( $10^0$ – $10^4$  dPa·s) вязкость стекла постоянно увеличивается. Между  $10^4$  и  $10^{13}$  dPa·s наблюдается переход от жидкого к пластическому состоянию.

Для обозначения пластичной области, в которой стекло быстро деформируется под своим собственным весом, служит так называемая точка размягчения EW. Это температура  $T_{10}^{7,6}$ , при которой стекло показывает вязкость  $10^{7,6}$  dPa·s. Начиная с  $10^{13}$  dPa·s стеклянную структуру можно обозначить как затвердевшую или “замороженную”. При этой вязкости внутренние напряжения в стекле выравниваются примерно за 15 мин. Температура  $T_{10}^{13}$  является существенной величиной при охлаждении стекла.

Для обозначения области трансформации часто используется увеличение относительных тепловых линейных удлинений. Согласно стандарту ISO 7884–8 температура трансформации принята  $T_g$ . Она совпадает с  $T_{10}^{13}$ .

Если при возможной термообработке температура превысит  $T 10^{13} - 200 \text{ K}$ , то может наступить деформация высокоточных оптических поверхностей и изменение показателей преломления.

#### 7.4 Коэффициент линейного термического расширения

Изменение линейного термического расширения стекол начинается практически с абсолютного нуля и увеличивается до, например, комнатной температуры. Это почти линейная зависимость до области пластичности. Отклонение кривой от линейной зависимости вследствие возрастающего вклада структурной подвижности соответствует области трансформации в стекле. При температурах выше температуры трансформации расширение происходит почти линейно, однако с большим подъемом.

Из-за температурной зависимости коэффициента линейного термического расширения  $\alpha$  от температуры, как правило, даются два средних значения для двух областей температуры:

$\alpha (-30^\circ\text{C}; +70^\circ\text{C})$  как параметр, соответствующий комнатной температуре (дано в разделе данных).

$\alpha (20^\circ\text{C}; 300^\circ\text{C})$  как наиболее используемое в международной практике значение для сравнительных целей и для ориентации в процессах плавления и термообработки.

## 8. Тепловые свойства

### 8.1 Теплопроводность

Диапазон значений теплопроводности дан для стекол при комнатной температуре с пределами 1,38 Вт/(м·К) (чистое кварцевое стекло) и примерно 0,5 Вт/(м·К) (стекло с большим содержанием свинца). Наиболее используемые силикатные стекла находятся между 0,9 и 1,2 Вт/(м·К).

Приведенные в таблице данные теплопроводности применяются для температуры стекла до 90°C, с погрешностью  $\pm 5\%$ .

### 8.2 Удельная теплоемкость

Для некоторых стекол дана средняя удельная изобарическая теплоемкость  $c_p$  (20°C; 100°C), которая определена из теплоотдачи горячего (100°C) стекла в жидкостном калориметре при 20 °C. Диапазон значений для  $c_p$  (20°C; 100°C), а также для истинной теплоемкости  $c_p$  (20°C) находится у силикатных стекол в пределах от 0,42 до 0,84 Дж/(г·pK).

## 9. Справочные формулы и таблица длин волн

Относительная частичная дисперсия  $P_{x,y}$  для длин волн  $x$  и  $y$  по отношению к синей F-и красной C-линии водорода

$$P_{x,y} = (n_x - n_y) / (n_F - n_C) \quad (9.1)$$

или по отношению к синей F'-и красной C'- линии кадмия

$$P'_{x,y} = (n_x - n_y) / (n_{F'} - n_{C'}) \quad (9.2)$$

Линейная зависимость между показателем дисперсии и относительной частичной дисперсией для "нормальных стекол"

$$P_{x,y} \approx a_{xy} + b_{xy} \cdot v_d \quad (9.3)$$

Отклонения  $\Delta P$  от "нормальных прямых"

$$P_{x,y} = a_{xy} + b_{xy} \cdot v_d + \Delta P_{x,y} \quad (9.4)$$

$$\Delta P_{C,t} = (n_C - n_t) / (n_F - n_C) - (0,5450 + 0,004743 \cdot v_d) \quad (9.5)$$

$$\Delta P_{C,s} = (n_C - n_s) / (n_F - n_C) - (0,4029 + 0,002331 \cdot v_d) \quad (9.6)$$

$$\Delta P_{F,e} = (n_F - n_e) / (n_F - n_C) - (0,4884 - 0,000526 \cdot v_d) \quad (9.7)$$

$$\Delta P_{g,F} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) - (0,6438 - 0,001682 \cdot v_d) \quad (9.8)$$

$$\Delta P_{i,g} = (n_i - n_g) / (n_F - n_C) - (1,7241 - 0,008382 \cdot v_d) \quad (9.9)$$

Положение нормальных прямых было установлено при помощи парных величин видов стекла К 7 и F 2.

Уравнение дисперсии по Зелльмайеру

$$n^2(\lambda) - 1 = B_1 \lambda^2 / (\lambda^2 - C_1) + B_2 \lambda^2 / (\lambda^2 - C_2) + B_3 \lambda^2 / (\lambda^2 - C_3) \quad (9.10)$$

Изменение показателя преломления и коэффициента дисперсии при отжиге с различными параметрами

$$n_d(h_x) = n_d(h_0) + m_{n_d} \cdot \log(h_x/h_0) \quad (9.11)$$

$$v_d(h_x) = v_d(h_0) + m_{v_d} \cdot \log(h_x/h_0) \quad (9.12)$$

$$m_{v_d} = (m_{n_d} - v_d(h_0) \cdot m_{n_F - n_C}) / ((n_F - n_C) + 2 \cdot m_{n_F - n_C} \cdot \log(h_x/h_0)) \quad (9.13)$$

$h_0$  начальная скорость отжига

$h_x$  новая скорость отжига

$m_{n_d}$  коэффициент отжига для показателя преломления, в зависимости от марки стекла

$m_{v_d}$  коэффициент отжига для коэффициента дисперсии, в зависимости от марки стекла

$m_{n_F - n_C}$  коэффициент отжига для основной дисперсии, в зависимости от марки стекла

Точность измерения коэффициента дисперсии

$$\sigma_{v_d} \approx \sigma_{(n_F - n_C)} \cdot v_d / (n_F - n_C) \quad (9.14)$$

**Спектральный коэффициент внутреннего пропускания**

$$\tau_{i\lambda} = \Phi_{e\lambda} / \Phi_{i\lambda} \quad (9.15)$$

**Спектральный коэффициент пропускания**

$$\tau_{\lambda} = \tau_{i\lambda} \cdot P_{\lambda} \quad (9.16)$$

$P_{\lambda}$  коэффициент отражения

**Коэффициент отражения Френеля** при падающем вертикально на поверхность световом потоке независимо от состояния поляризации

$$R = ((n - 1) / (n + 1))^2 \quad (9.17)$$

**Коэффициент отражения при учете неоднократного отражения**

$$P = (1 - R)^2 / (1 - R^2) = 2n / (n^2 + 1) \quad (9.18)$$

$n$  показатель преломления для длины волны  $\lambda$

**Пересчет чистого пропускания на другую толщину слоя**

$$\log \tau_{i1} / \log \tau_{i2} = d_1 / d_2 \quad \text{или} \quad (9.19)$$

$$\tau_{i2} = \tau_{i1}^{(d_2 / d_1)} \quad (9.20)$$

$\tau_{i2}, \tau_{i1}$  чистые пропускания при толщине  $d_1$  и соответственно  $d_2$

**Двойное лучепреломление, оптическая разность хода**

$$\Delta s = 10 \cdot K \cdot d \cdot \sigma \text{ в нм} \quad (9.21)$$

$K$  константа фотоупругости, в зависимости от вида стекла в  $10^{-6}$  мм<sup>2</sup>/Н

$d$  световая длина пути в пробе в сантиметрах

$\sigma$  механическое напряжение (положительное для напряжения при растяжении) в Н/мм<sup>2</sup> (= МПа)

**Однородность по интерферометрическим измерениям отклонений фронта волны**

$$\Delta n = \Delta W / (2 \cdot d) \quad (9.22)$$

$$= \Delta W [\lambda] \cdot 633 \cdot 10^{-6} / (2 \cdot d [\text{мм}])$$

где деформация волнового фронта измеряется в единицах длины волны и испытывается при длине волны 633 нм (гелий-неоновый лазер)

$\Delta W$  деформация фронта волны при двойном проходе лучей (интерферометрические испытания)

$d$  толщина образца для испытаний

Примечание: формулы тщательно выбраны и указаны.

За погрешности при их применении "ШОТТ" не несет никакой ответственности.

Длина волны [nm]	Обозначение	Используемая линия спектра	Элемент
2325,42		инфракрасная линия ртути	Hg
1970,09		инфракрасная линия ртути	Hg
1529,582		инфракрасная линия ртути	Hg
1060,0		лазер на неодимовом стекле	Nd
1013,98	t	инфракрасная линия ртути	Hg
852,11	s	инфракрасная линия цезия	Cs
706,5188	r	красная линия гелия	He
656,2725	C	красная линия водорода	H
643,8469	C'	красная линия кадмия	Cd
632,8		гелий-неоновый лазер	He-Ne
589,2938	D	желтая линию натрия (середина двойной линии)	Na
587,5618	d	желтая линия гелия	He
546,0740	e	зеленая линия ртути	Hg
486,1327	F	синяя линия водорода	H
479,9914	F'	синяя линия кадмия	Cd
435,8343	g	синяя линия ртути	Hg
404,6561	h	фиолетовая линия ртути	Hg
365,0146	i	ультрафиолетовая линия ртути	Hg
334,1478		ультрафиолетовая линия ртути	Hg
312,5663		ультрафиолетовая линия ртути	Hg
296,7278		ультрафиолетовая линия ртути	Hg
280,4		ультрафиолетовая линия ртути	Hg
248,3		ультрафиолетовая линия ртути	Hg

Таб. 9.1: Длины волн для выбора часто используемых спектральных линий.

## 10. Разъяснение обозначений в разделе данных

<b>Код стекла</b>	– международный код стекла по показателю преломления $n_d$ и коэффициенту дисперсии $v_d$ с плотностью
<b><math>n_x</math>, <math>x_x</math>, <math>n_x-n_y</math></b>	– показатель преломления, коэффициент дисперсии и дисперсия при различных длинах волн
<b>CR</b>	– класс устойчивости к климатическим воздействиям (ISO/WD 13384)
<b>FR</b>	– класс сопротивления пятнаемости
<b>SR</b>	– класс устойчивости к воздействию кислот (ISO 8424)
<b>AR</b>	– класс устойчивости к воздействию щелочей (ISO 10629)
<b>PR</b>	– класс устойчивости к воздействию фосфатов (ISO 9689)
<b><math>\alpha</math></b>	– коэффициент линейного термического расширения $\alpha(-30^\circ\text{C}; +70^\circ\text{C})$ в $10^{-6}/\text{K}$
<b><math>T_g</math></b>	– температура трансформации в $^\circ\text{C}$ (ISO 7884–8)
<b><math>T_{10^{7,6}}</math></b>	– температура стекла при вязкости $10^{7,6}$ dPa s
<b><math>\rho</math></b>	– плотность в $\text{г}/\text{см}^3$
<b>HK</b>	– твёрдость по шкале Кнупа (ISO 9385)
<b>HG</b>	– класс шлифования (ISO 12844)
<b>B</b>	– класс пузырьности
<b><math>\tau_i</math></b>	– коэффициент внутреннего пропускания при 400 нм; толщина стекла 25 мм
<b>Цветовой код</b>	– длины волн для пропускания 0,80 (при *: 0,70) и 0,05; толщина стекла: 10 мм (JOGIS)

*Данные представляют современный известный уровень знаний.  
Обусловленные техническим прогрессом изменения мы оставляем за собой.*

## 11. Логистика

### 11.1 Приоритетное стекло

Имеющиеся в актуальной программе стекла классифицированы как приоритетные стекла. Как правило, гарантируется поставка со склада.

### 11.2 Стекло по запросу

Запрашиваемые стекла не регулируются запасом на складе. В большинстве случаев они производятся целенаправленно по заказу клиентов. По техническим и экономическим причинам клиенты забирают полную плавку. Минимальная масса плавки зависит преимущественно от метода варки, однако также и от марки стекла. Спецификации и сроки поставки определяются в случае задания индивидуально.

### 11.3 Определение артикулов

На фирме “ШОТТ” артикул определяется по марке стекла, форме поставки, размеру и качеству.

### 11.4 Приоритетные и запрашиваемые артикулы

Все приоритетные оптические стекла представлены в ассортименте поставок минимум одним приоритетным артикулом.

Приоритетные артикулы располагаются на основе данных планирования сбыта независимо от заказов и поэтому, как правило, всегда имеются в распоряжении.

Из определенных приоритетных артикулов путем обработки, селекции или проверки качества могут производиться специальные артикулы.

Эти специфические по заказу артикулы могут иметь отклонения в форме поставки, размере или качестве от приоритетного артикула и обозначаются как запрашиваемые артикулы.

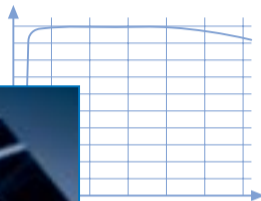
Запрашиваемых артикулов, как правило, на складе нет. Они целенаправленно производятся по заказам клиентов.

### **11.5 Приоритетный ассортимент**

Сведения об актуальном приоритетном ассортименте можно найти на нашей интернет-странице: [http://www.schott.com/optics\\_devices](http://www.schott.com/optics_devices).

# Оптическое стекло

Свойства



**SCHOTT**  
glass made of ideas

## Свойства

<b>Код стекла</b>	– международный код стекла по показателю преломления $n_d$ и коэффициенту дисперсии $v_d$ с плотностью
<b><math>n_x, x_x, n_x-n_y</math></b>	– показатель преломления, коэффициент дисперсии и дисперсия при различных длинах волн
<b>CR</b>	– класс устойчивости к климатическим воздействиям (ISO/WD 1 3384)
<b>FR</b>	– класс сопротивления пятнаемости
<b>SR</b>	– класс устойчивости к воздействию кислот (ISO 8424)
<b>AR</b>	– класс устойчивости к воздействию щелочей (ISO 10629)
<b>PR</b>	– класс устойчивости к воздействию фосфатов (ISO 9689)
<b><math>\alpha</math></b>	– коэффициент линейного термического расширения $\alpha(-30^\circ\text{C}; +70^\circ\text{C})$ в $10^{-6}/\text{K}$
<b><math>T_g</math></b>	– температура трансформации в $^\circ\text{C}$ (ISO 7884–8)
<b><math>T_{10^{7,6}}</math></b>	– температура стекла при вязкости $10^{7,6}$ dPa s
<b><math>\rho</math></b>	– плотность в $\text{г}/\text{см}^3$
<b>HK</b>	– твёрдость по шкале Кнупа (ISO 9385)
<b>HG</b>	– класс шлифования (ISO 12844)
<b>B</b>	– класс пузырьности
<b><math>\tau_i</math></b>	– коэффициент внутреннего пропускания при 400 нм; толщина стекла 25 мм
<b>Цветовой код</b>	– длины волн для пропускания 0,80 (при *: 0,70) и 0,05; толщина стекла: 10 мм (JOGIS)

*Данные представляют современный известный уровень знаний.  
Обусловленные техническим прогрессом изменения мы оставляем за собой.*

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-FK5</b> 487704.245	1.48749	70.41	0.006924	1.48914	70.23	0.006965	1.48410	1.48535	1.49266	1.49593	1.49894
<b>N-FK51</b> 487845.368	1.48656	84.47	0.005760	1.48794	84.07	0.005804	1.48379	1.48480	1.49088	1.49364	1.49618
<b>N-PK51</b> 529770.396	1.52855	76.98	0.006867	1.53019	76.58	0.006923	1.52527	1.52646	1.53372	1.53704	1.54010
<b>N-PK52A</b> 497816.368	1.49700	81.61	0.006090	1.49845	81.21	0.006138	1.49408	1.49514	1.50157	1.50450	1.50720
<b>N-PSK3</b> 552635.291	1.55232	63.46	0.008704	1.55440	63.23	0.008767	1.54811	1.54965	1.55885	1.56302	1.56688
<b>N-PSK53</b> 620635.360	1.62014	63.48	0.009769	1.62247	63.19	0.009851	1.61547	1.61717	1.62749	1.63223	1.63662

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
2	1	4	2	2.3	9.2	466	672	2.45	520	3	1	0.993	30/25
2	0	52.3	2.2	4.3	13.3	420		3.69	430	5	1	0.993	34/28
2	0	51.2	3.3	4.3	12.7	496		3.96	400	6	1	0.984	35/29
1	0	52.3	3.3	4.3	12.9	453	523	3.69	370	6	1	0.992	34/28
3	0	2.2	2	2	6.2	599	736	2.91	630	2	1	0.986	33/28
2	1	52.3	1.2	4.3	9.4	618	709	3.60	440	6	1	0.950	37/33

Марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-BK7</b> 517642.251	1.51680	64.17	0.008054	1.51872	63.96	0.008110	1.51289	1.51432	1.52283	1.52668	1.53024
<b>N-BK10</b> 498670.239	1.49782	66.95	0.007435	1.49960	66.78	0.007481	1.49419	1.49552	1.50337	1.50690	1.51014
<b>N-K5</b> 522595.259	1.52249	59.48	0.008784	1.52458	59.22	0.008858	1.51829	1.51982	1.52910	1.53338	1.53734
<b>K7</b> 511604.253	1.51112	60.41	0.008461	1.51314	60.15	0.008531	1.50707	1.50854	1.51748	1.52159	1.52540
<b>K10</b> 501564.252	1.50137	56.41	0.008888	1.50349	56.15	0.008967	1.49713	1.49867	1.50807	1.51243	1.51649
<b>N-ZK7</b> 508612.249	1.50847	61.19	0.008310	1.51045	60.98	0.008370	1.50445	1.50592	1.51470	1.51869	1.52238

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
2	0	1	2	2.3	7.1	557	719	2.51	610	3	0	0.992	33/29
1	0	1	1	1	5.8	551	753	2.39	560	4	1	0.990	31/27
1	0	1	1	1	8.2	546	720	2.59	530	3	1	0.988	34/30
3	0	2	1	2.3	8.4	513	712	2.53	520	3	1	0.990	33/30
1	0	1	1	1.2	6.5	459	691	2.52	470	4	1	0.986	33/30
1	0	2	1.2	2.2	4.5	539	721	2.49	530	4	1	0.975	34/29

BK  
K  
ZK

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-BAK1</b> 573575.319	1.57250	57.55	0.009948	1.57487	57.27	0.010039	1.56778	1.56949	1.58000	1.58488	1.58941
<b>N-BAK2</b> 540597.286	1.53996	59.71	0.009043	1.54212	59.44	0.009120	1.53564	1.53721	1.54677	1.55117	1.55525
<b>N-BAK4</b> 569560.304	1.56883	55.98	0.010162	1.57125	55.70	0.010255	1.56400	1.56575	1.57649	1.58149	1.58614
<b>N-SK2</b> 607567.355	1.60738	56.65	0.010722	1.60994	56.37	0.010821	1.60230	1.60414	1.61547	1.62073	1.62562
<b>N-SK4</b> 613586.353	1.61272	58.63	0.010450	1.61521	58.37	0.010541	1.60774	1.60954	1.62059	1.62568	1.63042
<b>N-SK5</b> 589613.330	1.58913	61.27	0.009616	1.59142	61.02	0.009692	1.58451	1.58619	1.59635	1.60100	1.60530
<b>N-SK10</b> 623570.363	1.62278	56.98	0.010929	1.62539	56.70	0.011029	1.61759	1.61947	1.63102	1.63638	1.64137
<b>N-SK11</b> 564608.308	1.56384	60.80	0.009274	1.56605	60.55	0.009349	1.55939	1.56101	1.57081	1.57530	1.57946
<b>N-SK14</b> 603606.344	1.60311	60.60	0.009953	1.60548	60.34	0.010034	1.59834	1.60008	1.61059	1.61542	1.61988
<b>N-SK15</b> 623580.362	1.62296	58.02	0.010737	1.62552	57.75	0.010832	1.61785	1.61970	1.63105	1.63629	1.64116

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
2	1	3.3	1.2	2	7.6	592	746	3.19	530	2	1	0.990	33/29
2	0	1	1	2.3	8.0	554	727	2.86	530	2	1	0.993	32/28
1	0	1.2	1	1	7.0	581	725	3.05	550	2	0	0.980	36/33
2	0	2.2	1	2.3	6.0	659	823	3.55	550	2	0	0.984	35/30
3	1	51.2	2	2	6.5	658	769	3.54	580	3	1	0.975	36/32
3	1	4.4	2	1.3	5.5	660	791	3.30	590	3	1	0.981	34/29
3	3	52.2	2	2.2	6.8	633	758	3.64	550	3	1	0.970	36/32
2	0	2	1	2.3	6.5	610	760	3.08	570	2	1	0.975	34/29
4	2	51.3	2	2.3	6.0	649	773	3.44	600	3	1	0.975	35/29
3	3	52.2	2	3.2	6.7	641	752	3.62	620	3	1	0.960	36/31

BAK  
SK

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
N-SK16 620603.358	1.62041	60.32	0.010285	1.62286	60.08	0.010368	1.61548	1.61727	1.62814	1.63312	1.63773

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
4	4	53.3	3.3	3.2	6.3	636	750	3.58	600	4	1	0.970	36/30

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-KF9</b> 523515.249	1.52346	51.54	0.010156	1.52588	51.26	0.010258	1.51867	1.52040	1.53114	1.53620	1.54096
<b>N-BALF4</b> 580539.311	1.57956	53.87	0.010759	1.58212	53.59	0.010863	1.57447	1.57631	1.58769	1.59301	1.59799
<b>N-BALF5</b> 547536.261	1.54739	53.63	0.010207	1.54982	53.36	0.010303	1.54255	1.54430	1.55510	1.56016	1.56491
<b>N-SSK2</b> 622533.352	1.62229	53.27	0.011681	1.62508	52.99	0.011795	1.61678	1.61877	1.63112	1.63691	1.64232
<b>N-SSK5</b> 658509.371	1.65844	50.88	0.012940	1.66152	50.59	0.013075	1.65237	1.65455	1.66824	1.67471	1.68079
<b>N-SSK8</b> 618498.326	1.61773	49.83	0.012397	1.62068	49.54	0.012529	1.61192	1.61401	1.62713	1.63335	1.63923
<b>N-LAK7</b> 652585.384	1.65160	58.52	0.011135	1.65425	58.26	0.011229	1.64628	1.64821	1.65998	1.66539	1.67042
<b>N-LAK8</b> 713538.374	1.71300	53.83	0.013245	1.71616	53.61	0.013359	1.70668	1.70897	1.72297	1.72944	1.73545

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
1	0	1	1	1	9.6	476	640	2.50	480	1	1	0.965	37/34
1	0	1	1	1	6.5	578	661	3.11	540	2	1	0.964	37/33
1	0	1	2	1	7.3	558	711	2.61	600	2	1	0.957	37/34
1	0	1.2	1	1	5.8	653	801	3.53	570	3	1	0.954	37/33
2	3	52.2	2.2	3.2	6.8	645	751	3.71	590	5	1	0.900	38/34
1	0	1	1.3	1	7.2	616	742	3.27	570	3	1	0.880	39/35
3	2	53.3	3.3	4.3	7.1	618	716	3.84	600	5	0	0.943	37/30
3	2	52.3	1	3.3	5.6	643	717	3.75	740	2	0	0.943	37/30

KF  
BALF  
SSK  
LAK

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-LAK9</b> 691547.351	1.69100	54.71	0.012631	1.69401	54.48	0.012738	1.68497	1.68716	1.70051	1.70667	1.71239
<b>N-LAK10</b> 720506.368	1.72003	50.62	0.014224	1.72341	50.39	0.014357	1.71328	1.71572	1.73077	1.73779	1.74438
<b>N-LAK12</b> 678552.410	1.67790	55.20	0.012281	1.68083	54.92	0.012396	1.67209	1.67419	1.68717	1.69320	1.69882
<b>LAKL12</b> 678549.332	1.67790	54.92	0.012342	1.68084	54.69	0.012450	1.67201	1.67415	1.68720	1.69322	1.69882
<b>N-LAK14</b> 697554.363	1.69680	55.41	0.012575	1.69980	55.19	0.012679	1.69077	1.69297	1.70626	1.71237	1.71804
<b>N-LAK21</b> 640601.374	1.64049	60.10	0.010657	1.64304	59.86	0.010743	1.63538	1.63724	1.64850	1.65366	1.65844
<b>N-LAK22</b> 651559.376	1.65113	55.89	0.011650	1.65391	55.63	0.011755	1.64560	1.64760	1.65992	1.66562	1.67092
<b>N-LAK33A</b> 754523.421	1.75393	52.27	0.014424	1.75737	52.04	0.014554	1.74707	1.74956	1.76481	1.77187	1.77845
<b>N-LAK34</b> 729545.402	1.72916	54.50	0.013379	1.73235	54.27	0.013493	1.72277	1.72509	1.73923	1.74575	1.75180

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
3	3	52	1.2	4.3	6.3	656	722	3.51	700	3	0	0.950	37/30
2	2	52.3	1	3	5.7	636	714	3.69	780	2	0	0.900	39/34
3	1	53.3	3.3	4.3	7.6	614	714	4.10	560	6	1	0.940	37/31
3	3	53.3	2.2	3.3	6.8	636	764	3.32	700	2	0	0.953	37/30
3	2	52.3	1	3	5.5	661	734	3.63	730	2	0	0.940	37/29
4	2	53.2	4.3	4.3	6.8	639	716	3.74	600	5	0	0.950	37/31
2	2	51.2	1	2.3	6.6	689		3.77	600	4	0	0.964	36/30
1	1	51	1	2	5.8	669	744	4.22	740	2	0	0.940	38/30
1	0	52.3	1	3.3	5.8	668	740	4.02	740	2	0	0.952	37/28

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
LLF1 548458.294	1.54814	45.75	0.011981	1.55099	45.47	0.012118	1.54256	1.54457	1.55725	1.56333	1.56911
N-BAF3 583466.279	1.58272	46.64	0.012495	1.58569	46.35	0.012637	1.57689	1.57899	1.59222	1.59857	1.60463
N-BAF4 606437.288	1.60568	43.72	0.013853	1.60897	43.43	0.014021	1.59926	1.60157	1.61624	1.62336	1.63022
N-BAF10 670471.374	1.67003	47.11	0.014222	1.67341	46.83	0.014380	1.66339	1.66578	1.68083	1.68801	1.69480
N-BAF51 652450.333	1.65224	44.96	0.014507	1.65569	44.67	0.014677	1.64551	1.64792	1.66328	1.67065	1.67766
N-BAF52 609466.304	1.60863	46.60	0.013061	1.61173	46.30	0.013211	1.60254	1.60473	1.61856	1.62521	1.63157

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
1	0	1	2	1	8.1	414	628	2.94	450	3	1	0.993	33/31
1	0	1	1	1	7.2	583	714	2.79	560	2	1	0.900	39/35
1	0	1	1.2	1.3	7.2	580	709	2.89	610	3	1	0.870	39/35
1	0	4.3	1.3	1	6.2	660	790	3.75	620	4	1	0.880	39/35
2	0	5.4	1.3	1	8.4	569	712	3.33	560	5	1	0.890	39/34
1	0	1	1.3	1	6.9	594	723	3.05	600	3	1	0.880	39/35

LLF  
BAF

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>LF5</b> 581409.322	1.58144	40.85	0.014233	1.58482	40.57	0.014413	1.57489	1.57723	1.59231	1.59964	1.60668
<b>N-F2</b> 620364.265	1.62005	36.43	0.017020	1.62408	36.16	0.017258	1.61229	1.61506	1.63310	1.64209	1.65087
<b>F2</b> 620364.361	1.62004	36.37	0.017050	1.62408	36.11	0.017284	1.61227	1.61503	1.63310	1.64202	1.65064
<b>F4</b> 617366.358	1.61659	36.63	0.016834	1.62058	36.37	0.017064	1.60891	1.61165	1.62949	1.63828	1.64679
<b>F5</b> 603380.347	1.60342	38.03	0.015867	1.60718	37.77	0.016078	1.59616	1.59875	1.61556	1.62381	1.63176

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
2	0	1	2.3	2	9.1	419	585	3.22	450	2	1	0.992	34/31
1	0	1	1	1	7.8	566	688	2.65	600	2	1	0.870	39/36
1	0	1	2.3	1.3	8.2	432	593	3.61	420	2	0	0.984	35/32
1	0	1	2.3	2	8.3	436	614	3.58	420	2	1	0.971	35/32
1	0	1	2.3	2	8.0	438	608	3.47	450	3	0	0.984	35/32

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
N-BASF2 664360.315	1.66446	36.00	0.018457	1.66883	35.73	0.018720	1.65607	1.65905	1.67862	1.68838	1.69792
N-BASF64 704394.320	1.70400	39.38	0.017875	1.70824	39.12	0.018105	1.69578	1.69872	1.71765	1.72690	1.73581

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
1	0	1	1	1	7.1	619	766	3.15	580	3	1	0.750	41/36
1	0	3.2	1.2	1	7.3	582	712	3.20	650	4	0	0.820	40/35

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-LAF2</b> 744449.429	1.74397	44.85	0.016588	1.74791	44.57	0.016780	1.73627	1.73903	1.75659	1.76500	1.77298
<b>N-LAF3</b> 717480.414	1.71700	47.96	0.014950	1.72055	47.68	0.015112	1.71001	1.71252	1.72834	1.73585	1.74293
<b>N-LAF7</b> 749348.373	1.74950	34.82	0.021525	1.75459	34.56	0.021833	1.73972	1.74320	1.76602	1.77741	1.78854
<b>LAFN7</b> 750350.438	1.74950	34.95	0.021445	1.75458	34.72	0.021735	1.73970	1.74319	1.76592	1.77713	1.78798
<b>N-LAF21</b> 788475.434	1.78800	47.49	0.016594	1.79195	47.24	0.016763	1.78019	1.78301	1.80056	1.80883	1.81659
<b>N-LAF32</b> 795455.432	1.79457	45.53	0.017453	1.79872	45.28	0.017640	1.78640	1.78934	1.80780	1.81656	1.82482
<b>N-LAF33</b> 786441.436	1.78582	44.05	0.017839	1.79007	43.80	0.018038	1.77751	1.78049	1.79937	1.80837	1.81687
<b>N-LAF34</b> 773496.424	1.77250	49.62	0.015568	1.77621	49.38	0.015719	1.76515	1.76780	1.78427	1.79196	1.79915
<b>N-LAF35</b> 743494.411	1.74330	49.40	0.015047	1.74688	49.16	0.015194	1.73620	1.73876	1.75467	1.76212	1.76908
<b>N-LAF36</b> 800424.443	1.79952	42.37	0.018871	1.80400	42.12	0.019090	1.79076	1.79390	1.81387	1.82345	1.83252

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
2	3	52.2	1	2.2	8.1	653	742	4.30	530	6	1	0.840	40/34
2	3	52.3	1.2	3.3	7.6	646	740	4.14	580	5	1	0.890	39/34
1	2	51.3	1.2	1.2	7.3	568	669	3.73	530	5	1	0.490	46/36
3	1	53.3	2.2	4.3	5.3	500	573	4.38	520	3	0	0.850	40/35
1	1	51.3	1	1.3	6.2	663	724	4.34	780	2	1	0.880	40/33
1	1	51.2	1	2	5.9	643		4.33	760	2	1	0.860	40/34
1	2	52.2	1	3	5.6	600	673	4.36	730	1	0	0.895	39/32
1	1	51.3	1	1	5.8	668	745	4.24	770	2	0	0.920	39/32
2	1	52.3	1	3.3	5.3	589	669	4.12	660	2	0	0.940	38/30
1	2	52.3	1	3.3	5.7	579	670	4.43	680	1	0	0.870	40/33

LAF

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
LASFN9 850322.444	1.85025	32.17	0.026430	1.85651	31.93	0.026827	1.83834	1.84256	1.87059	1.88467	1.89844
N-LASF31 881410.541	1.88067	41.01	0.021475	1.88577	40.76	0.021731	1.87074	1.87429	1.89702	1.90793	1.91824
N-LASF40 834373.454	1.83404	37.30	0.022363	1.83935	37.04	0.022658	1.82380	1.82745	1.85114	1.86275	1.87393
N-LASF41 835431.493	1.83501	43.13	0.019361	1.83961	42.88	0.019578	1.82599	1.82923	1.84972	1.85949	1.86872
N-LASF43 806406.426	1.80610	40.61	0.019850	1.81081	40.36	0.020089	1.79691	1.80020	1.82122	1.83137	1.84106
N-LASF44 804465.444	1.80420	46.50	0.017294	1.80832	46.25	0.017476	1.79609	1.79901	1.81731	1.82594	1.83405
N-LASF45 801350.362	1.80107	34.97	0.022905	1.80650	34.72	0.023227	1.79066	1.79436	1.81864	1.83068	1.84237
N-LASF46 901316.446	1.90138	31.64	0.028490	1.90811	31.41	0.028916	1.88851	1.89307	1.92329	1.93849	1.95341

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
2	0	2	1	1	7.4	698	825	4.44	630	4	1	0.563	*41/36
1	0	2	1	1	6.8	758		5.41	770	2	1	0.820	*38/32
1	1	51.2	1	2	5.8	585	673	4.55	690	1	0	0.750	*39/35
1	0	4	1	1	6.2	668	742	4.93	760	1	0	0.876	*37/32
1	1	51.3	1	2	5.5	614	699	4.26	720	1	1	0.810	42/34
1	1	4	1	1	6.2	655	742	4.44	770	1	0	0.910	40/31
1	0	3.2	1	1	7.4	647	773	3.63	630		0	0.680	44/35
1	0	3.3	1	1	6.0	638	735	4.46	730	1	0	0.140	*46/38

LASF

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-SF1</b> 717296.302	1.71736	29.62	0.024219	1.72308	29.39	0.024606	1.70651	1.71035	1.73605	1.74919	1.76224
<b>SF1</b> 717295.446	1.71736	29.51	0.024307	1.72310	29.29	0.024687	1.70647	1.71031	1.73610	1.74916	1.76201
<b>SF2</b> 648338.386	1.64769	33.85	0.019135	1.65222	33.60	0.019412	1.63902	1.64210	1.66238	1.67249	1.68233
<b>N-SF4</b> 755274.314	1.75513	27.38	0.027583	1.76164	27.16	0.028044	1.74286	1.74719	1.77647	1.79158	1.80668
<b>SF4</b> 755276.479	1.75520	27.58	0.027383	1.76167	27.37	0.027829	1.74300	1.74730	1.77636	1.79121	1.80589
<b>N-SF5</b> 673323.285	1.67271	32.25	0.020858	1.67763	32.00	0.021177	1.66330	1.66664	1.68876	1.69998	1.71106
<b>SF5</b> 673322.407	1.67270	32.21	0.020885	1.67764	31.97	0.021195	1.66327	1.66661	1.68876	1.69986	1.71069
<b>N-SF6</b> 805254.337	1.80518	25.36	0.031750	1.81266	25.16	0.032304	1.79114	1.79608	1.82980	1.84738	1.86506
<b>SF6</b> 805254.518	1.80518	25.43	0.031660	1.81265	25.24	0.032201	1.79117	1.79609	1.82970	1.84707	1.86436
<b>N-SF8</b> 689313.290	1.68894	31.31	0.022005	1.69413	31.06	0.022346	1.67904	1.68254	1.70589	1.71775	1.72948
<b>N-SF10</b> 728285.305	1.72828	28.53	0.025524	1.73430	28.31	0.025941	1.71688	1.72091	1.74800	1.76191	1.77578

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
1	0	1	1	1	9.1	553	660	3.03	540	5	1	0.700	41/36
2	1	3.2	2.3	3	8.1	417	566	4.46	390	1	1	0.920	39/34
1	0	2	2.3	2	8.4	441	600	3.86	410	2	0	0.954	37/33
1	0	1.3	1	1	9.5	570	661	3.15	520	6	1	0.550	44/37
1	2	4.3	2.3	3.3	8.0	420	552	4.79	390	1	1	0.890	40/35
1	0	1	1	1	7.9	578	693	2.86	620	3	1	0.780	40/36
1	1	2	2.3	3	8.2	425	580	4.07	410	2	1	0.950	37/33
1	0	2	1	1	9.0	594	694	3.37	550	4	1	0.570	45/37
2	3	51.3	2.3	3.3	8.1	423	538	5.18	370	1	0	0.790	42/37
1	0	1	1	1	8.6	567	678	2.90	600	4	1	0.770	41/36
1	0	1	1	1	9.4	559	652	3.05	540	5	1	0.640	42/36

SF

Марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>SF10</b> 728284.428	1.72825	28.41	0.025633	1.73430	28.19	0.026051	1.71681	1.72085	1.74805	1.76198	1.77579
<b>SF11</b> 785258.474	1.78472	25.76	0.030467	1.79190	25.55	0.030997	1.77125	1.77599	1.80834	1.82518	1.84208
<b>SF14</b> 762265.454	1.76182	26.53	0.028719	1.76859	26.31	0.029211	1.74910	1.75357	1.78407	1.79989	1.81573
<b>N-SF15</b> 699302.292	1.69892	30.20	0.023142	1.70438	29.96	0.023511	1.68854	1.69222	1.71677	1.72933	1.74182
<b>SF15</b> 699301.406	1.69895	30.07	0.023246	1.70444	29.83	0.023612	1.68853	1.69221	1.71688	1.72940	1.74176
<b>N-SF19</b> 667331.290	1.66679	33.12	0.020131	1.67154	32.86	0.020435	1.65769	1.66092	1.68228	1.69309	1.70377
<b>N-SF56</b> 785261.328	1.78470	26.10	0.030071	1.79179	25.89	0.030587	1.77137	1.77607	1.80800	1.82460	1.84126
<b>SF56A</b> 785261.492	1.78470	26.08	0.030092	1.79180	25.87	0.030603	1.77136	1.77605	1.80800	1.82449	1.84092
<b>SFL57</b> 847236.355	1.84666	23.62	0.035841	1.85510	23.43	0.036489	1.83089	1.83643	1.87451	1.89456	1.91488
<b>N-SF57</b> 847238.353	1.84666	23.78	0.035604	1.85504	23.59	0.036247	1.83099	1.83650	1.87432	1.89423	1.91440
<b>SF57</b> 847238.551	1.84666	23.83	0.035536	1.85504	23.64	0.036166	1.83102	1.83650	1.87425	1.89393	1.91366

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
1	0	1	1.2	2	7.5	454	595	4.28	430	1	0	0.690	41/37
1	0	1	1.2	1	6.1	503	635	4.74	450	1	1	0.200	44/39
1	0	1	1.2	1	6.6	478	617	4.54	430	1	1	0.280	43/38
1	0	1	1	1	8.0	580	692	2.92	610	3	1	0.680	42/37
1	0	1	1.2	2.3	7.9	455	595	4.06	420	2	1	0.780	40/37
1	0	1	1.2	1	7.2	598	707	2.90	630	3	1	0.770	40/36
1	0	1	1.3	1	8.7	592	691	3.28	560	5	1	0.570	44/37
1	1	3.2	2.2	3.2	7.9	429	556	4.92	380	1	1	0.680	42/37
1	0	1.3	1	1.3	8.7	598	700	3.55	580	3	1	0.200	*44/38
1	0	1	1	1	8.5	629	716	3.53	520	4	1	0.460	*42/37
2	5	52.3	2.3	4.3	8.3	414	519	5.51	350	1	0	0.660	*40/37

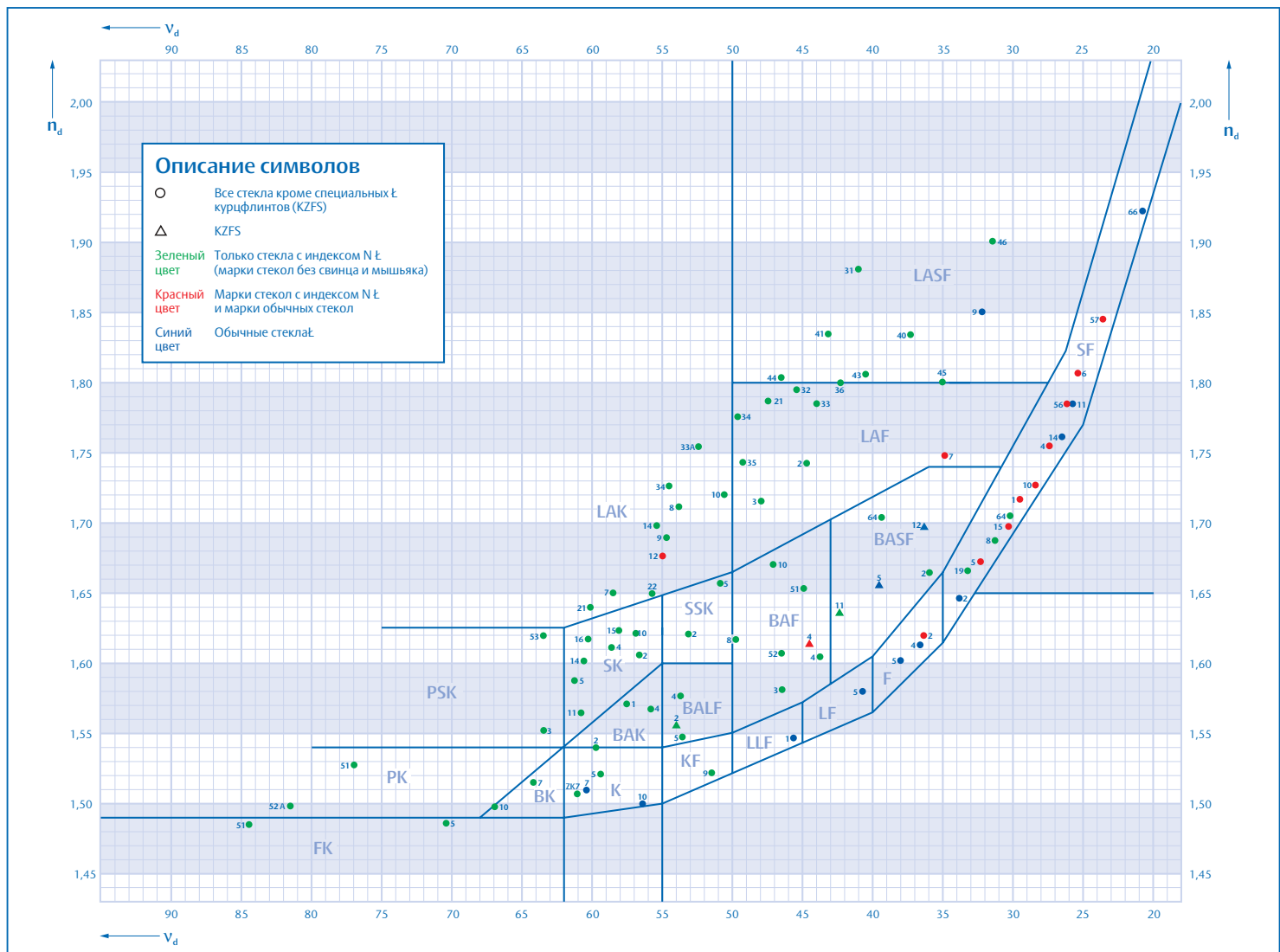
марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-SF64</b> 706302.298	1.70591	30.23	0.023350	1.71142	29.99	0.023720	1.69544	1.69914	1.72392	1.73657	1.74912
<b>SF66</b> 923209.602	1.92286	20.88	0.044189	1.93325	20.73	0.045030	1.90361	1.91033	1.95730	1.98229	2.00775

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
1	0	1	1.2	1	8.5	572	688	2.99	620	4	1	0.670	42/37
2	5	53.4	2.3	4.2	9.0	384	482	6.03	310	2	1	0.240	*42/38

марка стекла	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-KZFS2</b> 558540.255	1.55836	54.01	0.010338	1.56082	53.83	0.010418	1.55337	1.55519	1.56612	1.57114	1.57580
<b>N-KZFS4</b> 613445.300	1.61336	44.49	0.013785	1.61664	44.27	0.013929	1.60688	1.60922	1.62380	1.63071	1.63723
<b>KZFSN4</b> 613443.320	1.61340	44.29	0.013848	1.61669	44.07	0.013994	1.60689	1.60924	1.62389	1.63085	1.63745
<b>KZFSN5</b> 654396.346	1.65412	39.63	0.016507	1.65803	39.40	0.016701	1.64644	1.64920	1.66668	1.67512	1.68319
<b>N-KZFS11</b> 638424.319	1.63775	42.41	0.015038	1.64132	42.20	0.015198	1.63069	1.63324	1.64915	1.65670	1.66385
<b>KZFS12</b> 696363.383	1.69600	36.29	0.019179	1.70055	36.06	0.019425	1.68717	1.69033	1.71065	1.72059	1.73017

CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	HG	B	$\tau_i$	FC
1	4	52.3	4.3	4.2	4.4	491	600	2.55	490	3	1	0.963	34/30
1	1	3.4	1.2	1	7.3	547	675	3.00	520	3	1	0.948	36/32
3	2	52.3	4.3	4.3	4.5	492	594	3.20	450	5	1	0.974	36/30
3	2	52.3	4.3	4.3	4.5	501		3.46	460	5	1	0.940	37/34
1	1	3.4	1	1	6.6	551		3.20	530	3	1	0.968	36/30
4	1	53.3	4.3	4.3	5.2	492	549	3.84	440	4	1	0.810	40/35

KZFS



Version 1.5 · 06/2003

Abbe-Diagram

**SCHOTT**  
glass made of ideas