

 **Shvabe**
Founded in 1837

ОПТИЧЕСКОЕ СТЕКЛО
OPTICAL GLASS

ЛЗОС  **LZOS**



Российская Федерация Russian Federation

Москва (Moscow)
Лыткарино (Lytkarino)





ЛЗОС  **LZOS**

www.lzos.ru

Акционерное общество
«Лыткаринский завод
оптического стекла»

140080, Российская Федерация,
Московская область, г. Лыткарино,
ул. Парковая, д. 1

Тел.: +7 (495) 552-32-95
+7 (495) 552-15-20
Факс: +7 (495) 552-12-66
E-mail: info@lzos.ru
office@lzos.ru

Joint-Stock Company
"Lytkarino
Optical Glass Factory"

Parkovaya, 1, Lytkarino,
Moscow region,
Russian Federation, 140080

Phone: +7 (495) 552-32-95
+7 (495) 552-15-20
Fax: +7 (495) 552-12-66
E-mail: info@lzos.ru
office@lzos.ru

CONTENTS:

1. Introduction	10	7. Forms and Terms of Delivery	32
2. Optical Properties	12	7.1 Blocks and Plates	34
3. Secondary Spectrum	14	7.2 Rods of Rectangular and Round Section	36
4. Designation System and Classification of Glasses	16	7.3 Pressed Blanks from Molten Glass	38
5. Physico-Chemical Properties	18	7.4 Pressed Blanks from Cut Rods	40
5.1 Light Transmission	18	7.5 Minimum Size of Blank Batch	42
5.2 Glass resistance to radiation	20	7.6 Periodicity of Glass Melting	44
5.3 Mechanical Properties	20	JSC LZOS also produces	76
5.4 Thermal Properties	22		
5.5 Chemical Resistance	22		
6. Standardized Indices of Quality	24		
6.1 Refractive Index, Abbe	24		
6.2 Variation of n_d in a Batch of Blanks	24		
6.3 Optical Homogeneity	26		
6.4 Integral Attenuation Coefficient, transmittance	28		
6.5 Birefringence	28		
6.6 Striae	30		
6.7 Bubbles	30		

СОДЕРЖАНИЕ:

1. Введение	11	6.6 Бесвильность	31
2. Оптические постоянные	13	6.7 Пузырность	31
3. Вторичный спектр	15	7. Вид и условия поставки	33
4. Система обозначений и классификация стекол	17	7.1 Блочное стекло, пластины	35
5. Физико-химические свойства	19	7.2 Штабик прямоугольного и круглого сечения	37
5.1 Светопропускание	19	7.3 Прессовки из жидкой стекломассы	39
5.2 Устойчивость стекол к воздействию радиационного излучения	21	7.4 Прессовки из нарезок	41
5.3 Механические свойства	21	7.5 Минимальные размеры партии заготовок	43
5.4 Термические свойства	23	7.6 Частота варок стекла	45
5.5 Химическая устойчивость	23	Также АО ЛЗОС изготавливает	76
6. Нормируемые показатели качества	25		
6.1 Показатель преломления, коэффициент дисперсии	25		
6.2 Однородность по n_d партии заготовок	25		
6.3 Оптическая однородность	27		
6.4 Интегральный показатель ослабления, коэффициент пропускания	29		
6.5 Двулучепреломление	29		

1. Introduction

Clear optical inorganic glass is the basic material for fabrication of lenses, prisms, plates and other components of optical devices and systems that receive, transmit and transform optical radiation.

Through the use of various chemical compounds in their compositions, optical glasses possess great diversity of optical and other physico-chemical properties, which enables creating of optical systems with high degree resolution of image transmission.

JSC Lytkarino Optical Glass Factory (JSC LZOS) is one of the largest in Europe and has more than 70-year of experience in production of the whole range of glasses applied in optical instrument engineering.

The factory delivers its products both to Russian and CIS companies and to the countries of Europe, South and North America, Asia and Africa.

High quality of produced glass is ensured by advanced technology, use of high-purity raw materials and standardization of tolerances for basic parameters of optical glass.

The glass, in accordance with customer's request, is delivered as blocks, plates or pressed blanks close in shape and size to finished items.

The catalogue's mission is to familiarize our usual and potential customers with nomenclature and basic properties of glasses

produced by JSC LZOS, tolerances for quality parameters, forms of supply, in order to help our customers make a reasonable and economically viable selection of required products.

1. Введение

Оптическое бесцветное неорганическое стекло является основным материалом для изготовления линз, призм, пластин и других деталей оптических приборов и систем, принимающих, передающих и трансформирующих оптическое излучение.

Благодаря использованию в составах различных химических соединений оптические стекла обладают многообразием оптических и других физико-химических свойств, что позволяет создавать оптические системы с высокой степенью разрешения передачи изображения.

АО «Лыткаринский завод оптического стекла» (АО ЛЗОС) – один из крупнейших в Европе, имеет более чем 70-летний опыт производства всей номенклатуры стекол, применяемых в оптическом приборостроении.

Завод поставляет свою продукцию как предприятиям России и СНГ, так и в страны Европы, Южной и Северной Америки, Азии и Африки.

Высокое качество производимого стекла обеспечивается передовой технологией, применением высокочистых сырьевых материалов и нормированием допусков на основные параметры оптического стекла.

Стекло по желанию заказчика поставляется в виде блоков, пластин или заготовок – прессовок, близких по форме и размерам к готовой детали.

Каталог ставит задачу ознакомить наших традиционных и потенциальных покупателей с номенклатурой и основными характеристиками стекол, выпускаемых АО ЛЗОС, допусками на показатели качества, формой поставки, с целью оказания помощи покупателям в правильном и экономически целесообразном выборе необходимой им продукции.

2. Optical Properties

The basic optical properties of optical glass are:

Refractive index n is defined as the ratio of velocity of propagation of electromagnetic radiation in air to the velocity of its propagation in glass. The refractive index depends on the radiation wavelength.

Refractive index n_e for wavelength 546,07 nm of mercury spectral line e is set as the basic refractive index of optical glass of specific type (in compliance with ISO 7944-84). This line is in the green part of spectrum in the area of maximum sensitivity of human eye.

The catalogue gives values of n for wavelengths of different spectral lines of chemical elements within the range from 404,7 to 706,5 nm.

Values of refractive index refer to glass, which underwent fine annealing (soaking temperature corresponds to viscosity of 10^{13} dPa·s, cooling rate is 2,5 deg/h). Refractive index measurement is carried out at temperature $20 \pm 3^\circ\text{C}$ and pressure, which was brought to the atmospheric one – 760 mm Hg.

Mean dispersion. Glass dispersion properties are characterized by the value of mean dispersion, which represents the difference of refractive indices for two wavelengths located relatively far from each other. The difference of refractive indices $n_{F'} - n_{C'}$ for wavelengths 479,99 and 643,85 nm of cadmium spectral lines F'

and C' bordering the visible region of spectrum (ISO 7944-84) is considered as the basic mean dispersion.

Dispersion coefficient

$$v = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}}$$

where n_2 and n_3 are refractive indices for wavelengths bordering some spectral range, and n_1 is refractive index for wavelength located inside the range.

The following value as the basic dispersion coefficient also known as Abbe value (ISO 7944-84) is accepted

$$v_e = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}}$$

2. Оптические постоянные

Основными оптическими постоянными оптического стекла являются:

Показатель преломления n определяется как отношение скорости распространения электромагнитного излучения в воздухе к скорости его распространения в стекле. Показатель преломления зависит от длины волны излучения.

В качестве основного показателя преломления оптического стекла конкретной марки в соответствии с ИСО 7944-84 установлен показатель преломления n_e для длины волны 546,07 нм спектральной линии ртути e . Эта линия расположена в зеленой части спектра света в области максимума чувствительности глаза человека.

В каталоге даны значения n для длин волн различных спектральных линий химических элементов в диапазоне 404,7-706,5 нм.

Значения показателя преломления относятся к стеклу, прошедшему тонкий отжиг (температура выдержки соответствует вязкости 10^{13} дПа·с, скорость охлаждения 2,5 град/ч). Измерение показателя преломления осуществляется при температуре $20 \pm 3^\circ\text{C}$ и приведенному к атмосферному давлению 760 мм рт.ст.

Средняя дисперсия. Дисперсионные свойства стекла характеризуются величиной средней дисперсии, представляющей

разность показателей преломления для двух относительно далеко отстоящих длин волн. В качестве основной средней дисперсии принята разность показателей преломления $n_{F'} - n_{C'}$ для длин волн 479,99 и 643,85 нм спектральных линий F' и C' кадмия, ограничивающих видимую часть спектра (ИСО 7944-84).

Коэффициент дисперсии

$$v = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}}$$

где n_2 и n_3 — показатели преломления для длин волн, ограничивающих какой-либо диапазон спектра, а n_1 — показатель преломления для длины волны, расположенной внутри диапазона.

В качестве основного коэффициента дисперсии, называемого также числом Аббе (ИСО 7944-84) принят

$$v_e = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}}$$

3. Secondary Spectrum

The value of relative partial dispersion $P_{x,y}$ is equal to the ratio of partial dispersion in area $\lambda_x - \lambda_y$ to mean dispersion $n_F - n_C$.

$$P_{x,y} = \frac{n_x - n_y}{n_F - n_C}$$

As noted by Abbe, if you plot the values of relative partial dispersions $P_{x,y}$ versus dispersion coefficient v_e calculated for the same wavelengths, it turns out that for most of the glass types, the points lie close to some straight line, called "Normal line".

The tangent of slope angle τ of this line is expressed in the form of equation:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{P_x - P_y}{v_{ex} - v_{ey}}$$

In the catalogue, it is accepted that the "Normal line" is defined using values $P_{x,y}$ and $P_{x,y}$ and v_e of glasses K-18 and Ф-13.

The optical parameters of these glass are given in *Table No.1*.

Table No.1

Glass type	v_e	$P_{x,y}$ in areas			
		$i - F'$	$y - F'$	$F - e'$	$F - r'$
K-18	60,15	1,697	0,4811	0,5086	1,223
Ф-13	36,09	1,921	0,5168	0,5223	1,205

The necessary condition for an apochromatic objective secondary spectrum ΔS correction is that the difference of glasses relative partial dispersions should be minimum and the value $\operatorname{tg} \tau$ should be close to zero.

This is only possible when there are glasses with "abnormal" properties with parameters off the "Normal line". Such glasses are called "special" and are marked as separate types in the catalogue.

The catalogue gives deviations of relative partial dispersions and dispersion coefficients off the "Normal line" for four areas of spectrum in UV and visible regions.

3. Вторичный спектр

Величина относительной частной дисперсии $P_{x,y}$ равна отношению частной дисперсии на участке $\lambda_x - \lambda_y$ к средней дисперсии $n_F - n_C$.

$$P_{x,y} = \frac{n_x - n_y}{n_F - n_C}$$

Как замечено Аббе, если нанести на диаграмму зависимость значений относительных частных дисперсий $P_{x,y}$ от коэффициента дисперсии v_e , рассчитанных для одних и тех же длин волн, то обнаруживается, что для большинства стекол точки лежат близко к некоторой прямой линии, называемой «нормальной».

Тангенс угла τ наклона этой прямой выражается в виде уравнения:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{P_x - P_y}{v_{ex} - v_{ey}}$$

В каталоге принято, что «нормальная» прямая определяется по значениям $P_{x,y}$ и v_e стекол марок К-18 и Ф-13.

Оптические характеристики этих стекол даны в *таблице №1*.

Таблица №1

Марка стекла	v_e	$P_{x,y}$ на участках			
		$i - F'$	$y - F'$	$F - e'$	$F - r'$
K-18	60,15	1,697	0,4811	0,5086	1,223
Ф-13	36,09	1,921	0,5168	0,5223	1,205

Для исправления вторичного спектра ΔS объектива-апохромата необходимым условием является то, чтобы разность относительных частных дисперсий стекол была номинальной и значение $\operatorname{tg} \tau$ близким к нулю.

Это возможно только при наличии стекол, имеющих «аномальные» свойства с характеристиками, не лежащими на «нормальной» прямой. Такие стекла получили название «особых» и выделены в каталоге в отдельные типы.

В каталоге приведены отклонения относительных частных дисперсий и коэффициентов дисперсии от «нормальной» прямой для четырех участков спектра в УФ и видимой областях.

4. Designation System and Classification of Glasses

Colorless optical glasses are divided into two groups: Flints and Crowns. At present, glasses with $n_e > 1,60$ and $v_e < 50,0$ are classified as "Flints", glasses with $n_e < 1,60$ and $v_e > 55,0$ — as "Crowns".

Colorless optical glasses are classified to groups depending on the values of refractive index and dispersion coefficient.

A type is assigned to glasses of a certain group of various chemical composition and optical parameters. Type designation contains literal name of glass group and number. In addition, a six-figure code, in which the first three figures correspond to the three figures after point of the value of refractive index n_e , the last three figures — to the three figures of dispersion coefficient v_e .

For example: **ТФ-5** or **762273** is glass of group Dense Flint, which is number five in this type, refractive index is 1,7617, dispersion coefficient is 27,32.

Names and designations of colorless optical glasses according to the Russian standards are listed in *Table No.2*.

For ease of glasses groups and types choice the Abbe-diagram is plotted with the coordinate axes n_e and v_e . Glasses of each type are placed on the diagram field in strictly limited areas, except glasses of **OK** and **OF** types, which can be in different areas of the diagram field.

Table No.2

Glass type name	Short designation
Light Crown	ЛК
Phosphate Crown	ФК
Dense Phosphate Crown	ТФК
Crown	К
Barium Crown	БК
Dense Crown	ТК
Extra Dense Crown	СТК
Special (with special dispersion path) Crown	ОК
Crown Flint	КФ
Barium Flint	БФ
Dense Barium Flint	ТБФ
Light Flint	ЛФ
Flint	Ф
Dense Flint	ТФ
Extra Dense Flint	СТФ
Special (with special dispersion path) Flint	ОФ

4. Система обозначений и классификация стекол

Оптические бесцветные стекла делят на две группы: флинт и кроны. В настоящее время к «флинтам» относят стекла с $n_e > 1,60$ и $v_e < 50,0$; к «кронам» — стекла с $n_e < 1,60$ и $v_e > 55,0$.

Оптические бесцветные стекла классифицируются по типам в зависимости от значений показателя преломления и коэффициента дисперсии.

Марка присваивается стеклам определенного типа, имеющим различный химический состав и оптические характеристики. Обозначение марки содержит буквенное наименование типа стекла, порядковый номер. Для обозначения марок стекла используют также код, представляющий собой шестизначную цифру, в которой первые три цифры соответствуют трем цифрам после запятой значения показателя преломления n_e , вторые три — трем цифрам коэффициента дисперсии v_e .

Например: **ТФ-5** или **762273** — стекло типа тяжелый флинт, имеющее пятый номер в этом типе, показатель преломления 1,7617, коэффициент дисперсии 27,32.

Наименования и обозначения типов бесцветных оптических стекол в соответствии со стандартами России приведены в *таблице №2*.

Для удобства выбора типов и марок стекол строится диаграмма Аббе в координатах n_e, v_e . Стекла каждого типа располагаются на поле диаграммы на строго ограниченных участках, за исключением стекол типа **OK** и **OF**, которые могут находиться на разных участках поля диаграммы.

Таблица №2

Наименование типа стекла	Краткое обозначение
Легкий крон	ЛК
Фосфатный крон	ФК
Тяжелый фосфатный крон	ТФК
Крон	К
Баритовый крон	БК
Тяжелый крон	ТК
Сверхтяжелый крон	СТК
Особый (с особым ходом дисперсии) крон	ОК
Кронфлинт	КФ
Баритовый флинт	БФ
Тяжелый баритовый флинт	ТБФ
Легкий флинт	ЛФ
Флинт	Ф
Тяжелый флинт	ТФ
Сверхтяжелый флинт	СТФ
Особый (с особым ходом дисперсии) флинт	ОФ

5. Physico-Chemical Properties

5.1 Light Transmission

Internal (pure) spectral transmittance $\tau_{i\lambda}$ is defined as the ratio of output radiation flux $\Phi_{ex\lambda}$ to the input flux $\Phi_{in\lambda}$, losses from reflection from boundary surfaces being excluded.

$$\tau_{i\lambda} = \frac{\Phi_{ex\lambda}}{\Phi_{in\lambda}}$$

The catalogue presents values of $\tau_{i\lambda}$ for glass thickness 10 mm at wavelengths 400 nm. These values are the mean ones for numerous melts of this glass type and correspond to category 4 by attenuation coefficient (transmittance) of *Table No.6*. For some melts, they can deviate from mean values to larger or smaller values. If a customer requires having larger transmission, it should be specified when ordering.

Integral internal transmittance for white light τ_A of a source of standard type A (T = 2856 K) is defined using attenuation coefficient μ_A , which is the value inverse to the distance, at which radiation flux

from light source of type A is 10 times reduced due to absorption and scattering by glass.

$$\tau_A = 10^{-\mu_A l}, \text{ where } l \text{ is glass thickness.}$$

Normalized values of attenuation coefficient μ_A and integral internal transmittance for white light τ_A are given in Section "Standardized Indices of Glass Quality".

5. Физико-химические свойства

5.1 Светопропускание

Спектральный коэффициент внутреннего (чистого) пропускания $\tau_{i\lambda}$ определяется как отношение выходящего потока излучения $\Phi_{ex\lambda}$ к входящему потоку $\Phi_{in\lambda}$. При этом потери на отражения от граничных поверхностей исключены.

$$\tau_{i\lambda} = \frac{\Phi_{ex\lambda}}{\Phi_{in\lambda}}$$

В каталоге представлены значения $\tau_{i\lambda}$ для толщины стекла 10 мм в области длины волны 400 нм. Эти значения являются средними из множества варок данной марки стекла и соответствуют категории 4 по показателю ослабления (коэффициенту пропускания) *таблицы №6*. Для отдельных варок они могут отклоняться от средних в сторону больших или меньших значений. При желании покупателя иметь большее пропускание необходимо это оговаривать при заказе.

Интегральный коэффициент внутреннего пропускания для белого света τ_A стандартного источника типа А (T = 2856 К)

определяется по показателю ослабления μ_A , представляющему собой величину, обратную расстоянию, на котором поток излучения источника света типа А ослабляется в результате поглощения и рассеивания в стекле в 10 раз.

$$\tau_A = 10^{-\mu_A l}, \text{ где } l \text{ – толщина стекла.}$$

Нормируемые значения показателя ослабления μ_A и интегрального коэффициента внутреннего пропускания для белого света τ_A приведены в разделе «Нормируемые показатели качества стекла».

5.2 Glass resistance to radiation

Under exposure to high radiation, most optical glasses get colored (darken), light transmission decreases to a certain level depending on the radiation dose and chemical composition.

Glass resistance to radiation is defined by optical density increment ΔD per 1 cm of glass thickness at exposure to gamma rays radiation dose 10^4 and 10^5 P from Co60 source.

$$\Delta D = D_{\text{обл.}} - D_0$$

By their optical and physico-chemical properties, radiation-resistant glasses practically do not differ from their basic glass analogues.

To designate radiation-resistant glass, figure 100 or 200, depending on the level of resistance, is added to the sequential number of basic glass type.

For example, radiation-resistant glass Ф-1 is designated Ф-101.

Those types of optical glasses, which have radiation-resistant modifications, are marked with sign * in the catalogue.

5.3 Mechanical Properties

Density ρ (g/cm^3) is the ratio of glass mass to its volume.

Relative hardness with respect to grinding H_0 is defined as the ratio of the volume of glass of type K-8 ground with loose abrasive to the volume of the given glass type ground under the same conditions. Value H_0 is the manufacturing criterion of glass removal rate during grinding.

Strength properties of glass as construction material is characterized by standard parameters: modulus of elasticity E and shear modulus G , connected with each other by correlation $E = 2G(1+\mu)$, where μ is the coefficient of lateral deformation (Poisson's ratio).

Photoelastic properties. Glass photoelasticity is characterized by constants C_1 and C_2 , which express increment of glass refractive index values for light rays polarized in the directions parallel and perpendicular to the direction of stress equal to 10^5 Pa, as well as by the stress-optical coefficient $B = C_1 - C_2$. Stress optical coefficient B defines the difference of rays optical paths in glass and characterizes birefringence caused by stress 10^5 Pa.

5.2 Устойчивость стекол к воздействию радиационного излучения

При воздействии жесткого радиационного излучения большинство оптических стекол окрашиваются (темнеют), уменьшается светопропускание до определенного значения, зависящего от дозы радиации и химического состава.

Устойчивость стекол к воздействию радиационного излучения характеризуется приращением оптической плотности ΔD на 1 см толщины стекла при облучении дозой гамма-лучей 10^4 и 10^5 P от источника кобальт-60.

$$\Delta D = D_{\text{обл.}} - D_0$$

По оптическим характеристикам и физико-химическим свойствам радиационно-стойкие стекла практически не отличаются от своих аналогов основных стекол.

Для обозначения радиационно-стойкого стекла к порядковому номеру марки основного стекла добавляется цифра 100 или 200 в зависимости от степени устойчивости.

Например, радиационно-стойкое стекло Ф-1 обозначается Ф-101.

Те марки оптического стекла, у которых имеются радиационно-стойкие модификации, отмечены в каталоге знаком *.

5.3 Механические свойства

Плотность ρ (г/см^3) — отношение массы стекла к его объему.

Относительная твердость по сошлифовыванию H_0 определяется как отношение объема сошлифованного свободным абразивом стекла марки К-8 к объему стекла данной марки, сошлифованному в тех же условиях. Значение H_0 является технологическим критерием скорости съема стекла при шлифовании.

Прочностные свойства стекла как конструкционного материала характеризуются стандартными параметрами: модулем упругости E и модулем сдвига G , связанными между собой соотношением $E = 2G(1+\mu)$, где μ — коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона).

Фотоупругие свойства. Фотоупругость стекла характеризуется фотоупругими постоянными C_1 и C_2 , выражающими приращение значений показателя преломления стекла для лучей света, поляризованных в направлениях параллельном и перпендикулярном действию напряжения равного 10^5 Па, а также оптическим коэффициентом напряжения $B = C_1 - C_2$. Оптический коэффициент напряжения B определяет разность оптического хода лучей в стекле и характеризует двулучепреломление, возникающее при напряжении 10^5 Па.

5.4 Thermal Properties

Thermal linear expansion coefficient α_t characterizes relative elongation of glass sample heated by 1°C.

Value α_t changes varies depending on the temperature range, inside which it is measured.

The catalogue gives values of α_t for temperature range from –60 to +20°C and from +20 to +300°C.

5.5 Chemical Resistance

Two indices of glasses chemical resistance are set:

- resistance of component polished surface to the influence of humid atmosphere without water vapor condensation (~85% relative humidity);
- resistance to staining agents: neutral water, weak-acidic and alkaline aqueous solutions.

According to their resistance to humid atmosphere (mildew danger) silicate optical glasses are divided into the following groups: **A** – without risk of mildew, **B** – intermediate group, **B** – with risk of mildew.

Most optical glasses belong to group **A**.

According to their staining resistance, optical glasses are divided into the following groups: **I** – non-susceptible to staining, **II** – of mean susceptibility to staining, **III** – susceptible to staining, **IV** – non-resistant glasses, which necessarily require deposition of protective coatings.

For each glass type, the catalogue gives groups of chemical resistance to humid atmosphere and staining.

5.4 Термические свойства

Температурный коэффициент линейного расширения α_t характеризует относительное удлинение образца стекла при нагревании его на 1°C.

Значение α_t изменяется в зависимости от диапазона температуры, в котором он измеряется.

В каталоге даны данные α_t для диапазона температур от –60 до +20°C и от +20 до +300°C.

5.5 Химическая устойчивость

Установлены два показателя химической устойчивости стекол:

- устойчивость полированной поверхности детали к воздействию влажной атмосферы без конденсации паров (~85% относительной влажности);
- устойчивость к действию пятнающих агентов: нейтральной воде, слабокислым и щелочным водным растворам.

По устойчивости к воздействию влажной атмосферы (налетоопасности) силикатные оптические стекла делятся на группы: **A** – неналетоопасные, **B** – промежуточные, **B** – налетоопасные. Большинство оптических стекол относится к группе **A**.

По устойчивости к действию пятнающих агентов оптические стекла делятся на группы: **I** – непятнающиеся, **II** – средней пятнаемости, **III** – пятнающиеся, **IV** – нестойкие стекла, требующие обязательного применения защитных покрытий.

В каталоге, для каждой марки стекла, даны группы химической устойчивости к влажной атмосфере и пятнаемости.

6. Standardized Indices of Quality

Optical characteristics indicated in the catalogue are nominal. Glasses of actual melts can have some deviations from nominal values within the set tolerances.

Standardized indices of optical glass quality:

- refractive index deviation Δn_e and dispersion coefficient deviation Δv_e from nominal values;
- variation of refractive index in a batch of blanks;
- glass optical homogeneity;
- light attenuation coefficient (integral transmittance);
- birefringence;
- striae;
- bubbles.

A system of tolerances is set for each of the above indices.

6.1 Refractive Index, Abbe

Five quality categories are standardized with the following allowable deviations Δn_e and Δv_e from nominal values (table No.3).

Categories	$\pm \Delta n_e, 1 \cdot 10^{-4}$	$\Delta v_e, \%$
1	2	0,2
2	3	0,3
3	5	0,5
4	10	0,8
5	20	1,6

Table No.3

Standard glass shall have refractive index reliably measured in the fourth decimal place.

6.2 Variation of n_e in a Batch of Blanks

It is characterized by the maximum difference Δn_e in the supplied batch of blanks. Four classes by n_e are set (table No.4).

Table No.4

Class	$\Delta n_e, 1 \cdot 10^{-4}$
A	0,2
Б	0,5
В	1,0
Г	Within the category indicated when ordering

6. Нормируемые показатели качества

Указанные в каталоге оптические характеристики являются номинальными. Стекла фактических варок могут иметь отклонения от номинальных значений в пределах установленных допусков.

Нормируемые показатели качества оптического стекла:

- отклонение показателя преломления Δn_e и коэффициента дисперсии Δv_e от номинальных значений;
 - однородность показателя преломления в партии заготовок;
 - оптическая однородность стекла;
 - показатель ослабления света (коэффициент интегрального пропускания);
 - двулучепреломление;
 - бесвильность;
 - пузырность.
- По каждому из этих показателей установлена система допусков.

6.1 Показатель преломления, коэффициент дисперсии

Нормируются пять категорий качества со следующими допустимыми отклонениями Δn_e и Δv_e от номинальных значений (таблица №3).

Категории	$\pm \Delta n_e, 1 \cdot 10^{-4}$	$\Delta v_e, \%$
1	2	0,2
2	3	0,3
3	5	0,5
4	10	0,8
5	20	1,6

Таблица №3

Стандартное стекло должно иметь показатель преломления, достоверно измеренный в четвертом знаке после запятой.

6.2 Однородность по n_e партии заготовок

Характеризуется наибольшей разницей Δn_e в поставляемой партии заготовок. Установлено четыре класса по n_e (таблица №4).

Таблица №4

Класс	$\Delta n_e, 1 \cdot 10^{-4}$
A	0,2
Б	0,5
В	1,0
Г	В пределах категории, указанной при заказе

6.3 Optical Homogeneity

Optical homogeneity of glass and other optical materials is understood as homogeneity of refractive index in a volume of material and can be characterized by the maximum difference of values n for different areas of component.

Homogeneity disturbance can be caused by chemical and physical inhomogeneities.

Chemical inhomogeneities are striae, which appear during glass melting and processing, and are conditioned by variations in chemical due to incomplete melting or volatilization of some of the components, eroding of glass melting furnace walls and poor homogenization of melt.

Striae are transparent vitreous inclusions in the form of threads, cords or knot-like formations with threads split off from them.

Physical inhomogeneities are caused by residual stresses and structural inhomogeneities in glass. Stress in glass causes birefringence.

Measurement of refractive index value across blank field is a difficult and labor-consuming process, which requires precision quality of surfaces machining and applying of complex devices. Therefore, in practice, indirect methods of homogeneity estimation via setting of a strict system of tolerances for striae and birefringence

are used, which ensures high level of optical homogeneity for supplied glass.

Blanks meant for fabrication of optical components for high-accuracy objectives of collimators, micro lithography, measuring and astronomical devices, whose system residual wave aberrations have values comparable with distortions induced by glass inhomogeneity, are tested by interference methods judging by the wave-front distortion after passing of a light beam through the blank. For such components, the requirements to optical homogeneity are specially stipulated when ordering.

Glass categories according to their refractive indices are listed in *Table No.5*.

Category of homogeneity by refractive index	Difference of refractive indices Δn in blank volume, $1 \cdot 10^{-3}$ (not more)
01	1
1	2
2	5
3	10
4	20
5	50

6.3 Оптическая однородность

Оптическая однородность стекла и других оптических материалов рассматривается как однородность показателя преломления по объему материала и может быть характеризована максимальной разницей значений n для различных зон детали.

Нарушение однородности может быть вызвано химическими и физическими неоднородностями.

Химические неоднородности — свили, возникающие в процессе варки и выработки стекла и обусловленные непостоянством химического состава из-за непровара или улетучивания отдельных компонентов, разъедания стенок стекловаренного сосуда и плохой гомогенизации расплава.

Свилы представляют собой прозрачные стеклообразные включения в виде нитей, полос или узловатых образований с отходящими от них нитями.

Причиной физических неоднородностей является наличие в стекле остаточных напряжений и структурных неоднородностей. Напряжение в стекле вызывает появление двулучепреломления.

Измерение непосредственного значения показателя преломления по полю заготовки — процесс сложный и трудоемкий, требующий прецизионного качества обработки поверхностей и применения сложного приборного оборудования. Поэтому на практике

используют косвенные методы оценки однородности путем установления жесткой системы допусков на бессвильность и двулучепреломление, что обеспечивает высокую оптическую однородность поставляемого стекла.

Заготовки, предназначенные для изготовления оптических деталей высокоточных объективов для коллиматоров, микролитографии, измерительных и астрономических приборов, у которых остаточные волновые aberrации системы имеют значения, соизмеримые с искажениями, вызываемыми неоднородностью стекла, проверяют интерференционными методами по искажению волнового фронта при прохождении светового пучка через заготовку. Для подобных деталей требования к оптической однородности оговариваются особо при заказе.

Категории стекла по показателю преломления приведены в *таблице №5*.

Категория однородности по показателю преломления	Разность показателей преломления Δn в объеме заготовки, $1 \cdot 10^{-3}$ (не более)
01	1
1	2
2	5
3	10
4	20
5	50

6.4 Integral Attenuation Coefficient, transmittance

According to glass integral attenuation coefficient μ_A , eight categories are set for source A, which are characterized by limit values listed in *table No.6*.

Table No.6

Category by attenuation coefficient	Attenuation coefficient μ_A, cm^{-1}	Transmittance τ_A in 1 cm layer	Transmittance τ_A in 2,5 cm layer
1	0,0002-0,0004	0,9995-0,9990	0,9988-0,9977
2	0,0005-0,0009	0,999-0,998	0,997-0,995
3	0,0010-0,0017	0,998-0,996	0,995-0,990
4	0,0018-0,0025	0,996-0,994	0,990-0,985
5	0,0026-0,0035	0,994-0,992	0,985-0,980
6	0,0036-0,0045	0,992-0,990	0,980-0,974
7	0,0046-0,0065	0,990-0,985	0,974-0,963
8	0,0066-0,0130	0,985-0,970	0,963-0,928

6.5 Birefringence

According to birefringence, five categories are set, which are characterized by the difference of beam paths at wavelength 550 nm, measured in place and direction shown in *table No.7*.

Table No.7

Category by birefringence	Birefringence at edge, nm/cm (not more)
1	2
2	6
3	10
4	15
5	50

6.4 Интегральный показатель ослабления, коэффициент пропускания

По интегральному показателю ослабления стекла μ_A для источника А установлены восемь категорий, характеризующих предельными значениями, указанными в *таблице №6*.

Таблица №6

Категория по показателю ослабления	Показатель ослабления $\mu_A, \text{см}^{-1}$	Коэффициент пропускания τ_A в слое 1 см	Коэффициент пропускания τ_A в слое 2,5 см
1	0,0002-0,0004	0,9995-0,9990	0,9988-0,9977
2	0,0005-0,0009	0,999-0,998	0,997-0,995
3	0,0010-0,0017	0,998-0,996	0,995-0,990
4	0,0018-0,0025	0,996-0,994	0,990-0,985
5	0,0026-0,0035	0,994-0,992	0,985-0,980
6	0,0036-0,0045	0,992-0,990	0,980-0,974
7	0,0046-0,0065	0,990-0,985	0,974-0,963
8	0,0066-0,0130	0,985-0,970	0,963-0,928

6.5 Двулучепреломление

По двулучепреломлению установлены пять категорий, характеризующих разностью хода лучей при длине волны 550 нм, измеряемой в месте и направлении, указанном в *таблице №7*.

Таблица №7

Категория по двулучепреломлению	Двулучепреломление по краю, нм/см (не более)
1	2
2	6
3	10
4	15
5	50

6.6 Striae

Optical glass is tested for striae by shadow method, which allows visual detecting of striae on the screen when viewing in a set direction or estimating them by method of comparison with certified test samples of 1 and 2 categories by striae.

Depending on the directions of glass viewing, two classes are set:
A – testing in two mutually-perpendicular directions;
B – testing in one set direction.

If it is not specially stipulated in the order, block glass is tested in the direction perpendicular to the lower and upper block surfaces. Blanks and pressed blanks are tested in working direction.

Prisms testing conditions are specially stipulated.
Terms of delivery of blanks with 100 mm are specified when ordering.

6.7 Bubbles

Bubbles in glass and inclusions equated to them as well as knot-like striae get formed during melting.

Bubbles are classified by class setting allowable total area of cross-section of bubbles with size more than 0,05 mm in 100 cm³ of glass. Bubbles with size less than 0,05 mm are disregarded.

Table No.8

Class of bubbles	Total bubbles cross-section area per 100 cm ³ of glass, mm ² (not more)
1	0,032
2	0,12
3	0,25
4	0,50
5	1,00
6	2,00
7	4,00

When ordering blanks of large sizes (more than 500 mm) quantity and size of bubbles shall be specified. The catalogue lists classes of bubbles, which can be ensured as the highest for the given glass type.

6.6 Бесвильность

Оптическое стекло контролируется на бесвильность тeneвым методом, позволяющим визуально обнаружить свиля на экране при просмотре в заданном направлении или оценить их методом сравнения с аттестованными контрольными образцами 1 и 2 категорий бесвильности.

В зависимости от направлений просмотра стекла установлены два класса:

A – контроль в двух взаимно-перпендикулярных направлениях;
B – контроль в одном заданном направлении.

Если это специально не оговорено в заказе, блочное стекло контролируется в направлении, перпендикулярном нижней и верхней поверхностям блока. Заготовки, прессовки контролируются в рабочем направлении.

Для призм условия контроля оговариваются особо.

Условия поставки по бесвильности заготовок толщиной более 100 мм оговариваются при заказе.

6.7 Пузырность

Пузыри в стекле и приравненные к ним включения и узловые свиля образуются при варке стекла.

Пузырность классифицируется группой, устанавливающей допустимую суммарную площадь сечений пузырей с размером более 0,05 мм в 100 см³ стекла. Пузыри с размером менее 0,05 мм во внимание не принимаются.

Таблица №8

Группа пузырности	Суммарная площадь сечений пузырей в 100 см ³ стекла, мм ² (не более)
1	0,032
2	0,12
3	0,25
4	0,50
5	1,00
6	2,00
7	4,00

При заказе заготовок больших габаритов (более 500 мм) количество и размер включений оговариваются при заказе. В каталоге указаны группы пузырности, которые могут быть обеспечены как наивысшие для стекла данной марки.

7. Forms and Terms of Delivery

Optical glass in delivered as:

- blocks;
- plates;
- rods of rectangular and round section;
- pressed blanks from molten glass;
- pressed blanks from cut rods.

Glass is delivered in compliance with the drawings and specifications agreed with the customer. When ordering one should follow values of optical and other physico-chemical glass parameters, categories and classes of quality indices. It is desirable to show in the drawings, besides blank's dimensions, the dimensions of a finished item and working direction of a beam path. For blanks, the finished items from which have only part of their surface area operable, the clear working area should be shown.

A delivered batch consists of blanks of one name and size produced from glass of the same type and supplied with one certificate.

7. Вид и условия поставки

Оптическое стекло поставляется в следующем виде:

- блочное стекло;
- пластины;
- штабик прямоугольного и круглого сечения;
- прессовки из жидкой стекломассы;
- прессовки из нарезок.

Стекло поставляется по согласованным с заказчиком чертежам и техническим условиям. При заказе следует руководствоваться значениями оптических и других физико-химических характеристик стекла, категориями и классами показателей качества. В чертежах, кроме размеров заготовки, следует указывать размеры готовой детали, рабочее направление хода лучей. Для заготовок деталей, работающих не всей площадью, должна быть указана световая рабочая зона.

Поставляемая партия состоит из заготовок одного наименования и размера, изготовленных из стекла одной марки и сопровождаемых одним паспортом.

7.1 Blocks and Plates

They are delivered as moulded annealed blocks of random shape and sizes with treated and untreated surfaces.

The maximum sizes of one block are as follows (length x width x thickness), mm:

- for glass of the types К-8, К-108, К-208, Ф-8, Ф-108, ТФ-5, ТФ-105, ТФ-200 – 1000x1000x200 mm or 1300x1300x100 mm;
- for glass of the types ЛК, БК, КФ, БФ, ЛФ, Ф, ТФ-4, ТФ-104, ТФ-10, ТФ-110, ОФ-1, ОФ-101 – 1000x1000x100 mm;
- for glass of the types ТК, СТК (except СТК-9), ТБФ 600x500x70 mm;
- for glass of the type ОК-4 – discs of diameter up to 200 mm, thickness up to 50 mm.

Delivery of blocks in the form of round discs of diameter and thickness not exceeding the maximum above stated sizes is possible.

Technical requirements for block glass blanks with treated surfaces are stated in *Table No.9*.

Manufacturing bevels – from 1,5 to 3,0 mm, as agreed.

At edges and on overall size surfaces chips and digs up to 2,0% of the maximum edge length (of the surface) and depth of not more than 5 mm are allowed.

Plates of random shape and sizes with thickness 10 mm and more can be delivered according to the agreed technical specifications.



Table No.9

Technical requirements	Maximum side sizes (diameter), mm		
	up to 400	400-600	more than 600
Overall dimensions tolerances, mm	± 2,0	± 2,5	± 3,0
Thickness tolerances, mm	± 1,0	± 1,5	± 3,0
Operation surfaces parallelism	0,3% of length	0,2% of length	

7.1 Блочное стекло, пластины

Поставляется в виде отлитых блоков, прошедших отжиг, с необработанными и обработанными поверхностями.

Наибольшие размеры блоков стекла (длина x ширина x толщина), мм:

- для марок стекол К-8, К-108, К-208, Ф-8, Ф-108, ТФ-5, ТФ-105, ТФ-200 – 1000x1000x200 мм или 1300x1300x100 мм;
- для стекол марок ЛК, БК, КФ, БФ, ЛФ, Ф, ТФ-4, ТФ-104, ТФ-10, ТФ-110, ОФ-1, ОФ-101 – 1000x1000x100 мм;
- для стекол марок ТК, СТК (кроме СТК-9), ТБФ – 600x500x70 мм;
- для стекла марки ОК-4 – диски диаметром до 200 мм, толщиной до 50 мм.

Возможна поставка блочного стекла в виде круглых дисков с диаметром и толщиной, не превышающими указанных наибольших размеров.

Технические требования к заготовкам из блочного стекла с обработанными поверхностями приведены в *таблице №9*.

Фаски технологические – от 1,5 до 3,0 мм, по согласованию.

Сколы и выколки допускаются на кромках и габаритных поверхностях до 2,0% максимальной длины кромки (поверхности) глубиной не более 5 мм.

Пластины поставляются любой формы и размеров с толщиной 10 мм и более по согласованным техническим условиям.



Таблица №9

Технические требования	Наибольшие размеры сторон (диаметр), мм		
	до 400	400-600	более 600
Допуски на габаритные размеры, мм	± 2,0	± 2,5	± 3,0
Допуски на толщину, мм	± 1,0	± 1,5	± 3,0
Параллельность рабочих поверхностей	0,3% длины	0,2% длины	

7.2 Rods of Rectangular and Round Section

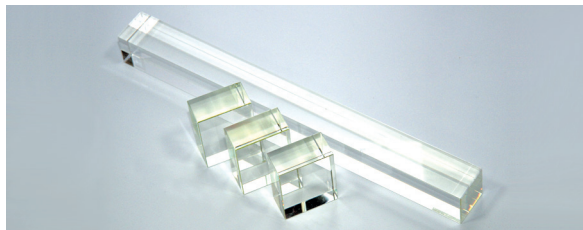
Blanks of this type are produced from molten glass in the form of rods of round and rectangular section with length up to 750 mm.

Surface of round rods is smooth, thermally polished.

Rods and tiles of rectangular section have on their surfaces which are in contact with the cooler, "swaging" prints due to fast cooling of hot molten glass during casting.

We produce:

- round rods of diameter up to 30 mm, diameter tolerance is $\pm 0,2$ mm;
- rods and tiles of rectangular section with size from 20 x 10 mm to 100 x 15 mm with maximum section area 160 mm².



7.2 Штабик прямоугольного и круглого сечения

Заготовки этого типа изготавливаются в виде штабиков круглого и прямоугольного сечений длиной до 750 мм из расплава стекла.

Поверхность круглых штабиков гладкая, термически полированная.

Штабики и плитки прямоугольного сечения имеют на поверхностях, соприкасающихся с холодильником, следы «кованности» из-за быстрого охлаждения горячей стекломассы при отливе.

Выпускаются:

- круглые штабики диаметром до 30 мм, допуск на диаметр $\pm 0,2$ мм;
- штабики и плитка прямоугольного сечения размером от 20 x 10 мм до 100 x 15 мм с наибольшей площадью сечения 160 мм².



7.3 Pressed Blanks from Molten Glass

Blanks that are close in sizes and configuration to the finished items are produced by pressing into a mould from molten glasses of types ЛК, К, БК, ТК, СТК, Ф, БФ, ТФ, ЛФ.

Technical requirements to pressed blanks:

- diameter (side of rectangular blank) from 15 to 70 mm;
- thickness of a pressed blank for lens blanks is not less than 3 mm, for plates blanks — 4 mm;
- ratio of diameter or diagonal of a pressed blank to its thickness: from 15:1 to 1,25:1;
- ratio of a rectangular blank length to its width is not more than 3:1;
- blank surfaces in contact with mould have "swaging" prints with depth 0,15 – 0,2 mm.

Limit deviations of pressed blanks dimensions are listed in *Table No.10*.

Table No.10

Diameter or length of the largest side, mm	Limit deviations, mm		
	Diameter	Length of the largest side	Thickness
15 – 35	± 0,2	± 0,5	± 0,4
35 – 50	± 0,3	± 0,5	± 0,5
50 - 70	± 0,5	± 0,5	± 0,5



7.3 Прессовки из жидкой стекломассы

Заготовки, по конфигурации и размерам близкие к размерам готовой детали, изготавливаемые прессованием в форму из расплава стекла типов ЛК, К, БК, ТК, СТК, Ф, БФ, ТФ, ЛФ.

Технические требования к прессовкам:

- диаметр (сторона прямоугольной заготовки) от 15 до 70 мм;
- толщина прессовки не менее 3 мм для заготовок линз, 4 мм — для заготовок пластин;
- отношение диаметра или диагонали прессовки к ее толщине от 15:1 до 1,25:1;
- отношение длины прямоугольной прессовки к ее ширине не более 3:1;
- на поверхностях заготовки, соприкасающихся с формой, имеются следы «кованости» глубиной 0,15 – 0,2 мм.

Предельные отклонения размеров прессовок приведены в *таблице №10*.

Таблица №10

Диаметр или длина наибольшей стороны, мм	Предельные отклонения, мм		
	Диаметр	Длина наибольшей стороны	Толщина
15 – 35	± 0,2	± 0,5	± 0,4
35 – 50	± 0,3	± 0,5	± 0,5
50 - 70	± 0,5	± 0,5	± 0,5



7.4 Pressed Blanks from Cut Rods

Cut rods are parts of glass of rectangular or cylindrical shape with mass equal to the blank mass. After heating up to the softening temperature, glass is pressed to the necessary shape. Pressed blanks undergo fine annealing.

Blanks of lenses, plates, prisms with mass from 2 to 2000 g are produced by pressing from cut rods.

Limit deviations of blanks dimensions depending on their diameter or length of the largest side are listed in *Table No.11*.

Table No.11

Diameter or length of the greatest side, mm	Limit deviations, mm			Clearness in the middle of spherical surface when testing with a radius gauge, mm	Deviations from flatness of plane surfaces, mm (not more than)
	Diameter	Length of the largest side	Thickness		
до 20	± 0,3	± 0,5	+ 1,5 - 0,5	0,5	0,4
20 – 50	± 0,3			0,8	0,5
50 – 80	± 0,5	1,0		0,6	
80 – 120	± 0,8	± 0,8		1,2	0,8
120 - 150	± 1,0	± 1,0		1,5	1,0

7.4 Прессовки из нарезок

Нарезки — это куски стекла прямоугольной или цилиндрической формы с массой, равной массе заготовки. После нагрева до температуры размягчения стекло прессуют, придавая необходимую форму. Отпрессованные заготовки подвергаются тонкому отжигу.

Прессованием из нарезок получают заготовки линз, пластин, призм массой от 2 до 2000 г.

Предельные отклонения размеров заготовок в зависимости от диаметра или размера наибольшей стороны приведены в *таблице №11*.

Таблица №11

Диаметр или длина наибольшей стороны, мм	Предельные отклонения, мм			Просвет в середине сферической поверхности при контроле радиусным шаблоном, мм	Отклонение от плоскостности плоских поверхностей, мм (не более)
	Диаметр	Длина наибольшей стороны	Толщина		
до 20	± 0,3	± 0,5	+ 1,5 - 0,5	0,5	0,4
20 – 50	± 0,3			0,8	0,5
50 – 80	± 0,5	1,0		0,6	
80 – 120	± 0,8	± 0,8		1,2	0,8
120 - 150	± 1,0	± 1,0		1,5	1,0

7.5 Minimum Size of Blank Batch

Blank pressing processes require carrying out of work on moulds fabrication and mastering of pressing modes, therefore these processes are economical only when producing of a certain minimum blanks batch. Minimum batch sizes for blanks delivered in the form of pressed ones are listed in *Table No.12*.

When ordering a less quantity the blanks are produced by cold cropping: sawing of glass with a diamond disc, drilling and other methods of machining

Table No.12

Blanks	Diameter or the largest side, mm	Minimum batch size, pcs.
Pressed blanks from cut strips	15 – 30	1000
	30 – 50	500
	50 – 90	250
	90 – 120	100
	120 – 200	50
Pressed blanks from molten glass	15 – 35 35 – 70	40000 20000

7.5 Минимальные размеры партии заготовок

Процессы прессования заготовок требуют проведения работы по изготовлению форм и отработке режимов прессования, поэтому эти процессы целесообразны только при изготовлении определенной минимальной партии заготовок. Минимальные объемы партии заготовок, поставляемых в виде прессовок, приведены в *таблице №12*.

При заказе меньшего количества заготовки изготавливаются методами холодной разделки: распиливанием стекла алмазным диском, высверливанием и другими способами механической обработки.

Таблица №12

Заготовки	Диаметр или наибольшая сторона, мм	Минимальный объем партии, шт.
Прессовки из нарезок	15 – 30	1000
	30 – 50	500
	50 – 90	250
	90 – 120	100
	120 – 200	50
Прессовки из жидкой стекломассы	15 – 35 35 – 70	40000 20000

7.6 Periodicity of Glass Melting

In compliance with the analysis of demand for glass and incoming orders all glasses are divided into four groups according to their melting periodicity:

- I** – continuously glasses melted;
- II** – glasses melted regularly at specified intervals;
- III** – seldom melted glasses;
- IV** – very seldom melted glasses.

Glasses of groups **I** and **II** constitute more than 98% of the total amount of clear optical glass production.

Under special agreement with a customer, glasses with indices different from the ones stated in the catalogue can be produced.

The list of glass types, their designations, main optical characteristics and melting periodicity group are shown in the table:

7.6 Частота варок стекла

В соответствии с анализом потребности в стекле и поступающими заказами все стекла подразделяются по частоте варки на четыре группы:

- I** – постоянно изготавливаемые стекла;
- II** – стекла, регулярно изготавливаемые через определенные промежутки времени;
- III** – редко изготавливаемые стекла;
- IV** – очень редко изготавливаемые стекла.

Стекла групп **I** и **II** составляют более 98% всего объема выпуска бесцветного оптического стекла.

По отдельной договоренности с заказчиком могут быть изготовлены стекла с показателями, отличающимися от указанных в каталоге.

Перечень марок стекол, их обозначения, основные оптические характеристики и группа частоты варки указаны в таблице:

 **Shvabe**
Founded in 1837

ОПТИЧЕСКОЕ СТЕКЛО
OPTICAL GLASS

ЛЗОС  **LZOS**



Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_F-D_C'	n_r	n_c	n_F'	n_s	n_h
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
ЛК-1	441685	1,439858	68,84	0,006390	1,441382	68,54	0,006437	1,436780	1,437900	1,444650	1,447705	1,45054
ЛК-3*	489699	1,487464	70,03	0,006960	1,489118	69,87	0,006986	1,485307	1,492648	1,495963	1,49900	1,49900
ЛК-4	492649	1,490369	65,13	0,007530	1,492171	64,93	0,007572	1,488046	1,495992	1,499573	1,50287	1,50287
ЛК-5*	480655	1,478166	65,59	0,007290	1,479902	65,47	0,007334	1,474590	1,475904	1,483601	1,487065	1,49024
ЛК-6	472667	1,470465	66,83	0,007040	1,472142	66,69	0,007081	1,468288	1,475723	1,479071	1,48215	1,48215
ЛК-7*	485662	1,482866	66,32	0,007280	1,484608	66,20	0,007330	1,480613	1,488302	1,491739	1,49490	1,49490

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{орж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^{\circ}C}$	$\alpha_{20/300^{\circ}C}$				
Group 3	Group A	—	+0,042/ +4,5	+0,060/ +4,0	+0,039/ +6,8	-0,0061/ +8,4	—	—	—	0,986	IV	ЛК-1
Group 3	Group A	480	+0,034/ +3,7	+0,0058/ +3,9	+0,0022/ +3,8	-0,0019/ +2,7	86	98	2,46	0,996	I	ЛК-3
Group 1	Group A	540	—	—	—	—	50	54	2,33	0,922	III	ЛК-4
Group 1	Group A	—	-0,010/ -1,1	-0,0010/ -0,6	-0,0012/ -2,1	+0,0022/ -3,1	33	—	2,27	0,973	I	ЛК-5
Group 4	Group A	395	+0,006/ +6,6	+0,0012/ +7,9	+0,0004/ +6,9	-0,0005/ +6,6	80	85	2,30	0,987	I	ЛК-6
Group 1	Group A	585	-0,009/ -1,0	-0,0025/ -1,7	-0,0012/ -2,1	+0,0004/ -0,5	40	48	2,30	—	I	ЛК-7

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-n_C	n_e	v_e	n_F-n_C	n_r	n_c	n_F	n_s	n_h
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
K-8*	518639	1,516373	64,07	0,008060	1,518294	63,83	0,008075	1,512483	1,513895	1,522382	1,526266	1,52982
K-14*	517604	1,514775	60,64	0,008490	1,516807	60,37	0,008566	1,510692	1,512184	1,521160	1,525259	1,52906

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{отж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}1/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$				
Group 1	Group A	540	-0,010/ -1,0	-0,0003/ -0,2	+0,0004/ +0,7	+0,0004/ -0,6	68	84	2,52	0,992	I	K-8
Group 1	Group A	545	-0,010/ -1,1	-0,0012/ -0,8	-0,0003/ -0,6	-0,0010/ +1,4	64	78	2,53	0,988	IV	K-14

Марка стекла Glass type	Код Code	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
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
БК-4*	532602	1,530279	60,46	0,008770	1,532367	60,22	0,008847	1,526080	1,527608	1,536877	1,541128	1,54508
БК-6*	542594	1,539982	59,67	0,009050	1,542136	59,38	0,009145	1,535647	1,537226	1,546802	1,551204	1,55529
БК-8*	549626	1,546779	62,78	0,008710	1,548861	62,58	0,008790	1,542570	1,544111	1,553321	1,557504	1,56137
БК-10*	571558	1,568891	56,05	0,010150	1,571309	55,79	0,010273	1,564064	1,565821	1,576567	1,581543	1,58620
БК-13	562609	1,559482	61,15	0,009150	1,561668	60,92	0,009235	1,555087	1,556690	1,566365	1,570789	1,57489

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{отж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$				
Group 1	Group A	555	-0,009/ -1,0	-0,0003/ -0,2	+0,0020/ +3,5	-0,0028/ +3,9	71	85	2,76	0,984	III	БК-4
Group 4	Group A	550	-0,009/ -1,0	+0,0011/ +0,7	+0,0010/ +1,8	-0,01/ +9,6	74	89	2,86	0,991	II	БК-6
Group 3	Group A	600	-0,005/ -0,5	+0,0002/ +0,1	+0,0001/ +0,1	-0,0012/ +1,6	56	68	2,85	0,986	III	БК-8
Group 3	Group A	570	-0,018/ -2,0	-0,0006/ -0,4	+0,0008/ +1,3	-0,0020/ +2,7	66	76	3,12	0,978	I	БК-10
Group 3	Group A	610	-0,008/ -0,9	+0,0003/ +0,2	+0,0004/ +0,8	-0,0013/ +1,8	62	75	3,04	0,977	IV	БК-13

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_F-D_C'	n_r	n_c	n_f	n_g	n_h
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
TK-2*	575572	1,572489	57,48	0,009960	1,574860	57,20	0,010052	1,567751	1,569468	1,580001	1,584874	1,58941
TK-4*	614556	1,611198	55,82	0,010950	1,613812	55,55	0,011067	1,606008	1,607892	1,619476	1,624861	1,62987
TK-8*	617548	1,614099	55,12	0,011140	1,616753	54,82	0,011248	1,608839	1,610737	1,622517	1,628001	1,63313
TK-9	620538	1,617202	54,05	0,011420	1,619926	53,76	0,011531	1,611820	1,613761	1,625838	1,631483	1,63675
TK-12*	571627	1,568881	62,93	0,009040	1,571039	62,68	0,009102	1,564516	1,566111	1,575656	1,580001	1,58402
TK-13	606604	1,603890	60,63	0,009960	1,606263	60,38	0,010039	1,599114	1,600851	1,611376	1,616211	1,62068
TK-14*	616603	1,613091	60,58	0,010120	1,615506	60,34	0,010201	1,608241	1,610007	1,620699	1,625606	1,63016
TK-16*	615581	1,612694	58,35	0,010500	1,615192	58,09	0,010589	1,607696	1,609499	1,620601	1,625734	1,63049
TK-17	631591	1,627995	59,36	0,010580	1,630513	59,09	0,010657	1,622951	1,624771	1,635950	1,641100	1,64587
TK-20*	625564	1,622097	56,71	0,010970	1,624702	56,43	0,011080	1,616881	1,618769	1,630373	1,635746	1,64074
TK-21*	660508	1,656914	51,12	0,012850	1,659961	50,81	0,012970	1,65120	1,653058	1,666645	1,673064	1,67908
TK-23*	592610	1,589188	61,24	0,009620	1,591471	61,98	0,009692	1,584564	1,586242	1,596403	1,601042	1,60532

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{отж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$				
Group 2	Group A	615	-0,017/ -1,8	+0,0003/ -0,2	+0,0010/ +1,7	-0,0028/ +3,9	64	76	3,2	0,985	III	TK-2
Group 3	Group A	635	-0,024/ -2,6	-0,0002/ -0,1	+0,0007/ +1,2	-0,0023/ +3,2	58	73	3,58	0,966	III	TK-4
Group 3	Group A	635	-0,024/ -2,6	-0,0014/ -1,0	+0,0009/ +1,5	-0,0027/ +3,8	62	79	3,61	0,956	II	TK-8
Group 3	Group A	—	-0,023/ -2,4	-0,0011/ -0,7	+0,0005/ +0,8	-0,023/ +3,2	68	—	3,62	0,958	IV	TK-9
Group 3	Group A	605	-0,006/ -0,7	-0,0007/ -0,5	+0,0004/ +0,8	-0,0010/ +1,4	58	73	3,06	0,985	I	TK-12
Group 3	Group A	635	-0,010/ -1,1	+0,0008/ +0,5	+0,0008/ +1,4	-0,0011/ +1,5	61	73	3,44	0,973	III	TK-13
Group 3	Group A	620	-0,0009/ -0,9	-0,0002/ -0,2	+0,0008/ +1,3	-0,0023/ +3,2	63	75	3,51	0,965	I	TK-14
Group 3	Group A	660	-0,015/ -1,6	+0,0007/ +0,5	+0,0007/ +1,1	-0,0024/ +3,3	65	79	3,56	0,964	I	TK-16
Group 3	Group A	620	-0,014/ -1,5	-0,0003/ -0,2	+0,0007/ +1,2	-0,0022/ +3,0	68	82	3,66	0,966	IV	TK-17
Group 3	Group A	640	-0,022/ -2,3	-0,0008/ -0,5	+0,0010/ +1,7	-0,0026/ +3,6	67	78	3,58	0,968	II	TK-20
Group 3	Group A	620	-0,025/ -2,7	-0,0013/ -0,9	+0,0014/ +2,5	-0,0028/ +3,9	72	88	3,98	0,939	I	TK-21
Group 3	Group A	635	-0,016/ -1,8	-0,0017/ -1,1	+0,0010/ +1,6	-0,0024/ +3,3	52	66	3,24	0,960	III	TK-23

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_{F-D_C}	n_r	n_c	n_f	n_g	n_h
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
CTK-3*	662511	1,659502	57,35	0,011500	1,662237	51,09	0,011598	1,654025	1,656004	1,668161	1,673767	1,67896
CTK-8	707494	1,703125	49,69	0,014150	1,706497	49,41	0,014298	1,696490	1,698877	1,713847	1,720921	1,72755
CTK-9	746500	1,742530	50,24	0,014780	1,746046	50,00	0,014943	1,735511	1,738053	1,753693	1,760954	1,76772
CTK-12*	695548	1,692012	55,01	0,012580	1,695010	54,81	0,012698	1,685999	1,688176	1,701485	1,707590	1,71328
CTK-16	790454	1,785950	45,62	0,172300	1,790047	45,35	0,017415	1,777880	1,780788	1,799020	1,807660	1,81579
CTK-19*	748502	1,744132	50,42	0,014756	1,747646	50,21	0,014915	1,737123	1,739667	1,755281	1,762531	1,76929

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{орж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^{\circ}C}$	$\alpha_{20/300^{\circ}C}$				
Group 4	Group A	635	-0,024/ -2,6	-0,0022/ -1,5	+0,0002/ +0,4	-0,0023/ +3,2	71	88	3,91	0,967	I	CTK-3
Group 4	Group A	—	-0,032/ -3,5	-0,0023/ -1,6	-0,0007/ -1,2	-0,0009/ +1,3	84	—	4,16	0,947	III	CTK-8
Group 3	Group A	630	-0,0069/ -7,4	-0,0086/ -5,8	-0,0026/ -4,5	+0,0021/ -2,9	51	64	4,11	0,911	III	CTK-9
Group 3	Group A	640	-0,056/ -6,0	-0,0066/ -4,5	-0,0022/ -3,9	+0,0018/ -2,6	57	77	3,46	0,975	I	CTK-12
Group 3	Group	—	-0,57/ -6,1	-0,0069/ -4,7	-0,0018/ -3,1	+0,0019/ -2,7	—	—	—	0,893	IV	CTK-16
Group 4	Group A	620	-0,052/ -5,6	-0,0082/ -5,6	-0,0024/ -4,3	+0,0019/ -2,7	51	67	4,09	0,954	I	CTK-19

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_F-D_C'	n_r	n_c	n_F'	n_g	n_b
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
OK-4	449915	1,447341	92,05	0,004860	1,448500	91,53	0,004900	—	—	—	—	—

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{отж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$				
Group 4	Group Д	—	0,2316/ 24,83	0,0401/ 27,04	0,0162/ 28,46	0,0228/ 31,61	120	—	3,54	0,997	II	OK-4

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_{F-D_C}	n_r	n_c	n_f	n_g	n_h
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
КФ-1	518542	1,51538	40,26	0,009460	1,51763	54,20	0,009549	1,510890	1,512516	1,522520	1,527197	1,53158
КФ-4*	520587	1,518179	58,95	0,008790	1,520270	58,72	1,524785	1,513957	1,515494	1,524785	1,529049	1,53302
КФ-6	503570	1,500579	57,21	0,008750	1,502657	56,99	0,008829	1,496399	1,497917	1,507169	1,511451	1,51543
КФ-7	520509	1,517590	51,15	0,010120	1,520005	50,88	0,010209	1,512837	1,514550	1,525249	1,530324	1,53512

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{орж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$				
Group 1	Group A	—	-0,003/ -0,4	—	-0,0002/ -0,3	-0,0004/ +0,5	—	—	—	0,977	III	КФ-1
Group 1	Group A	625	-0,014/ -1,5	-0,0020/ -1,4	-0,0001/ -0,1	-0,0002/ +0,2	63	78	2,57	0,989	II	КФ-4
Group 1	Group B	445	-0,013/ -1,4	-0,0003/ -0,2	+0,0005/ +0,9	-0,0004/ +0,5	63	74	2,52	0,993	III	КФ-6
Group 1	Group A	520	+0,014/ +1,5	+0,0008/ +0,6	-0,0003/ -0,4	-0,0004/ +0,6	55	64	2,51	0,967	III	КФ-7

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_F-D_C	n_r	n_c	n_f	n_g	n_h
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
БФ-1	527547	1,524786	54,95	0,009550	1,527063	54,68	0,009618	1,520279	1,521897	1,531986	1,536704	1,54111
БФ-4	551537	1,548091	53,95	0,010160	1,550505	53,66	0,010259	1,543290	1,545023	1,555768	1,560806	1,56553
БФ-6	572492	1,569702	49,45	0,011520	1,572441	49,18	0,011655	1,564315	1,566255	1,578449	1,584233	1,58969
БФ-7*	582536	1,579595	53,86	0,010760	1,582159	53,56	0,010863	1,574527	1,576360	1,587736	1,593071	1,59805
БФ-8*	586462	1,582713	46,47	0,012540	1,585690	46,15	0,012714	1,576872	1,578969	1,592267	1,598623	1,60468
БФ-11	625528	1,622305	53,14	0,011710	1,625092	52,84	0,011827	1,616797	1,618781	1,631167	1,636984	1,64242
БФ-12*	630388	1,626040	39,10	0,016010	1,629837	38,83	0,016240	1,618703	1,621326	1,638295	1,646599	1,65460
БФ-13*	643480	1,639618	48,27	0,013250	1,642766	47,97	0,013418	1,633423	1,635657	1,649688	1,656354	1,66268
БФ-16	674470	1,671025	47,29	0,014190	1,674385	47,00	0,014351	1,664409	1,666791	1,681809	1,688973	1,69576
БФ-21*	618398	1,614132	40,03	0,015340	1,617772	39,75	0,015542	1,607095	1,609604	1,625857	1,633797	1,64142
БФ-24	639365	1,634551	36,77	0,017260	1,638639	36,49	0,017431	1,626728	1,629486	1,647737	1,656803	1,66553

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{орж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	$\tau, 10$	Группа частоты варки Group by reproducibility of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$					
Group 1	Group Б	520	-0,005/-0,6	-0,0007/-0,4	—	-0,0011/+1,5	67	79	2,67	0,992	III	БФ-1	
Group 1	Group А	—	-0,008/-0,9	+0,0004/+0,3	+0,0008/+1,3	-0,0015/+2,1	—	—	—	0,984	IV	БФ-4	
Group 1	Group А	525	-0,009/-1,0	-0,0004/-0,3	+0,0007/+1,3	-0,0017/+2,4	77	92	3,16	0,988	IV	БФ-6	
Group 1	Group А	560	-0,018/-2,0	-0,0004/-0,3	+0,0013/+2,3	+0,0006/-0,8	68	81	3,23	0,981	III	БФ-7	
Group 1	Group А	515	-0,006/-0,6	+0,0010/+0,6	+0,0001/+0,1	-0,0022/+3,1	77	87	3,28	0,988	III	БФ-8	
Group 3	Group А	605	-0,020/-2,1	-0,0002/-0,1	+0,0008/-0,1	-0,0027/+3,7	63	77	3,66	0,962	III	БФ-11	
Group 3	Group А	475	-0,002/-0,2	-0,0005/-0,4	+0,0002/+0,4	-0,0010/+1,4	82	94	3,67	0,966	II	БФ-12	
Group 3	Group А	600	-0,009/-0,9	-0,0011/-0,7	+0,0005/+0,9	-0,0017/+2,4	61	79	3,82	0,925	III	БФ-13	
Group 3	Group А	604	-0,015/-1,6	-0,0015/-1,0	+0,0013/+2,2	-0,0014/+1,9	78	90	4,02	0,915	I	БФ-16	
Group 1	Group А	475	-0,004/-0,4	-0,0002/-0,1	-0,0001/-0,1	-0,0003/+0,4	71	83	3,56	0,964	III	БФ-21	
Group 1	Group А	475	+0,004/+0,4	-0,0003/-0,2	+0,0002/+0,4	-0,0003/+0,4	74	84	3,67	0,940	III	БФ-24	

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-n_C	n_e	v_e	n_F-n_C'	n_r	n_c	n_f	n_z	n_h
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
БФ-25*	611458	1,607716	46,11	0,013180	1,610853	45,82	0,013336	1,601595	1,603794	1,617745	1,624428	1,63077
БФ-27	610437	1,606821	43,97	0,018740	1,610095	43,67	0,019005	1,600440	1,602726	1,617338	1,624392	1,63112
БФ-28	669352	1,664262	35,44	0,018740	1,5668712	35,20	0,018964	1,655783	1,658782	1,678624	1,688504	1,69805

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{орж}$	$\Delta P/\Delta v_e$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$				
Group 1	Group A	570	-0,015/ -1,6	-0,0012/ -0,8	+0,0002/ +0,4	-0,0013/ +1,8	66	81	3,47	0,955	II	БФ-25
—	—	—	-0,007/ -0,7	-0,0005/ -0,3	+0,0006/ +1,1	-0,0008/ -1,1	—	—	—	0,978	III	БФ-27
Group 1	Group A	535	-0,008/ -0,9	+0,0005/ +0,3	-0,0001/ -0,1	-0,0036/ +0,5	59	72	3,96	0,899	III	БФ-28

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_{F-D_C}	n_r	n_c	n_{F^*}	n_g	n_h
		587,6		n_{F-D_C}	546,1		n_{F-D_C}	706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
ТБФ-10	821332	1,814808	33,42	0,024380	1,820573	33,17	0,024740	1,80379	1,807696	1,833548	1,846533	1,85928

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{отж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^{\circ}C}$	$\alpha_{20/300^{\circ}C}$				
Group 2	Group A	—	+0,051/ +5,5	+0,0036/ +2,4	+0,0005/ +1,0	+0,0001/ -0,2	68	—	4,22	0,860	II	ТБФ-10

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_F-D_C'	n_r	n_c	n_F	n_g	n_b
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
ЛФ-5*	578410	1,575022	41,31	0,013920	1,578326	41,05	0,014117	1,568587	1,570895	1,585651	1,592809	1,59968
ЛФ-7	582408	1,578423	41,11	0,014070	1,581756	40,83	0,014247	1,571940	1,574255	1,589157	1,596409	1,60336
ЛФ-9	584377	1,580134	38,01	0,015260	1,583742	37,73	0,015453	1,573172	1,575648	1,591811	1,599855	1,60773
ЛФ-10	551456	1,548105	45,87	0,011950	1,550940	45,57	0,012090	1,542552	1,544537	1,557193	1,563284	1,56911
ЛФ-11	564465	1,560906	46,78	0,011990	1,563758	46,52	0,012123	1,555310	1,557324	1,570014	1,576083	1,58186
ЛФ-12	543446	1,540207	44,87	0,012040	1,543062	44,55	0,012185	1,534620	1,536623	1,549373	1,555569	1,56151

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{орж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by reproducibility of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$				
Group 1	Group A	460	-0,007/-0,7	-0,0007/-0,5	-0,0007/-1,2	0/-0,1	68	75	3,23	0,987	II	ЛФ-5
Group 1	Group Б	—	-0,006/-0,7	-0,0008/-0,5	-0,0001/-0,2	-0,0002/+0,3	71	—	3,23	0,988	IV	ЛФ-7
Group 1	Group A	480	+0,068/+7,3	+0,0048/+3,2	+0,0009/+1,7	-0,0001/+0,2	81	98	2,61	0,930	IV	ЛФ-9
Group 1	Group A	470	-0,003/-0,3	+0,0016/+1,0	0/-0,1	-0,0003/+0,5	72	84	2,73	0,949	IV	ЛФ-10
Group 1	Group A	—	-0,003/-0,3	-0,0008/-0,5	-0,0003/-0,6	+0,0001/-0,2	—	—	—	0,990	IV	ЛФ-11
Group 1	Group A	—	+0,0042/+4,5	+0,0042/+2,9	+0,0004/+0,8	-0,0006/+0,9	—	—	—	0,968	IV	ЛФ-12

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_F-D_C'	n_r	n_c	n_f	n_g	n_h
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
Ф-1*	617367	1,612945	36,95	0,016590	1,616878	36,70	0,016801	1,605380	1,608067	1,625641	1,634312	1,64269
Ф-2*	621364	1,616547	36,61	0,016840	1,620543	36,35	0,017072	1,608870	1,611596	1,629444	1,638267	1,64680
Ф-4*	629357	1,624352	35,93	0,017380	1,628472	35,67	0,017631	1,616433	1,619252	1,637677	1,646779	1,65559
Ф-6*	607377	1,603239	37,94	0,015900	1,607015	37,68	0,016115	1,595961	1,598556	1,615404	1,623668	1,63164
Ф-8*	629353	1,624953	35,57	0,017570	1,629113	35,30	0,017816	1,616970	1,619807	1,638430	1,647660	1,65661
Ф-13*	624361	1,620048	36,34	0,017060	1,624083	36,07	0,017281	1,612275	1,615036	1,633109	1,642054	1,65069

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{орж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$				
Group 1	Group A	455	-0,002/-0,3	-0,0006/-0,4	-0,0005/-0,8	+0,0003/-0,4	70	79	3,57	0,977	I	Ф-1
Group 1	Group A	—	-0,002/-0,3	+0,0004/+0,3	-0,0008/-1,4	-0,0003/+0,5	—	—	—	0,965	II	Ф-2
Group 1	Group A	455	+0,001/+0,1	-0,0006/-0,4	-0,0004/-0,8	-0,0006/+0,8	70	77	3,67	0,962	II	Ф-4
Group 1	Group A	460	-0,007/-0,7	-0,0014/-0,9	-0,0008/-1,4	-0,0002/+0,3	69	77	3,48	0,979	II	Ф-6
Group 4	Group B	—	+0,05/+0,5	+0,0001/+0,4	+0,0002/+0,4	-0,0002/+0,2	91	—	3,61	0,980	II	Ф-8
Group 1	Group A	455	—	—	—	—	70	78	3,63	0,964	II	Ф-13

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_{F-D_C}	n_r	n_c	n_f	n_g	n_h
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
ТФ-1*	652336	1,647665	33,87	0,019120	1,652188	33,62	0,019391	1,639009	1,642076	1,662344	1,672451	1,68229
ТФ-2	678320	1,672680	32,23	0,020870	1,677617	31,99	0,021193	1,663256	1,666602	1,688736	1,699831	1,71068
ТФ-3*	723293	1,717412	29,51	0,024310	1,723166	29,29	0,024713	1,706508	1,710371	1,736171	1,749258	1,76214
ТФ-4*	746280	1,740024	28,16	0,026280	1,746231	27,95	0,026687	1,728309	1,732434	1,760311	1,774548	1,78860
ТФ-5*	762273	1,755234	27,53	0,027430	1,761712	27,32	0,027895	1,743005	1,747325	1,776442	1,791346	1,80608
ТФ-7*	734281	1,728222	28,33	0,025700	1,734294	28,12	-1,48842	1,716746	1,720791	1,748051	1,761954	1,77566
ТФ-8*	695309	1,689492	31,13	0,022150	1,694729	30,89	0,022475	1,679519	1,683049	1,706533	1,718363	1,72992
ТФ-10*	814252	1,806274	25,37	0,031780	1,813767	25,17	0,032321	1,792210	1,797156	1,830887	1,848338	1,86571
ТФ-12	792255	1,785165	25,67	0,030590	1,792379	25,46	0,031124	1,771650	1,776405	1,808891	1,825812	1,84283

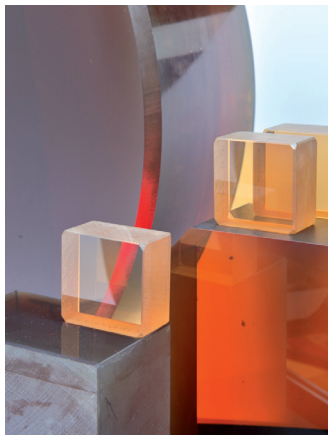
Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{орж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	$\tau, 10$	Группа частоты варки Group by reproductivity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^\circ C}$	$\alpha_{20/300^\circ C}$					
Group 2	Group A	420	+0,008/ +0,9	+0,0004/ +0,3	—	-0,0004/ +0,5	82	88	3,86	0,960	I	ТФ-1	
Group 2	Group A	440	+0,018/ +0,9	+0,0011/ +0,7	+0,0002/ +0,3	-0,0001/ +0,1	74	81	4,09	0,903	II	ТФ-2	
Group 3	Group A	430	+0,038/ +4,1	+0,0035/ +2,3	+0,0001/ +0,2	+0,0001/ -0,1	77	90	4,46	0,866	I	ТФ-3	
Group 3	Group A	435	+0,042/ +4,5	+0,0038/ +2,6	+0,0006/ +1,1	-0,0007/ +1,0	78	87	4,65	0,822	I	ТФ-4	
Group 3	Group A	425	+0,047/ +5,1	+0,0050/ +3,4	+0,0008/ +1,4	—	78	88	4,77	0,806	I	ТФ-5	
Group 3	Group A	390	+0,042/ +4,5	+0,0035/ +2,3	+0,0003/ +0,6	—	88	100	4,52	0,887	I	ТФ-7	
Group 2	Group A	410	+0,016/ +1,7	+0,0012/ +0,8	—	+0,0002/ -0,2	76	87	4,23	0,917	II	ТФ-8	
Group 3	Group A	405	+0,076/ +8,2	+0,0065/ +4,4	+0,0014/ +2,4	-0,0009/ +1,2	75	87	5,19	0,610	I	ТФ-10	
Group 1	Group A	—	—	+0,0111/ +7,5	+0,0021/ +3,8	-0,0011/ +1,5	—	—	—	0,223	IV	ТФ-12	

Марка стекла Glass type	Код Code	n_d	v_d	n_F-D_C	n_e	v_e	n_F-D_C'	n_r	n_c	n_F'	n_g	n_b
		587,6			546,1			706,5	656,3	480,0	435,8	404,7
ОФ-1*	532515	1,529492	51,81	0,010220	1,531924	51,54	0,010328	1,524629	1,526400	1,537211	1,542251	1,54698
ОФ-4	654432	1,650632	43,46	0,014970	1,654190	43,24	0,015127	1,643585	1,646135	1,661996	1,669506	1,67664
ОФ-6	604508	1,601206	51,04	0,011780	1,604011	50,84	0,011880	1,595560	1,597618	1,610071	1,615846	1,62125

Химическая устойчивость Chemical resistance		$T_{орж}$	$\Delta P/\Delta v_c$				$\alpha, (10^{-7}/K)$		ρ	$\tau, 400$	Группа частоты варки Group by periodicity of melting	Марка стекла Glass type
К пятнающим агентам Staining resistance	К влажной атмосфере Weather resistance		i-F'	g-F'	F'-e	F'-r	$\alpha_{60/20^{\circ}C}$	$\alpha_{20/300^{\circ}C}$				
Group 4	Group A	450	-0,038/ -4,0	-0,0049/ -3,3	-0,0013/ -2,3	+0,0019/ -2,6	59	66	2,56	0,906	III	ОФ-1
Group 4	Group A	485	-0,056/ -6,0	-0,0084/ -5,6	-0,0036/ -6,3	+0,0043/ -5,9	44	60	3,48	0,927	III	ОФ-4
Group 4	Group A	—	-0,055/ -5,9	-0,0088/ -6,0	-0,0038/ -6,7	+0,0056/ -7,7	—	—	—	0,967	IV	ОФ-6

Также АО ЛЗОС изготавливает:
JSC LZOS also produces:

Изделия из Ситалла CO-115M
Items from Sitall CO-115M



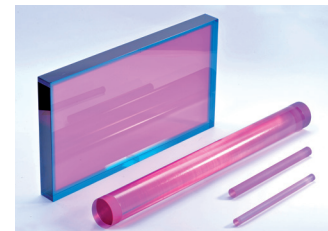
Специальные стекла
Glasses with special properties



Цветные стекла
Colored glasses



Активные элементы
Active elements



Волоконная оптика
Fiber optics



**Акционерное общество
«Лыткаринский завод оптического стекла»**

**Joint-Stock Company
"Lytkarino Optical Glass Factory"**

140080, Российская Федерация,
Московская область, г. Лыткарино, ул. Парковая, д. 1

Parkovaya, 1, Lytkarino, Moscow region, Russian Federation, 140080

Тел./Phone: +7 (495) 552-32-95, +7 (495) 552-15-20

Факс/Fax: +7 (495) 552-12-66

E-mail: info@lzos.ru, office@lzos.ru