

ОАО «Суксунский оптико-механический завод»

РОСОМЗ®

2026

ЛАЗЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Что такое лазер?

Это прибор, устройство, изделие генерирующее узконаправленный, монохромный, когерентный пучок ЭМИ в оптическом диапазоне. Слово ЛАЗЕР произошло от английского словосочетания «Усиление света путем вынужденного излучения», в отечественной литературе этот прибор получил название оптический квантовый генератор. Лазер может быть изготовлен в виде отдельного переносного прибора (лазерные рулетки, нивелиры, указки...) так и в составе технологического оборудования (станки для резки, сварки, обработки металлов...).

Лазеры широко применяется в промышленности, медицине, научных исследованиях, приборостроении, микроэлектронике, в изделиях военного назначения и находят разное применение.

Исполнение. В зависимости от активной оптической среды (оптический резонатор, это та часть лазерного прибора, где возникают ЭМ колебания), лазеры в подавляющем большинстве изготавливают на основе: кристаллов, жидкостей, газов и полупроводников.

Лазерное излучение

Лазерное излучение - это узконаправленный, монохромный, когерентный пучок ЭМИ в оптическом диапазоне длин волн (от 180 нм до 1 мм). Лазерный пучок состоит из огромного количества ЭМ лучей (фотонов) имеющих одинаковую длину волны и фазу колебаний. Подавляющее большинство лазеров работает в диапазоне длин волн: от **180 нм** (УФ-излучение) до **11 000 нм** (ИК-излучение), который можно разбить на следующие области спектра (ГОСТ IEC 4007-2016):

Ультрафиолетовое излучение (УФ): диапазон длин волн от 100 до 400 нм;

Диапазон УФ излучения обычно разделяют на следующие диапазоны:

- УФ-А излучение с длиной волны от 400 до 315 нм;

- УФ-В излучение с длиной волны от 315 до 280 нм;

- УФ-С излучение с длиной волны от 280 до 100 нм.

Видимый свет: от 380 нм до 780 нм;

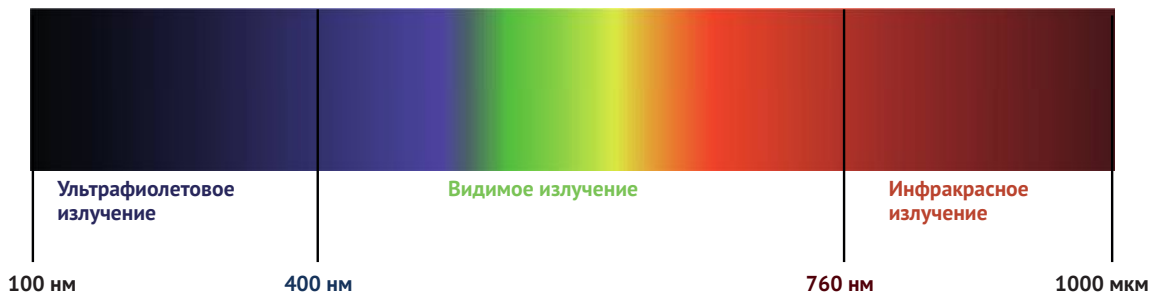
Инфракрасное излучение (ИК): диапазон длин волн от 780 нм до 1 мм

Диапазон ИК излучения обычно разделяют на следующие диапазоны:

- ИК-А излучение с длиной волны от 780 до 1400 нм.

- ИК-В излучение с длиной волны от 1400 до 3000 нм;

- ИК-С излучение с длиной волны от 3000 нм до 1 мм.



Основные характеристики лазерного излучения

Монохроматичность – способность лазера излучать на одной длине волны.

Когерентность – согласованное излучение фотонов (лучей) в пучке: одна длина волны и фаза колебаний для всех фотонов.

Расходимость пучка – мера расхождения лучей в пучке с увеличением расстояния от лазера.

Мощность лазерного излучения.

Мощные лазеры имеют очень большую мощность излучения, которой достаточно для испарения металла или керамики.

В непрерывном режиме работы мощность излучения лазера может достигать 50 кВт.

Для импульсных лазеров главной энергетической характеристикой является энергия импульса (Дж). Мощность импульсных лазеров на несколько порядков выше мощности лазеров работающих в непрерывном режиме.

Диаметр лазерного пучка.

Диаметр лазерного пучка может быть сфокусирован до размеров, сравнимых с длиной волны: $(10-100) \times \lambda$ нм. Это позволяет получить высокую плотность мощности (энергетическая яркость). Такие размеры лазерного пучка позволяют воздействовать на очень маленькие области объекта, не затрагивая биологические ткани или материал, расположенные рядом. За диаметр пучка принимают диаметр сечения пучка лазерного излучения на выходном торце резонатора.

Примечание:

Лазерное излучение представляет потенциальную опасность для организма человека. При оценке биологического воздействия различают: прямое, зеркально-отраженное и диффузно-отраженное (рассеянное) лазерное излучение.

Прямое воздействие — непосредственное влияние направленного потока излучения.

Зеркально-отраженное - излучение, отраженное под углом, равным углу падения.

Диффузно-отраженное (рассеянное) - излучение, отраженное от шероховатой поверхности, по всевозможным направлениям в пределах полусферы.

Режимы работы лазера

Лазеры различаются не только длиной волны и мощностью, но и режимом излучения. В зависимости от продолжительности работы и длительности импульса различают следующие типы лазеров (ГОСТ EN 207-2021, таблица 4).

Тип лазера	Обозначение
лазеры с непрерывным режимом излучения	D
лазеры с импульсным режимом излучения	I
импульсные лазеры с модуляцией добротности	R
импульсные лазеры с синхронизацией мод	M

Влияние лазерного излучения на человека

Основным поражающим фактором лазерного излучения является высокая плотность энергии. Сильнее всего отрицательному влиянию лазерного излучения подвержены глаза. Именно сетчатка глаза отличается чрезвычайной чувствительностью и может получить ожоги разной степени выраженности. Повреждение сетчатки в области желтого пятна, самой чувствительной зоны, приводит к частичной потере зрения, а также возможной полной слепоте. Повреждения глаз могут быть вызваны не только прямым воздействием лазерного облучения, но и зеркально-отраженными лучами или рассеянным облучением. Основные опасности при поглощении энергии лазерного излучения: ожог сетчатки, повреждение роговицы и помутнение хрусталика глаза.

Наиболее опасно лазерное излучение для сетчатки глаза в диапазоне между 400 и 1400 нм. В этом диапазоне происходит эффективная фокусировка света и формирование изображения. Сетчатка глаза отличается чрезвычайной чувствительностью и в случае интенсивного воздействия лазерного излучения может получить тепловой ожог разной степени тяжести вплоть до потери зрения. Поэтому защита глаз от лазерного излучения является чрезвычайно важным условием безопасной эксплуатации лазерных изделий.

ЭМИ в диапазоне 315-400 нм (UVA) и 280-315 нм (UVB). ЭМИ в диапазонах UVA и UVB не способно проникать глубоко в ткани и не доходит до сетчатки глаза. Облучение глаз в диапазоне 280-400 нм в основном связано с повреждением роговицы и/или хрусталика.

ЭМИ в диапазоне UVA. Роговица и стекловидное тело пропускают ЭМИ этого диапазона, которое поглощается в основном хрусталиком глаза. Последствия чрезмерного облучения в диапазоне UVA: фотохимическая денатурация белка хрусталика, развитие катаракты (помутнение хрусталика).

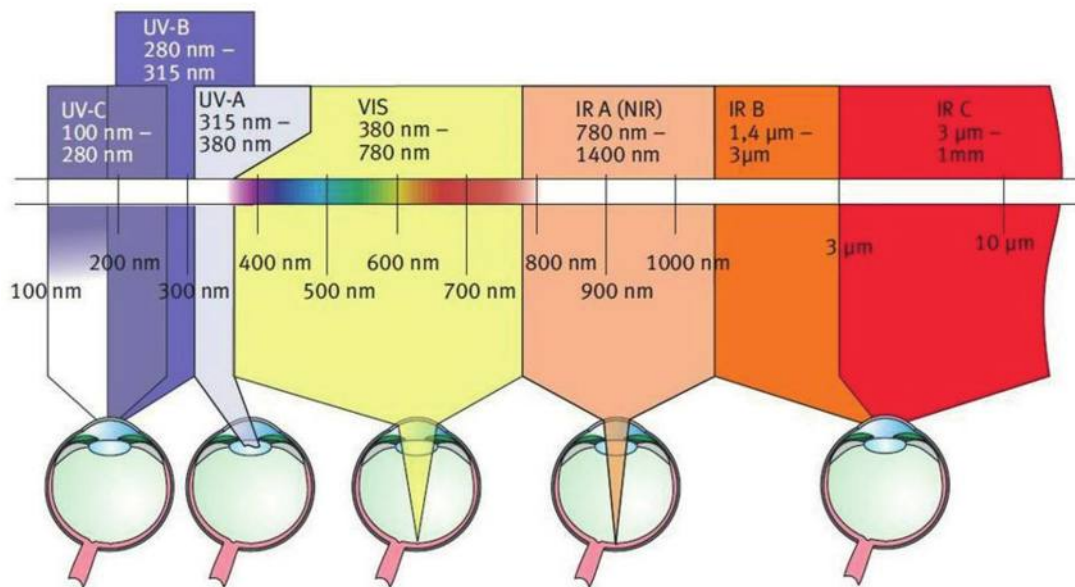
ЭМИ в диапазоне UVB. Поверхность роговицы поглощает весь ультрафиолетовый свет в этом диапазоне. Последствия чрезмерного облучения в диапазоне UVB: фотохимическая денатурация белка роговицы, развитие фотокератита (эрозия поверхности, конъюнктивит).

Свет, воспринимаемый сетчаткой глаза, находится в видимом диапазоне длин волн 400 - 780 нм. В этом диапазоне у людей развились естественные защитные механизмы. Когда свет нам кажется слишком ярким, т. е. плотность мощности превышает порог слепящей яркости, мы автоматически закрываем глаза и отворачиваемся (рефлекс моргания). Это реакция эффективна для мощности излучения до 1 мВт. При более высоких мощностях, слишком большое количество энергии будет поглощено сетчаткой перед тем, как человек успеет моргнуть, это может привести к необратимому повреждению глаз.

Ближний диапазон ИК излучения 780 – 1 400 нм является наиболее опасным для человеческого глаза, поскольку мы не имеем естественной защиты от него. Глаз почувствует излучение, падающее на сетчатку, только после того, как непоправимый ущерб уже будет нанесен. ИК излучение в диапазоне 1 400 – 11 000 нм поглощается поверхностью глаза и не доходит до сетчатки. Это приводит к перегреву или повреждению роговой оболочки. Однако, это происходит при мощностях больших, чем те, которые опасны для сетчатки глаза.

Для защиты глаз от лазерного излучения используют специальные защитные очки. В основе защитных свойств специальных очков от лазерного излучения, наиболее часто используют принцип оптического поглощения лазерного излучения.

Защитные очки должны снижать мощность лазерного излучения, действующее на глаза, до значений ниже ПДУ. Поэтому одной из важнейших задач работодателя является обеспечение безопасных условий труда при эксплуатации лазерных изделий путем правильного выбора защитных очков.



проникновение электромагнитного излучения в человеческий глаз

Защита от лазерного излучения

Для защиты глаз от случайного воздействия лазерного излучения используют специальные защитные очки.

В основе защитных свойств специальных очков от лазерного излучения лежит принцип оптического отсеивания (поглощения, отражения) лучей в определённой части спектра. Средства защиты должны снижать уровни лазерного излучения, действующего на человека, до величин ниже максимально допустимых. В результате подбора материала защитных очков и степени затемнения защитные очки блокируют опасные для зрения волны лазерного излучения, при этом не перекрывая остального спектра. Это позволяет выполнять работу и исключить риск получить травму глаз. В особенности это актуально в медицине, хирургии, косметологии, офтальмологии, а также в промышленности, где требуется визуальный контроль со стороны человека за обработкой материалов.



Основные характеристики защитных очков

Длина волны или диапазон длин волн (λ) - это диапазон, на котором обеспечивается заявленный уровень ослабления лазерного излучения.

Длину волны лазерного излучения указывают в нанометрах [нм].

Оптическая плотность - (optical density spectral OD) - безразмерная физическая величина.

В европейском стандарте EN 207-2021 этот параметр лазерной безопасности обозначается LB.

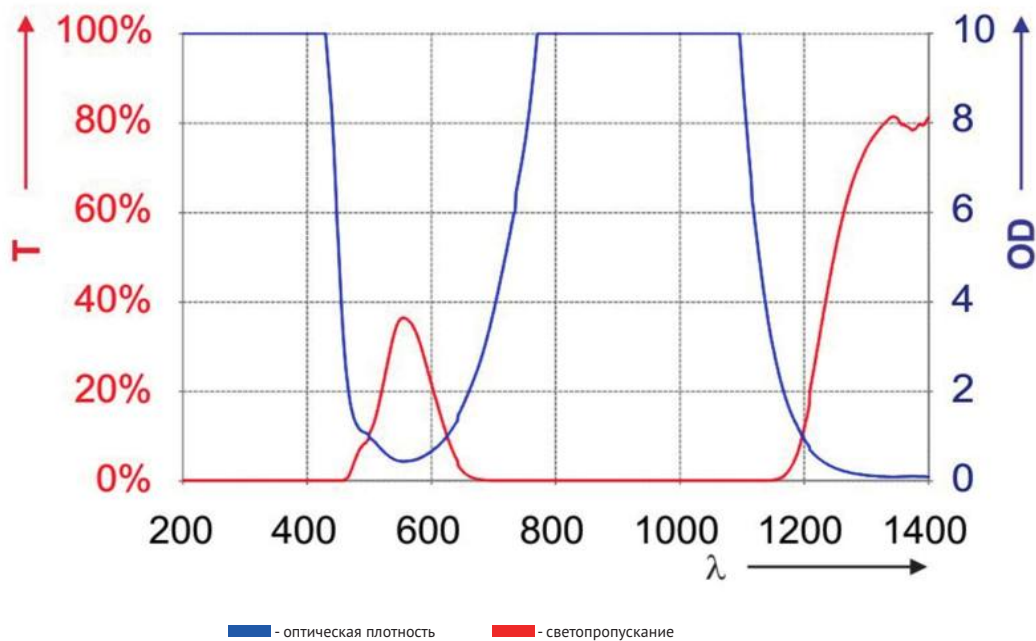
Оптическая плотность характеризует ослабление лазерного излучения, прошедшего через светофильтр, в зависимости от длины волны.

Например, оптическая плотность OD 4 (LB 4), указанная в маркировке защитных очков, означает уменьшение интенсивности лазерного излучения, прошедшего через светофильтр защитных очков, в $10\,000$ (10^4) раз в указанном диапазоне длин волн.

Чем выше значение оптической плотности, тем сильнее ослабление лазерного излучения.

Таблица оптической плотности лазерных светофильтров, процента пропускания и затухания.

Оптическая плотность (OD)	Коэффициент пропускания (%)	Коэффициент затухания
0	100%	1
1	10%	10
2	1%	100
3	0,1%	1000
4	0,01%	10 000
5	0,001%	100 000
6	0,0001%	1 000 000
7	0,00001%	10 000 000



Световой коэффициент пропускания (СКП) - передача видимого света сквозь материал (светофильтр) защитных очков.

Световой коэффициент пропускания измеряется в %.

Удобство работы в лазерных защитных очках зависит от параметра VLT (visible light transmission) или СКП (световой коэффициент пропускания). Световой коэффициент пропускания - безразмерная физическая величина (или указана в %), равна отношению потока излучения в видимой части спектра, прошедшего через защитные очки, к потоку излучения, упавшего на поверхность очков. Чем ниже СКП, тем темнее защитное стекло, и труднее различимы предметы вокруг. При выборе защитных очков необходимо помнить, что более высокие значения СКП обеспечивают лучший комфорт при выполнении работ. Световой коэффициент пропускания светофильтров защитных очков должен составлять не менее 20 % (ISO 11664-2:2007). Световой коэффициент пропускания может быть и менее 20 %, если информация, предоставляемая изготовителем, содержит рекомендации по повышению освещенности на рабочем месте.

Цветовая передача светофильтра - способность человеческого глаза распознавать цвета в случае применения защитных светофильтров.

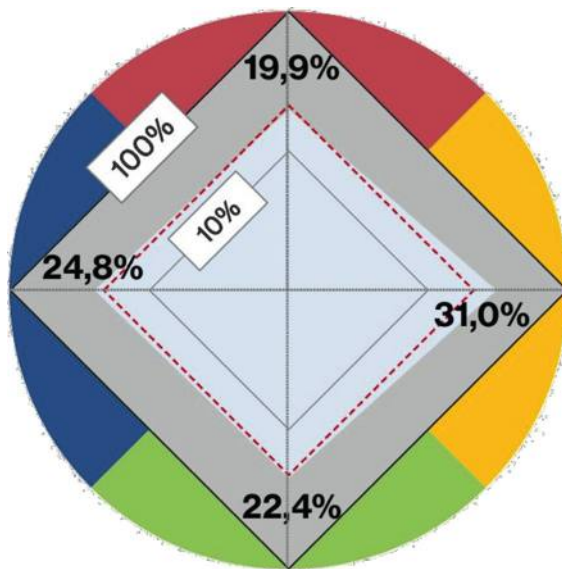
Применение светофильтров приводит к искажению цветовосприятия, так что некоторые цвета могут быть вовсе не распознаваемы. Этот аспект может в существенной степени повлиять на способность различать, например, кровеносные сосуды или ткани, незначительно отличающиеся цветом. Компания Laservision предложила визуализировать цветное изображение защитных светофильтров с помощью специальной диаграммы. Эта диаграмма определяет минимальный коэффициент пропускания светофильтра для четырех основных цветов: красного, зеленого, синего и желтого, чтобы соответствовать требованиям распознавания цвета. Это пороговое значение показано на диаграмме пунктирной линией красного цвета. Чем больше площадь голубого цвета и чем более симметрична форма, тем лучше значение яркости и цветопередачи лазерного защитного фильтра.

Для каждого типа лазера (длины волны) и его мощности подбираются защитные очки с определенным светофильтром, пропускающим максимальное количество видимого света, но блокирующим свет на длине волны лазера.

Оправа лазерных защитных очков также должна предотвращать попадание лазерных лучей сбоку.

Механическая прочность — устойчивость СИЗ глаз к механическим воздействиям;

Лазерная устойчивость СИЗ — способность СИЗ глаз сохранять физические параметры при нагреве, вызванном поглощением энергии лазерного излучения.



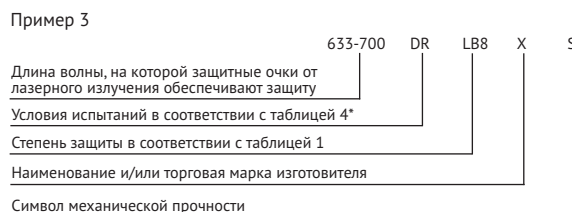
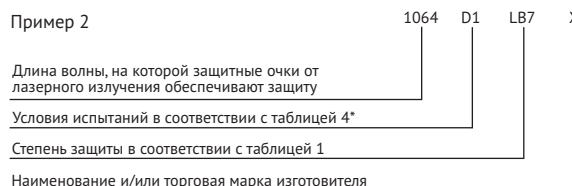
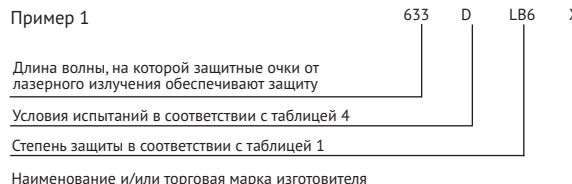
Маркировка защитных очков

С целью идентификации защитных очков от лазерного излучения, на светофильтры или оправу должна быть нанесена следующая информация (ГОСТ EN 207-2021):

- **Длина волны или диапазон длин волн в нанометрах, на которых защитные очки обеспечивают защиту;**
- **Тип лазера (например, D, I, R или их сочетание, например, DIR);**
- **Степень защиты - оптическая плотность (OD или LB).** Если очки обеспечивают защиту в нескольких спектральных диапазонах, то указывают самую низкую степень защиты в соответствующем спектральном диапазоне;
- **Знак идентификации изготовителя;**
- **Символ механической прочности.** Если защитные очки от лазерного излучения отвечают требованию механической прочности, то дополнительно в маркировке должно быть нанесено одно из условных обозначений в соответствии с ГОСТ 12.4.253-2013, 6.2.4 "Механическая прочность", таблица 1.

Если светофильтр или оправа предназначены для защиты в разных диапазонах длин волн и/или при различных условиях испытаний, то в этом случае маркировка может быть объединена следующим образом:

10600 D LB3 + IR LB4
1064 DI LB8 + R LB9
633 D LB4 + IR LB5



* - условия испытаний в соответствии с таблицей 4 ГОСТ EN 207-2021

Таблица 1. Идентификационные символы механической прочности ГОСТ 12.4.253-2013, 6.2.4 "Механическая прочность".

Символ	Требования по механической прочности
Без символа	Минимальная прочность
S	Повышенная прочность
F	Низкоэнергетический удар
B	Среднеэнергетический удар
A	Высокоэнергетический удар
T	Воздействие высокоскоростных частиц при экстремальных температурах

Классификация лазерной аппаратуры (изделий) по степени опасности

Определение класса опасности лазера основано на учете его выходной энергии (мощности) и предельно допустимых уровней облучения при однократном воздействии генерируемого излучения.

Примечание: Классификация лазерных изделий относится исключительно к опасности лазерного излучения для глаз и кожи. Классифицировать лазерное изделие должен изготовитель.

В настоящее время лазерная безопасность в РФ регулируется следующими стандартами:

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ EN 207-2021 Система стандартов безопасности труда. «Средства индивидуальной защиты глаз. Очки для защиты от лазерного излучения. Общие технические требования. Методы испытаний»
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31581-2012 "Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий"
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60825-1-2013 (IEC 60825-1:2007, IDT) Часть 1 «Безопасность лазерной аппаратуры. Классификация оборудования, требования и руководство для пользователей»
4. ГОСТ 12.1.031 ЛАЗЕРЫ. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения

В соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ IEC 60825-1-2013 «Безопасность лазерной аппаратуры. Классификация оборудования, требования и руководство для пользователей» лазеры по степени опасности генерируемого излучения подразделяются на следующие классы (в порядке возрастания опасности): класс 1, класс 1M, класс 2, класс 2M, класс 3R, класс 3B, класс 4.

Классификация лазеров по степени опасности

Класс 1

Лазерная аппаратура (ЛА), излучающая в диапазоне 180 - 10⁶ нм. Безопасна при любых допустимых условиях эксплуатации, включая прямое, намеренное наблюдение пучка*.

К этому классу относятся лазеры высокой мощности, но полностью закрытого типа.

Прямое попадание луча ЛА класса 1, излучающих в видимом диапазоне, может создать ослепляющее воздействие в условиях слабой освещенности (зрачок глаза максимально расширен).

Требования безопасности при эксплуатации ЛА класса 1 отсутствуют.

Класс 1М

ЛА, излучающая в диапазоне 302,5 — 4000 нм. Лазеры класса 1М, превышают разрешенные пределы эмиссии для класса 1, но из-за геометрических свойств пучка (не коллимированный пучок с большим углом расхождения) не превышают вредный уровень облучения невооруженного глаза. Безопасна при любых условиях эксплуатации, включая прямое, намеренное наблюдение пучка невооруженным глазом. Однако безопасный предел облучения глаз может быть превышен и причинен вред, если используются увеличительные оптические инструменты.

Требования безопасности при эксплуатации ЛА класса 1М: рекомендуется применение СИЗ при продолжительном наблюдении пучка с использованием увеличительных оптических приборов.

Класс 2 (Классы 2 и 2М применяют к видимому диапазону длин волн: от 400 до 700 нм)

К классу 2 относятся лазеры видимого спектра: излучающие в видимом диапазоне 400 - 700 нм. Мощность непрерывного излучения не более 1 мВт. Лазерное излучение безопасно при условии кратковременного воздействия на глаза: не более 0,25 с (продолжительность мигательного рефлекс). Прямое попадание луча в глаз может вызвать

кратковременное ослепление в условиях слабой освещенности. Главное отличие от ЛА класса 1: не допускается смотреть в пучок.

Требования безопасности при эксплуатации ЛА класса 2: следует избегать продолжительного наблюдения прямого или отраженного пучка. Рекомендуется применение СИЗ глаз.

Класс 2М

Лазеры класса 2М, излучение которых в видимом диапазоне длин волн превышает допустимый предел излучения (ДПИ) для класса 2, но из-за геометрических свойств пучка (не коллимированный пучок с большим углом расхождения) излучение безопасно при условии кратковременного облучения невооруженного глаза: не более 0,25 с (продолжительность мигательного рефлекс). Однако естественная реакция глаз не всегда может предотвратить ослепляющее воздействие прямым лазерным пучком, прошедшим через увеличительные оптические приборы.

Требования безопасности при эксплуатации ЛА класса 2М: следует избегать продолжительного наблюдения прямого или отраженного лазерного пучка с использованием увеличительных оптических приборов. Рекомендуется применение СИЗ глаз.

Класс 3R

ЛА, излучающая в диапазоне длин волн 302,5 — 10⁶ нм, в котором непосредственное наблюдение лазерного пучка потенциально опасно для глаз. В диапазоне длин волн от 400 нм до 700 нм ЛА условно безопасна при условии кратковременного, не более 0,25 с, прямого воздействия лазерного излучения на глаза.

ДПИ для ЛА класса 3R:

- в пределах пятикратного ДПИ класса 2 в диапазоне длин волн от 400 нм до 700 нм;
- в пределах пятикратного ДПИ класса 1 для других длин волн.

Средняя мощность непрерывного излучения ЛА

класса 3R не превышает 5 мВт.

Наблюдение пучка через увеличительную оптику не допускается. Прямое попадание луча ЛА класса 3R в глаз превосходит МДЭ** и вызывает кратковременное ослепление, временную потерю остроты зрения, однако угроза травмы в большинстве случаев сравнительно низкая.

Требования безопасности при эксплуатации ЛА класса 3R: следует избегать прямого или зеркально-отраженного наблюдения лазерного пучка. Диффузно-отраженное (рассеянное) излучение для глаз опасности не представляет. Необходимо применение СИЗ глаз.

Класс 3B

ЛА излучающая в диапазоне длин волн 180 - 10⁶ нм, в котором прямое или зеркально-отраженное попадание лазерного пучка опасно для глаз. Средняя мощность непрерывного излучения ЛА класса 3B не превышает 500 мВт. Диффузно-отраженное излучение опасности для глаз не представляет, если воздействие не превышает 10 с. Прямое и длительное воздействие излучения на кожу может вызвать незначительные поражения поверхностного слоя, при условии фиксации пучка малого диаметра.

Требования безопасности при эксплуатации ЛА класса 3B: следует избегать прямого или зеркально-отраженного попадания лазерного пучка в глаза. Необходимо применение СИЗ глаз.

Класс 4

ЛА высокой мощности, превышающую мощность ЛА класса 3B (более 0,5 Вт). Опасны при прямом, зеркальном и диффузно отраженном излучении для глаз и кожи.

Требования безопасности при эксплуатации ЛА класса 4: Не допускается использование ЛА класса 4 без проведения дозиметрического контроля энергетических параметров лазерного излучения на рабочем месте оператора и определения защитных мер. Необходимо применение СИЗ глаз и кожи.

Примечание:

* Термин «наблюдение пучка» используется как «заглядывание в пучок», т. е. пучок лазерного излучения прямо направлен в глаз.

** Максимально допустимая экспозиция для глаз определена как уровень лазерного облучения, до которого при нормальных условиях может быть облучен персонал без вредных последствий, возникающих сразу или через длительный промежуток времени.



Рекомендации по выбору СИЗ глаз от лазерного излучения

Защитные очки разработаны для защиты от случайного облучения лазерным излучением. Их не следует использовать для защиты от преднамеренного облучения или непосредственного наблюдения пучка ЛА классов 3B и 4.

Приняв во внимание требования безопасности, указанные в классификации лазеров, при эксплуатации ЛА, а так же рекомендации по выбору защитных очков от лазерного излучения в соответствии с типом лазера и условиями эксплуатации EN 207-2021, можно предложить следующие простые правила*** для выбора СИЗ глаз от лазерного излучения.

1. Лазерные изделия класса 1 безопасны. Применение СИЗ глаз при эксплуатации ЛА класса 1 не требуется во всех диапазонах излучения ЛА.
2. Лазерные изделия класса 2 представляют минимальную опасность. Рекомендуется применение защитных очков с оптической плотностью не менее 1, в диапазоне длин волн 400-700 нм, в случае использования увеличительных оптических приборов.
3. Лазерные изделия класса 3R потенциально опасны для глаз в случае непосредственного облучения. При эксплуатации ЛА класса 3R необходимо применение защитных очков с оптической плотностью не менее 1 во всех диапазонах излучения.
4. Лазерные изделия класса 3B представляют опасность для глаз во всех диапазонах излучения ЛА. При эксплуатации ЛА класса 3B необходимо применение защитных очков с оптической плотностью не менее 3 во всех диапазонах излучения.
5. Лазерные изделия класса 4 представляют особую опасность как для глаз так и для кожи. Конструкция ЛА класса 4 предусматривает меры по предотвращению выхода лазерного пучка за пределы рабочей зоны.

При эксплуатации ЛА класса 4 необходимо применять СИЗ глаз, с уровнем защиты выбранном на основании результатов индивидуального дозиметрического контроля энергетических параметров **диффузно-отраженного** лазерного излучения на рабочем месте оператора.

Не допускается использование ЛА классов 3B и 4 без предварительного проведения дозиметрического контроля энергетических параметров лазерного излучения на рабочем месте оператора и определения защитных мер (ГОСТ Р 12.1.031-2010).

Мощные лазеры класса 4, используемые для резки, сварки и других форм обработки материалов, представляют особую опасность для оператора в пределах рабочей зоны из-за возможности выхода лазерного излучения за пределы активной зоны, за счет отражения пучка от поверхности деталей.

*** Правила являются упрощением рекомендаций по выбору очков для защиты от лазерного излучения, изложенных в ГОСТ IEC 60825-1-2013 и EN 207-2021 и не заменяют их.

Обзор очков для защиты от лазерного излучения

Отражающие, поглощающие и гибридные очки

Существуют разные модели защитных очков:

- **поглощающие лазерное излучение**
- **отражающие лазерное излучение**
- **гибридные - поглощающие и отражающие лазерное излучение.**
- Очки, отражающие лазерное излучение, имеют специальное светоотражающее покрытие. В случае повреждения (царапин) это защитное покрытие нарушается, что приводит к проникновению лазерного луча.
- Поглощающие защитные очки предназначены для поглощения определенных длин волн лазера. Как правило, они не имеют покрытия, поэтому царапины не влияют на их эффективность. Поглощающая способность таких очков зависит от толщины очкового стекла. Такие стекла изготавливаются из поликарбоната или других поглощающих материалов.
- Гибридные модели обладают свойствами как отражающих, так и поглощающих лазерных защитных очков.

Защитные очки из поликарбоната

Защитные очки из поликарбоната на сегодняшний день являются самым распространенным средством защиты глаз при работе с лазерным излучением. Обычно они имеют ограниченный диапазон защиты и средние значения OD и VLT. Но технология изготовления, возможность наносить оптические покрытия от истирания и запотевания, механическая прочность поликарбоната предоставляет более функциональные решения для пользователя.

Защитные очки из стекла

Стекланные фильтры часто имеют более широкий диапазон и более высокие значения OD и VLT. Большинство защитных очков из стекла относятся к поглощающему типу. Ассортимент таких очков более узкий, чем у очков с поликарбонатными стеклами, поскольку их светофильтры сложнее в изготовлении и проходят множество этапов обработки (изготовление, резка, полировка, испытания). Кроме того, они требуют регулярного осмотра на предмет расслаивания, зазоров между фильтром и оправой, а также трещин или других повреждений.



Защитные очки от лазерного излучения РОСОМЗ® ЗН22 БЛОКЕР® ЛАЗЕР, ЗН22-СЗС22 ЛАЗЕР



Защитные свойства:

200-300 DIR LB5
+ 693-710 DIR LB4
+ 710-820 DIR LB5
+ 820-1140 DIR LB4
RZ K - RZ 253 3 4 S
Световой коэффициент пропускания 47,8 %
Оптический класс 1

22200 ЗН22 БЛОКЕР® ЛАЗЕР

22203 ЗН22-СЗС22 ЛАЗЕР



Очки защитные с непрямой вентиляцией с минеральными защитными стеклами-светофильтрами СЗС22, мягким корпусом из ПВХ, регулируемой наголовной лентой и вентиляционными устройствами, обеспечивающими эффективный воздухообмен. Защитное стекло отличается высокими оптическими характеристиками, обладает повышенной механической прочностью (S): выдерживает удар летящих частиц с энергией (0,6 Дж).

Назначение: Очки предназначены для защиты от механических опасностей и опасности случайного облучения узко направленным лучом лазерных устройств класса 3В, с мощностью излучения до 0,5 Вт, работающих в непрерывном (D) и импульсном (I, R) режимах, или рассеянным излучением, в указанных диапазонах длин волн.

Защитные очки от лазерного излучения РОСОМЗ® 022 БЛОКЕР® ЛАЗЕР



12201

Защитные свойства:

200-466 DIR LB5 RZ FT KN

Оптический класс 1

Световой коэффициент пропускания 70%

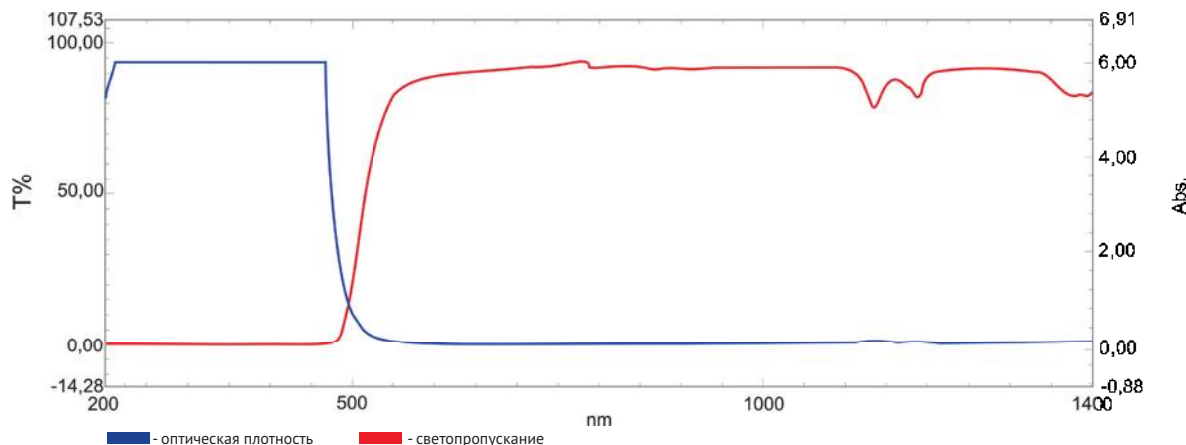


Универсальные очки увеличенного размера с панорамным защитным стеклом из оптически прозрачного материала с покрытием Strong Glass (двустороннее не запотевающее покрытие KN, устойчиво к абразивам). Защитное стекло отличается высокими оптическими характеристиками.

Надежная защита глаз сверху и с боков от высокоскоростных частиц (низкоэнергетический удар $V=45\text{ м/с}$), брызг растворов кислот и щелочей, УФ - излучения. Обеспечивают дополнительную защиту от лазерного излучения сбоку, сверху и снизу. Возможно применение с корректирующими очками.

Назначение: Очки предназначены для защиты от механических опасностей и опасности случайного облучения узко направленным лучом лазерных устройств класса 3B, с мощностью излучения до 0,5 Вт, работающих в непрерывном (D) и импульсном (I, R) режимах, или рассеянным излучением, в указанном диапазоне длин волн.

Особенности модели: широкий заушник с вентилируемыми отверстиями для повышенной боковой защиты; регулируемый угол наклона защитного стекла; модель можно применять с очками с корректирующим эффектом; конструкция очков предусматривает возможность крепления наголовной ленты/шнурка (рекомендуем артикул 00714).



Защитные очки от лазерного излучения РОСОМЗ® 022 БЛОКЕР® ЛАЗЕР



12202

Защитные свойства:

200-548 DIR LB5 RZ FT KN

Оптический класс 1

Световой коэффициент пропускания 22%

EAC

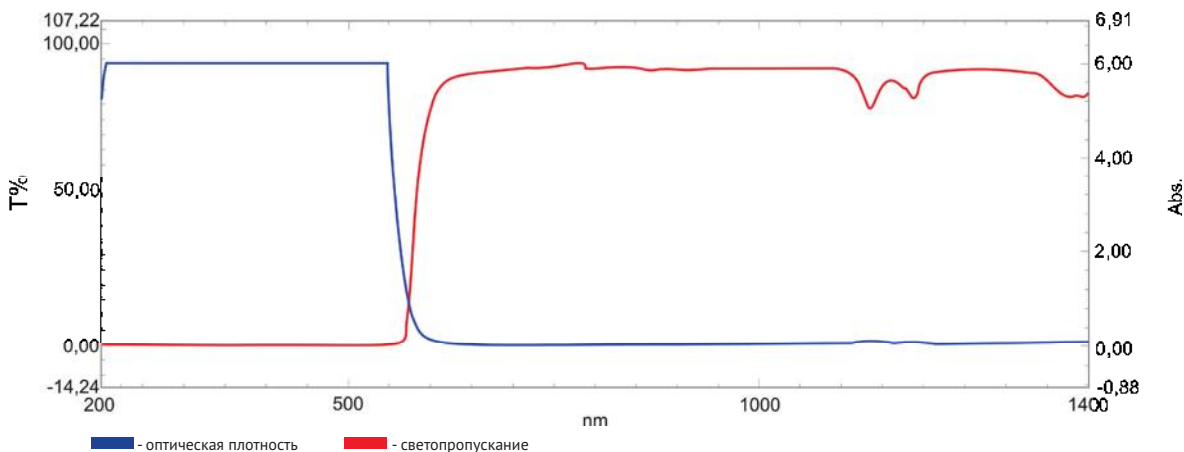


Универсальные очки увеличенного размера с панорамным защитным стеклом из оптически прозрачного материала с покрытием Strong Glass (двустороннее незапотевающее покрытие KN, устойчиво к абразивам). Защитное стекло отличается

высокими оптическими характеристиками. Надежная защита глаз сверху и с боков от высокоскоростных частиц (низкоэнергетический удар $V=45\text{ м/с}$), брызг растворов кислот и щелочей, УФ - излучения. Обеспечивают дополнительную защиту от лазерного излучения сбоку, сверху и снизу. Возможно применение с корректирующими очками.

Назначение: Очки предназначены для защиты от механических опасностей и опасности случайного облучения узко направленным лучом лазерных устройств класса 3B, с мощностью излучения до 0,5 Вт, работающих в непрерывном (D) и импульсном (I, R) режимах, или рассеянным излучением, в указанном диапазоне длин волн.

Особенности модели: широкий заушник с вентилируемыми отверстиями для повышенной боковой защиты; регулируемый угол наклона защитного стекла; модель можно применять с очками с корректирующим эффектом; конструкция очков предусматривает возможность крепления наголовной ленты/шнурка (рекомендуем артикул 00714).



Специализированные очки для защиты от лазерного излучения **022 LASER**



12200

Защитные свойства:

200-385 DIR LB4 + 965-1065 DIR LB4 RZ S K N

Оптический класс 1.

Световой коэффициент пропускания 26%



- Очки **022 LASER** с увеличенным панорамным защитным **стеклом-светофильтром** из оптически прозрачного незапотевающего поликарбоната с твердым покрытием;
- Увеличенная защита спереди и с боков, сверху и снизу от лазерного излучения,

- Обладают повышенной механической прочностью: выдерживают удар летящих частиц с энергией (0,6 Дж).
- Обеспечивают великолепный обзор, позволяя видеть пигментные и сосудистые повреждения, одновременно обеспечивая высокую защиту во время работы, сводят к минимуму головную боль и другие неблагоприятные воздействия, связанные с работой на лазерных приборах.
- Возможно применение с корректирующими очками.

Назначение: Очки предназначены для защиты от механических опасностей и опасности случайного облучения узко направленным лучом лазерных устройств класса 3B, с мощностью излучения до 0,5 Вт, работающих в непрерывном (D) и импульсном (I, R) режимах, или рассеянным излучением, в указанных диапазонах длин волн.

Особенности модели: широкий заушник с вентилируемыми отверстиями для повышенной боковой защиты; регулируемый угол наклона защитного стекла; модель можно применять с очками с корректирующим эффектом; конструкция очков предусматривает возможность крепления наголовной ленты/шнурка (рекомендуем артикул 00714).

Специализированные очки для защиты от лазерного излучения **022 LASER**



12205

Защитные свойства:

200-535 DIR LB4 RZ S

Оптический класс 1

Световой коэффициент пропускания 27%



- Очки с увеличенным панорамным защитным стеклом-светофильтром из оптически прозрачного незапотевающего поликарбоната с твердым покрытием;
- Увеличенная защита спереди и с боков, сверху и снизу от лазерного излучения. Обладают

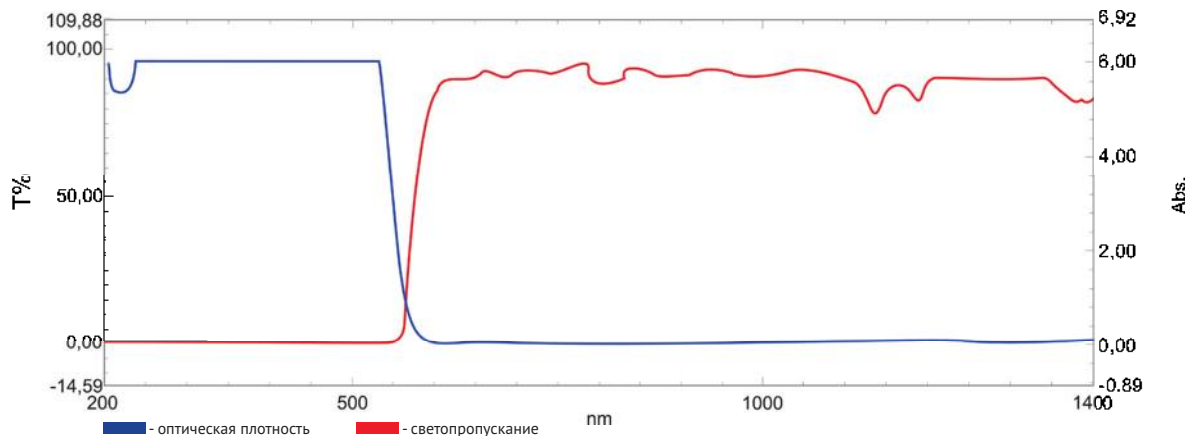
повышенной механической прочностью (S): выдерживают удар летящих частиц с энергией (0,6 Дж);

- Возможно применение с корригирующими очками;
- Обеспечивают великолепный обзор, позволяя видеть пигментные и сосудистые повреждения, одновременно обеспечивая высокую защиту во время работы.

Назначение: Очки предназначены для защиты от механических опасностей и опасности случайного облучения узко направленным лучом лазерных устройств класса 3B, с мощностью излучения до 0,5 Вт, работающих в непрерывном (D) и импульсном (I, R) режимах, или рассеянным излучением, в указанном диапазоне длин волн.

Рекомендуются

в медицине (офтальмологическая хирургия, фотокоагуляция, удаление кожных онкологических образований, в эстетической косметологии, в стоматологии и т.д.); в промышленности (гравировка и маркировка металлов, поверхностная закалка, обработка сверхпрочных материалов, таких как стекло и полиметилметакрилат); в гидродинамике при исследовании процессов в жидкости; в спектроскопии и т.д.



Специализированные очки для защиты от лазерного излучения **022 LASER**



12207

Защитные свойства:

200-375 DIR LB4 +750-830 DIR LB5 RZ S

Оптический класс 1

Световой коэффициент пропускания 28%

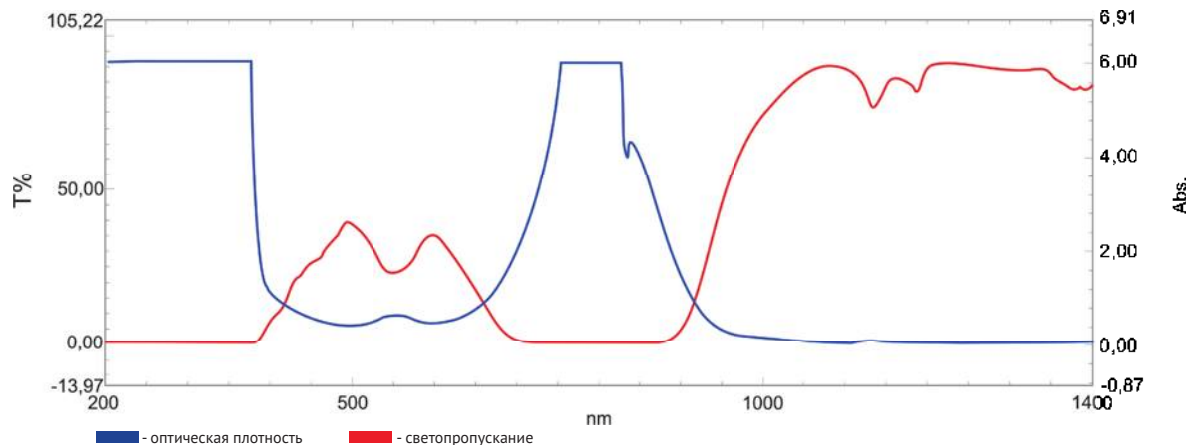
ЕАС



- Очки с увеличенным панорамным защитным стеклом-светофильтром из оптически прозрачного незапотевающего поликарбоната с твердым покрытием;
- Увеличенная защита спереди и с боков, сверху и снизу от лазерного излучения;
- Обладают повышенной механической прочностью (S): выдерживают удар летящих частиц с энергией (0,6 Дж);

- Возможно применение с корректирующими очками;
- Обеспечивают великолепный обзор, позволяя видеть пигментные и сосудистые повреждения, одновременно обеспечивая высокую защиту во время работы, сводят к минимуму головную боль и другие неблагоприятные воздействия, связанные с работой на лазерных приборах;
- Позволяют безопасно и комфортно работать, обеспечивают контрастное восприятие, цветопередачу и адекватную оценку состояния кожных покровов, сосудов и т.п.

Назначение: Очки предназначены для защиты от механических опасностей и опасности случайного облучения узко направленным лучом лазерных устройств класса 3B, с мощностью излучения до 0,5 Вт, работающих в непрерывном (D) и импульсном (I, R) режимах, или рассеянным излучением, в указанных диапазонах длин волн.



Специализированные очки для защиты от лазерного излучения **О8 Хаммер ЛАЗЕР**



10800

Защитные свойства:

200-460 DIR LB6 +810-1090 DIR LB6 RZ FT K N

Диапазон рабочих температур: -20°C +80°C

Оптический класс 1

Световой коэффициент пропускания 26%



- Очки с увеличенным панорамным защитным стеклом-светофильтром из оптически прозрачного незапотевающего поликарбоната с твердым покрытием;
- Увеличенная защита спереди и с боков, сверху и снизу от лазерного излучения, защита от твердых высокоскоростных частиц (низкоэнергетический удар $V=45\text{м/с}$);
- Обеспечивают великолепный обзор, позволяя видеть пигментные и сосудистые повреждения, одновременно обеспечивая высокую защиту во время работы.

Назначение: Очки предназначены для защиты от механических опасностей и опасности случайного облучения узко направленным лучом лазерных устройств класса 3B, с мощностью излучения до 0,5 Вт, работающих в непрерывном (D) и импульсном (I, R) режимах, или рассеянным излучением, в указанных диапазонах длин волн.

Рекомендуются

в медицине (офтальмологическая хирургия, фотокоагуляция, удаление кожных онкологических образований, в эстетической косметологии, в стоматологии и т.д.); в промышленности (гравировка и маркировка металлов, резка и сварка стали, поверхностная закалка, обработка сверхпрочных материалов, таких как стекло и полиметилметакрилат); в гидродинамике при исследовании процессов в жидкости; в спектроскопии и т.д.

Специализированные очки для защиты от лазерного излучения **ЗН95 Стальной БАРС® ЛАЗЕР**



Защитные свойства:

200-460 DIR LB6 810-1090 DIR LB6 RZ BT 3 4
9 K N

Световой коэффициент пропускания 26%

Диапазон рабочих температур: -20°C +80°C

Оптический класс 1



- Увеличенная защита спереди и с боков, сверху и снизу от лазерного излучения, защита от твердых высокоскоростных частиц (низкоэнергетический удар $V=45\text{ м/с}$);
- Обеспечивают великолепный обзор, позволяя видеть пигментные и сосудистые повреждения, одновременно обеспечивая высокую защиту во время работы, сводят к минимуму головную боль и другие неблагоприятные воздействия, связанные с работой на лазерных приборах;
- Позволяют безопасно и комфортно работать, обеспечивают контрастное восприятие, цветопередачу и адекватную оценку состояния кожных покровов, сосудов и т.п.

Назначение: Очки предназначены для защиты от механических опасностей и опасности случайного облучения узко направленным лучом лазерных устройств класса 3B, с мощностью излучения до 0,5 Вт, работающих в непрерывном (D) и импульсном (I, R) режимах, или рассеянным излучением, в указанных диапазонах длин волн.

Рекомендуются

в эстетической косметологии (лечение дерматологических заболеваний, удаление волос, пигментных пятен, татуировок).

Щиток защитный лицевой сварщика НН22 Стальной Барс Блокер® ЛАЗЕР



52205

Назначение: Щиток предназначен для защиты от механических опасностей, брызг расплавленного металла и горячих частиц, опасности воздействия диффузно-отраженного (рассеянного) излучения оптических квантовых генераторов (лазеров), применяемых для ручной лазерной сварки, резки и зачистки металлических изделий.

Защитные характеристики щитка от лазерного излучения

Защита от яркого света, инфракрасного и ультрафиолетового света

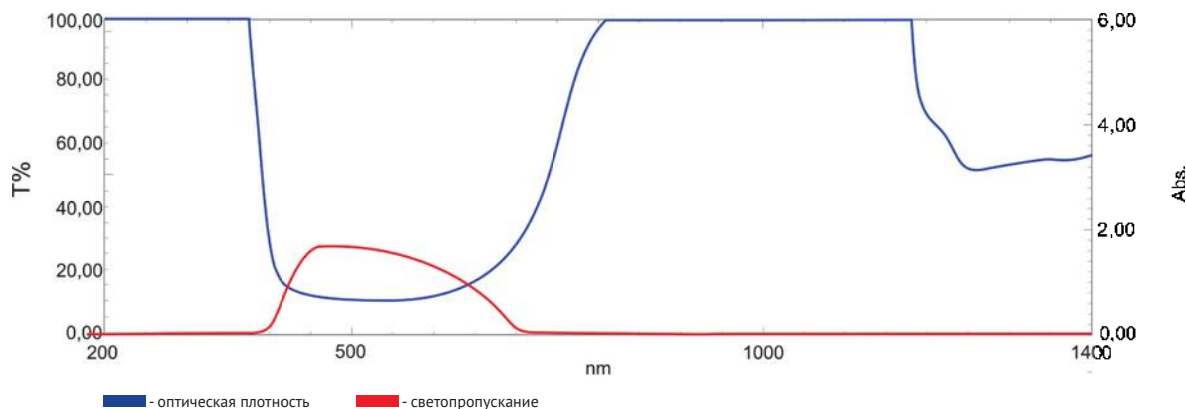
900-1000 DIR LB6 + 1000-1100 DIR LB7
ГОСТ EN 207

ЕАС



- Устойчивость к высокоскоростным частицам и брызгам расплавленного металла FT 9;
- Затемнение светофильтра щитка регулируется от 2,5 до 5. Регулировка затемнения светофильтра ступенчатая: 2,5, 3,3 (3,5); 4; 5. (Не путать с оптической плотностью);
- Корпус щитка изготовлен из термостойкого материала полиамид;
- Наголовное крепление УНИВЕРСАЛ RAPID с плавной регулировкой (диапазон размеров от 52 до 70см.) Мягкий обтюратор;
- Быстросъемное панорамное покрывное стекло с защитным покрытием Алмаз от истирания и подложка из поликарбоната.

Ограничения применения: для ручной лазерной сварки, резки и зачистки металлических изделий с мощностью излучения лазера до 1,5 кВт.



Щиток защитный лицевой сварщика НН22 Блокер® Профи ЛАЗЕР Фаворит



522265

Назначение: Щиток предназначен для защиты от механических опасностей, брызг расплавленного металла и горячих частиц, опасности воздействия диффузно-отраженного (рассеянного) излучения оптических квантовых генераторов (лазеров), применяемых для ручной лазерной сварки, резки и зачистки металлических изделий.

Защитные свойства:

Защита от яркого света, инфракрасного и ультрафиолетового света

3/5-9/9-13 RZ 1/1/1/1

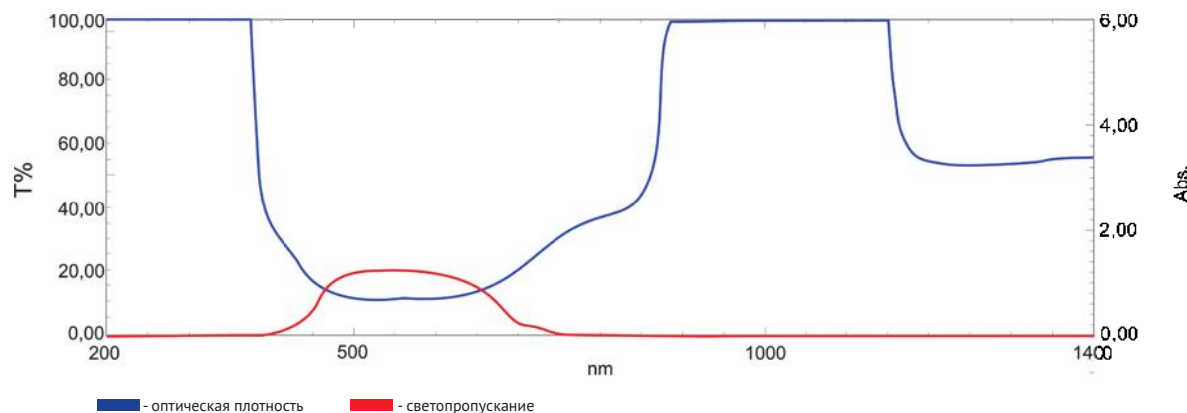
Защитные характеристики щитка от лазерного излучения

900-1000 DIR LB6 + 1000-1100 DIR LB7
ГОСТ EN 207



- Устойчивость к высокоскоростным частицам и брызгам расплавленного металла FT 9;
- Корпус щитка изготовлен из термостойкого материала полиамид;
- Автоматический светофильтр с затемнением в диапазонах 5-9 и 9-13;
- Наголовное крепление RAPID с плавной регулировкой. Мягкий обтюратор;
- Быстросъемное панорамное покрывное стекло с защитным покрытием Алмаз от истирания и подложка из поликарбоната.

Ограничения применения: для ручной лазерной сварке, резке и зачистки металлических изделий с мощностью излучения лазера до **1,5 кВт**



Анкета лазерного изделия

Наиболее опасно лазерное излучение для глаз, поскольку сетчатка глаза отличается чрезвычайной чувствительностью и может получить ожог разной степени тяжести вплоть до потери зрения от случайного воздействия интенсивного лазерного излучения.

Поэтому защита глаз от лазерного излучения является важным условием безопасной эксплуатации лазерных изделий.

Для защиты глаз от лазерного излучения используют специальные защитные очки.

В основе защитных свойств специальных очков от лазерного излучения наиболее часто используют принцип оптического поглощения лазерного излучения.

Защитные очки должны снижать лазерное излучение, действующее на глаза, до значений ниже предельно допустимого уровня. Поэтому одной из важнейших задач работодателя является обеспечение безопасных условий труда при эксплуатации лазерных изделий путем правильного подбора защитных очков.

Важнейшими характеристиками защитных очков являются:

- Длина волны (λ), на которой обеспечен заявленный уровень ослабления лазерного излучения. Длину волны лазерного излучения указывают в нанометрах [нм] или 10^{-9} м;
- Оптическая плотность (OD) характеризует ослабление лазерного излучения, прошедшего через светофильтр в зависимости от длины волны.
- Световой коэффициент пропускания (СКП) - передача видимого света сквозь материал защитных очков.
- Цветовая передача - способность человеческого глаза распознавать цвет в случае применения защитных светофильтров.
- Механическая прочность — устойчивость СИЗ глаз к механическим воздействиям;
- Лазерная устойчивость СИЗ — способность СИЗ глаз сохранять физические параметры при нагреве, вызванном поглощением энергии лазерного излучения.

Подбор уровня защиты очков заключается в расчете величины оптической плотности светофильтра в зависимости от следующих характеристик лазерного излучения:

- режим лазерного излучения (непрерывный или импульсный);
- характер облучения (однократное или хроническое воздействие);
- мощность лазерного излучения (для непрерывного режима излучения);
- энергия импульса (для импульсного режима излучения);
- длительность импульса;
- размер выходного отверстия (апертура), через которое происходит излучение;
- воздействие лазерного излучения: направленное, зеркально-отраженное или диффузное;
- длина волны лазерного излучения;
- видимый угловой размер источника излучения α , рад. (в случае если воздействие лазерного излучения диффузное).

Указанные характеристики сведены в таблицу «Параметры лазерного излучения».

При заполнении таблицы необходимо использовать только достоверные значения параметров лазерного изделия, взятые из технической документации (ТД) или предоставить копию страницы с техническими характеристиками.

Заполненная Анкета на лазерное изделие должна быть подписана лицом ответственным на предприятии за безопасную эксплуатацию лазерных изделий (ГОСТ 31581-2012 п. 10.5)

Таблица «Параметры лазерного излучения».

№	Параметры лазерного излучения	Значение
1	Назначение лазерной установки (резка, сварка, маркировка, и. т. д.).	
2	Класс опасности лазерной установки.	
3	Тип лазерной установки (открытого или закрытого типа). Примечание: открытые лазерные установки — установки, конструкция которых допускает выход излучения в рабочую среду Закрытые лазерные установки — установки с экранированным пучком лазерного излучения, при работе которых исключено воздействие на человека лазерного излучения любой мощности.	
4	Вид облучения (прямое, зеркально-отраженное, рассеянное). Примечание: Прямое воздействие направленным пучком лазерного излучения. Зеркально-отраженное воздействие лазерного излучения отраженного от зеркальной поверхности. Диффузно-отраженное (рассеянное) лазерное излучение, отраженное от шероховатой поверхности, по всевозможным направлениям в пределах полусферы.	
5	Длина волны лазерного излучения (нм).	
6	Режим лазерного излучения (непрерывный или импульсный).	
7	Мощность лазерного излучения [Вт] или энергия импульса [Дж].	
8*	Характеристики импульсного излучения:	
8.1.	Частота следования импульсов [кГц].	
8.2.	Длительность импульса [миллисекунд, микросекунд, ...].	
8.3	Количество импульсов в серии импульсов (при наличии параметра в ТД).	
9	Характер облучения (однократное или хроническое воздействие) Примечание: однократное воздействие лазерного излучения — воздействие с длительностью не превышающей $3 \cdot 10^4$ секунд. Хроническое воздействие лазерного излучения — систематически повторяющееся воздействие, которому подвергаются люди, профессионально связанные с лазерным излучением.	
10	Геометрические характеристики пучка излучения	
10.1	Апертура (диаметр или размеры пучка (мм)) - начальный диаметр пучка излучения. Примечание: апертура — отверстие лазерного изделия, через которое выходит лазерное излучение (может быть и прямоугольным).	

Примечание:

* П. 8 заполняется в случае работы лазера в импульсном режиме.
Изготовитель лазерной аппаратуры должен предоставить инструкцию или руководство по эксплуатации, которые должны содержать все характеристики влияющие на безопасность (ГОСТ ИЕС 60825-1-2013, п. 6.1 Информация для пользователей).

Приложение

Дозиметрический контроль энергетических параметров лазерного излучения

В случае, если по каким либо причинам в технической документации отсутствует необходимая для расчета оптической плотности защитных очков информация, то в этом случае предприятие, эксплуатирующее лазерное изделие, должно провести дозиметрический контроль энергетических параметров лазерного излучения.

Оценка степени опасности осуществляется путем дозиметрического контроля параметров лазерного излучения в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.031.

Контроль параметров лазерного излучения требуется проводить при приемке в эксплуатацию новых лазерных изделий классов 3А (3R), 3В, 4.

Дозиметрический контроль параметров лазерного излучения проводят на рабочих местах и в местах возможного нахождения людей.

Дозиметрический контроль энергетических параметров по ГОСТ 31581-2012:

11.4 В зависимости от вида дозиметрического контроля измеряют следующие энергетические параметры лазерного излучения:-

а) при предупредительном и индивидуальном контроле:

- максимальное за время контроля значение энергии одиночного импульса излучения или импульса из серии импульсов излучения $W(t)_{\max}$, [Дж], проходящего через ограничивающую апертуру;
- максимальное за время контроля значение энергетической экспозиции одиночного импульса или от импульса из серии импульсов $H(t)_{\max}$, [Дж/м²], проходящего через ограничивающую апертуру;
- максимальное за время контроля значение средней мощности непрерывного излучения $P_{\max}$, Вт, проходящего через ограничивающую апертуру;
- максимальное за время контроля значение облученности от непрерывного излучения $E_{\max}$ Вт/см² или Вт/м², проходящего через ограничивающую апертуру;

б) при индивидуальном контроле:

- суммарное значение энергии (энергетической экспозиции) всех импульсов в серии импульсов излучения, проходящего через ограничивающую апертуру $W(tc)$, Дж; $H(tc)$, Дж/м² или Дж/см²;
- суммарное значение энергетической экспозиции за рабочий день $H\Sigma$ ($3 \cdot 10^4$ с), Дж/м².

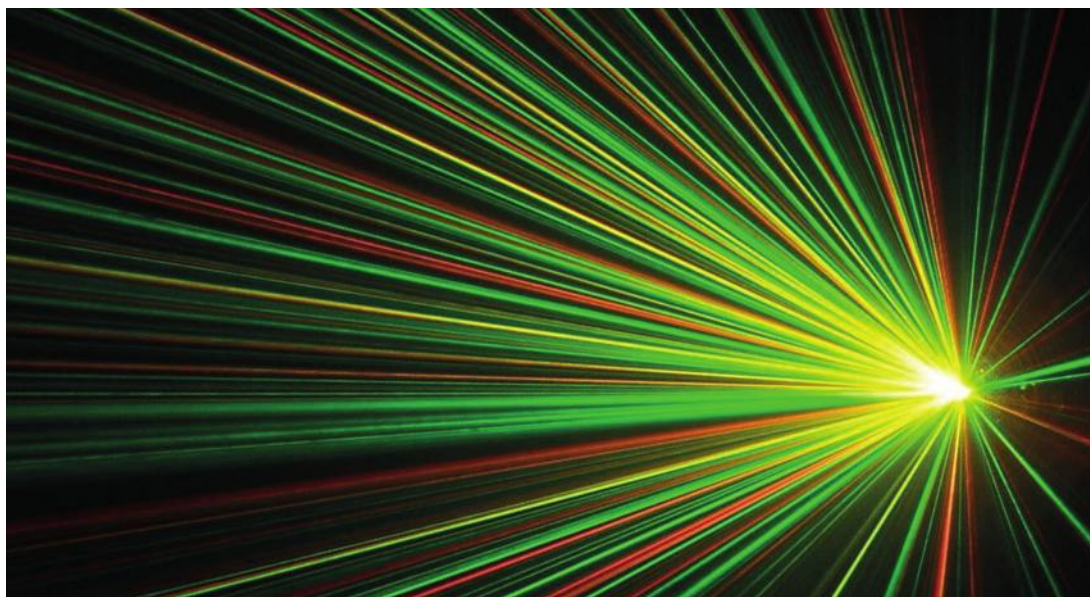
11.5 При дозиметрическом контроле лазерного излучения в спектральном диапазоне 380–1400 нм, при необходимости, в точке контроля дополнительно измеряют видимый угловой размер источника излучения α , рад.

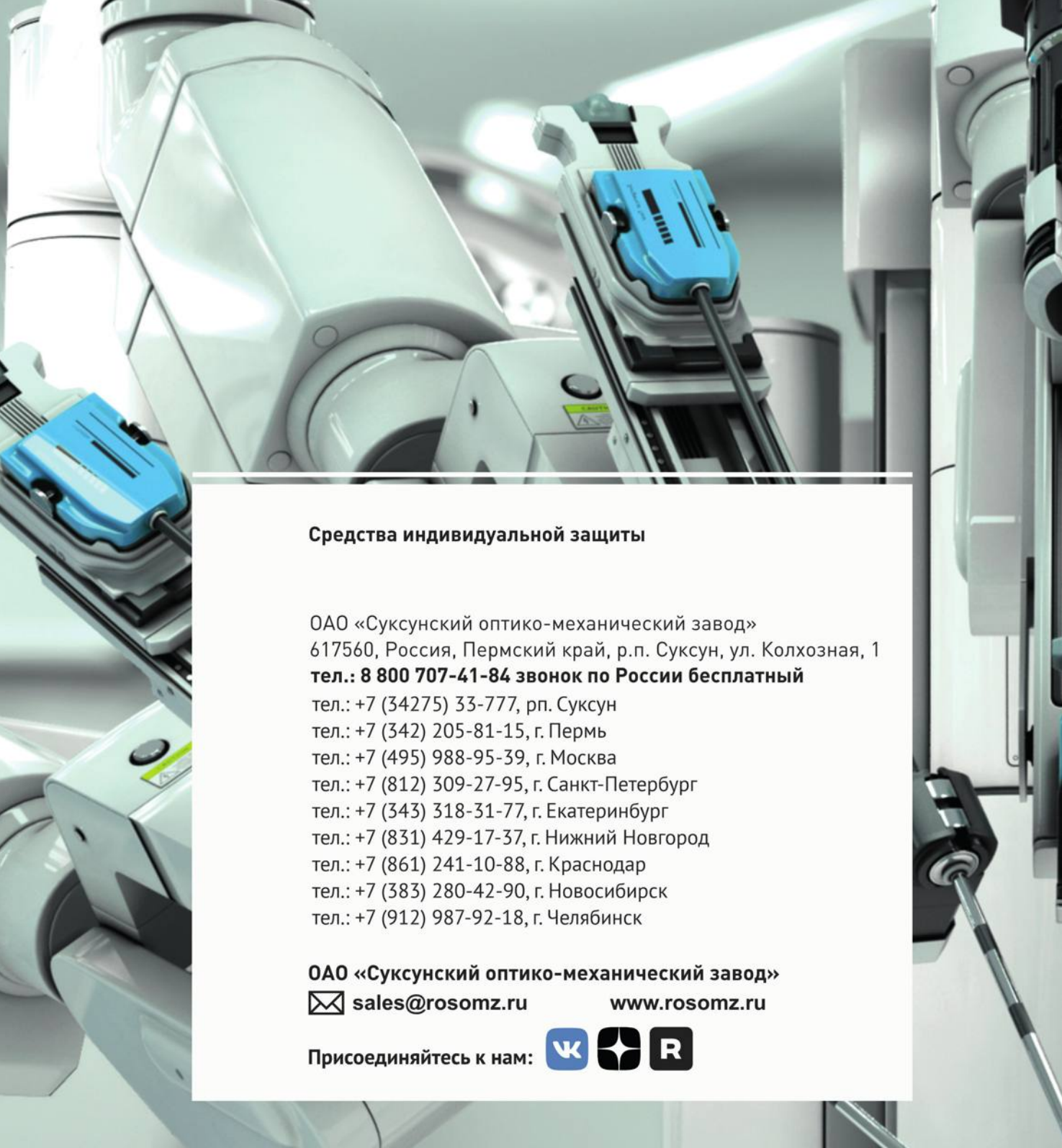
Литература

1. ГОСТ IEC 60825-1-2013 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ТРЕБОВАНИЯ И РУКОВОДСТВО ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ.
2. ГОСТ Р 54840—2011 / IEC / TR 60825 — 14 : 2004 БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ. Часть 14. Руководство пользователя.
3. ГОСТ EN 207-2021 Средства индивидуальной защиты глаз. Очки для защиты от лазерного излучения. Общие технические требования. Методы испытаний. Приложение В. Рекомендации по применению очков для защиты от лазерного излучения.
4. ГОСТ Р 54838—2011 IEC/TR 60825-10:2002 БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ. Часть 10. Руководство по применению и пояснительные замечания к МЭК 60825-1 IEC/TR 60825-10:2002.
5. ГОСТ Р 12.1.031—2010 Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения.

Содержание

Что такое лазер?	2
Основные характеристики лазерного излучения	3
Режимы работы лазера	4
Влияние лазерного излучения на человека	4
Защита от лазерного излучения	6
Основные параметры защитных очков	6
Маркировка защитных очков	9
Классификация лазерной аппаратуры (изделий) по степени опасности	10
Классификация лазеров по степени опасности	11
Рекомендации по выбору СИЗ глаз от лазерного излучения	13
Обзор очков для защиты от лазерного излучения	14
Защитные очки от лазерного излучения РОСОМЗ® ЗН22 БЛОКЕР® ЛАЗЕР, ЗН22-С3С22 ЛАЗЕР	15
Защитные очки от лазерного излучения РОСОМЗ® О22 БЛОКЕР® лазер	16-17
Специализированные очки для защиты от лазерного излучения О22 LASER	18-20
Специализированные очки для защиты от лазерного излучения О8 Хаммер ЛАЗЕР	21
Специализированные очки для защиты от лазерного излучения ЗН95 Стальной БАРС® ЛАЗЕР	22
Щиток защитный лицевой сварщика НН22 Стальной Барс Блокер® ЛАЗЕР	23
Щиток защитный лицевой сварщика НН22 Блокер® Профи ЛАЗЕР Фаворит	24
Анкета лазерного изделия	25
Таблица «Параметры лазерного излучения»	26
Приложение. Дозиметрический контроль энергетических параметров лазерного излучения	27
Литература	28





Средства индивидуальной защиты

ОАО «Суксунский оптико-механический завод»
617560, Россия, Пермский край, р.п. Суксун, ул. Колхозная, 1
тел.: 8 800 707-41-84 звонок по России бесплатный

тел.: +7 (34275) 33-777, рп. Суксун
тел.: +7 (342) 205-81-15, г. Пермь
тел.: +7 (495) 988-95-39, г. Москва
тел.: +7 (812) 309-27-95, г. Санкт-Петербург
тел.: +7 (343) 318-31-77, г. Екатеринбург
тел.: +7 (831) 429-17-37, г. Нижний Новгород
тел.: +7 (861) 241-10-88, г. Краснодар
тел.: +7 (383) 280-42-90, г. Новосибирск
тел.: +7 (912) 987-92-18, г. Челябинск

ОАО «Суксунский оптико-механический завод»

✉ sales@rosomz.ru www.rosomz.ru

Присоединяйтесь к нам:

