

Меры безопасности при работе с лазерами на примере «Bystronic BySmart Fiber»

Студенты группы 10705222 Гребенько А.Д., Лаппо П.А.

Научный руководитель - Автушко Г.Л.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Лазерная резка — это метод обработки материалов, использующий лазерный луч для точного вырезания деталей из различных материалов, таких как металл, дерево, пластик, ткань и даже стекло. Лазерные резаки работают на основе концентрированного лазерного луча, который либо испаряет, либо плавит материал, позволяя получать аккуратные разрезы и тонкие детали. Лазерный луч создается в лазерном генераторе и направляется на материал через систему линз и зеркал. Этот луч сфокусирован на точке, что позволяет ему нагревать материал до очень высоких температур. Система управления перемещает лазерный луч по заранее заданной траектории, вырезая нужные элементы с высокой точностью. Скорость и мощность лазера можно регулировать в зависимости от материала и желаемой глубины реза.

Одной из наиболее популярных моделей лазерных резаков, широко используемых в на предприятиях Беларуси, является «Bystronic BySmart Fiber». Его эксплуатация сопряжена с воздействием различных опасных и вредных производственных факторов, требующих строгого соблюдения мер безопасности. Это физические, химические и психофизиологические риски.

В Беларуси охрана труда регулируется Законом «Об охране труда», который устанавливает требования к обеспечению безопасных условий на рабочем месте и защиту работников от опасных факторов, таких как высокоэнергетическое излучение лазеров. Этот закон обязывает работодателей обеспечивать безопасные условия труда и проводить обучение по охране труда. Также в 2021 году были введены новые правила по охране труда, которые уточняют требования по безопасному ведению работ и внедрению современных методов защиты на предприятиях (например, применение лазерного оборудования) для минимизации рисков для здоровья работников.

- Вредные физические факторы:

1) Лазерное излучение: самый значительный опасный фактор. Лазерное излучение (прямое, рассеянное, отраженное) от «Bystronic BySmart Fiber» и подобных установок может вызывать ожоги сетчатки глаза, повреждения кожи, а в тяжелых случаях – слепоту. Важно помнить, что даже рассеянное излучение, отраженное от поверхностей, может быть опасно. Рабочие знают, что категорически запрещается смотреть на работающий лазер без специальных защитных очков, соответствующих классу лазера.

2) Ультрафиолетовое (УФ) излучение: лазеры, особенно при обработке некоторых материалов, генерируют УФ излучение, которое может вызвать ожоги кожи и глаз (фотокератит, фотоконъюнктивит), а также способствовать развитию рака кожи в долгосрочной перспективе.

3) Электромагнитное излучение (ЭМИ): работающие лазерные установки создают ЭМИ, воздействие которого может быть связано с различными негативными последствиями для здоровья, включая головные боли, нарушения сна, снижение иммунитета. Уровень ЭМИ должен контролироваться и соответствовать санитарным нормам. Правильное заземление оборудования играет ключевую роль в снижении уровня ЭМИ.

4) Повышенное напряжение в электрических цепях: лазерные станки работают от сети с высоким напряжением, что создает риск поражения электрическим током. Необходимо соблюдать все правила электробезопасности, регулярно проводить техническое обслуживание и проверку электропроводки. Все работы с электрическими компонентами выполняются квалифицированным персоналом.

5) Повышенная/пониженная температура воздуха: процесс лазерной обработки сопровождается выделением тепла, что может приводить к повышению температуры в рабочей зоне. С другой стороны, системы охлаждения могут создавать зоны с пониженной температурой. Обе ситуации требуют обеспечения комфортного микроклимата в соответствии с санитарными нормами. Необходима эффективная вентиляция и система климат-контроля.

6) Повышенная/пониженная яркость света: яркость света от лазерного излучения и вспомогательных источников света может вызывать зрительное утомление, снижение остроты зрения и головные боли. Правильное освещение рабочей зоны, использование защитных экранов и очков минимизирует эти риски.

7) Шум: работа лазерного станка может сопровождаться шумом от механических частей и вентиляторов системы охлаждения. Высокий уровень шума отрицательно влияет на слух и психическое состояние. Использование звукоизолирующих материалов и средств индивидуальной защиты (беруши, противושумные наушники) помогут снизить негативное воздействие.

- Вредные химические факторы: при обработке различных материалов могут выделяться вредные химические вещества (газы, аэрозоли), требующие организации эффективной системы вентиляции и применения средств индивидуальной защиты органов дыхания (респираторы). Тип выделяемых веществ зависит от материала обработки и необходимо проводить анализ воздуха рабочей зоны.

- Психофизиологические факторы: работа с лазерными станками требует высокой концентрации внимания, ответственности и физической выносливости. Монотонность работы, высокая ответственность за результат, возможные чрезвычайные ситуации – все это может приводить к развитию стресса, усталости и профессионального выгорания. Правильная организация рабочего места, регулярные перерывы в работе, профессиональное обучение и психологическая поддержка персонала – необходимые меры по снижению психофизиологических рисков.

Подход к безопасности с лазерными установками, особенно высоких классов (III и IV), сопряжена с серьезным риском для здоровья персонала. Поэтому на белорусских предприятиях, например, таких как «Белкоммунмаш», Минский тракторный завод и других, комплексная система защиты, включающая как коллективные, так и индивидуальные средства, является неотъемлемой частью безопасной эксплуатации лазерного оборудования.

- Коллективные средства защиты: эти меры направлены на предотвращение попадания лазерного излучения за пределы контролируемой рабочей зоны и минимизацию рисков для всех, кто может находиться поблизости. Ключевыми элементами являются:

1) Защитный экран: основной барьер на пути лазерного излучения. Он изготавливается из материалов с высокой степенью огнестойкости, чаще всего из стали определенной толщины, которая определяется классом лазера и его параметрами. Выбор материала и его толщины подтвержден соответствующими расчетами и нормативными документами. Важно, чтобы экран был надежно закреплен и не имел щелей или повреждений. В «Bystronic BySmart Fiber» экран спроектирован в соответствии с международными стандартами безопасности, такими как СанПиН 2.2.4-13-2-2006 «Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий», который устанавливает требования к лазерным изделиям и их защитным элементам.

Для расчета толщины и материала экрана используется формула:

$$D = \frac{E}{H}$$

где D — допустимая экспозиция (Дж/см²),

E — энергия лазерного излучения (Дж),

H — коэффициент ослабления материала экрана.

2) Помещение и его отделка: помещение, где установлена лазерная установка специально подготовлено. Внутренние поверхности стен и потолка окрашиваются в матовые цвета, предпочтительно в оттенки серого или голубого, обладающие высокой степенью рассеивания

лазерного излучения. Использование вододисперсионных красок предпочтительнее из-за их безопасности и простоты нанесения. Важно избегать глянцевых поверхностей, способных создавать опасные зеркальные отражения.

3) Ограничение доступа: строгий контроль доступа посторонних лиц к рабочей зоне является критическим фактором безопасности. Двери, ведущие в помещение с лазерной установкой, оборудованы надежными внутренними замками, предупреждающими знаками, а также хорошо видимыми табло «Посторонним вход воспрещен». Двери используются самозакрывающимися.

4) Исключение блестящих предметов: в рабочей зоне категорически запрещено наличие любых блестящих предметов, которые могут отражать лазерное излучение, увеличивая риски для персонала. Все поверхности должны быть матовыми и неотражающими. Даже небольшие металлические детали или украшения могут стать источником опасного рассеянного отражения.

5) Поглощающие покрытия: части корпуса лазерной установки, на которые может падать лазерный луч, должны иметь матовое черное покрытие. Это минимизирует отражение излучения и снижает риск случайного поражения глаз или кожи. Выбор покрытия должен соответствовать параметрам лазера и условиям эксплуатации.

- Индивидуальные средства защиты: несмотря на эффективность коллективных мер, индивидуальные средства защиты (СИЗ) являются обязательным дополнением и используются только в сочетании с коллективными. Они представляют собой последний рубеж защиты для оператора:

1) Защитные очки и маски: Выбор защитных очков или масок зависит от длины волны и мощности излучения лазера. Они должны обладать соответствующими оптическими фильтрами, которые эффективно поглощают излучение на заданной длине волны, обеспечивая достаточный уровень защиты для глаз оператора. Очки должны соответствовать стандартам безопасности и иметь маркировку, указывающую на допустимые параметры лазерного излучения. Важно помнить, что универсальных очков не существует, и подбор должен осуществляться индивидуально для каждой конкретной ситуации. Для работы с волоконным лазером «Bystronic BySmart Fiber» должны соответствовать следующим требованиям:

- Длина волны защиты: волоконные лазеры обычно работают в диапазоне 1060–1080 нм. Поэтому очки должны эффективно блокировать излучение в этом спектре. Длина волны определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

где λ — длина волны, м,

c — скорость света в вакууме ($3 \cdot 10^8$ м/с),

f — частота излучения лазера, Гц.

- Оптическая плотность (OD): для волоконных лазеров высокой мощности рекомендуется оптическая плотность не менее OD 6+, что обеспечивает значительное снижение интенсивности лазерного излучения.

- Коэффициент пропускания видимого света (VLT): оптимальный VLT составляет 20–30%, что обеспечивает достаточную видимость при работе.

2) Защитные звукопоглощающие наушники (беруши): шум при работе лазера «Bystronic BySmart Fiber» в зависимости от модели составляет 70 – 80 дБ. Нормативным уровнем шума на рабочем месте оператора в течение 8-часового рабочего дня составляет 80 дБ. Значит работа лазера находится в пределах нормативных норм, но если рядом с лазером используются какие-либо компрессоры или шумные блоки питания, то необходимо обязательное использование наушников.

При работе на лазерной установке «Bystronic BySmart Fiber» (напряжение в сети $U = 380/220$ В) источниками поражения электрическим током могут быть лазерный источник,

источник питания, система охлаждения и компоненты, работающие под высоким напряжением. Рассмотрим основные меры защиты от поражения электрическим током на данном участке: токоведущие части, находящиеся под напряжением, имеют ограждения с блокировкой, снимающей напряжение при их открытии. Элементы конструкции, с которыми может соприкоснуться оператор, выполнены из диэлектрического материала. В случае неисправности предусмотрена возможность немедленного отключения лазера от первичного источника питания с помощью устройства отключения питания. Все цепи высоковольтного питания помечены предупреждающими надписями.

Помещения с лазерными установками 4-го класса опасности должны быть оборудованы соответствующими средствами защиты и отделаны только из негорючих материалов. Такие меры обеспечивают безопасность как для операторов, так и для всего оборудования.

Таким образом, безопасная работа с лазерными установками типа «Bystronic BySmart Fiber» требует комплексного подхода к обеспечению безопасности труда. Соблюдение всех требований техники безопасности, регулярное техническое обслуживание оборудования, использование средств индивидуальной защиты, профессиональное обучение персонала – залог предотвращения несчастных случаев и сохранения здоровья работников. Также, на предприятиях в обязательном порядке проводится инструктаж по технике безопасности перед началом работы и регулярный контроль состояния здоровья персонала.