

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Обеспечение безопасности при работе в цехе лазерной резки**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Ионовой Дарьи Александровны

Научный руководитель

доцент, к.т.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Е.С. Свешникова

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2021 год

## ВВЕДЕНИЕ

Наиболее распространенным из всех технических процессов в машиностроении – резка. Это основная операция заготовительного производства.

Лазерное излучение обеспечивает достаточно большую концентрацию энергии на относительно малых участках, на которых осуществляется обработка, благодаря этому лазерное излучение - универсальный инструмент для осуществления технологических операций по резке металлов.

Актуальность автореферата состоит в том, что развитие лазерной техники и технологии является сегодня одним из самых приоритетных направлений ускорения научно–технического процесса, и поэтому существует необходимость обеспечения для работников лазерных установок определенного уровня безопасности.

Целью автореферата является определение опасных факторов, влияющих на человека при работе на лазерной установке, рассмотрение средств коллективной и индивидуальной защиты.

Для реализации данных целей, поставлены следующие задачи:

- Осуществить обзор лазеров по степени опасности;
- Определить вещества, выделяющиеся при работе на лазерной установке, допустимые концентрации для данных веществ;
- Произвести расчет количества выбрасываемых в воздушный бассейн вредных веществ;
- Внести предложения по повышению уровня безопасности работников при работе в цехе лазерной резки.

## **Раздел 1 Обзор лазеров**

Чаще всего, для лазерной резки металла, используют технологические установки на основе волоконный, твердотельных и углекислотных лазеров.

*Твердотельный лазер* использует активную среду твердого состояния. Чаще всего стекло, кристаллы, которые активируются редкоземельными металлами. Очевидным преимуществом этих лазеров является высокое качество излучения, учитывая взгляд монохроматичности и фокусировки.

*Волоконный лазер* - это мощный станок для создания одномодового излучения, которое имеет максимально высокие рабочие и качественные характеристики. Световод содержит активное вещество, чаще всего легированное оптическое волокно.

*Углекислотный лазер* - это один из самых первых типов лазеров. Обычно активная среда подобного лазера - газообразная смесь CO<sub>2</sub>, азота, гелия, водорода, ксенона и др.

### **1.1 Классификация лазеров по степени опасности генерируемого излучения**

Всего существует 4 класса по степени опасности генерируемого излучения.

Лазеры I класса - это полностью безопасные лазеры, их выходное коллимированное излучение не представляет совершенно никакой опасности.

К лазерам II класса относятся те лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи и глаз работника коллимированным пучком, остается опасным диффузно отраженное излучение.

Лазеры III представляют собой такие, выходное излучение которых представляет опасность не только при излучении коллимированным пучком, но и при излучении диффузно отраженном на расстоянии 10 см от самой отражающей поверхности.

Четвертый (IV) класс включает те лазеры, диффузно отраженное излучение у которых представляет особую опасность для человека, его глаз и кожи, на расстоянии 10 см от самой отражающей поверхности.

## Раздел 2 Технология резки

На предприятии ООО «Орёл», которое занимается изготовлением металлоконструкций, значимое место в технологии производства деталей занимает цех лазерной резки, план которого представлен на рисунке 2.1 - Общая схема цеха лазерной резки.

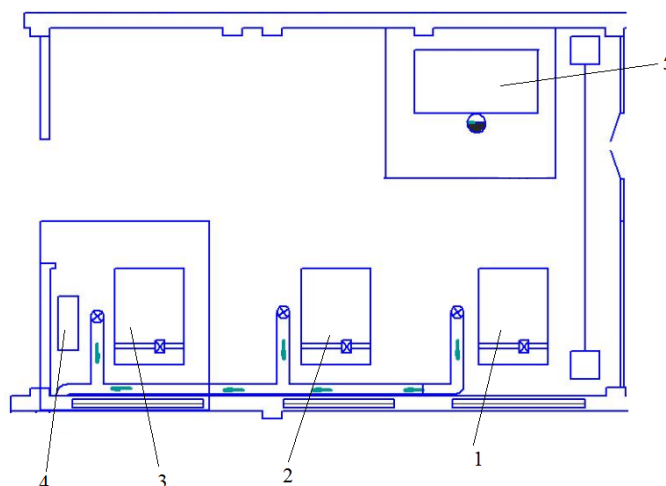


Рисунок 2.1 - Общая схема цеха лазерной резки.

1 – Комплекс лазерный технологический «ТЕГРА – 500Р», 2 - Комплекс лазерный технологический «ТЕГРА – 750Р», 3 - Комплекс лазерный технологический «ТЕИР – 1000», 4 - Чиллер со встроенным гидромодулем, 5 – Рабочее место оператора.

Заранее заготовленный материал поступает со склада в цех лазерной резки и гибки листового металла.

В рассматриваемом цехе эксплуатируются Лазерные технологические комплексы: «ТЕГРА-500Р», «ТЕГРА – 750Р», «ТЕИР – 1000».

Лазерный технологический комплекс «ТЕГРА-500Р» предназначен для раскроя листовых материалов из сталей и из черных металлов толщиной до 6 мм, алюминиевых сплавов до 6 мм, латуни, бронзы до 6 мм. Длина волны излучения 1.06 мкм, средняя выходная мощность, регулируемая, до 450 Вт, частота следования импульсов накачки, до 200 Гц, размер зоны обработки 1400·2500 мм, точность позиционирования 0.1 мм.

Лазерный технологический комплекс «ТЕГРА-7500Р» предназначен для раскроя листовых материалов из сталей и из черных металлов толщиной до 6 мм, алюминиевых сплавов до 6 мм, латуни, бронзы до 6 мм.

ТЕГРА-750Р позволяет производить раскрой широкой гаммы материалов толщиной до 10-11 мм. Оптимальная модель для мелкосерийного производства на основе импульсного волоконного лазера ЛТК ТЕИР-150/1500. Характеристики: поле раскроя - 800x800 мм, точность вырезки деталей - до 0,03 мм, ширина реза - 0,05 мм, максимальная толщина - 6 мм, энергопотребление - до 3 кВт.

Лазерный технологический комплекс «ТЕИР - 1000» предназначен для раскроя листовых материалов из сталей и из черных металлов толщиной до 6 мм, алюминиевых сплавов до 6 мм, латуни, бронзы до 6 мм. Характеристики: толщина реза до 8 мм, максимальная скорость резки: 7000 мм / мин (воздух), 4000 мм / мин (кислород), размер стола 1300x2500 мм, электроснабжение - ИПГ 1кВт.

Далее производится резка металла, изготовление изделий. Затем материал отправляют на дообработку на установки листогибочных станков и в другие цеха.

### **Раздел 3 Опасные факторы, воздействующие на человека, при работе на лазерном технологическом комплексе**

Класс опасности цеха лазерной резки на предприятии ООО «Орёл» - 2. На рабочем месте за лазерным технологическим комплексом «ТЕГРА-500Р» установлен 2 класс условий труда. На работника воздействует шум, неионизирующие излучения, а также учитывается общая тяжесть трудового процесса.

К основным физическим опасным и вредным производственным факторам, влияющим на человека при работе на лазерной установке, согласно ГОСТ Р 50723-94 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий относят:

- лазерное излучение (прямое, рассеянное или отраженное);
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенные шум и вибрация, и др. физические факторы.

К основным химическим опасным факторам относится выделение ядовитых и токсичных газов при работе лазерной установки.

#### **3.1 Лазерное излучение**

Исходя из характеристик лазера можно провести расчет предельно допустимого значения энергетической экспозиции лазерного излучения:

$$H_{\text{пду}} = 5 \cdot 10^2 \cdot 30 = 15000 \text{ (Вт)}$$

Предельно допустимый уровень энергии лазерного излучения при расчетах составляет:

$$W_{\text{пду}} = 15000 \cdot 10 = 150000 \text{ (Дж)}$$

Предельно допустимый уровень мощности при расчетах составляет:

$$P_{\text{пду}} = 15000 \cdot 10 = 150000 \text{ (Вт)}$$

Согласно таблице «Соотношения для определения классов лазеров по степени опасности генерируемого излучения» в СанПиН 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров», данный лазер относится ко II классу опасности.

### 3.3 Повышенная температура воздуха рабочей зоны

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» температура воздуха рабочей зоны определяется согласно таблице 3.3.1 – Температура воздуха рабочей зоны.

Таблица 3.3.1 – Температура воздуха рабочей зоны

Период года	Холодный	Теплый
Температура воздуха, °С	21-25	22-26
	20-24	21-25
	18-22	19-23
	16-20	18-22
	15-19	17-21

Для устранения повышенной температуры воздуха рабочей зоны на предприятии ООО «Орёл» имеется система приточно-вытяжной вентиляции.

### 3.4 Повышенный шум

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, определяется по таблице 3.4.1 – Уровни шума на рабочих местах.

Таблица 3.4.1 – Уровни шума на рабочих местах

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	физическая нагрузка		тяжелый труд		
	легкая	средняя	1 степени	2 степени	3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

На предприятии ООО «Орёл» в цехе лазерной резки металла уровень шума не превышает установленных норм, так как шум в цехе лазерной резки около 60 Дб.

### 3.5 Выброс токсичных и ядовитых газов, взвесей, аэрозолей

В цехе лазерной резки осуществляется лазерная резка металла на лазерном комплексе «ТЕГРА-500Р» и выброс загрязняющих веществ в атмосферу осуществляется через трубу принудительной вентиляции местного отсоса лазерного комплекса. Исходные данные для расчета представлены в таблице 3.5.5. Результаты расчетов представлены в таблице 3.5.6.

Таблица 3.5.5 – Исходные данные для расчета выбросов вредных веществ в атмосферу

Тип технологического процесса	Используемый материал	Фактическая продолжительность технологической операции сварочных работ в течение года, час	Длина реза, м	Продолжительность производственного цикла ( $T_{\text{цикла}}$ ), мин
Лазерная резка	Сталь углеродистая	180	100	1

Таблица 3.5.6 – Результаты расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу

Название вещества	Выброс, г/с	Выброс, т/г
Железо (II,III) оксиды (железа оксид)	0,0004422	0,005732
Марганец и его соединения	0,0000133	0,000173
Азот (IV) оксид (азота диоксид)	0,0018889	0,024482
Углерод оксид	0,0003889	0,005040

Так же осуществляется лазерная резка металла на лазерном комплексе ТЕИР-1000 и лазерном комплексе ТЕГРА-750Р. Выброс загрязняющих веществ в атмосферу осуществляется через общую трубу принудительной вентиляции местных отсосов комплексов. Исходные данные для расчета представлены в таблице 3.5.7. Результаты расчетов представлены в таблице 3.5.8.



Таблица 3.5.7 - Исходные данные для расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Тип технологического процесса	Используемый материал	Фактическая продолжительность технологической операции сварочных работ в течение года, час	Длина реза, м	Продолжительность производственного цикла ( $T_{\text{цикла}}$ ), мин
Лазерная резка	Сталь углеродистая	90 (лазерный комплекс ТЕИР-1000)	70	1
		100 (лазерный комплекс ТЕИР-1000)	80	1

Таблица 3.5.8 - Результаты расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу

Название вещества	Выброс, г/с	Выброс, т/г
Железо (II,III) оксиды (железа оксид)	0,0035378	0,045531
Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	0,0001067	0,001373
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,0060444	0,077792
Углерод оксид	0,0012444	0,016016

Измерение концентраций веществ в воздухе рабочей зоны на месте оператора лазерных технологических комплексов «ТЕГРА-500Р», «ТЕГРА-750Р» и «ТЕИР-1000» с обязанностями грузчика проводилось аспиратором сифонным АМ-0059 заводского номера 1915, № свидетельства – 174062. Замеры представлены в таблице 3.5.9.

Исходя из замеров, проведенных на рабочем месте оператора, мы можем сделать вывод о том, что концентрации некоторых веществ в сварочном аэрозоле, а именно азота (IV) оксид (азота диоксид), превышают нормативные значения.

Таблица 3.5.9 - Результаты замеров концентраций веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества (рабочей зоны)	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда
<b>Среднесменные значения:</b>			
Аэрозоли железа (II,III) оксиды (железа оксид), мг/м <sup>3</sup>	6	6,0	2
Марганец (и его соединения)	0,15	0,2	2
Азот (IV) оксид (азота диоксид)	5	2	3.2
Углерод оксид	1,2	3	2

Следует провести расчет ПДК веществ с учетом суммации. В качестве исходных данных взяты среднесменные значения концентраций в воздухе рабочей зоны и нормативные значения, представленные в таблице 3.5.9.

$$\frac{6}{6} + \frac{0,15}{0,2} + \frac{5}{2} + \frac{1,2}{3} = 4,65 > 1$$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны сильно превышены. Требуется использование средств индивидуальной защиты и непрерывная работа вытяжной системы.

## Раздел 7 Предложения по повышению уровня безопасности работника при работе в цехе лазерной резки

Рассматривая лазерные комплексы, имеющиеся в рассматриваемом цехе, можно заметить некоторые недостатки. Один из основных недостатков – отсутствие встроенной вытяжной системы в комплексе. Если выбрать более современный лазерный комплекс с полной комплектацией, то возможно получение более высокого качества изготовления деталей и более высокого уровня безопасности. Например, в системе лазерной резки металла LaserCut 6020-PRF-M2 имеется встроенная фильтровентиляционная установка AFU-6, которая позволяет выводить выделяющиеся вредные вещества напрямую в систему выбросов. Используемые в установке LaserCut Professional M2 волоконные лазеры обладают неоспоримыми преимуществами перед другими типами лазеров. Схема системы лазерной резки LaserCut 6020-PRF-M2 представлена на рисунке 7. Они не требуют обслуживания, предусмотрена кабинетная защита работника.

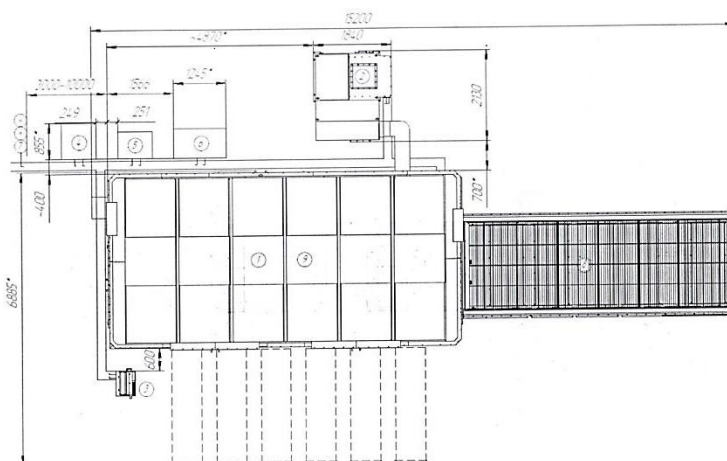


Рисунок 7 - LaserCut 6020-PRF-M2.

1 – Станок LaserCut 6020-PRF-M2 , 2 – фильтровентиляционная установка AFU-6, 3 – стойка управления, 4 – лазерный излучатель, 5 – чиллер, 6- компрессор, 7 – баллоны с газом, 8 – челночный стол, 9 – АЗПП.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данном автореферате рассмотрен цех лазерной резки предприятия ООО «Орёл», технологические комплексы «ТЕГРА-500Р», «ТЕГРА-750Р» и «ТЕИР-1000», предназначенные для раскроя листовых материалов.

Определены опасные факторы: шум, вибрация, выделение токсичных и ядовитых паров и газов, излучение; рассмотрены средства коллективной и индивидуальной защиты: система вентиляции, защитный костюм.

Также осуществлён обзор лазеров по степени опасности, рассмотрена технология лазерной резки, произведены расчеты количества выбрасываемых в воздушный бассейн вредных веществ.

В данном автореферате внесены предложения по повышению уровня безопасности работников при работе в цехе лазерной резки путем замены старого оборудования на более современное и безопасное.