УТВЕРЖДАЮ:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заведующий кафедрой | | | | | | | \_\_И1\_\_\_\_ | | |
|  | | | |  | | индекс кафедры | | | |
| \_Борейшо А.С. | | | |  | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | |
| Фамилия ИО | | |  | | подпись | | | |
| « 15 » |  | марта | | | | | | 2019г. | |

**Задание**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **на** | производственную | **практику** |

наименование практики

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Обучающемуся группы** | И1М31 | | |  | Колосовой Татьяне Владимировне | | | | | | | | | | | | | |
|  | группа | | |  | Фамилия Имя Отчество | | | | | | | | | | | | | |
| **Направление/специальность** | 12.04.05 | | | | |  | | Лазерная техника и лазерные технологии | | | | | | | | | | |
| нужное подчеркнуть | код | | | | | | | |  | полное наименование направления/специальности | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики** | Сергеев А.А., инженер | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Тема задания на практику:** | Разработка стенда для лазерного упрочнения поверхности | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Срок прохождения практики:** | | с | 15.03.19 | | | | | | | | | г. |  | по | 26.03.19 | | | г. | |
| **Место прохождения практики:** | | АО «Лазерные системы», г.СПб | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Должность обучающегося на практике:** | | | | | | | стажер | | | | | | | | | | | |
| 1. **Виды работ и требования к их выполнению:** | | | | | | | | | | |  | | | | | | | |
| Разработка конструкторской документации | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Разработка эксплуатационной документации | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. **Виды отчетных материалов и требования к их выполнению:** | | | | | | | | | | | | | | | | дневник, отчет | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. **ПЛАН-ГРАФИК практики**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № этапа | | | Наименование этапа | | | | | | | | | Срок завершения этапа | | Виды работ | Форма  отчетности | |
| 1 | | | Разработка конструкторской документации | | | | | | | | | 21.03.2019 | | Разработка | отчет | |
| 2 | | | Разработка эксплуатационной документации | | | | | | | | | 25.03.2019 | | Разработка | отчет | |
| **Дата выдачи задания:** | | | | | | | | | |  | | **Срок сдачи отчетных документов:** | | | | | |
| « | | 15 | | » | марта | 2019 | | г. | «\_25\_» \_\_\_\_марта\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г. | | | | | | |
| **Руководитель практики:** | | | | | | |  | | | | **Обучающийся:** | |  | |
| « | 15 | | | » | марта | 2019 | | г. | «\_15\_» \_\_\_марта\_\_\_\_\_ 2019 г. | | | | | | |

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ: | | | | | | | | | | | | | | |
| Факультет | И | |  | Заведующий кафедрой | | | | | |  | | | | И1 | | | | | | |
|  | индекс факультета | |  |  | | | | |  | | | | | | индекс кафедры | | |
| Выпускающая кафедра | И1 | |  | | Борейшо А.С. | | |  | | | |  | | | | | | | |
|  | индекс кафедры | |  | | Фамилия ИО | |  | | | | подпись | | | | | | | | | | |
| Группа | И1М31 | |  | «26 » | | марта | | | | | | | | | | 2019 г. | | |
|  | индекс группы | |  |  | |  | | | | | | |  | | | |

**отчет**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **о прохождении** | | | производственной | | | | | | | | | | | | | | **практики** | | | | | | | |
| наименование практики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Колосовой Татьяны Владимировны | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Фамилия, имя, отчество обучающегося | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **обучающегося по**  **направлению/специальности** | | | | | | 12.04.05 | | |  | | Лазерная техника и лазерные | | | | | | | | | |
| нужное подчеркнуть | | | | | | код | | | |  | | полное наименование направления/специальности | | | | | |
| технологии | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики от БГТУ Военмех:** | | | | | Киселев И.А., к.т.н., доцент | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики от АО «Лазерные системы»:** | | Сергеев А.А., инженер\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Срок прохождения практики:** | | | | с | | 15.03.2019 | | | | | | г. |  | по | 26.03.2019 | | | г. | | | |
| **Должность обучающегося на практике:** | | | | | | | стажер | | | | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Руководитель практики от БГТУ «Военмех»:** | | | |  | |  | **Руководитель практики от АО «Лазерные системы»:** | | | | | | | | | | |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | |  | Киселев И.А. | |  | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | |  | | Сергеев А.А. | | | |
| Подпись | | |  | Фамилия ИО | |  | | Подпись | | |  | | Фамилия ИО | | | |
| « 26» |  | \_\_\_\_\_\_\_марта\_\_\_\_\_\_\_ | | | 2019 г. |  | «26» | |  | \_\_\_марта\_\_\_\_ | | | | |  | 2019 г. | | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2019 г.

**Дневник**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **прохождения** | производственной | **практики** |

наименование практики

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Обучающегося группы** | | И1М31 | | |  | | Колосовой Татьяне Владимировне | | | | | | | | |
|  | | группа | | |  | | Фамилия Имя Отчество | | | | | | | | |
| **По направлению/специальности** | | | 12.04.05 | | | | |  | Лазерная техника и лазерные | | | | | | |
| нужное подчеркнуть | | | код | | | | |  | полное наименование направления/специальности | | | | | | |
| технологии | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Срок прохождения практики:** | | | | с | | 15.03.19 | | | | г. |  | по | 26.03.19 | | г. | |
| **Место прохождения практики:** | | | | АО «Лазерные системы», г.СПб | | | | | | | | | | | |
|  | | | | полное наименование организации | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | |
| **В должности:** | магистрант | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | указать должность | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дата | Вид работ | Примечание |
| 21.03.2019 |  |  |
| 25.03.2019 |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**Обучающийся** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись

«\_26\_» \_\_\_\_марта\_\_\_\_\_ 2019 г.

**Содержание**

Введение 5

1. Разработка стенда для лазерного наклепа 6

2. Разработка конструкторской документации 9

2.1. Разработка чертежа стенда 9

2.2. Разработка технических условий 10

3. Разработка эксплуатационной документации 14

3.1. Руководство по эксплуатации 14

3.2. Инструкция по монтажу 16

Заключение 17

Библиографический список 18

**Введение**

Лазерный наклеп на сегодняшний день является одним из самых перспективных и широко используемых за рубежом методов поверхностного упрочнения. Метод лазерного наклепа известен как один из методов повышения сопротивления усталости, длительной прочности, коррозионному растрескиванию деталей машин и конструкций, эксплуатируемых в условиях повышенных температур и циклических нагрузок. Если детали, узлы машин и механизмов подвержены циклическим знакопеременным нагрузкам, равно как и значительным тепловым нагрузкам, то существует высокая вероятность образования микротрещин, рост которых может привести к разрушению детали. Метод упрочнения поверхности позволяет снизить вероятность образования микротрещин. [1]

Целью данной работы является разработка стенда для выполнения лазерного наклепа и оформления на него документации.

**1.Разработка стенда для лазерного наклепа**

Для разработки стенда был произведён обзор современных технологий лазерного наклепа и выявлены требуемые параметры, такие как плотность мощности, часть параметров задавалась задающим лазером и усилителем. Далее произведен расчёт параметров установки для наклёпа. Исходные данные для этого расчёта представлены в табл.1.1.

Таблица 1.1. Исходные данные

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | Значение | Обозначение |
| Требуемая плотность мощности, Вт/м2 |  | W |
| Допустимо отклонение от заданной мощности, % | 20 | dW |
| Энергия в импульсе, Дж | 0,3 | E |
| Длительность импульса, с | 2,00 | t |
| Пиковая мощность, Вт | 1,50 | Pп |
| Параметр качества () | 100 |  |
| Диаметр выходной апертуры лазера, м | 0,003 | D |
| Длина волны излучения, м | 1,06 | λ |

Зная требуемую плотность мощности и пиковую мощность импульса можно вычислить площадь обрабатываемой поверхности за один импульс, то есть площадь пятна в фокусе линзы (S), м2, а зная площадь пятна легко узнать требуемый радиус пятна в перетяжке линзы (*Rf*), м. [3]

|  |  |
| --- | --- |
| , м2  , м |  |

Следующим шагом вычислим полную расходимость излучения (θ), рад

|  |  |
| --- | --- |
| , рад |  |

Зная полную расходимость излучения найдём фокусное расстояние линзы (f), м:

|  |  |
| --- | --- |
| , м |  |

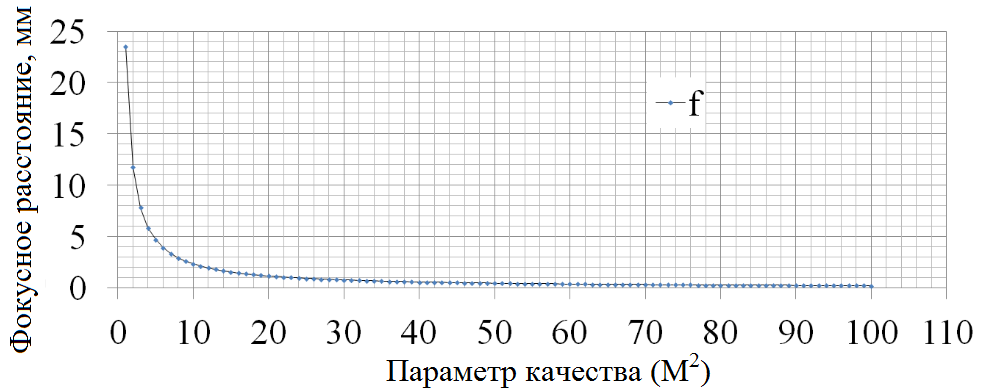
Для определения параметров системы при отклонении плотности мощности от заданного значения произведём вычисления повторно, но плотность мощности (W) заменим на (W x (dW/100)), тогда новое фокусное расстояние (f(dW)) примет значение:

f (dW) = 2,82 x 10-4 м

Значит, отклонение от положения фокуса (Δf) не должно превышать:

Δf = 6 х 10-5 м.

Так же качество излучения (параметр ) оказывает сильное влияние на фокусное расстояние линзы. На рис. 1.1 приведена зависимость фокусного расстояния линзы от параметра качества Данная зависимость позволяет определить линзу для фокусировки излучения с заданным . [2]

  
Рис. 1.1. Зависимость фокусного расстояние от параметра качества

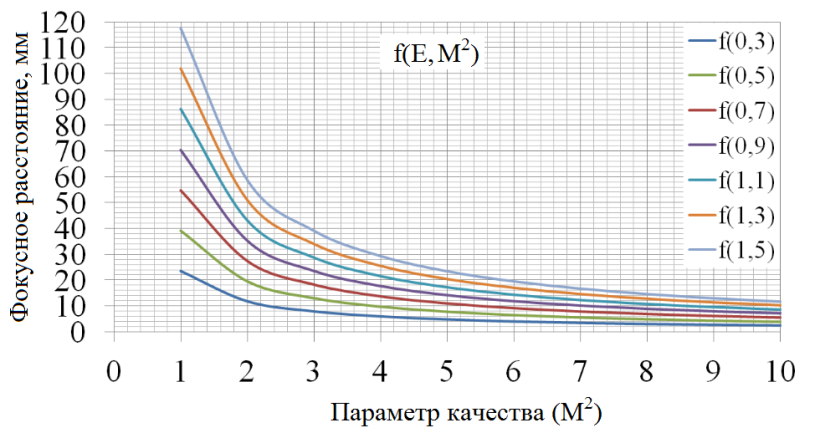
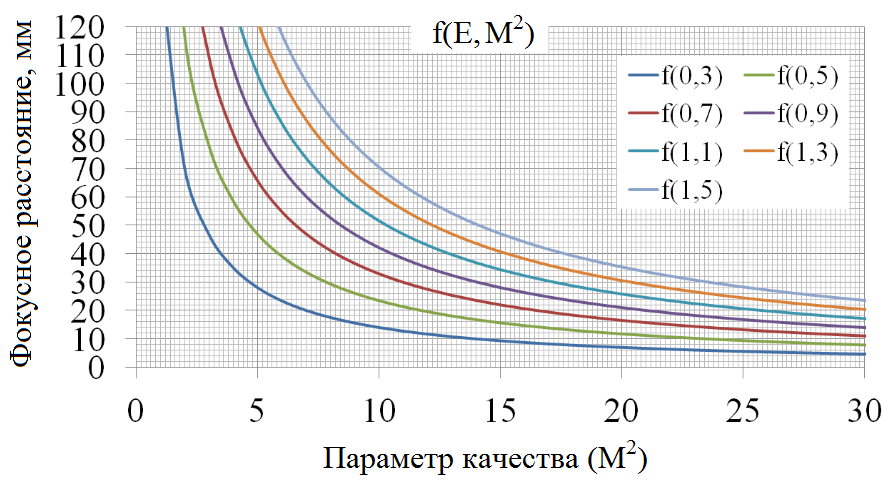


Рис. 1.2. Зависимость фокусного расстояния (f) от М2, и от энергии в импульсе (Е, Дж), для обеспечения плотности мощности 6 х 1014 Вт/м2

  
Рис. 1.3. Зависимость фокусного расстояния (f) от , и от энергии в импульсе (Е, Дж), для обеспечения плотности мощности 1 х 1014 Вт/м2

Для оценки толщины слоя воды будем исходить из поглощения излучения в слое воды. Согласно [2] показатель поглощения воды (α) излучения с длиной волны около 1 мкм составит 40 обратных метров. Пусть слой воды должен быть такой толщины (h), что бы в нём поглощалось не более 10% излучения. Тогда, по закону Бугера толщина может быть вычислена по формуле:

Толщина слоя воды (h) должна быть менее 2,6 мм.

**2. Разработка конструкторской документации**

**2.1. Разработка чертежа стенда**

Исходя из данного расчёта был предложен эскиз установки (рис. 2.1).

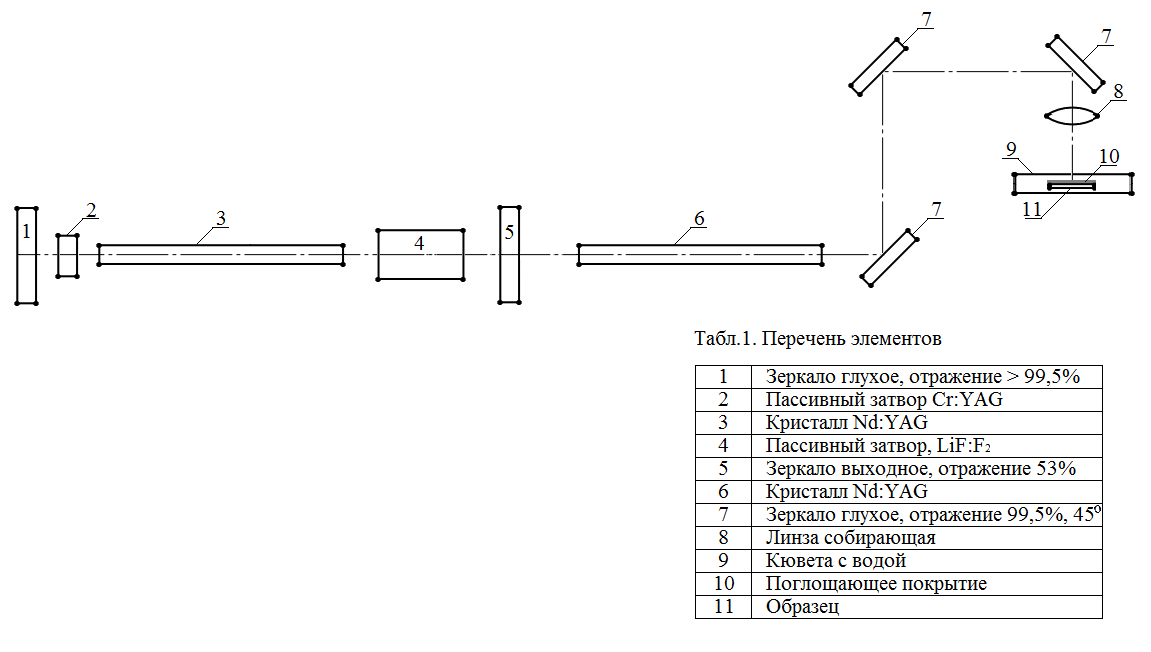


Рис. 2.1. Общий вид (эскиз) установки для лазерного наклепа,

1 - Зеркало глухое, отражение >99,5%; 2 - Пассивный затвор, Cr:YAG;

3 - Кристалл Nd:YAG; 4 - Пассивный затвор, LiF:F2; 5 - Зеркало выходное, отражение 48%; 6 - Кристалл Nd:YAG; 7 - Зеркало глухое, отражение 99,5%, 45o; 8 - Линза собирающая; 9 - Кювета с водой; 10 - Поглощающее покрытие; 11 - Образец.

Чертеж готовой установки представлен в приложении А. Образец материала, подлежащего обработке, помещается в кювету с водой, расположенную на системе подвижек, позволяющих перемещать образец в горизонтальной плоскости, для перемещения его по мере обработки.

Для получения сфокусированного излучения до образца по ходу луча располагается фокусирующая линза. Линза располагает перпендикулярно ходу луча, с совпадением центра пучка с центром линзы.

Зеркала отражающие, 45о, установлены для заведения лазерного излучения перпендикулярно образцу, для устойчивости установки и более компактных размеров относительно вертикального расположения лазера, а так же лучшей фиксации оптических элементов. На зеркала наносится отражающее покрытие, процент отражения – 99,5%.

В данной схеме реализуется резонатор Фабри-Перо. На глухое зеркало наносится отражающая пленка, процент отражения >99.5%. На выходном зеркале покрытие должно быть с отражением 48%. Зеркала устанавливаются покрытиями внутрь резонатора. Кроме того в схему установлен усилитель. В обоих квантронах используется ламповая накачка.

Расстояния между оптическими элементами продиктованы необходимостью крепления компонентов на оптическом столе и ненулевым основанием подвижек. Активная среда в резонаторе и усилителе совпадают – это кристалл Nd:YAG. Для торцов активных элементов следует назначить I класс чистоты по ГОСТу 11141-84 «Детали оптические. Классы чистоты поверхностей. Методы контроля».

В лазере создается модуляция добротности с помощью двух пассивных затворов - LiF:F2, начальное пропускание 10 % и Cr:YAG, начальное пропускание 15 %. Качество поверхностей затворов регламентируется ГОСТ Р 50737-95 «Затворы лазерные пассивные. Методы измерений и контроля параметров». С помощью подобной системы затворов достигается моноимпульс с длительностью 20 нс.

**2.2. Разработка технических условий**

Технические условия – документ, содержащий сведения о требованиях к изделию, его изготовлению, контролю, приёмке, поставке.

Согласно ГОСТ 2.114-2016 «Единая система конструкторской документации. Технические условия» технические условия должны содержать вводную часть и разделы, расположенные в следующей последовательности:

- технические требования;

- требования безопасности;

- правила приемки;

- методы контроля;

- транспортирование и хранение;

- гарантии изготовителя.

Технические требования к изделию аналогичны тем, что были описаны в предыдущем разделе.

Требования безопасности – раздел технических условий, который отражает требования, содержащие все виды допустимой опасности, чтобы была обеспечена безопасность изделия в течение срока его службы.

Основными нормативными документами в области лазерной без­опасности, к которым относятся СанПиН 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров», ГОСТ 12.1.040-83 «ССБТ. Лазерная безопасность. Общие требования», ГОСТ 12.1.031-81 «ССБТ. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излуче­ния», установлены методы и средства зашиты от поражения лазерным излучением.

Для электробезопасности данного стенда необходимо не касаться проводов накачки, не оставлять оборудование включенным без присмотра и иметь предохранители в сети. Кроме того, оборудование обязательно должно быть заземлено.

Пожарной безопасностью для данного стенда является наличие огнетушителя в рабочем помещении. Необходимо обеспечить наличие огнетушителя СО2. Не использовать порошковые огнетушители, т.к. они могут повредить деталям лазера.

При обслуживании изделия обязательно необходимо включать охлаждение во избежание перегрева и разрушения активных сред и ламп накачки.

В целях обеспечения безопасных условий труда персонала установлены предельно допустимые уровни лазерного излучения, т.е. уровни лазерного излучения, которые при ежедневном воздействии на человека не вызывают в процессе работы или в отдаленные сроки отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами медицинских исследований.

К методам защиты работников от лазерного излучения, которые необходимо использовать, относятся:

* организация рабочего места;
* применение средств защиты (ограждения, защитные экраны, защитные очки, щитки);
* назначение и инструктаж лиц, ответственных за организацию и проведение работ на лазерных установках;
* ограничение допуска к проведению работ;
* обучение обслуживающего персонала безопасным методам и приемам выполнения работ с лазерными установками;
* четкая организация противоаварийных работ и регламентация порядка ведения работ в аварийных ситуациях;
* контроль за прохождением персоналом предварительных и периодических медицинских осмотров;
* установка зоны лазерной безопасности.

Размещать оборудование необходимо достаточно свободно. С лицевой стороны пультов и панелей управления необходимо оставлять свободное пространство шириной 1,5 метра при однорядном расположении лазеров. К обслуживанию лазеров допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и не имеющие медицинских противопоказаний.

К самостоятельной работе на лазерном оборудовании допускаются лица, имеющие специальное образование или прошедшие обучение для работы с оборудованием, прошедшие инструктажи по технике безопасности, пожарной безопасности, стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда.

Не допускается работы с отражающими металлами, а также материалами, чувствительными к высокой температуре и выделяющими токсичные вещества (например, ПВХ, тефлон, АБС-смолы, полихлоропрен).

Запрещено хранить легковоспламеняющиеся вещества (бензин, спиртосодержащие) вблизи оборудования.

Опасными факторами для работающего на оборудовании могут быть:

* прямой луч лазера;
* отраженный луч лазера;
* невидимый лазерный пучок, выпускаемый лазерной трубкой;
* токоведущие провода с нарушенной изоляцией.

Оборудование следует проверять на отсутствие сколов, незакрепленных деталей и смещений.

Поверхности оптических элементов в оборудовании контролируются согласно ГОСТ 11141-84 «Детали оптические. Классы чистоты поверхностей. Методы контроля». Для контроля класса чистоты поверхности требуется:

1) удалить все загрязнения с исследуемой поверхности;

2) поверхности деталей следует просматривать в косонаправленном пучке проходящего или отраженного света, т. е. под углом к оси детали, на фоне черного экрана. Источником света должна служить лампа накаливания мощностью от 60 до 100 Вт.;

3) исследование поверхности следует проводить с помощью лупы. или микроскопа с увеличением не менее 6 крат.;

4) для оценки размера царапин, точек допустимо использовать окулярный микрометр, с погрешностью до 0,001 мм.

5) подсчёт площади занятой царапинами, точками;

6) сравнение полученных результатов со значениями из стандарта.

Транспортировка оборудования должна осуществляться в твердой упаковке с фиксирующими элементами и смягчающими покрытиями внутри упаковки. На упаковке обязательно должна быть маркировка «Хрупкое» и «Боится воды». Падения образца в процессе транспортировки недопустимы.

Изготовитель не несёт гарантии за повреждения элементов стенда и их смещения, полученные во время транспортировки или при работе с изделием. Изготовитель гарантирует исполнение заявленных технических требований, а так же ремонт стенда и его элементов в случае, не зависящем от сторонних лиц.

**3. Разработка эксплуатационной документации**

**3.1. Руководство по эксплуатации**

В руководстве по эксплуатации, согласно ГОСТ 2.610-2006 «Правила выполнения эксплуатационных документов», должны присутствовать следующие основные разделы:

- описание и работа;

- использование по назначению;

- техническое обслуживание;

- текущий ремонт;

- хранение;

- утилизация.

Объект представляет собой стенд для выполнения лазерного наклепа.

Требования безопасности перед началом работы:

1. Проветрить помещение.
2. Убедиться в отсутствии вблизи установки легковоспламеняющихся веществ.
3. Убедиться в готовности рабочего места к началу работы – рабочая поверхность установки очищена от загрязнений и посторонних предметов.
4. Убедиться в готовности установки к запуску – боковые панели и задняя панель установки должны быть закреплены на корпусе, пусковая аппаратура  и индикатор работы лазера в исправности.
5. Убедиться в исправности вентиляционной системы оборудования и отсутствии препятствий для выхода воздуха.
6. Убедиться в наличии воды в системе охлаждения.
7. Надеть защитные очки.

Требования безопасности во время работы:

1. Избегать попадания рук и других частей тела в зону рабочей поверхности лазера во избежание ожогов.
2. Работать только в защитных очках, так как попадание лазерного луча может разрушить роговицу глаза.
3. При работе не смотреть на луч лазера.
4. Не трогать элементы установки, кроме подвижек для перемещения образца, если оборудование подключено к электросети. Высокое напряжение, используемое для питания лазера, может вызвать поражение электрическим током.
5. Во время работы обеспечить вентиляцию помещения.
6. Не оставлять работающее оборудование без присмотра.
7. В случае обнаружения неисправности, отключить оборудование и поставить в известность специалистов. Не допускать самостоятельного ремонта оборудования.

Требования безопасности по окончании работ:

1. Отключить оборудование от электропитания.
2. Очистить рабочую поверхность и направляющую от частиц материалов.
3. Проветрить помещение.

Техническое обслуживание изделия включает в себя только смену воды в кювете. Используется дистиллированная вода во избежание химических реакций с поверхностью образца.

Хранить изделие следует под навесом от пыли, в сухом помещении при температуре воздуха 25о.

Утилизация объекта производится в соответствии с федеральным законом № 89-ФЗ от 24.06.1998 г. «Об отходах производства и потребления».

**3.2. Инструкция по монтажу**

Инструкция по монтажу, согласно ГОСТ 2.610-2006 «Правила выполнения эксплуатационных документов», содержит следующие разделы:

- общие указания;

- монтаж и демонтаж;

- наладка, стыковка и испытания;

- пуск (опробование);

- регулирование;

- комплексная проверка;

- обкатка;

- сдача смонтированного и состыкованного изделия.

Изделие следует перемещать с осторожностью, так как возможно смещение элементов внутри установки при ударе. Изделие следует закрепить и подключить к водоснабжению перед использованием.

При первом использовании проверить выдаваемые лазером параметры и сравнить их с заявленными. Проверить, что при постановки образца на место происходить плазменный взрыв. После забития площадки, необходимой для проведения испытаний на твердость, установить, выполняет ли стенд свою функции – происходит ли наклеп в образце.

Изделие сдается в монтированном виде, наладка осуществляется в случае невыполнения заявленных параметров.

**Заключение**

При прохождении практики была произведена разработка графической, текстовой конструкторской документации, были разработаны эксплуатационные документы стенда для лазерного наклепа.

При прохождении практики были получены навыки по прогнозированию, абстрактному мышлению, анализу, систематизации, изучена документация, регулирующая работу с лазерными системами и качеством оборудования. Кроме того, была отработана способность выполнять технические расчёты, составлять техническую документацию.

**Библиографический список**

1. Фотоника [Выпуск #3/2014](http://www.photonics.su/journal/2014/3) М.Волков, А.Кишалов, Н.Орлов, В.Серебряков, В.Смирнов, А.Филатов “Лазерная очистка и лазерный наклеп – технологии улучшения свойств поверхности”
2. Bertie J. E.; Lan Z. (1996). "Infrared Intensities of Liquids XX: The Intensity of the OH Stretching Band of Liquid Water Revisited, and the Best Current Values of the Optical Constants of H2O(l) at 25°C between 15,000 and 1 cm−1". Applied Spectroscopy. 50 (8): 1047–1057.
3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. пособие для вузов / Под ред. А.Г. Григорьянца. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. -664 c.
4. Вакс Е.Д., Миленький М.Н., Сапрыкин Л.Г. Практика прецизионной лазерной обработки Москва: Техносфера, 2013. — 696c.