МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ФГБОУ ВО «КубГУ»)**

**Физико-технический факультет**

**Кафедра физики и информационных систем**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**РУБИНОВЫЙ ЛАЗЕР**

Работу выполнила \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Баклюкова Дарья Романовна

Курс 2

Направление 03.03.02 Физика

Научный руководитель

Доцент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Исаев В.А.

Нормоконтролёр

Доцент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Исаев В.А.

Краснодар 2017

**РЕФЕРАТ**

Курсовая работа: с.29, рис.5,табл. 5, источников 10.

ОПТИЧЕСКИЕ КВАНТОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ, ИНДУЦИРОВАННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА.

Данная курсовая работа посвящается изучению лазеров и их применения в различных сферах деятельности человека.

Актуальность данной проблематики обусловлена постоянным ростом темпа развития лазерных технологий и их внедрения в нашу жизнь.

Целью работы является изучение лазерных технологий, что предусматривает решение следующих конкретных задач:

1) познакомиться с принципом работы различных типов лазеров;

2) изучить строение и основные виды лазеров;

3) рассмотреть варианты применения лазеров.

Материалом для работы послужили данные, полученные при работе с литературой.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4

1 Оптические квантовые генераторы 7

1.1 История создания лазеров 7

1.2 Основные свойства лазерного луча28

1.3 Принцип работы лазеров 12

1.4 Строение лазеров. Виды лазеров28

1.5 Индуцированное излучение28

2 Практическое использование оптических квантовых генераторов14

2.1 Характеристика рубинового лазера28

2.2 Применение лазеров в медицине28

2.3 Применение лазерного луча в медицине28

2.4 Применение лазерного луча в промышленности и технике28

Заключение 28

Список использованных источников 29

ВВЕДЕНИЕ

Современная промышленность активно использует последние достижения в физике и технике. Это в полной мере относится и к успехам науки в области лазерной физики и техники. Понятие "лазер" прочно вошло в современный обиход, хотя и прошло немного лет со дня создания первых лабораторных образцов этих приборов.

В настоящее время в качестве рабочих веществ в лазерах используются самые различные материалы. Генерация получена более чем на ста веществах: кристаллах, активированных стеклах, пластмассах, газах, жидкостях, полупроводниках, плазме. Рабочим веществом могут служить органические соединения, активированные ионами редкоземельных элементов. Удалось получить генерацию с использованием обычных паров воды и даже воздуха. Создан новый класс газовых лазеров — так называемые ионные лазеры.

В чем же все-таки главная ценность этих приборов? В том, что излучение лазеров обладает рядом замечательных свойств. В отличие от света, испускаемого обычными источниками, оно когерентно в пространстве и времени, монохроматично, распространяется очень узким пучком и характеризуется чрезвычайно высокой концентрацией энергии, которая еще недавно казалась фантастической. Это дает возможность ученым использовать световой луч лазера в качестве тончайшего инструмента для исследований различных веществ, выяснения особенностей строения атомов и молекул, уточнения природы их взаимодействия, определения биологической структуры живых клеток.

С помощью луча лазера можно передавать сигналы и поддерживать связь как в земных условиях, так и в космосе принципиально на любых расстояниях. Лазерные линии связи позволяют передавать одновременно значительно большее количество информации по сравнению с традиционными линиями связи, даже самыми совершенными. Кроме того при этом практически к нулю сводятся внешние помехи.

Развитие современных технологий, многих отраслей промышленности, науки и техники, медицины сегодня трудно себе представить без применения лазеров и устройств на их основе.

**1.ОПТИЧЕСКИЕ КВАНТОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ**

**1.1 История создания лазеров**

Уже более полувека лазеры помогают человеку в физике, медицине, химии, самых разных производствах и даже в исследовании космоса. Их используют при маркировке товаров, при сложных операциях (например, при коррекции зрения, которая стала возможна только благодаря лазерам), в исследовании молекул и в измерении расстояний в космосе. И даже в массовой культуре и в быту. Лазерная указка, луч, разрезающий железо, и астрономический прибор, измеряющий расстояния до небесных тел – все это работает с применением лазерной технологии.

Первые шаги к этому великому изобретению XX века сделал ученый Альберт Эйнштейн. В 1917 году он провел исследования о вынужденном испускании света, которые позже легли в основу принципа работы лазеров. Вторым ученым, сделавшим важный вклад в изобретение, стал наш соотечественник Валентин Фабрикант. В 1939 году он открыл, что вынужденное испускание может усилить электромагнитное излучение при прохождении его через определенную среду. Первоначально этот способ усиления излучения оказался реализованным в радиодиапазоне, а точнее в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ диапазоне). В 1952 г. на Общесоюзной конференции по радиоспектроскопии советские физики Н.Г. Басов и А.М. Прохоров сделали доклад о «молекулярном генераторе». Еще два года спустя были созданы и презентованы первые установки и получен направленный пучок молекулярных волн.

В основе работы лазера лежит принцип, сформулированный в 1951 г. Валентином Фабрикантом. Его появление встретили как техническую революцию, новую эпоху в науке. Вначале лазер отнесли к квантовой радиофизике, а позднее стали называть квантовой электроникой. Однако, несмотря на то, что принципы работы уже были сформулированы, путь к созданию лазера занял еще шесть лет. Эти годы были наполнены поиском резонаторов для оптического диапазона и некоторыми другими исследованиями. В разработку оптического лазера также внесли большой вклад учёные Басов и Прохоров. С 1954 по 1960 год ученые проводили опыты с волнами света в разной среде и с применением различных резонаторов. Наконец, в 1960 году появилась обстоятельная научная работа Николая Басова, Олега Крохина и Юрия Попова, в которой были рассмотрены принципы работы квантовых генераторов (первых лазерных установок) и выражалась надежда на то, что вскоре они будут сконструированы. Параллельно такую же углубленную работу над теорией и практикой создания лазера вели американцы.

Первые лазеры

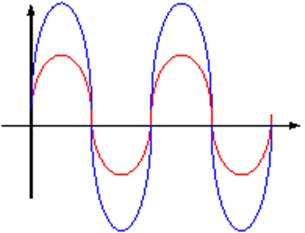
Итак, к 60-м годам были заложены все теоретические основы работы лазеров, и ученым оставалось только одно - сконструировать рабочие модели. Это удалось американцу Теодору Мейману в 1960 году. Первый из его рабочих прототипов работал на рубине и выглядел как рубиновый кубик с размером граней в 1 см. Две из его сторон были покрыты серебром (они и играли роль резонатора). Свет излучала лампа-вспышка огромной мощности. Через небольшое отверстие в одной из «серебряных» граней рубина выходил тонкий красный луч. Это и был первый в мире луч лазера.

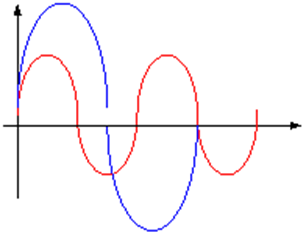
Начало было положено, и дальше разработка лазеров пошла огромными шагами. В том же году была сконструирована первая газовая лазерная установка, а год спустя лазеры появляются в каждой оптической лаборатории. Они изучаются, совершенствуются и находят всё новое применение. Следующим шагом стало создание полупроводниковых лазеров (1962-1963 год). Это стало началом новой эры в оптике и применения лазеров во всех сферах науки [1].

**1.2 Основные свойства лазерного излучения**

Лазерное излучение - электромагнитное излучение оптического диапазона, обладающее такими свойствами, как когерентность, монохроматичность, направленность, высокая мощность, что позволяет создать большую локальную концентрацию энергии. Разберем подробнее каждое свойство:

1. Когерентность и монохроматичность лазерного излучения.

Чтобы разобрать понятие когерентности в деталях, нужно вспомнить понятие интерференции. Интерференция - это взаимодействие волн, при котором происходит сложение амплитуд этих волн. Если удается запечатлеть процесс этого взаимодействия, то можно увидеть так называемую интерференционную картину (она выглядит как чередование темных и светлых участков). Интерференционную картину осуществить довольно трудно, так как обычно источники исследуемых волн порождают волны несогласованно, и сами волны при этом будут гасить друг друга. В этом случае интерференционная картина будет чрезвычайно размыта или же не будет видна вовсе [2]. Процесс взаимного гашения схематично представлен на рис.1(а) Следовательно, решение проблемы получения интерференционной картины лежит в использовании двух зависимых и согласованных источников волн. Волны от согласованных источников излучают таким образом, что разность хода волн будет равна целому числу длин волн. Если это условие выполняется, то амплитуды волн накладываются друг на друга и происходит интерференция волн (рис.1(б)). Тогда источники волн можно назвать когерентными.



а б

Рисунок 1- Взаимодействие волн

а - некогерентные волны (взаимное гашение);

б - когерентные волны (сложение амплитуд волн)

1. Направленность

В основном, направленность лазерного излучения определяется тем, что в открытом резонаторе возникают только такие волны, которые направлены по его оси или под ее малыми углами. Если степень пространственной когерентности высока, угол расходимости лазерного луча может быть сделан близким к пределу, определяемой дифракцией. Помимо этого, выделение теплового источника немонохроматично и заполняет широкий интервал длин волн. Так, спектр излучения Солнца захватывает ультрафиолетовый и инфракрасный диапазон длин волн. Чтобы увеличить монохроматичность излучения используют монохроматоры, они позволяют выделить из всего спектра маленькую область. Так же используются газоразрядные источники света низкого давления, предоставляющие дискретные атомные или молекулярные узкие спектральные линии.

1. Высокая мощность.

Лазеры являются самыми мощными источниками светового излучения. В узком интервале спектра (в течение промежутка времени, продолжительностью порядка 10-13 с) у некоторых типов лазеров достигается мощность излучения порядка 1017 Вт/см2, в то время как мощность излучения Солнца равна только 7\*103 Вт/см2, причём суммарно по всему спектру. На узкий же интервал l=10-6 см (это ширина спектральной линии лазера) приходится у Солнца всего лишь 0,2 Вт/см2. Для повышения мощности излучения необходимо увеличить число атомов, участвующих в усилении светового потока за счет индуцированного излучения, и уменьшить длительность импульса.

**1.3 Принцип работы лазеров**

Каждый атом обладает дискретным набором энергетических уровней. Электроны атома, находящегося в основном состоянии (состояние с минимальной энергией), при поглощении квантов света переходят на более высокий энергетический уровень - атом возбуждается; при излучении кванта света все происходит наоборот. Причем излучение света, т.е. переход на более низкий энергетический уровень (рис.2(б)) может происходить самопроизвольно (спонтанно) или под действием внешнего излучения (вынужденно) (рис.1(в)). Причем, если кванты спонтанного излучения испускаются в случайных направлениях, то квант вынужденного излучения испускается в том же направлении, что и квант, вызвавший это излучение, т.е. оба кванта полностью тождественны.

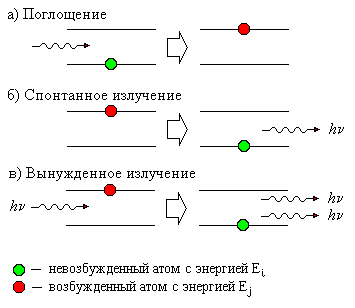
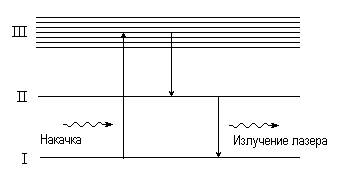


Рисунок 2- Виды лазерного излучения

Для того чтобы преобладали переходы, при которых происходит излучение энергии (переходы с верхнего энергетического уровня на нижний), необходимо создать повышенную концентрацию возбужденных атомов или молекул (создать инверсную населенность). Это приведет к усилению падающего на вещество света. Состояние вещества, в котором создана инверсная населенность энергетических уровней, называется активным, а среда, состоящая из такого вещества - активной средой. Процесс создания инверсной населенности уровней называется накачкой. И еще одна классификация лазеров производится по способу накачки (оптический, тепловой, химический, электрический и т.д.). Методы накачки зависят от типа лазера (твердотельного, жидкостного, газового, полупроводникового и т.п.).   
Основная задача процесса накачки может быть рассмотрена на примере трехуровневого лазера (рис. 3)

  
Рисунок 3- Схема трехуровневого лазера

Нижний лазерный уровень I с энергией E1, является основным уровнем энергии системы, на котором первоначально находятся все активные атомы. Накачка возбуждает атомы и соответственно переводит с основного уровня I, на уровень III, с энергией E3. Атомы, оказавшиеся на уровне III, излучают кванты света и переходят на уровень I, либо на быстро переходят на верхний лазерный уровень II. Чтобы происходило накапливание возбужденных атомов на верхнем лазерном уровне II, с энергией E2 , нужно иметь быструю релаксацию атомов с уровня III на II, которая должна превышать скорость распада верхнего лазерного уровня II. Созданная таким образом инверсная населенность обеспечит условия для усиления излучения.  
Однако, чтобы возникла генерация, необходимо еще обеспечить обратную связь, то есть что бы вынужденное излучение, раз возникнув, вызывало новые акты вынужденного излучения. Для создания такого процесса активную среду помещают в оптический резонатор, который представляет собой систему двух зеркал, между которыми располагается активная среда (рис. 4). Он обеспечивает многократное происхождение световых волн, распространяющихся вдоль его оси по усиливающей среде, вследствие чего достигается высокая мощность излучения [3].

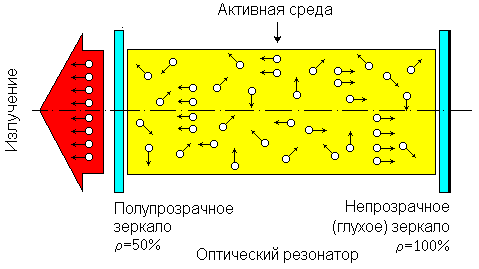


Рисунок 4 - Схема лазера

При достижении определенной мощности излучение выходит через полупрозрачное зеркало. Из-за участия в развитии генерации только той части квантов, которые параллельны оси резонатора, К.П.Д. лазеров обычно не превышает 1%. В некоторых случаях, жертвуя теми или иными характеристиками, К.П.Д. можно довести до 30%.

**1.4 Строение лазера. Виды лазеров**

Лазеры различают по множеству признаков. Вот некоторые из классификаций:

1. Состояние активного вещества (твердотельные, газовые или жидкостные);

2. Принцип работы (усилители и генераторы);

3. Способ возбуждения активного вещества;

4. Степень мощности;

5. Расходимость лазерного луча;

6. Диапазон длины волн

Лазеры могут использовать разные активные вещества: как твердые (рубин, сапфир, стекло), так и жидкие, а также газообразные (аргон, гелий). Еще в качестве активного вещества может применяться полупроводниковый переход. В соответствии с этим лазеры называют твердотельными, жидкостными, газовыми и полупроводниковыми.

По принципу работы лазеры разделяют на генераторы и усилители. Лазер-усилитель работает по такой схеме: в то время как сам он находится в возбужденном состоянии, на вход поступает небольшой сигнал. Это стимулирует отдачу энергии и формирует луч. Если лазер относится к генераторам, то для его запуска стимулируют активное вещество. Когда возбуждение растет, в определенный момент происходит отдача энергии. Возбуждение активного вещества может происходить разными способами: за счет оптического излучения, потоком электронов, ядерным излучением, химической или солнечной энергией. Процесс может происходить непрерывно (такие устройства называют «лазерами с непрерывным излучением) или с перерывами (импульсные лазеры)

По степени мощности на выходе различают лазеры высокой, средней и низкой мощности.

По диапазону длины волн, в котором ведется излучение, различают лазеры с разной степенью монохроматичности. Выше всего она у газовых лазеров. Твердотельные лазеры высокой монохроматичностью не отличаются, потому что имеют значительный диапазон частот.

Расходимость лазерного луча - параметр, от которого зависит область применения лазера. Легко понять, что это показатель того, насколько расширяется луч. Самый узкий луч имеют газовые лазеры, благодаря этому свойству они применяются в определении расстояний до цели [4].

Далее представлены таблицы, подробно рассматривающие виды лазеров и их применение.

Газовые лазеры

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рабочее тело | Длина волны | Источник накачки | Применение |
| [Гелий-неоновый лазер](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/23846) | 632,8 нм | Электрический разряд | [Интерферометрия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/941031), [голография](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/74038), [спектроскопия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/87120), считывание [штрих-кодов](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1204099), демонстрация оптических эффектов. |
| [Аргоновый лазер](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/309557) | 488,0 нм;  514,5 нм | Электрический разряд | Лечение [сетчатки](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/73218) глаза, [литография](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8353), накачка других лазеров. |
| [Криптоновый](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8567) лазер | 568,2нм;  647,1нм | Электрический разряд | Научные исследования, в смеси с [аргоном](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6518) лазеры белого света, лазерные шоу. |
| [Ксеноновый](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8567) лазер | Множество [спектральных линий](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5231) по всему видимому [спектру](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5222) и частично в [УФ](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1155922) и [ИК](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/19127) областях. | Электрический разряд | Научные исследования. |
| [Азотный](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/2559) лазер | 337,1 нм  (316; 357 нм) | Электрический разряд | Накачка [лазеров на красителях](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/195917), исследование загрязнения атмосферы, научные исследования, учебные лазеры. |
| Лазер на [фтористом водороде](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1172633) | 2,7—2,9 мкм (Фтористый водород)  3,6—4,2 мкм ([фторид дейтерия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1885456)) | Химическая реакция горения [этилена](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/169) и трёхфтористого [азота](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/2559) (NF3) инициируемая электрическим разрядом (импульсный режим) | Способен работать в постоянном режиме в области мегаваттных мощностей и в импульсном режиме в области тераваттных мощностей. Лазерные вооружения.  Лазерный термоядерный синтез (ЛТС). |
| [Химический лазер на кислороде и иоде](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/69119) (COIL) | 1,315 мкм | Химическая реакция в пламени [синглетного кислорода](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/264518) и [иода](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8566) | Способен работать в постоянном режиме в области мегаваттных мощностей. Создан импульсный вариант. Научные исследования, лазерные вооружения. Обработка материалов. Лазерный термоядерный синтез (ЛТС). В перспективе: источник накачки неодимовых лазеров и рентгеновских лазерных систем. |
| [Углекислотный лазер](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/241180) ([CO2](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1152999)) | 10,6 мкм, (9,6 мкм) | Поперечный (большие мощности) или продольный (малые мощности) электрический разряд, химическая реакция (DF-CO2 лазер) | Обработка материалов (резка, [сварка](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/38204)), [хирургия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/38805). |
| Лазер на монооксиде углерода ([CO](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1152983)) | 2,5—4,2 мкм,  4,8—8,3 мкм | Электрический разряд; химическая реакция | Обработка материалов ([гравировка](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/427014), [сварка](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/38204) и т. д.), фотоакустическая спектроскопия. |
| [Эксимерный лазер](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/48405) | 193 нм (ArF), 248 нм (KrF), 308 нм (XeCl), 353 нм (XeF) | [Рекомбинация](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/172425) [эксимерных](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/703881) молекул при электрическом разряде | Ультрафиолетовая [литография](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8353) в полупроводниковой промышленности, лазерная хирургия, коррекция зрения. |

(Продолжение таблицы 1)

Твердотельные лазеры

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рабочее тело | Длина волны | Источник накачки | Применение |
| [Рубиновый](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/339433) лазер | 694,3 нм | Импульсная лампа | [Голография](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/74038), удаление татуировок. Первый представленный тип лазера ([1960](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/708600)). |
| Алюмо-иттриевые лазеры с легированием [неодимом](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8744) (Nd:YAG) | 1,064 мкм,  (1,32 мкм) | Импульсная лампа, [лазерный диод](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599) | Обработка материалов, [лазерные дальномеры](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/518146), [хирургия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/38805), научные исследования, накачка других лазеров. |
| Лазер на [фториде](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6483) [иттрия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7783)-[лития](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6478) с легированием [неодимом](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8744) (Nd:YLF) | 1,047 и 1,053 мкм | Импульсная лампа, [лазерный диод](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599) | Наиболее часто используются для накачки [титан-сапфировых лазеров](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/196301), используя эффект удвоения частоты в нелинейной оптике. |
| Лазер на [ванадате](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6522) [иттрия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7783) (YVO4) с легированием [неодимом](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8744) (Nd:YVO) | 1,064 мкм | [Лазерные диоды](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599) | Наиболее часто используются для накачки [титан-сапфировых лазеров](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/196301), используя эффект удвоения частоты в нелинейной оптике. |
| Лазер на [неодимовом](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8744) стекле (Nd:Glass) | ~1,062 мкм (Силикатные стёкла),  ~1,054 мкм (Фосфатные стёкла) | Импульсная лампа, [Лазерные диоды](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599) | Лазерный термоядерный синтез (ЛТС). Накачка рентгеновских лазеров. |
| [Титан-сапфировый лазер](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/196301) | 650—1100 нм | Другой лазер | [Спектроскопия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/87120), [лазерные дальномеры](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/518146), научные исследования. |
| [Алюмо](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5036)-[иттриевые](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7783) лазеры с легированием [тулием](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8753) (Tm:YAG) | 2,0 мкм | [Лазерные диоды](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599) | Лазерные [радары](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1114235) |
| [Алюмо](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5036)-[иттриевые](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7783) лазеры с легированием [иттербием](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8755) (Yb:YAG) | 1,03 мкм | Импульсная лампа, [Лазерные диоды](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599) | Обработка материалов, исследование сверхкоротких импульсов, мультифотонная микроскопия, [лазерные дальномеры](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/518146). |
| [Алюмо](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5036)-[иттриевые](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7783) лазеры с легированием [гольмием](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8751) (Ho:YAG) | 2,1 мкм | [Лазерные диоды](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599) | [Медицина](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1446) |
| [Церий](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8742)-легированный [литий](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6478)-[стронций](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7782) (или [кальций](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6520))-[алюмо](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5036)-[фторидный](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6483) лазер (Ce:LiSAF, Ce:LiCAF) | ~280-316 нм | Лазер Nd:YAG  [Эксимерный лазер](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/48405), лазер на парах [ртути](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8727). | Исследование атмосферы, [лазерные дальномеры](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/518146), научные разработки. |
| Лазер на [александрите](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/136013) с легированием [хромом](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/548) | Настраивается в диапазоне от 700 до 820 нм | Импульсная лампа, [Лазерные диоды](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599). Для непрерывного режима — дуговая ртутная лампа | [Дерматология](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/38724), [лазерные дальномеры](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/518146). |
| [Волоконный лазер](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1290084) лазер с легированием [эрбием](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8752) | 1,53-1,56 мкм | [Лазерные диоды](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599) | Оптические усилители в [волоконно-оптических линиях связи](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1286990), обработка металлов (резка, сварка, гравировка), термораскалывание стекла, медицина, косметология. |
| Лазеры на [фториде](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6483) [кальция](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6520), легированном [ураном](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/10001) (U:CaF2) | 2,5 мкм | Импульсная лампа | сегодня нигде не используется. |

(Продолжение таблицы 2)

Полупроводниковые лазеры

Таблица 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рабочее тело | Длина волны | Источник накачки | Применение |
| [Полупроводниковый](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/19202) [лазерный диод](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/47599) | Длина волны зависит от материала и структуры активной области:  ближний УФ,  фиолетовый, синий -полупроводниковые нитриды Ga, Al; красный, ближний ИК-диапазон - соединения на основе Al, Ga, As; ближний и средний ИК-диапазон —соединения, содержащие In, P, Sb; средний ИК — дальний ИК-диапазон —соли [свинца](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8733); средний ИК — терагерцовый диапазон — полупроводниковые [квантово-каскадные лазеры](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1307404) | Электрический ток, оптическая накачка | [Телекоммуникации](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1252939), [голография](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/74038), [лазерные целеуказатели](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/651959), [лазерные принтеры](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/293305), накачка лазеров других типов. AlGaAs-лазеры ([алюминий](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5036)-[арсенид](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6665)-[галлиевые](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6663)), работающие в диапазоне 780 нм используются в проигрывателях [компакт-дисков](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/4844) и являются самыми распространёнными в мире. |

[Лазеры на красителях](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/195917)

Таблица 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рабочее тело | Длина волны | Источник накачки | Применение |
| [Лазер на красителях](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/195917) | 390—435 нм ([Стильбен](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/691375)), 460—515 нм ([Кумарин](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/204788) 102), 570—640 нм (Родамин 6G), другие | Другой лазер, импульсная лампа. | Научные исследования, [спектроскопия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/87120), косметическая хирургия, [разделение изотопов](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/11085). Рабочий диапазон определяется типом красителя. |

Лазеры на парах металлов

Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рабочее тело | Длина волны | Источник накачки | Применение |
| [Гелий](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/562)-[кадмиевый](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7794) лазер на парах металлов | 440 нм, 325 нм | Электрический разряд в смеси паров металла и гелия. | [Полиграфия](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5929), [УФ](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1155922) детекторы валюты, научные исследования. |
| [Гелий](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/562)-[ртутный](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8727) лазер на парах металлов | 567 нм, 615 нм | Электрический разряд в смеси паров металла и гелия. | [Археология](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/34067), научные исследования, учебные лазеры. |
| [Гелий](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/562)-[селеновый](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6666) лазер на парах металлов | до 24 спектральных полос от красного до [УФ](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1155922) | Электрический разряд в смеси паров металла и гелия. | [Археология](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/34067), научные исследования, учебные лазеры. |
| Лазер на парах [меди](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/6527) | 510,6 нм, 578,2 нм | Электрический разряд | [Дерматология](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/38724), скоростная [фотография](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1227), накачка [лазеров на красителях](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/195917). |
| Лазер на парах [золота](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/495) | 627 нм | Электрический разряд | [Археология](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/34067), [медицина](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1446). |

Далее рассмотрим строение лазера на примере рубинового лазера.

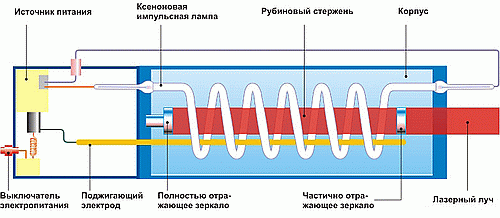


Рисунок 5 – Строение рубинового лазера

**1.5 Индуцированное излучение**

Индуцированным называется вынужденный (стимулированный) переход в энергетически низшее состояние, вызванное каким-нибудь внешним воздействием на возбужденную систему: тепловыми столкновениями, взаимодействием с соседними частицами или проходящей через систему электромагнитной волной.

Существование индуцированного излучения, было предсказано Эйнштейном в 1917 году. Он считал, наряду с процессами обычного излучения и резонансного поглощения существует третий процесс - вынужденное (индуцированное) излучение. Свет резонансной частоты, то есть той частоты, которую атомы способны поглощать, переходя на так называемые высшие энергетические уровни, должен вызывать свечение атомов, уже находящихся на этих уровнях, если таковые имеются в среде.

Характерная особенность этого излучения заключается в том, что испускаемый свет неотличим от вынуждающего света, то есть совпадает с последним по частоте, по фазе, поляризации и направлению распространения. Это означает, что вынужденное излучение добавляет в световой пучок точно такие же кванты света, какие уводит из него резонансное поглощение. Атомы среды могут поглощать свет, находясь на нижнем энергетическом уровне, излучают же они на верхних уровнях [5]. Отсюда следует, что при большом количестве атомов на нижних уровнях свет, проходя через среду, будет ослабляться. Напротив, если число атомов на верхних уровнях больше числа невозбужденных, то свет, пройдя через данную среду, усилится. Это значит, что в данной среде преобладает индуцированное излучение.

**2 ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ КВАНТОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ**

**2.1 Характеристика рубинового лазера**

Рубиновый лазер (Cr:Al2O3) – это твердотельный квантовый генератор, рабочей средой которого является искусственно выращенный кристалл рубина, активированный хромом. Именно присутствие ионов хрома придаёт этому прозрачному камню алый цвет. Длина рабочей волны – 694 нм. Малая доля хрома приближает длину импульса к красному спектру излучения. В живой ткани такое излучение лучше всего поглощается меланином (тёмным пигментом, содержащимся в волосах и коже). Лазер работает в импульсном режиме. Рубиновые лазеры относятся к категории твердотельных устройств [6]. По сравнению с химическими и газовыми аналогами они имеют менее высокую мощность. Объясняется это разницей в характеристиках элементов, за счет которых обеспечивается излучение. К примеру, те же химические лазеры способны формировать световые потоки мощностью в сотни киловатт. Среди особенностей, которыми выделяется рубиновый лазер, отмечают высокую степень монохроматичности, а также когерентность излучения. Помимо этого, некоторые модели дают повышенную концентрацию световой энергии в пространстве, которой хватает на осуществление термоядерного синтеза за счет нагревания плазмы лучом. Как видно из названия, в качестве активной среды лазера выступает кристалл рубина, представленный в форме цилиндра. При этом торцы стержня полируются особым образом. Чтобы лазер рубиновый смог обеспечить максимально возможную для него энергию излучения, стороны кристалла обрабатываются до момента достижения плоскопараллельного положения относительно друг друга. В то же время торцы должны быть перпендикулярны оси элемента [7].

Применение рубинового лазера:

Рубиновые лазера, в настоящее время применяются менее широко как когда-то, поскольку они были вытеснены на стекле с неодимом. Поскольку рубиновый лазер на самом деле работает по трехуровневой схеме, необходимая пороговая энергия накачки приблизительно на порядок превышает соответствующую величину для Nd:YAG лазера таких размеров. Однако рубиновые лазеры все еще широко применяются в некоторых научных и технических исследованиях, для которых более короткая длина волны генерации рубина дает существенное преимущество перед Nd:YAG.

**2.2 Применение лазеров в медицине**

В медицине лазерные установки нашли свое применение в виде лазерного скальпеля. Его использование для проведения хирургических операций определяют следующие свойства:

1. Он производит относительно бескровный разрез, так как одновременно с рассечением тканей он коагулирует края раны “заваривая” не слишком крупные кровеносные сосуды;

2. Лазерный скальпель отличается постоянством режущих свойств. Попадание на твердый предмет (например, кость) не выводит скальпель из строя. Для механического скальпеля такая ситуация стала бы фатальной;

3. Лазерный луч в силу своей прозрачности позволяет хирургу видеть оперируемый участок. Лезвие же обычного скальпеля, равно как и лезвие электроножа, всегда в какой-то степени загораживает от хирурга рабочее поле;

4. Лазерный луч рассекает ткань на расстоянии, не оказывая никакого механического воздействия на ткань;

5. Лазерный скальпель обеспечивает абсолютную стерильность, ведь с тканью взаимодействует только излучение;

6. Луч лазера действует строго локально, испарение ткани происходит только в точке фокуса. Прилегающие участки ткани повреждаются значительно меньше, чем при использовании механического скальпеля;

7. Как показала клиническая практика, рана от лазерного скальпеля почти не болит и быстрее заживляется.

Практическое применение лазеров в хирургии началось в СССР в 1966 году в институте имени А. В. Вишневского. Лазерный скальпель был применен в операциях на внутренних органах грудной и брюшной полостей. В настоящее время лазерным лучом делают кожно-пластические операции, операции пищевода, желудка, кишечника, почек, печени, селезенки и других органов. Очень заманчиво проведение операций с использованием лазера на органах, содержащих большое количество кровеносных сосудов, например, на сердце, печени [8].

В настоящее время интенсивно развивается новое направление в медицине - лазерная микрохирургия глаза. Первое применение лазеров в офтальмологии было связано с лечением отслоения сетчатки. Внутрь глаза через зрачок посылаются световые импульсы от рубинового лазера (энергия импульса 0,01 - 0,1 Дж, длительность порядка - 0,1 с.). Они свободно проникают сквозь прозрачное стекловидное тело и поглощаются сетчаткой. Фокусируя излучение на отслоившемся участке, последнюю “приваривают” к глазному дну за счет коагуляции. Операция проходит быстро и совершенно безболезненно.

Вообще, из наиболее серьезных заболеваний глаза, приводящих к слепоте, выделяют пять. Это глаукома, катаракта, отслоение сетчатки, диабетическая ретинопатия и злокачественная опухоль. Сегодня все эти заболевания успешно лечатся при помощи лазеров, причем только для лечения опухолей разработано и используется три метода:

1. Лазерное облучение - облучение опухоли расфокусированным лазерным лучом, приводящее к гибели раковых клеток, потери ими способности к размножению

2. Лазерная коагуляция - разрушение опухоли умеренно сфокусированным излучением.

3. Лазерная хирургия - наиболее радикальный метод. Заключается в иссечении опухоли вместе с прилегающими тканями сфокусированным излучением.

**2.3 Применение лазерного луча в промышленности и технике**

Оптические квантовые генераторы и их излучение нашли применение во многих отраслях промышленности. Так, например, в индустрии наблюдается применение лазеров для сварки, обработки и разрезания металлических и диэлектрических материалов и деталей в приборостроении, машиностроении и в текстильной промышленности. Начиная с 1964 года малопроизводительное механическое сверление отверстий стало заменяться лазерным сверлением. Термин лазерное сверление не следует понимать буквально. Лазерный луч не сверлит отверстие: он его пробивает за счет интенсивного испарения материала в точке воздействия. Пример такого способа сверления - пробивка отверстий в часовых камнях, которая сейчас уже является обычным делом. Для этой цели применяются твердотельные импульсные лазеры, например, лазер на стекле с неодимом. Отверстие в камне (при толщине заготовки около 0,1 - 0.5 мм.) пробивается серией из нескольких лазерных импульсов, имеющих энергию около 0,1 - 0,5 Дж. и длительностью около 10-4 с. Производительность установки в автоматическом режиме составляет 1 камень в секунду, что в 1000 раз выше производительности механического сверления. Лазер используется и при изготовлении сверхтонких проволок из меди, бронзы, вольфрама и других металлов.

Лазерное сверление широко применяется при получении отверстий в материалах, обладающих повышенной хрупкостью. В качестве примера можно привести подложки микросхем, изготовленные из глиноземной керамики. Из-за высокой хрупкости керамики механическое сверление выполняется на “сыром” материале. Обжигают керамику уже после сверления. При этом происходит некоторая деформация изделия, искажается взаимное расположение высверленных отверстий. При использовании “лазерных сверл” можно спокойно работать с керамическими подложками, уже прошедшими обжиг. Интересно применение лазера и как универсального паяльника. Предположим, что внутри электронно-лучевой трубки произошла авария - перегорел или оборвался какой-нибудь провод, нарушился контакт. Трубка вышла из строя. Казалось бы, поломка неисправима, ведь ЭЛТ представляет собой устройство, все внутренние компоненты которого находятся в вакууме, внутри стеклянного баллона, и никакому паяльнику туда не проникнуть. Однако лазерный луч позволяет решать и такие задачи. Направляя луч в нужную точку и должным образом фокусирую его, можно осуществить сварочную работу. Лазеры с плавной перестройкой частоты служат основой для спектральных приборов с исключительно высокой разрешающей силой [9].

Импульсные лазерные локаторы сегодня применяются не только в космонавтике, но и в авиации. В частности, они могут играть роль научных измерителей высоты. Лазерный высотомер применялся также в космическом корабле “Аполлон” для фотографирования поверхности Луны.

Впрочем, у оптических лазерных систем есть и свои слабые стороны. Например, не так просто при помощи остронаправленного луча лазера обнаружить объект, так как время обзора контролируемой области пространства оказывается слишком большим. Поэтому оптические локационные системы используются вместе с радиолокационными. Последние обеспечивают быстрый обзор пространства, обнаруживают цель, а затем оптическая система измеряет параметры цели и осуществляет слежение за ней. Большой интерес представляют последние разработки в области создания телевизора на основе лазерных технологий. Согласно ожиданиям специалистов, такой телевизор должен отличаться сверхвысоким качеством изображения. Стоит также отметить использование лазеров в уже давно известных принтерах высокого качества или лазерных принтерах. В этих устройствах лазерное излучение используется для создания на специальном светочувствительном барабане скрытой копии печатаемого изображения [10].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Несмотря на то, что лазер изобретен больше полувека назад, он все еще совершенствуется и продолжает находить новые применения. Сейчас ведутся разработки новых лазерных инструментов для медицины и изучается возможность применения лазерных лучей в реакции термоядерного синтеза. Термоядерный синтез - способ получения энергии, аналогичный тому, как она образуется Солнцем и другими звездами. Если будет разработана надежная технология бесперебойного термоядерного синтеза, человечество навсегда забудет о дефиците энергии. Лазеры призваны сыграть в этом открытии заметную роль.

Еще один интересный аспект - лазерное оружие. Его разработки ведутся уже много лет и даже существуют рабочие прототипы - например, ручные лазерные пистолеты ЛК, созданные в Советском Союзе для космической отрасли. Главной проблемой таких пистолетов до сих пор остается батарея: нельзя подобрать настолько мощный источник питания, чтобы лучевой пистолет был компактным и не слишком тяжелым.

Есть и травматическое лазерное оружие с лучами малой мощности, но большой яркости. Оно способно временно ослепить человека. В России, например, такие устройства называются «Поток» и официально приняты на вооружение МВД. Более мощные лазеры, которые могут нанести серьезную травму зрению, запрещены Международным правом.

Несмотря на такое множество применений в боевых условиях, лазер остается прежде всего мирным орудием и гораздо шире применяется в медицине, физике и других науках.

В результате курсового проекта были сформированы такие компетенции, как:

1 способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК–6); 32

2 способностью выполнять эксперименты и интерпретировать результаты по проверке корректности и эффективности решений (ПК-1);

3 готовность формировать презентации, научно-технические отчёты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях (ПК–3).

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Сивухин В. А. Общий курс физики. Оптика / В. А. Сивухин. –М.: Наука, 2010. – 245 с.

2. Семенов В. Б. Измерение лучевой стойкости. / В. Б. Семенов. – М: Наука. 1998, Т.25, С. 170-174.

3. Звелто О. Принципы лазеров. / О. Звелто. – М.: Мир, 1990. – 559 с.

4. Борейшо А. С. Лазеры: Устройство и действие / А. С. Борейшо. – СПб.: Мех. ин–т., 2010. – 163 с.

5. Шматков В.А. Силовая оптика. /В. А. Шматков, А.З. Грасюк, С.В. Курбасов, Л.Л. Лосев, А.П. Луценко, А.А. Каминский. – М.: Наука. 2004. –247 с.

6. Микаелян А. Л. Оптические генераторы на твердом теле / А. Л. Микаелян. – М.: Советское радио, 2013. – 213 с.

7. Иващенко П. А. Измерение параметров лазеров. / П. А. Иващенко, Ю. А. Калинин, Б. Н. Морозов. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 168 с.

8. Зверев Г.М. Лазеры на кристаллах и их применение/ Г. М. Зверев, Ю. Д. Голяев. – М: Рикел. Радио и связь. 1994. – 312 с.

9. Данилейко Ю. К. Поверхностное разрушение кристаллов, рубина лазерным излучением. / Ю.К. Данилейко. – М.: «ЖЭТФ», 1970, т. 58, – 31 с.

10. Тарасов Л. В. Лазеры. Действительность и надежды / Л. В. Тарасов. – М.: Наука, 2014. – 314 с.

**ОТЗЫВ**

нa курсовой проект

**«Рубиновый лазер»**

студентки 2 курса Физико-технического факультета

**Баклюковой Дарьи Романовны**

Целью проекта является изучение строения газового лазера и принципа его работы.

Для достижения поставленной цели студенту необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить суть лазерного излучения.

2. Рассмотреть практическое использование оптических квантовых генераторов.

3. Ознакомиться с видами лазеров и рассмотреть принцип их действия.

С поставленными задачами студентка успешно справилась. При выполнении курсового проекта Баклюкова Д.Р. ознакомилась с принципом работы рубинового лазера. Использованные литературные источники при выполнении курсового проекта современные и опубликованы в профессиональных тематических изданиях и электронных ресурсах. Сравнительная характеристика и выводы, приведенные в работе, говорят об успешно приобретённых навыках в ходе проведения исследования.

В процессе подготовки курсового проекта Баклюкова Д.Р. успешно достигла поставленной цели. Считаю, что курсовой проект «Рубиновый лазер» студентки Баклюковой Д.Р. заслуживает оценки «хорошо».

Научный руководитель

д. физ.-мат.наук, профессор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Исаев В.А.