

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт прикладной математики и информатики био- и нанотехнологий
Кафедра физики и прикладной математики

Седов Евгений Сергеевич
Аракелян Сергей Мартиросович

Методические указания к лабораторным занятиям
по дисциплине **«Системы адаптивной оптики и их приложения»**
для студентов ВлГУ, обучающихся
по направлению
12.04.05 (200500.68) **«Лазерная техника и лазерные технологии»**

Владимир-2015 г.

Оглавление

Список используемых сокращений	3
Общие сведения о лабораторной установке	4
Лабораторная работа №1. Юстировка датчика Шака-Гартмана	6
Лабораторная работа №2. Коррекция аберраций лазерного излучения с использованием метода фазового сопряжения и методов апертурного зондирования	11
Лабораторная работа №3. Управление параметром качества (M^2 -параметра) лазерного пучка	15
Лабораторная работа №4. Электронная система управления биморфными зеркалами	18
Лабораторная работа №5. Алгоритмы и программная реализация управления элементами адаптивной оптической системы	21
Список литературы	24

Список используемых сокращений

АОС	адаптивная оптическая система
ДВФ	датчик волнового фронта
БДЗ	биморфное деформируемое зеркало
КВФ	корректор волнового фронта
СКУ	система контроля и управления

Общие сведения о лабораторной установке

I. Принцип действия

Лабораторная установка представляет собой адаптивную оптическую систему (АОС) для компенсации искажений волнового фронта лазерного излучения. Схема установки приведена на рис. 1 (ср. с [1]). Ключевые элементы установки следующие: корректор волнового фронта (КВФ) на основе биморфного деформируемого зеркала (БДЗ), система контроля и управления (СКУ), датчик волнового фронта (ДВФ). В дополнение к установке требуется компьютер типа IBM/PC под управлением ОС Windows с предустановленным программным обеспечением.

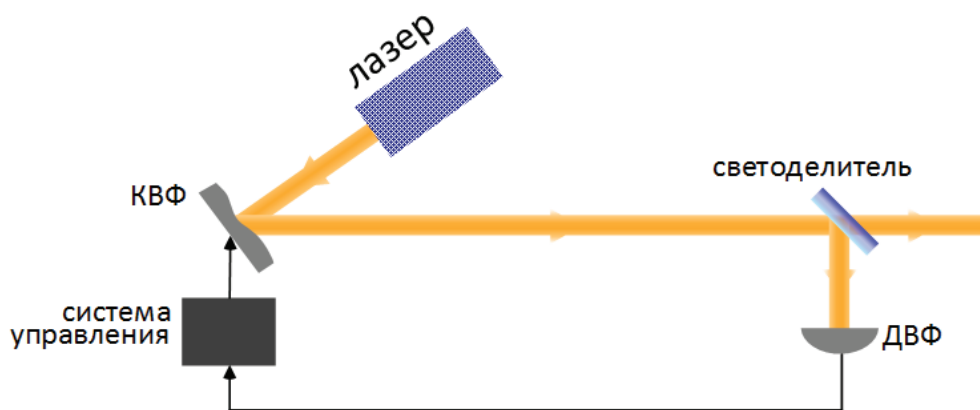


Рис. 1. Функциональная схема лазерной установки с коррекцией волнового фронта.

В основе функционирования установки лежит принцип фазового сопряжения, заключающийся в следующем. Под управлением сигналов от контроллера поверхность БДЗ принимает форму, которая должна быть сопряжена с формой волнового фронта входящего лазерного пучка.

Лазерный пучок при входе в АОС отражается от БДЗ и поступает на ДВФ. Сигнал с ДВФ, содержащий информацию о форме волнового фронта, поступает в компьютер. На основе результатов обработки этой информации программными средствами СКУ генерирует управляющие напряжения для БДЗ, под влиянием которых БДЗ изменяет свою форму. Форма БДЗ подбирается таким образом, чтобы при отражении от него в волновой фронт лазерного излучения вносились такие искажения, которые компенсируют искажения волнового фронта до входа в АОС. В результате волновой фронт излучения на выходе из АОС должен быть максимально приближен к плоскому.

II. Состав установки

- Датчик волнового фронта ДВФ-35 (характеристики и состав ДВФ см. в таблицах 1–3);
- кабель для соединения ДВФ с компьютером;
- корректор волнового фронта КВФ-40-32 (характеристики и состав КВФ см. в таблице 4);
- блок управления корректором ЭСУ-32-300;
- кабели для соединения блока управления с КВФ и с компьютером;
- кабель питания блока управления;
- M^2 -датчик (характеристики и состав M^2 -датчика см. в таблицах 5–6);
- кабель для соединения M^2 -датчика с компьютером;
- комплект оптомеханических приспособлений для установки и юстировки системы;
- набор фазовых пластин;
- источник излучения со сферическим волновым фронтом — He-Ne лазер;
- программное обеспечение;
- персональный компьютер;
- техническое описание и инструкция пользователя [1].

III. Возможности программного обеспечения для АОС

В соответствии с техническим описанием программное обеспечение АОС позволяет

- осуществлять управление КВФ за счёт подачи электрического напряжения на его электроды с возможностью ручной подстройки, а также осуществлять контроль состояния напряжения на электродах посредством визуализации.

- восстанавливать форму волнового фронта излучения, а также выполнять визуализацию волнового фронта в виде полиномов Цернике и карты уровней равной фазы.

Подробно интерфейс программы описан в инструкции пользователя [1].

Лабораторная работа №1. Юстировка датчика Шака-Гартмана

Цель работы: Познакомиться с принципами и получить навыки калибровки датчика Шака-Гартмана на примере датчика ДВФ-35.

Приборы и оборудование: датчик волнового фронта ДВФ-35, юстировочный He-Ne лазер, регулируемая платформа, оптический рельс, центрирующая мишень, персональный компьютер с предустановленным программным обеспечением для АОС.

В составе датчика: входная линза ($\varnothing 50$ мм и $f' = 500$ мм), выходная линза в оправе ($\varnothing 25$ мм, $f' = 40$ мм), линзовый растр, КМОП-видеокамера.

I. Датчик волнового фронта Шака-Гартмана

В датчиках волнового фронта типа Шака-Гартмана используется линзовый растр для разделения входящего лазерного пучка на массив пучков меньшего размера [2, 3]. Каждый пучок фокусируется на приёмнике излучения, который размещается в фокальной плоскости линз растра — см. схематичный рисунок 2а. Если на датчик падает излучение с плоским волновым фронтом, каждая микролинза растра формирует изображение в виде пятна, центр которого располагается на оптической оси микролинзы. В результате изображение на приёмнике, формируемое линзовым растром в целом, представляет собой регулярную решётку таких пятен.

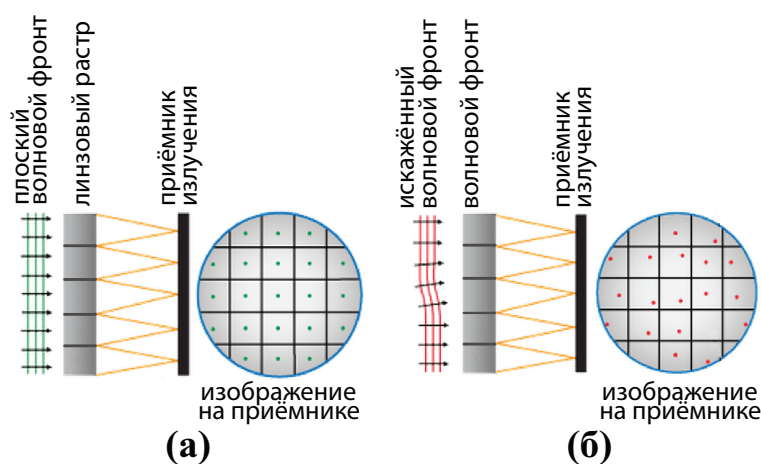


Рис. 2. К описанию принципа действия датчика Шака-Гартмана.

Если на ДВФ поступает излучение с искажённым волновым фронтом (см. рис. 2б), изображения, даваемые микролинзами растра будут смещены относительно

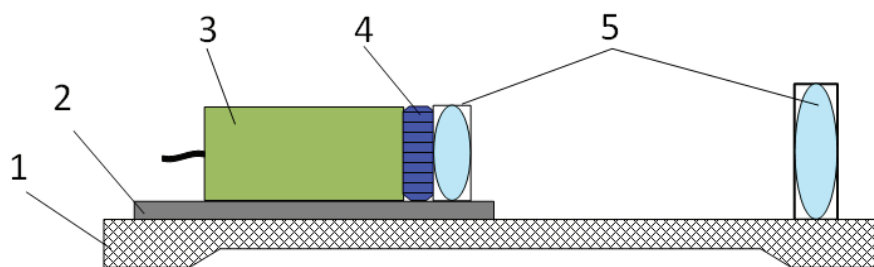


Рис. 3. Принципиальная схема ДВФ: 1 — оптический рельс, 2 — платформа, 3 — КМОП-видеокамера, 4 — линзовый растр, 5 — линзы согласующего телескопа.

их оптических осей. В результате изображение, формируемое линзовым растром в целом, теряет регулярность. На основе данных о смещении изображения, даваемого каждой микролинзой, может быть восстановлена форма волнового фронта поступающего на ДВФ излучения.

В настоящей установке используется датчик Шака-Гартмана ДВФ-35 [1]. Датчик состоит из следующих элементов: чёрно-белая КМОП-видеокамера DMK 22BUC03, линзовый растр, согласующий телескоп.

Характеристики линзового растра, приёмника излучения на основе КМОП-видеокамеры и согласующего телескопа представлены в таблицах 1, 2 и 3 соответственно. Принципиальная схема ДВФ приведена на рис. 3.

Таблица 1. Характеристики линзового растра датчик ДВФ-35

Фокусное расстояние	5 мм
Количество микролинз	40 × 25
Размеры микролинз	120 мкм × 120 мкм
Дополнительные элементы	блок установки ослабляющих светофильтров, сферическая линза диаметром 25 мм и фокусным расстоянием 40 мм

Таблица 2. Характеристики КМОП-видеокамеры DMK 22BUC03

Размер кристалла	1/3 дюйма
Рабочий диапазон длин волн	400 нм – 1100 нм
Максимальное разрешение	744 × 480 пикселей
Размер пикселя	6 мкм × 6 мкм
Частота обновления кадров	76 Гц

Таблица 3. Характеристики согласующего телескопа

Увеличение	12.5
Первая линза	сферическая, \varnothing 50 мм, фокусное расстояние 500 мм
Вторая линза	сферическая, \varnothing 25 мм, фокусное расстояние 40 мм
Особенности установки	Линза 50 мм установлена в металлическую оправу с возможностью юстировки по X и Y координатам. Линза 25 мм установлена в съемной насадке КМОП видео камеры.

II. Ход работы

Замечания: 1. Перед началом выполнения работы ознакомиться с инструкцией пользователя АОС для коррекции излучения лазера [1].

2. Каждая манипуляция с программой управления установкой должна фиксироваться скриншотом (снимком экрана). Скриншоты должны быть размещены в отчёте о выполнении лабораторной работы.

1. Выполнить сборку ДВФ в соответствии со схемой 3. Убедиться, что оптические оси элементов ДВФ находятся на одной высоте.
2. Установить на оптическом столе лазер и ДВФ таким образом, чтобы лазерное излучение проходило через центр входной линзы и попадало в камеру. Убедиться, что ось лазерного пучка совпадает с оптической осью линзы.
3. При помощи оптических фильтров уменьшить мощность лазерного излучения до безопасных для видеокамеры значений.
4. Выполнить предварительную юстировку ДВФ.
 - (4.1) Закрыть входную линзу центрирующей мишенью. Используя юстировочные кольца, обеспечить попадание лазерного пучка в центр мишени.
 - (4.2) Обеспечить попадания лазерного пучка в центральное юстировочное отверстие на крышке видеокамеры.
 - (4.3) Запустить программу управления установкой CL807-32-034.exe.
 - (4.4) Из пункта меню программы **Justify/Display Mode** выбрать опцию **Center**.
 - (4.5) Обеспечить положение фокальных пятен в центре видеокамеры.
5. Выполнить точную юстировку ДВФ.

- (5.1) Загрузить файл с информацией об опорном волновом фронте для данного ДВФ.
 - (5.2) Из пункта меню программы **Justify/Display Mode** выбрать опцию **Center**.
 - (5.3) Закрыть видеокамеру крышкой с юстировочным отверстием.
 - (5.4) Используя юстировочные винты, обеспечить расположение изображения в центре перекрестья.
 - (5.5) Открыть камеру, убрав крышку. На экране должно появиться изображение фокальных пятен линзового раstra.
 - (5.6) Обеспечить положение изображения фокальных пятен раstra в центре видеокамеры.
 - (5.7) Из пункта меню программы **Justify/Display Mode** выбрать опцию **Cells Grid**.
 - (5.8) Воспользоваться опцией **Grid Location**, которая обеспечивает совмещение положения фокальных пятен с центрами опорной сетки в центральной области гартманограммы.
 - (5.9) Для получения результата измерения волнового фронта нажать кнопку **Close**. Результат измерения будет представлен в виде разложения по полиномам Цернике — см. пример на рис. 4.
 - (5.10) Перемещая видеокамеру вдоль оптической оси, найти её положение, при котором коэффициент Цернике **Zern3** принимает наименьшее значение.
 - (5.11) Юстируя входную линзу при помощи юстировочных винтов оправы, минимизировать аберрации, описываемые коэффициентами Цернике **Zern4**, **Zern5**, **Zern6** **Zern7**.
 - (5.12) Сохранить данные об опорном волновом фронте для имеющейся конфигурации ДВФ.
6. Завершить работу с программой при помощи кнопки **Exit**.
 7. Выключить элементы лабораторной установки.

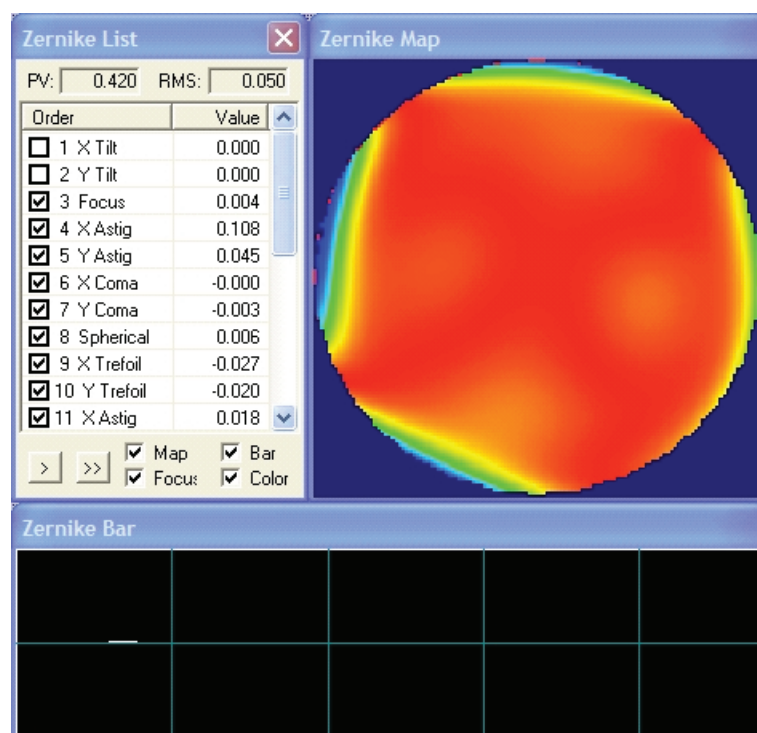


Рис. 4. Коэффициенты Цернике и фазовая поверхность [1].

III. Содержание отчёта

- Цель работы;
- приборы и оборудование;
- схема установки для калибровки ДВФ;
- описание поэтапного процесса предварительной юстировки ДВФ;
- описание поэтапного процесса точной юстировки ДВФ;
- выводы.

Лабораторная работа №2. Коррекция аберраций лазерного излучения с использованием метода фазового сопряжения и методов апертурного зондирования

Цель работы: Познакомиться с принципами исправления искажений волнового фронта лазерного излучения.

Приборы и оборудование: отъюстированный датчик волнового фронта ДВФ-35, корректор волнового фронта КВФ-40-32, He-Ne лазер, персональный компьютер с предустановленным программным обеспечением для АОС.

I. Корректор волнового фронта: биморфное деформируемое зеркало

В настоящей установке используется корректор волнового фронта КВФ-40-32 на основе биморфного деформируемого зеркала. Конструктивно биморфное деформируемое зеркало представляет собой пластину в форме диска, состоящую из трёх слоёв. Схематично сечение БДЗ в плоскости, перпендикулярной пластине зеркала, представлено на рис. 5а. Верхний слой (1) выполнен из кварцевого стекла и с одной стороны покрыт отражающим материалом (металлом). Два граничащих между собой нижних слоя, (2) и (3), выполнены из керамического материала с пьезоэлектрическими свойствами.

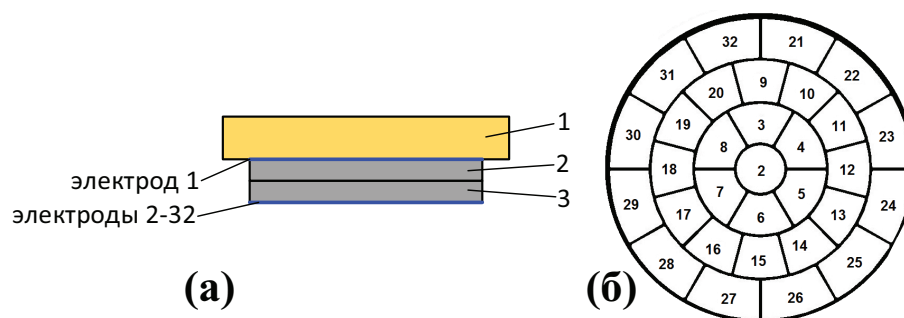


Рис. 5. (а) — Схематическое изображение поперечного сечения БДЗ. Слой 1 — кварцевая подложка, слои 2 и 3 — пьезокерамические пластины. (б) — Схема расположения электродов на внешней пьезокерамической пластине [1].

Управление формой зеркала осуществляется приданием локальных деформации (изгиба) пластинам зеркала в заданных точках. Для придания деформаций используется

обратный пьезоэлектрический эффект, проявляющийся в общем случае как изменение размеров материала под воздействием внешнего электрического поля. Применительно к БДЗ пьезоэффект приводит к растяжению либо сжатию пьезоматериала вдоль пластины зеркала под влиянием электрического поля \mathbf{E} , приложенного в поперечном направлении. Связь деформации с полем задаётся выражением $\mathbf{e} = d_{ij}\mathbf{E}$, где d_{ij} – компоненты тензора пьезоэлектрического модуля.

Керамический слой (2) со стороны, прилегающей к слою (1), покрыт сплошным электродом. На внешнюю поверхность слоя (3) заданным образом нанесена сетка управляющих электродов — см. рис. 5б. Каждый электрод обладает собственной функцией отклика, которая определяет изменение формы зеркала как результат воздействие единичного электрического напряжения на данный электрод при том, что напряжения на других электродах равны нулю.

Биморфное деформируемое зеркало установлено в металлический корпус; контакты электродов подключены к встроенному в корпус электрическому разъёму.

Технические характеристики корректора волнового фронта КВФ-40-32 приведены в таблице 4.

Таблица 4. Технические характеристики КВФ-40-320

Количество управляющих электродов	32
Диапазон управляющих напряжений	-220 В ÷ +300 В
Отражающее покрытие	Ag
Коэффициент отражения	от 98%
Диаметр слоя (1)	40 мм
Световая апертура зеркала	35 мм
Материал слоя (1)	стекло ЛК-7
Диаметр слоёв (2) и (3)	40 мм
Материал слоёв (2) и (3)	пьезокерамика ПКР-7м
Толщина слоёв (2) и (3)	400 мкм
Полная толщина зеркала	3 мм
Габариты корпуса КВФ	∅60 мм × 50 мм
Масса КВФ	0.2 кг

II. Ход работы

Замечания: 1. Перед началом выполнения работы ознакомиться с инструкцией пользователя АОС для коррекции излучения лазера [1].

2. Каждая манипуляция с программой управления установкой должна фиксироваться скриншотом (снимком экрана). Скриншоты должны быть размещены в отчёте о выполнении лабораторной работы.

1. Выполнить монтаж установки в соответствии со схемой 1.
2. Включить лазер, ДВФ, КВФ и запустить программу управления установкой CL807-32-034.exe.
3. Воспользовавшись пунктом меню программы **Response Functions**, загрузить функцию отклика. Вместе с функцией отклика автоматически загрузиться и опорный волновой фронт.
4. Выполнить коррекцию волнового фронта излучения лазера.
 - (4.1) Нажать кнопку **Start Work from CCD**.
 - (4.2) Вызывать диалог **Justify**. На экране появится набор окон, позволяющих осуществлять контроль коррекции волнового фронта. Это окно **Livelmage**, которое содержит демонстрируемое в реальном времени видео изображения фокальных пятен линзового раstra на сетке опорного волнового фронта; окно **Control Unit** с информацией о состоянии электродов и управляющих напряжениях блока управления; окно **Zernike Map**, содержащее интерферограмму фазовой поверхности волнового фронта; окно **Zernike List** с коэффициентами разложения волнового фронта по полиномам Цернике; окно **Zernike Bar** с графической диаграммой коэффициентов Цернике; окно **Focal Spot** с приближённой оценкой распределения интенсивности в дальней зоне.
 - (4.3) Вручную изменяя напряжения на электродах в окне **Control Unit**, добиться наименьших значений коэффициентов Цернике от **Zern3** до **Zern7**.
 - (4.4) При помощи кнопки **Save Voltages** сохранить текущие напряжения в файл.
5. Завершить работу с программой при помощи кнопки **Exit**.
6. Выключить элементы лабораторной установки.

III. Содержание отчёта

- Цель работы;
- приборы и оборудование;
- схема установки для коррекции aberrаций волнового фронта;
- описание поэтапного процесса коррекции aberrаций;
- выводы.

Лабораторная работа №3. Управление параметром качества (M^2 -параметра) лазерного пучка

Цель работы: познакомиться с методом оценки качества лазерного пучка при помощи M^2 -датчика.

Приборы и оборудование: M^2 -датчик, He-Ne лазер, персональный компьютер с предустановленным программным обеспечением для АОС.

В составе M^2 -датчика: масштабирующий телескоп, приспособления для смены линз, ПЗС-камера.

I. M^2 -датчик

Схематично M^2 -датчик изображён на рис. 6. Его составные элементы следующие.

– Масштабирующий телескоп (1), который позволяет уменьшить размеры коллимированного пучка до требуемого значения — 2.5 мм. Параметры телескопа приведены в таблице 5.

– Устройство для смены линз револьверного типа, которое позволяет в заданном порядке помещать две линзы в одну и ту же плоскость оптического тракта. В настоящей работе используются линзы с диаметром 25 мм и фокусными расстояниями 200 мм и 400 мм.

– Чёрно-белая ПЗС-видеокамера DMK23G455. Параметры камеры приведены в таблице 6.

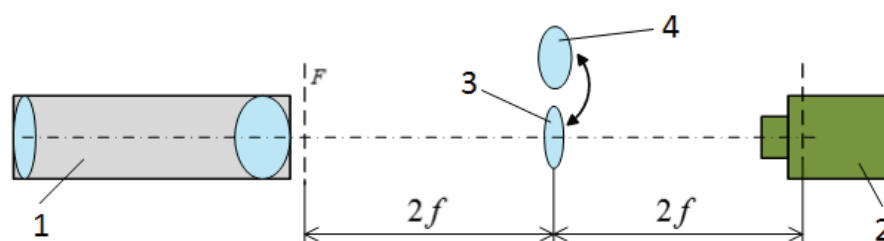


Рис. 6. Схема определения параметра качества M^2 при помощи двух линз. 1 — масштабирующий телескоп, 2 — ПЗС-камера, 3 — линза с фокусным расстоянием $2f$, 4 — линза с фокусным расстоянием f .

Таблица 5. Характеристики масштабирующего телескопа

Увеличение	15.7
Первая линза	сферическая, \varnothing 50 мм, фокусное расстояние 500 мм
Вторая линза	сферическая, \varnothing 50 мм, фокусное расстояние 31.8 мм

Таблица 6. Характеристики ПЗС-видеокамеры DMK23G455

Размер кристалла	1/3 дюйма
Рабочий диапазон длин волн	400 нм – 1100 нм
Максимальное разрешение	1280 × 960 пикселей
Размер пикселя	3.75 мкм × 3.75 мкм
Частота обновления кадров	30 Гц

Качество лазерного пучка характеризуется параметром M^2 и углом расходимости θ . Для измерения диаметра перетяжки пучка d_0 используется фокусирующая линза (4) на рис. 6 с фокусным расстоянием f , которая расположена на удалении $2f$ от задней фокальной плоскости выходной линзы масштабирующего телескопа. В соответствии с положениями геометрической оптики изображение перетяжки будет располагаться на расстоянии $2f$ от линзы. Для измерения угла расходимости θ используется линза (3) с фокусным расстоянием $2f$: в её фокальной плоскости измеряется диаметр пучка d_f . Выражения для угла расходимости и параметра M^2 следующие:

$$\theta = \frac{d_f}{f}, \quad M^2 = \frac{\pi}{4\lambda_0} n d_0 \theta,$$

где λ_0 и n – длина волны излучения лазера и показатель преломления материала линзы соответственно. Для вычисления диаметра пучка в эксперименте регистрируется распределение интенсивности при помощи ПЗС-камеры.

II. Ход работы

Замечания: 1. Перед началом выполнения работы ознакомиться с инструкцией пользователя АОС для коррекции излучения лазера [1].

2. Каждая манипуляция с программой управления установкой должна фиксироваться скриншотом (снимком экрана). Скриншоты должны быть размещены в отчёте о выполнении лабораторной работы.

1. Выполнить монтаж M^2 -датчика в соответствии со схемой 6.
2. Обеспечить ввод излучения лазера во входной зрачок масштабирующего телескопа.
3. Запустить программу управления установкой CL807-32-034.exe.
4. Выполнить оценку качества лазерного излучения.
 - (4.1) В пункте меню **Settings** задать длину волны излучения лазера.
 - (4.2) Задать фокусное расстояние фокусирующей линзы — **Focal Length**.
 - (4.3) Задать размер пикселя в горизонтальном (**Horizontal Unit Sell Size**) и вертикальном (**Vertical Unit Sell Size**) направлениях.
 - (4.4) С помощью кнопки **Open** загрузить изображение пучка в ближней зоне.
 - (4.5) Нажать кнопку **Calculation**.
 - (4.6) С помощью кнопки **Open** загрузить изображение пучка в дальней зоне.
 - (4.7) Нажать кнопку **Calculation**.
 - (4.8) Последовательно нажать кнопки **Divergence Angle** и **M2**. В результате на панели **Data** отобразятся рассчитанные значения угла расходимости θ и параметра качества пучка M^2 .
5. Завершить работу с программой при помощи кнопки **Exit**.
6. Выключить элементы лабораторной установки.

III. Содержание отчёта

- Цель работы;
- приборы и оборудование;
- схема M^2 -датчика;
- описание поэтапного процесса измерения угла расходимости и параметра качества лазерного излучения;
- выводы.

Лабораторная работа №4. Электронная система управления биморфными зеркалами

Цель работы: Познакомиться с устройством электронного блока управления ЭСУ-32-300.

Приборы и оборудование: электронный блок управления ЭСУ-32-300, персональный компьютер с предустановленным программным обеспечением для АОС.

I. Электронный блок управления

Для управления формой БДМ используется электронный блок ЭСУ-32-300. Он обеспечивает изменение управляющих напряжений на электродах зеркала в соответствии с сигналами от ДВФ о форме волнового фронта излучения. Характеристики электронного блока приведены в таблице 7.

Таблица 7. Характеристики электронного блока ЭСУ-32-300

Число управляемых каналов	32 (соответствует количеству управляющих электродов КВФ)
Выходные напряжения	20 –300 В до 300 В
Напряжение питания	220 В, 50 Гц
Габариты	480 мм × 450 мм × 135
Масса	8.4 кг
Условия эксплуатации	Температура в диапазоне 15 ÷ 25 °С, влажность не более 80%, отсутствие пыли и паров агрессивных веществ.

II. Ход работы

Замечания: 1. Перед началом выполнения работы ознакомиться с инструкцией пользователя АОС для коррекции излучения лазера [1].

2. Каждая манипуляция с программой управления установкой должна фиксироваться скриншотом (снимком экрана). Скриншоты должны быть размещены в отчёте о выполнении лабораторной работы.

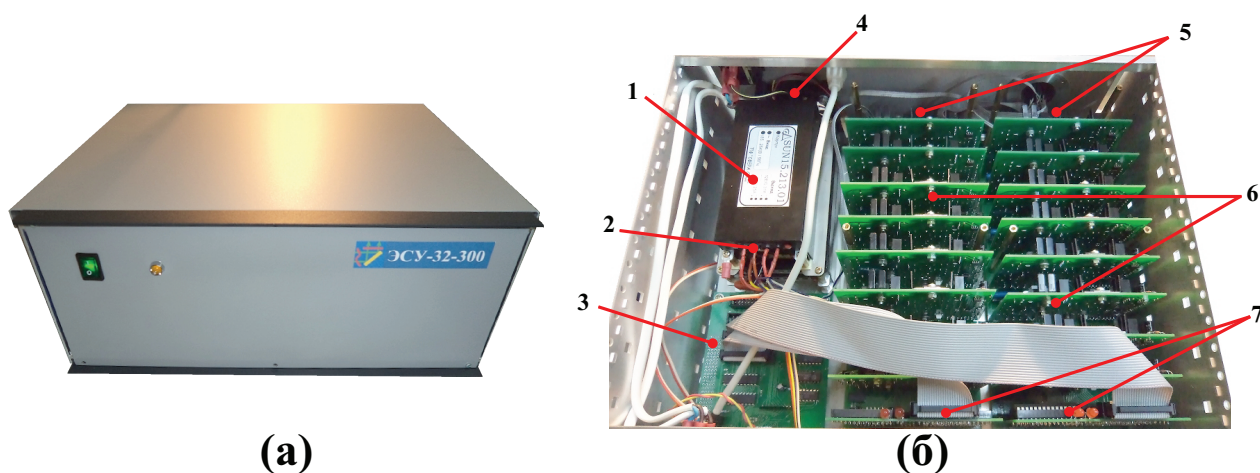


Рис. 7. а) Фотография электронного блока управления. б) Расположение основных компонентов блока [1].

Предупреждение: В блоке имеются опасные для жизни напряжения. Не разрешается включение блока без защитного кожуха, а также снятие защитного кожуха во время работы блока.

Часть 1. Ознакомление с внутренним устройством электронного блока

1. Визуально осмотреть блок снаружи. Фотография внешнего вида блока представлена на рис. 7а.
2. Снять боковые панели блока. Использовать для этих целей отвертку с плоским шлицем.
3. Отвинтить фиксирующие верхнюю крышку винты.
4. Снять верхнюю крышку.
5. Осмотреть внутреннее содержание блока, сравнить с фотографией, представленной на рис. 7б. На фотографии обозначены следующие узлы: (1) – низковольтные импульсные источники питания (+12 В, -12 В и +5 В), (2) – высоковольтные импульсные источники питания (-300 В и +300 В), (3) – контроллер USB для связи с компьютером, (4) – вентилятор охлаждения, (5) – высоковольтные усилители каналов 1...32, (6) – кросс-плата, (7) – платы ЦАП.
6. Вернуть блок в рабочее состояние, выполнив пункты 1–4 сего перечня в обратной последовательности.

Часть 2. Эксплуатация электронного блока

- Подключение блока
 1. Установить блок вдали от источников тепла и прямых солнечных лучей. Убедиться, что вентиляционные отверстия блока открыты.
 2. При помощи входящих в комплект кабелей установить соединения блока с КВФ и компьютером.
 3. Подключить блок к сети с помощью сетевого кабеля. Сетевая розетка и кабель питания должны обеспечивать надежное заземление устройств.
- Включение блока
 1. Включить компьютер, запустить программу CU32LPo.exe.
 2. При помощи тумблера на передней панели блока включить источник питания. Выждать 5 секунд перед выполнением следующего действия.
 3. В основном окне программы нажать **HV On**, чтобы подать высокое напряжение на усилители блока. В случае исправности блока на его передней панели загорится светодиод желтого цвета, а на экране появится надпись **HV On!**.
 4. Выбрать **Driver Info** в пункте меню **View** для вывода информации о блоке управления.
- Завершение работы с блоком.
 1. На диалоговой панели **Voltage** нажать кнопку **HV Off** для того, чтобы снять высокое напряжение с выходных усилителей блока.
 2. Отжать тумблер на задней панели блока.
 3. Завершить работу с программой при помощи кнопки **Exit**.

III. Содержание отчёта

- Цель работы;
- приборы и оборудование;
- схематичное изображение расположения основных компонентов блока управления;
- описание этапов подключения и включения блока, завершения работы с блоком;
- выводы.

Лабораторная работа №5. Алгоритмы и программная реализация управления элементами адаптивной оптической системы

Цель работы: Познакомиться с принципами программного управления элементами адаптивной оптической системы на примере программы оптимизации распределения мощности излучения в дальней зоне.

Приборы и оборудование: датчик волнового фронта ДВФ-35, юстировочный He-Ne лазер, корректор волнового фронта КВФ-40-32, электронный блок управления ЭСУ-32-300, персональный компьютер с предустановленным программным обеспечением для АОС.

I. Ход работы

Замечания: 1. Перед началом выполнения работы ознакомиться с инструкцией пользователя АОС для коррекции излучения лазера [1].

2. Каждая манипуляция с программой управления установкой должна фиксироваться скриншотом (снимком экрана).

Скриншоты должны быть размещены в отчёте о выполнении лабораторной работы.

1. Выполнить монтаж установки в соответствии со схемой 1.
2. Включить лазер, ДВФ, КВФ и запустить программу управления установкой.
3. Включить программу автоматической коррекции искажений волнового фронта, не подавая при этом высокого напряжения на БДЗ.
4. Включить программу оптимизации лазерного излучения в дальней зоне, также не подавая высокого напряжения на БДЗ
5. В программе автоматической коррекции искажений поставить флажок **Auto Save/Load Voltage** в панели **Properties** — см. пример на рис. 8.
6. Выполнить аналогичное действие в программе оптимизации лазерного излучения — см. пример на рис. 9.

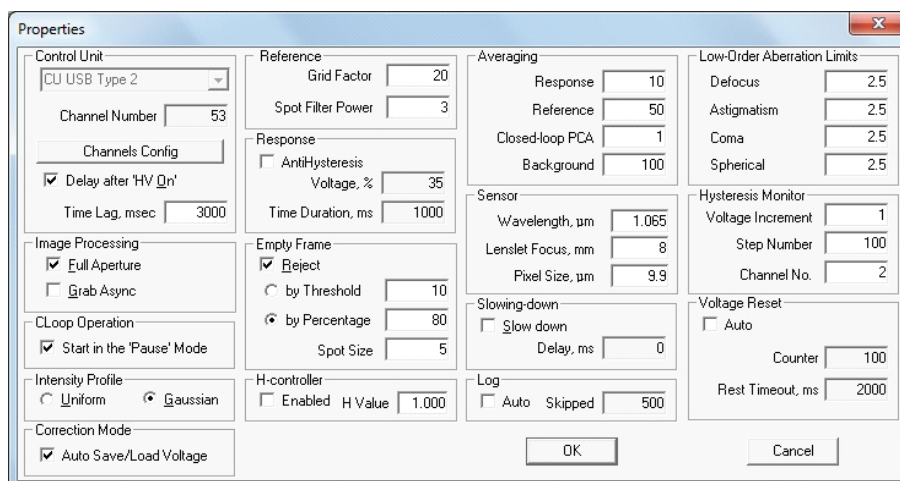


Рис. 8. Общие настройки системы в программе автоматической коррекции искажений [1].

7. При помощи программы автоматической коррекции искажений получить излучение с максимально близким к плоскому волновым фронтом. Для этого в соответствующем окне нажать кнопку **Resume**.
8. По завершении коррекции нажать кнопку **Pause**.
9. Предать управление программе оптимизации излучения. Для этого нажать в соответствующем окне кнопку **Resume**. Далее контролировать улучшение распределения интенсивности средствами этой же программы. По достижении приемлемого результата нажать кнопку **Pause**.
10. Завершить работу с программой при помощи кнопки **Exit**.
11. Выключить элементы лабораторной установки.

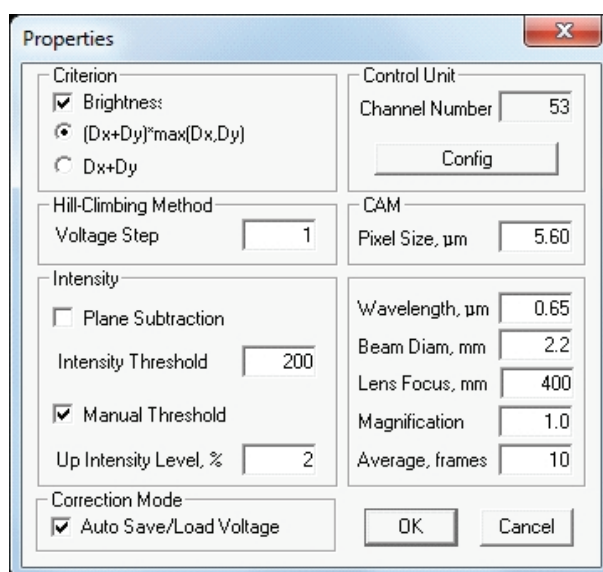


Рис. 9. Настройки системы в программе оптимизации лазерного излучения [1].

II. Содержание отчёта

- Цель работы;
- приборы и оборудование;
- схема установки;
- описание поэтапного процесса оптимизации распределения мощности лазерного излучения в дальней зоне;
- выводы.

Список литературы

1. Адаптивная Оптическая Система для коррекции излучения лазера. Техническое описание. Инструкция пользователя. – М.: ООО «Институт Адаптивной Оптики», 2014. – 63 с.
2. Jin-Seok Lee. Wavefront error measurement of high-numerical-aperture optics with a Shack–Hartmann sensor and a point source / Ho-Soon Yang, Jae-Won Hahn // Applied Optics. – 2007. – Vol. 46. – P. 1411–1415.
3. Thorlabs. Optical Wavefront Sensors (Shack-Hartmann Sensors). WFS Series. Operation Manual [Text]. – Version: 3.5. – Thorlabs GmbH, Date: March 27, 2012. – 152 pp.