Циклографическое моделирование решений задач геометрической оптики на плоскости

**Человек:** Предметом исследования являются оптические преобразования пар базовых геометрических объектов на плоскости, моделирующих различные источники излучения. В общем случае, при решении задач геометрической оптики на плоскости выделяют задачу преобразования одного пучка лучей в другой, например, преобразования лучей точечного источника в систему параллельных лучей. Такие задачи требуют создания сравнительно простого метода, основанного на законах геометрической оптики и позволяющего получать отражательные линии определенной геометрии, соответствующие заданным исходным данным. Получение отражательной линии для разных комбинаций преобразования центрального, параллельного и рассеянного пучка прямых в данной работе базируется на методе циклографического отображения. Метод основан на оптических свойствах циклографической модели пространственной кривой линии и позволяет получать отражательные кривые различной формы при оптических преобразованиях пучков прямых. Использование данного метода при построении системы "источник-приемник" дает возможность выбора приемника (или источника) из множества приемников (источников) при одной и той же отражательной линии. Проведенное исследование показало, что метод циклографического отображения позволяет сравнительно просто получать отражательные линии при оптических преобразованиях различных пучков лучей, при этом аналитический алгоритм даёт возможность получать параметрические уравнения данной линии. Результаты работы могут быть использованы при проектировании различных оптических систем в антенной, лазерной и светотехнической областях промышленности.

**Key words:** Оптические преобразования, геометрическая оптика, пучок лучей, циклографическое отображение, отражательные линии, эвольвента, эволюта, линейчатая поверхность, линия пересечения, пространственная визуализация

=================================

**FastText\_KMeans\_Clean:** II. Постановка задачи. Способ получения отражательной линии для всех пар базовых геометрических объектов из таблицы 1 в данной работе основан на методе циклографического отображения. Для рассеянного пучка прямых, задаваемого на плоскости некоторой кривой линией , строится линейчатая α-поверхность с образующими, которые расположены под углом равным 45 к плоскости (рис. 2). Например, при преобразовании одного центрального пучка в другой, где каждому пучку соответствует некоторый α-конус, меняя координату любого из α-конусов, а соответственно и радиус его основания, можно также получить однопараметрическое множество отражательных линий (в данном случае, эллипсов или гипербол). IV. Результаты экспериментов.

**Key words part:** 0.6666666666666666

=================================

**FastText\_KMeans\_Raw/:** Одной из основных задач геометрической оптики является изучение оптических систем, выполняющих оптические преобразования излучения (например, электромагнитного), поступающего от первичного источника, заданного пучком лучей, в другой пучок [1]. Такой конус назван α-конусом [10]. Стоит также отметить, что каждая из подобных окружностей на плоскости проекций в циклографической теории называется циклом и имеет направление, которое определяется положением точки в пространстве: если координата положительна, тогда цикл имеет направление против часовой стрелки, если же наоборот, координата отрицательна, тогда цикл направлен по часовой стрелке [7, 8, 9, 10]. Например, в случае с двумя центральными пучками прямых при расположении вершины одного конуса ниже плоскости проекций (координата вершины конуса отрицательна), а другого – выше плоскости проекций, линия пересечения этих конусов будет представлять собой кривую второго порядка, а именно, эллипс (см. рис.3а). V. Обсуждение результатов. Из вышеприведенного можно сказать, что метод циклографического отображения позволяет решать все шесть случаев оптических преобразований, представленных в таблице 1, при этом в вычислительном плане решение данной задачи является достаточно простым.

**Key words part:** 0.7037037037037037

=================================

**FastText\_PageRank\_Clean/:** II. Постановка задачи. Такой конус назван α-конусом [10]. Условное изображение соответственных пучков. Рис.1. Циклографическая проекция кривой линии. Условно примем центральный пучок за источник излучения, а рассеянный – за приемник. IV. Результаты экспериментов. V. Обсуждение результатов. VI. Выводы и заключение.

**Key words part:** 0.4814814814814815

=================================

**FastText\_PageRank\_Raw/:** II. Постановка задачи. Такой конус назван α-конусом [10]. Условное изображение соответственных пучков. Отражательные линии оптических преобразований. Рис.1. Циклографическая проекция кривой линии. IV. Результаты экспериментов. V. Обсуждение результатов. VI. Выводы и заключение.

**Key words part:** 0.5925925925925926

=================================

**Mixed\_ML\_TR/:** Такие поверхности востребованы в системах светотехники, радиолокации, оптики, лазерных, теле- и радиокоммуникационных системах и т.п. В современной антенной технике наличие отражательных поверхностей помогает решать задачи навигации, картографии, определения координат цели и пр. Таблица 1 - Схемы оптических преобразований пучков прямых. Как видно из вышеизложенного, одна из линий циклографической проекции пространственной кривой – линия , может исполнять роль источника, другая - приемника излучения, а отражателем является ортогональная проекция исходной пространственной кривой, т.е. линия [12]. После выбора исходной пары пучков прямых для оптического преобразования, необходимо поставить каждому пучку прямых в соответствие его циклографический образ и найти ортогональную проекцию линии пересечения данных образов. Рассмотрим на плоскости преобразование центрального пучка прямых K в рассеянный пучок, который задан некоторой кривой линией на плоскости проекций . Мнимые применики, как видно из рис. 5, не могут быть использованы для конструирования реальной системы "источник–приемник", поскольку они расположены непосредственно за отражательной линией. Получение отражательной линии при оптическом преобразовании рассеянного пучка прямых в другой рассеянный пучок. В работе рассмотрено применение метода циклографического отображения для решения задач геометрической оптики на плоскости.

**Key words part:** 0.7777777777777778

=================================

**MultiLingual\_KMeans/:** Такие поверхности востребованы в системах светотехники, радиолокации, оптики, лазерных, теле- и радиокоммуникационных системах и т.п. В современной антенной технике наличие отражательных поверхностей помогает решать задачи навигации, картографии, определения координат цели и пр. Таблица 1 - Схемы оптических преобразований пучков прямых. Как видно из вышеизложенного, одна из линий циклографической проекции пространственной кривой – линия , может исполнять роль источника, другая - приемника излучения, а отражателем является ортогональная проекция исходной пространственной кривой, т.е. линия [12]. Мнимые применики, как видно из рис. 5, не могут быть использованы для конструирования реальной системы "источник–приемник", поскольку они расположены непосредственно за отражательной линией. В работе рассмотрено применение метода циклографического отображения для решения задач геометрической оптики на плоскости.

**Key words part:** 0.7407407407407407

=================================

**Multilingual\_PageRank/:** Из наиболее перспективных направлений применения данных поверхностей можно выделить ряд энергетически затратных космических задач, таких как уничтожение космического мусора, получения энергии в космосе с передачей ее на Землю, освещение Земли с орбиты [4]. Остальные случаи на сегодняшний день либо мало исследованы, либо не исследованы вовсе и получение отражательных линий и поверхностей для них является актуальной задачей. Мнимые применики, как видно из рис. 5, не могут быть использованы для конструирования реальной системы "источник–приемник", поскольку они расположены непосредственно за отражательной линией. Полумнимые приемники, пересекающие отражательную линию, могут быть использованы лишь частично. Последний случай в табл.1, преобразование рассеянного пучка прямых в другой рассеянный пучок с заданными параметрами, на сегодняшний день является наименее изученным в научной литературе. IV. Результаты экспериментов. Визуализация примера, представленного на рисунках 4 и 5, выполнена средствами компьютерной алгебры. VI. Выводы и заключение.

**Key words part:** 0.5925925925925926

=================================

**RuBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** Оптические преобразования широко используются в решение задач получения линий и поверхностей различной геометрии с отражательными свойствами. Найденная линия будет являться искомой отражательной линией для данной выбранной пары преобразования пучков в системе "источник – приемник". Например, в случае с двумя центральными пучками прямых при расположении вершины одного конуса ниже плоскости проекций (координата вершины конуса отрицательна), а другого – выше плоскости проекций, линия пересечения этих конусов будет представлять собой кривую второго порядка, а именно, эллипс (см. рис.3а). Приведенные на рис. 3 случаи оптических преобразований нашли наибольшее применение в сфере радиолокации и антенной техники [1, 2, 13].

**Key words part:** 0.6296296296296297

=================================

**RuBERT\_KMeans\_With\_ST/:** В задаче циклографического моделирования линий и поверхностей с отражательными свойствами возникают две задачи: прямая и обратная. Ортогональная проекция (линия центров циклов) будет искомой отражательной линией [11]. Множественность выбора приемников (или источников) возможна не только в паре базовых геометрических объектов оптического преобразования центральныйрассеянный пучок, но и в любом из приведенных случаев в таблице 1. Здесь, как и в выше приведенном случае необходимо найти линию пересечения двух α-поверхностей (каждая из которых выполняет циклографические отображения соответствующей пространственной кривой линии a или b на плоскость ). V. Обсуждение результатов.

**Key words part:** 0.7777777777777778

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Условно примем центральный пучок за источник излучения, а рассеянный – за приемник. Полученное множество эвольвент-приемников условно можно разделить на три типа: мнимые, полумнимые и действительные (рис. 5). IV. Результаты экспериментов. V. Обсуждение результатов. VI. Выводы и заключение.

**Key words part:** 0.3703703703703704

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** Пары базовых геометрических объектов оптического преобразования. Отражательные линии оптических преобразований. IV. Результаты экспериментов. V. Обсуждение результатов. VI. Выводы и заключение.

**Key words part:** 0.5555555555555556

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** В работах [3,5,6] изложены методы и алгоритмы расчета и проектирования отражателей различных форм (параболических, эллиптических, сложных криволинейных, составных и др.). Для решения обратной задачи необходимо каждому из типов пучков прямых поставить в соответствие их пространственный циклографический образ. Каждая образующая проходит через пару соответственных точек, одна из которых принадлежит линии , а другая – пространственной линии с ее ортогональной проекцией , при этом ордината каждой точки линии представляет собой радиус кривизны линии в соответствующей ее точке, а линия есть эволюта линии . VI. Выводы и заключение.

**Key words part:** 0.5555555555555556

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_With\_ST/:** На рис. 3б представлены оптические преобразования центрального и параллельного пучка прямых. Приведенные на рис. 3 случаи оптических преобразований нашли наибольшее применение в сфере радиолокации и антенной техники [1, 2, 13]. Лучи к каждой из полученных эвольвент-приемников, отраженные от отражательной линии будут направлены по нормали (поскольку все они являются эвольвентами одной эволюты), из чего можно сделать вывод, что каждая эвольвента является приемником, что в свою очередь дает возможность оптимизационного выбора при построении системы оптического преобразования "источник-приемник". Здесь, как и в выше приведенном случае необходимо найти линию пересечения двух α-поверхностей (каждая из которых выполняет циклографические отображения соответствующей пространственной кривой линии a или b на плоскость ). Для визуализации оптического преобразования, представленного на рис.6, использованы следующие алгебраические кривые:. V. Обсуждение результатов. Данный метод показал, что для любой пары исходных пучков прямых, заданных как источник и приемник, можно найти отражательную линию, в том числе и для ранее не исследованных в научной литературе случаев.

**Key words part:** 0.8518518518518519

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** II. Постановка задачи. Мнимые применики, как видно из рис. 5, не могут быть использованы для конструирования реальной системы "источник–приемник", поскольку они расположены непосредственно за отражательной линией. IV. Результаты экспериментов. V. Обсуждение результатов. VI. Выводы и заключение.

**Key words part:** 0.4444444444444444

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** II. Постановка задачи. Условное изображение соответственных пучков. IV. Результаты экспериментов. V. Обсуждение результатов. VI. Выводы и заключение.

**Key words part:** 0.3703703703703704

=================================

**Simple\_PageRank/:** Такие поверхности востребованы в системах светотехники, радиолокации, оптики, лазерных, теле- и радиокоммуникационных системах и т.п. В современной антенной технике наличие отражательных поверхностей помогает решать задачи навигации, картографии, определения координат цели и пр. Каждая образующая проходит через пару соответственных точек, одна из которых принадлежит линии , а другая – пространственной линии с ее ортогональной проекцией , при этом ордината каждой точки линии представляет собой радиус кривизны линии в соответствующей ее точке, а линия есть эволюта линии . Например, при преобразовании одного центрального пучка в другой, где каждому пучку соответствует некоторый α-конус, меняя координату любого из α-конусов, а соответственно и радиус его основания, можно также получить однопараметрическое множество отражательных линий (в данном случае, эллипсов или гипербол). Здесь, как и в выше приведенном случае необходимо найти линию пересечения двух α-поверхностей (каждая из которых выполняет циклографические отображения соответствующей пространственной кривой линии a или b на плоскость ). Из вышеприведенного можно сказать, что метод циклографического отображения позволяет решать все шесть случаев оптических преобразований, представленных в таблице 1, при этом в вычислительном плане решение данной задачи является достаточно простым. Достоверность результатов подтверждается решением первых двух случаев, где в качестве отражательной линии получаются эллипс и парабола, которые находят широкое применение в различных сферах промышленности.

**Key words part:** 0.7777777777777778

=================================

**TextRank/:** После выбора исходной пары пучков прямых для оптического преобразования, необходимо поставить каждому пучку прямых в соответствие его циклографический образ и найти ортогональную проекцию линии пересечения данных образов. Найденная линия будет являться искомой отражательной линией для данной выбранной пары преобразования пучков в системе "источник – приемник". Рассмотрим на плоскости преобразование центрального пучка прямых K в рассеянный пучок, который задан некоторой кривой линией на плоскости проекций . Лучи к каждой из полученных эвольвент-приемников, отраженные от отражательной линии будут направлены по нормали (поскольку все они являются эвольвентами одной эволюты), из чего можно сделать вывод, что каждая эвольвента является приемником, что в свою очередь дает возможность оптимизационного выбора при построении системы оптического преобразования "источник-приемник". Например, при преобразовании одного центрального пучка в другой, где каждому пучку соответствует некоторый α-конус, меняя координату любого из α-конусов, а соответственно и радиус его основания, можно также получить однопараметрическое множество отражательных линий (в данном случае, эллипсов или гипербол). Получение отражательной линии при оптическом преобразовании рассеянного пучка прямых в другой рассеянный пучок.

**Key words part:** 0.7407407407407407

=================================

**TF-IDF\_KMeans/:** В научной литературе решение данной задачи, как правило, встречается при проектировании отражательных линий и поверхностей простой геометрической формы. Рис.1. Циклографическая проекция кривой линии. Найденная линия будет являться искомой отражательной линией для данной выбранной пары преобразования пучков в системе "источник – приемник". На рис. 3б представлены оптические преобразования центрального и параллельного пучка прямых. Приведенные на рис. 3 случаи оптических преобразований нашли наибольшее применение в сфере радиолокации и антенной техники [1, 2, 13]. Уравнение линии и полученной пространственной линии приводят к уравнению линейчатой α-поверхности Φ :. От пространственных образов переходим к их проекциям на плоскости проекций . Принимая во внимание, что исходная кривая является эвольвентой по отношению к кривой , можно построить однопараметрическое множество эвольвент, используя известные формулы в дифференциальной геометрии [14]:.

**Key words part:** 0.7777777777777778

=================================

**Текст:** Геометрическую оптику можно рассматривать как предельный случай физической, когда длина световой волны стремиться к нулю, поэтому для разработки оптических устройств, в которых не требуется исследование физических свойств создаваемого объекта, единственным приемлемым средством являются методы геометрической оптики. Одной из основных задач геометрической оптики является изучение оптических систем, выполняющих оптические преобразования излучения (например, электромагнитного), поступающего от первичного источника, заданного пучком лучей, в другой пучок [1].. Оптические преобразования широко используются в решение задач получения линий и поверхностей различной геометрии с отражательными свойствами. Такие поверхности востребованы в системах светотехники, радиолокации, оптики, лазерных, теле- и радиокоммуникационных системах и т.п. В современной антенной технике наличие отражательных поверхностей помогает решать задачи навигации, картографии, определения координат цели и пр. [2]. В области светотехники подобные поверхности находят широкое применение в полиграфии, а именно, в системах ультрафиолетового излучения для создания равномерной освещенности на заданной поверхности [3]. Из наиболее перспективных направлений применения данных поверхностей можно выделить ряд энергетически затратных космических задач, таких как уничтожение космического мусора, получения энергии в космосе с передачей ее на Землю, освещение Земли с орбиты [4].. В работах [3,5,6] изложены методы и алгоритмы расчета и проектирования отражателей различных форм (параболических, эллиптических, сложных криволинейных, составных и др.). Геометрические формы образующей линии отражателя в данных системах требует решения систем линейных или дифференциальных уравнений, что делает решение данной задачи достаточно трудоёмким процессом. В научной литературе решение данной задачи, как правило, встречается при проектировании отражательных линий и поверхностей простой геометрической формы. Поэтому разработка геометрических моделей получения отражателей различных геометрических форм, в том числе и сложных, является актуальной задачей.. II. Постановка задачи. Геометрическая модель множеств лучей на плоскости может быть представлена в виде центрального, рассеянного или параллельного пучка прямых. В таблице 1 представлены возможные комбинации оптических преобразований данных пучков прямых. В научной литературе наибольшее исследование получили преобразования для первых двух случаев таблицы 1, результатом которых являются эллиптические и параболические отражатели, нашедшие наиболее широкое применение в различных областях промышленности. Остальные случаи на сегодняшний день либо мало исследованы, либо не исследованы вовсе и получение отражательных линий и поверхностей для них является актуальной задачей.. III. Теория. Способ получения отражательной линии для всех пар базовых геометрических объектов из таблицы 1 в данной работе основан на методе циклографического отображения. Данный метод заключается в том, что некоторой точке пространства ставится в соответствие конус вращения. В месте пересечения данного конуса и плоскости проекций образуется окружность (основание конуса). В классической циклографии угол при вершине конуса равен 45, следовательно, высота конуса равна радиусу его основания. Такой конус назван α-конусом [10]. Стоит также отметить, что каждая из подобных окружностей на плоскости проекций в циклографической теории называется циклом и имеет направление, которое определяется положением точки в пространстве: если координата положительна, тогда цикл имеет направление против часовой стрелки, если же наоборот, координата отрицательна, тогда цикл направлен по часовой стрелке [7, 8, 9, 10].. Таблица 1 - Схемы оптических преобразований пучков прямых. №. Условное изображение соответственных пучков. Пары базовых геометрических объектов оптического преобразования. Отражательные линии оптических преобразований. 1.. . . . 2.. . . . 3.. . . . 4.. . . . 5.. . . . 6.. . . . . В задаче циклографического моделирования линий и поверхностей с отражательными свойствами возникают две задачи: прямая и обратная. В прямой задаче задана пространственная кривая (рис. 1) и требуется построить ее циклографическую модель. Результатом построения является огибающая однопараметрического множества циклов в основаниях проецирующих α-конусов, которая является циклографической проекцией кривой линии. Ортогональная проекция (линия центров циклов) будет искомой отражательной линией [11].. Обратная задача заключается в том, чтобы восстановить в пространстве кривую линию по ее циклографической модели.. Огибающие и и линия центров образуют триаду линий, обладающую оптическим свойством. Это свойство известно в научной литературе [7] для циклографической α-проекции кривой линии. Если принять линии , и в качестве профилей цилиндрических поверхностей , и соответственно, проецирующих относительно плоскости , то луч света, вышедший из излучающей поверхности по нормали к ней, например к , отразится от цилиндрической поверхности отражателя по нормали к поверхности . Как видно из вышеизложенного, одна из линий циклографической проекции пространственной кривой – линия , может исполнять роль источника, другая - приемника излучения, а отражателем является ортогональная проекция исходной пространственной кривой, т.е. линия [12].. . Рис.1. Циклографическая проекция кривой линии. Для решения обратной задачи необходимо каждому из типов пучков прямых поставить в соответствие их пространственный циклографический образ. Центральному пучку прямых соответствует любой α-конус, вершина которого ортогонально проецируется на плоскость проекций , и соответствует координатам самого центрального пучка. Для параллельного пучка прямых строится α-плоскость, образующие которой наклонены к плоскости проекций под углом 45°, а след данной плоскости является базовым геометрическим объектом для оптического преобразования. Для рассеянного пучка прямых, задаваемого на плоскости некоторой кривой линией , строится линейчатая α-поверхность с образующими, которые расположены под углом равным 45 к плоскости (рис. 2). Каждая образующая проходит через пару соответственных точек, одна из которых принадлежит линии , а другая – пространственной линии с ее ортогональной проекцией , при этом ордината каждой точки линии представляет собой радиус кривизны линии в соответствующей ее точке, а линия есть эволюта линии .. . Рис. 2. -поверхность Φ , как пространственный геометрический образ рассеянного пучка прямых. После выбора исходной пары пучков прямых для оптического преобразования, необходимо поставить каждому пучку прямых в соответствие его циклографический образ и найти ортогональную проекцию линии пересечения данных образов. Найденная линия будет являться искомой отражательной линией для данной выбранной пары преобразования пучков в системе «источник – приемник».. На рис. 3 представлены примеры двух наиболее изученных в научной литературе случаев, а именно преобразование центрального пучка прямых в центральный, и центрального в параллельный. Стоит также отметить, что результат будет меняться в зависимости от того, как по отношению к плоскости проекций расположены циклографические образы. Например, в случае с двумя центральными пучками прямых при расположении вершины одного конуса ниже плоскости проекций (координата вершины конуса отрицательна), а другого – выше плоскости проекций, линия пересечения этих конусов будет представлять собой кривую второго порядка, а именно, эллипс (см. рис.3а). А если вершины обоих конусов будут расположены, либо выше, либо ниже плоскости проекций , в таком случае линией их пересечения будет являться гипербола. На рис. 3б представлены оптические преобразования центрального и параллельного пучка прямых. В данном случае отражательная линия будет представлять собой параболу.. . Рис.3. Оптические преобразования: а) центрального пучка прямых в центральный; б) центрального пучка прямых в параллельный.. Приведенные на рис. 3 случаи оптических преобразований нашли наибольшее применение в сфере радиолокации и антенной техники [1, 2, 13].. Наиболее интересным случаем является задача фокусировки излучения в кривую линию заданной формы. Подобная задача возникает при расчёте лазерных и светотехнических систем различного назначения [5]. Рассмотрим на плоскости преобразование центрального пучка прямых K в рассеянный пучок, который задан некоторой кривой линией на плоскости проекций . Требуется найти отражательную линию для выполнения данного оптического преобразования. Условно примем центральный пучок за источник излучения, а рассеянный – за приемник. Отметим, что данные оптические преобразования являются взаимообратными, т.е. источник может быть приемником, а приемник - источником.. Центральному пучку прямых ставиться в соответствие α-конус Ψ с основанием некоторого радиуса R:. (1). Для определения уравнения линейчатой поверхности необходимо построить эволюту к заданной исходной кривой . Для этого воспользуемся известными в дифференциальной геометрии формулами определения эволюты [14]:. . . Радиусы кривизны в каждой точке данной эволюты позволяют восстановить пространственную линию . Для нахождения координаты каждой точки линии воспользуемся формулой [10]:. . Уравнение линии и полученной пространственной линии приводят к уравнению линейчатой α-поверхности Φ :. . (2). . Уравнения (1) и (2) позволяют получить параметрические уравнения линии s пересечения α-конуса Ψ и линейчатой α-поверхности Φ :. . Первые два уравнения полученной линии описывают ее ортогональную проекцию на плоскости , которая и будет являться искомой отражательной линией. На рис. 4 представлен пример пространственной визуализации получения отражательной линии s .. . Рис. 4. Пространственная визуализация определения отражательной линии для пары центрального и рассеянного пучка прямых. От пространственных образов переходим к их проекциям на плоскости проекций . На рис. 5 представлены ортогональные проекции пространственных образов источника, приемника и отражательной линии. Из рисунка следует, что лучи, вышедшие из источника (центрального пучка), при попадании на отражательную линию уходят по нормали к линии приемника (рассеянного пучка). В данном случае исходный заданный приемник является мнимым, так как расположен за отражательной линией. Принимая во внимание, что исходная кривая является эвольвентой по отношению к кривой , можно построить однопараметрическое множество эвольвент, используя известные формулы в дифференциальной геометрии [14]:. . . где – шаг смещения каждой последующей эвольвенты во множестве эвольвент .. Полученное множество эвольвент-приемников условно можно разделить на три типа: мнимые, полумнимые и действительные (рис. 5). Мнимые применики, как видно из рис. 5, не могут быть использованы для конструирования реальной системы «источник–приемник», поскольку они расположены непосредственно за отражательной линией. Полумнимые приемники, пересекающие отражательную линию, могут быть использованы лишь частично. Действительные приемники могут быть полноценно использованы при создании отражательных систем. Лучи к каждой из полученных эвольвент-приемников, отраженные от отражательной линии будут направлены по нормали (поскольку все они являются эвольвентами одной эволюты), из чего можно сделать вывод, что каждая эвольвента является приемником, что в свою очередь дает возможность оптимизационного выбора при построении системы оптического преобразования «источник-приемник».. . Рис. 5. Множество линий-приемников при оптическом преобразовании центрального пучка прямых в рассеяный. Множественность выбора приемников (или источников) возможна не только в паре базовых геометрических объектов оптического преобразования центральныйрассеянный пучок, но и в любом из приведенных случаев в таблице 1. Например, при преобразовании одного центрального пучка в другой, где каждому пучку соответствует некоторый α-конус, меняя координату любого из α-конусов, а соответственно и радиус его основания, можно также получить однопараметрическое множество отражательных линий (в данном случае, эллипсов или гипербол).. Последний случай в табл.1, преобразование рассеянного пучка прямых в другой рассеянный пучок с заданными параметрами, на сегодняшний день является наименее изученным в научной литературе. Эта задача также может быть решена при помощи метода циклографического моделирования. Здесь, как и в выше приведенном случае необходимо найти линию пересечения двух α-поверхностей (каждая из которых выполняет циклографические отображения соответствующей пространственной кривой линии a или b на плоскость ). Ортогональная проекция линии пересечения также будет являться отражательной линией для данной пары рассеянных пучков (см. рис. 6).. . Рис. 6. Получение отражательной линии при оптическом преобразовании рассеянного пучка прямых в другой рассеянный пучок. IV. Результаты экспериментов. Визуализация примера, представленного на рисунках 4 и 5, выполнена средствами компьютерной алгебры. Центральный пучок задан координатами вершины конуса: Для базового геометрического объекта модели рассеянного пучка была использована кривая третьего порядка:. Для визуализации оптического преобразования, представленного на рис.6, использованы следующие алгебраические кривые:. . . . . . . . . V. Обсуждение результатов. Из вышеприведенного можно сказать, что метод циклографического отображения позволяет решать все шесть случаев оптических преобразований, представленных в таблице 1, при этом в вычислительном плане решение данной задачи является достаточно простым. Достоверность результатов подтверждается решением первых двух случаев, где в качестве отражательной линии получаются эллипс и парабола, которые находят широкое применение в различных сферах промышленности. А множественность выбора приемников дает проектировщикам возможность гибко и вариативно выполнять построение систем с отражательными линиями.. VI. Выводы и заключение. В работе рассмотрено применение метода циклографического отображения для решения задач геометрической оптики на плоскости. Выполнены наглядные примеры и описан аналитический алгоритм получения отражательной линии. Данный метод показал, что для любой пары исходных пучков прямых, заданных как источник и приемник, можно найти отражательную линию, в том числе и для ранее не исследованных в научной литературе случаев. Результаты работы могут быть использованы в сферах антенной техники, светотехники и лазерных системах.