

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
(СГУГиТ)



Институт оптики и технологий информационной безопасности

Кафедра фотоники и приборостроения

Межвузовская молодежная научно-практическая конференция  
«Инженерная графика и трехмерное моделирование»

## ПРОВЕРКА ХОДА ЛУЧЕЙ В ПРИЗМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Колмогорцев Н.И., магистрант  
Шмелев Е.В., магистрант  
Ижбульдин Д.А., магистрант

Новосибирск 2021

# Введение

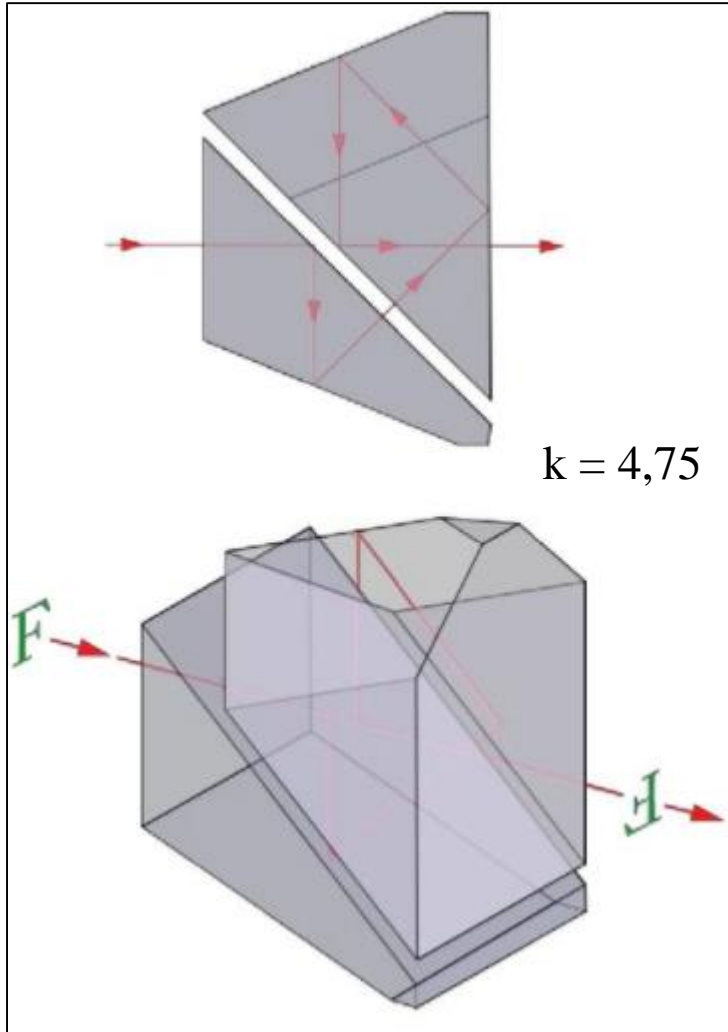
В наши дни актуальной задачей стало взаимодействие нескольких САПР, так, например, в результате развития «Zemax», используемого для расчета оптических систем, программа получила разветвление на 3 отдельных продукта: OpticStudio для инженеров-оптиков; OpticsBuilder для инженеров-конструкторов; OpticsViewer для инженеров-технологов. С помощью возможностей данного программного обеспечения группы разработчиков могут обмениваться полными проектными данными и анализировать производительность в виртуальной модели, сокращая затрачиваемое время на интеграции проектирования и экономя деньги. Расчет оптической системы проводится на основе технического задания на разработку. Существуют случаи, когда в техническом задании записаны требования, не реализуемые или сложно реализуемые с помощью только линзовых систем. К таким случаям можно отнести: необходимость излома оптической оси; жесткие требования по осевой длине системы; требования к наличию псевдобинокулярности и другие. Реализация таких требований возможна, например, с помощью зеркал или призм.

## Цели и задачи статьи

В качестве цели статьи рассматривается определение особенностей расчета призматических телескопических систем с использованием твердотельных моделей призм

В качестве задач статьи отмечаются: определение требований при использовании в расчете твердотельных моделей и определение особенностей хода лучей в призматической системе Пехана с крышей.

# Теоретическая часть



- Центральный луч испытывает 5 внутренних отражений, причем 1 из них под углами меньше критических.
- Требуется дополнительное отражающее покрытие.
- Входной и выходной лучи лежат на одной прямой.
- Изображение переворачивается на  $180^\circ$ .

$$2y_{2нпл} = \frac{D \cdot k_{\omega} + 2 \left[ f'_{об} - 0,001 \cdot (10 \div 20) f'^2_{ок} \right] \beta_{2нпл}}{1 + 4k \beta_{2нпл} / n},$$

где  $k_{\omega}$  — коэффициент виньетирования;

$\beta_{2нпл}$  — угол нижнего полевого луча после объектива;

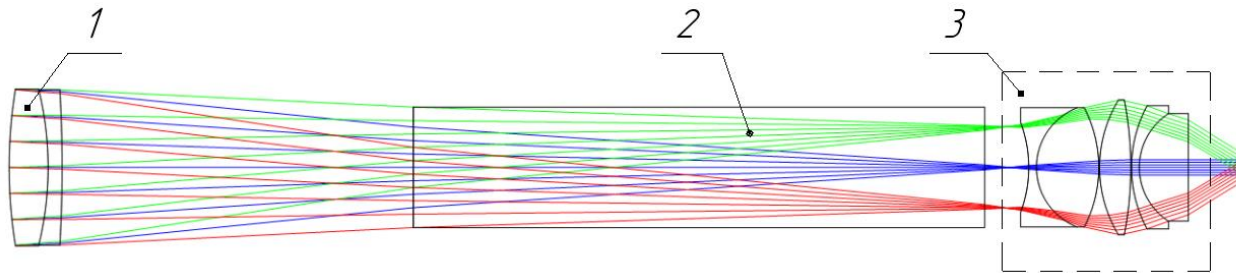
$n$  — показатель преломления материала линзы.

Рисунок 1 – Призменная система Пехана с крышей

# Теоретическая часть

$\sin(\varepsilon) = \frac{1}{n}$ . – закон полного внутреннего отражения (для призмной системы Пехана, выполненной из стекла К8 такой угол составляет  $18^\circ 40'$ )

На рисунке 2 представлена рассчитанная телескопическая система с угловым увеличением 10 крат, диаметром входного зрачка 40 крат и угловым полем зрения 6 градусов. В качестве оборачивающей системы применяется призмная система Пехана с крышей, установленная в сходящемся пучке лучей после объектива. В ходе габаритного расчета было определено, что длина эквивалентной плоскопараллельной пластины составляет 145,7 мм.



1 – объектив; 2 – плоскопараллельная пластина; 3 – окуляр

Рис. 2 – Ход лучей в системе с плоскопараллельной пластиной

Такая быстрая замена позволяет определить параксиальные характеристики системы, состоящей из нескольких компонентов, а также определить степень взаимокompенсаций aberrаций силовых компонентов системы.

# Практическая часть

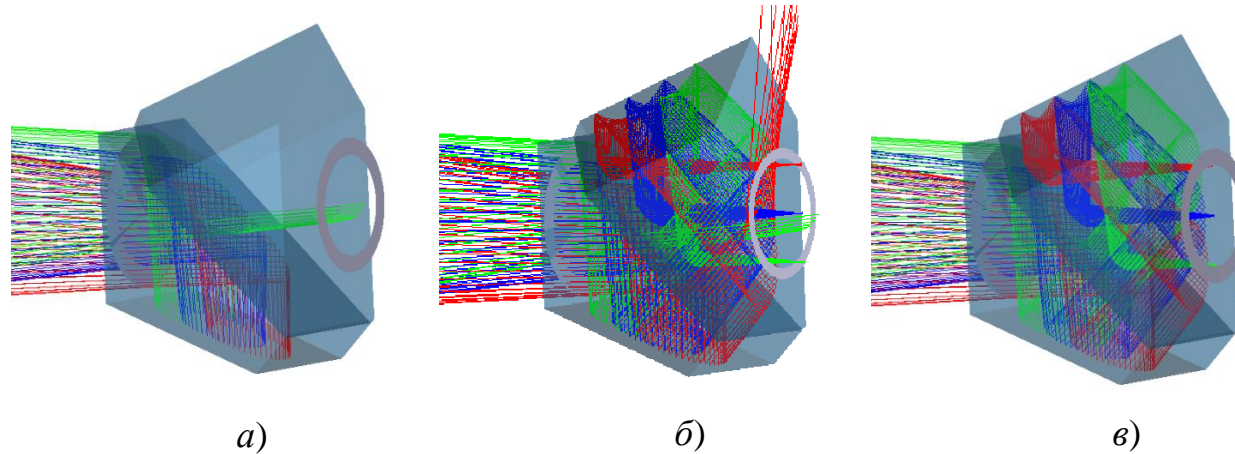


Рис. 3 – Ход лучей в призмной системе Пехана, выполненной: а) из стекла К8 без отражающего покрытия; б) из стекла К8 с отражающим покрытием на призме БУ-45; в) из стекла ТК16 с отражающим покрытием на призме БУ-45

Из рис. 3, а видно, что закон полного внутреннего отражения на нижней грани БУ-45 не выполняется, следствием чего является необходимость нанесения отражающего покрытия. На рис. 3 а, б видно, что закон полного внутреннего отражения для наклонных пучков также не выполняется и на других гранях, о чем свидетельствует преждевременный выход лучей из системы и их нетипичное распространение. Из рис. 3, в следует, что при изменении материала на материал с большим показателем преломления, предельный угол полного внутреннего отражения увеличивается и лучи, которые в других случаях «пробивали» систему, распространяются корректно.

# Практическая часть

Помимо проверки закона полного внутреннего отражения, важным применением является возможность определения световых зон на различных поверхностях. Определение световых зон позволяет конструктору разработать крепление, а также назначить конструктивные фаски для облегчения призмы и ее лучшего закрепления. На рис. 4 представлена реализация конструктивных фасок на основе информации о световых зонах.

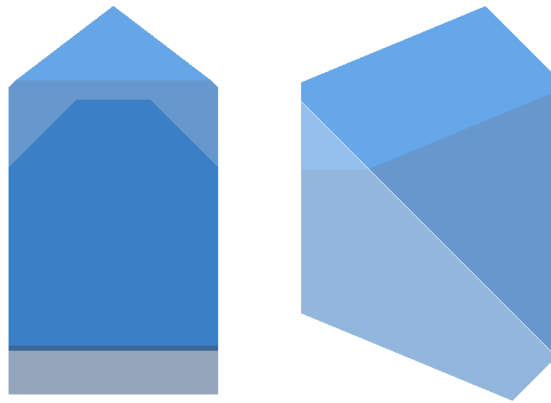


Рис. 4 – Конструктивные фаски призмной системы

Помимо описанных выше применений, важной характеристикой современных визуальных оптических систем, за которую борются разработчики, является светопропускание. Импорт твердотельной модели в расчетную программу позволяет задавать коэффициенты пропускания и отражения, приближенные к реальным, что в свою очередь позволяет расчетчику иметь корректную информацию о светопропускании системы.

# Заключение

Использование программ твердотельного моделирования в контексте оптических расчетов позволяет расчетчику анализировать создаваемую им систему и принимать решения, обеспечивающие ее высокое качество. Основным достоинством совместного использования расчетных программ и программ твердотельного моделирования на сегодняшний день является возможность интеграции твердотельных моделей в оптические расчеты и придание им оптических свойств, что позволяет проводить трассировку лучей с их учетом для более полноценного анализа факторов, влияющих на качество будущей системы.