

## Светосильные широкоугольные зеркально-линзовые телескопы фирмы «САНТЕЛ»

*А.В. Санкович, А.Н. Юдин*  
*santel.optics@gmail.com, fduchun@gmail.com*  
(495) 468-69-67, (926) 661-59-28  
ООО «Сантел-М», Москва  
<http://www.rdcn.ru/about/partners/santel-m.shtml>

Для решения широкого круга обзорно-поисковых задач в настоящее время имеется острая потребность в светосильных широкопольных телескопах. Для достижения максимальной эффективности обзорной миссии в подавляющем большинстве случаев, когда требуется апертура 150 мм и более, целесообразно создание специализированных систем, оптимизированных под конкретную наблюдательную задачу и фотоприёмное устройство. Московская фирма «Сантел-М», располагая обширным опытом в изготовлении как сферической, так и асферической оптики для зеркально-линзовых оптических систем в настоящее время представляет линейку светосильных широкопольных телескопов системы Гамильтона, а также ряд других решений для обзора космического пространства и наблюдения оптических транзиентов.

### Достижения конца 90-х гг.

1. Астрограф системы Максутова-Кассегрена 250 мм 1:4.7, поле зрения до  $3^\circ \times 3^\circ$  градусов. Первоначально предназначался для работы с плёнкой, длительное время работал с ПЗС на пункте «КОСМОТЕН», Сев. Кавказ.
2. Камеры Райта-Ньютона  $D = 155$  мм 1:4.5 и 200 мм 1:4 - плёночные астрографы. В настоящее время камера  $D = 200$  мм 1:4 используется с ПЗС в сети «МАСТЕР».
3. Камера Райта с двухлинзовым корректором астигматизма «Максим» (расчёт Олег Санкин).  $D = 220$  мм,  $F = 500$  мм. Первоначально предназначена под среднеформатную плёнку. Поле зрения  $6.5^\circ \times 6.5^\circ$  Прямой фокус. Данная камера обладает типичными характеристиками современных широкопольных систем, включая прямой фокус. Возможна работа с крупноформатным ПЗС-приёмником.

### Выпускаемые в настоящее время системы:

Начиная с 2006 г., фирмой «Сантел-М» разработаны и запущены в производство следующие светосильные широкоугольные телескопы системы Гамильтона:

1. Сантел-250А («ГАС-250») для сети «ПулКОН». Вступил в строй на наблюдательном пункте в районе Уссурийска.  $D = 250$  мм,  $F = 750$  мм  $2\omega = 3.9^\circ$ . Система обеспечивает дифракционное качество изображения на всём поле зрения в диапазоне 400-900 нм. Разработан и готов к производству 400 мм вариант Сантел 400А. Фокус – Ньютоновский.
2. Телескоп «Сантел 500А»  $D = 500$  мм  $F = 1250$  мм  $2\omega = 4^\circ$  для ИНАСАН. В настоящее время установлен на Звенигородской обсерватории ИНАСАН. Система обеспечивает близкое к дифракционному качество изображения на всём поле зрения в диапазоне 400-900 нм.
3. В 2009 г. фирмой «Сантел-М» запущен в серию телескоп системы Гамильтона «Сантел 400А». В данной системе реализован прямой фокус с компактной системой смены светофильтров и внутренней фокусировкой. При разработке оптической системы была решена задача абберационной балансировки широкодиапазонной конфигурации («белый

свет») с четырьмя BVRI спектральными диапазонами, взвешенными в соответствии со спектральной чувствительностью матрицы.

### **Сантел-250А (ГАС-250)**

Телескоп работает в сети «ПулКОН»



### **Сантел 500А**

Телескоп установлен на камере ВАУ ИНАСАН (Звенигород).





Сантел 500А – крупнейший в России среди аналогичных телескопов с Ньютоновским фокусом. Немногие действующие аналоги – МАСТЕР-1 и ТШП-35 (у обоих  $D = 355$  мм.)

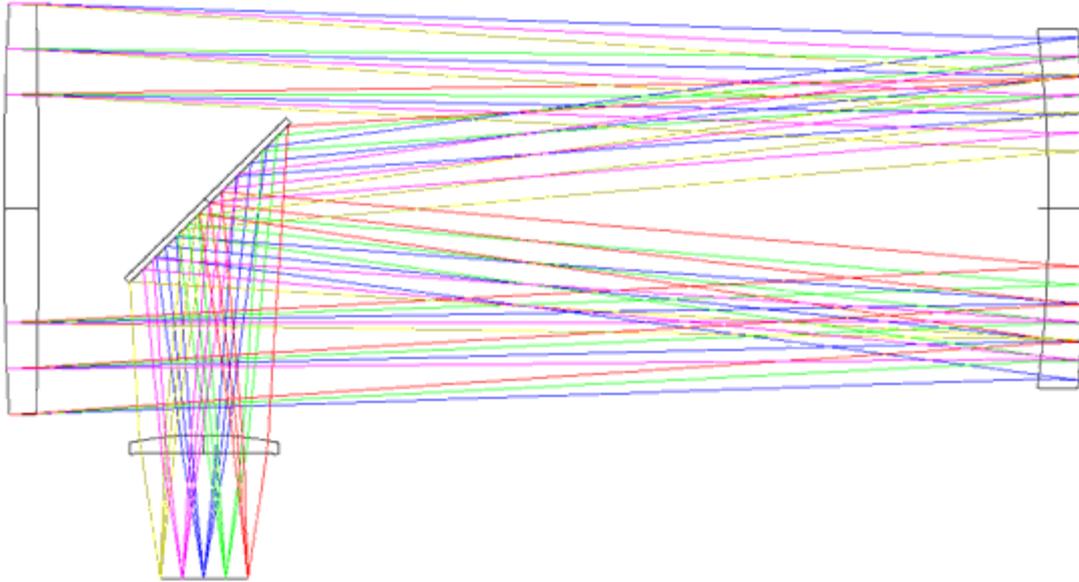
### Сантел 400А

Представляет собой оптическую основу второй очереди сетевого проекта МАСТЕР (ГАИШ МГУ) – всероссийской сети МАСТЕР-II.

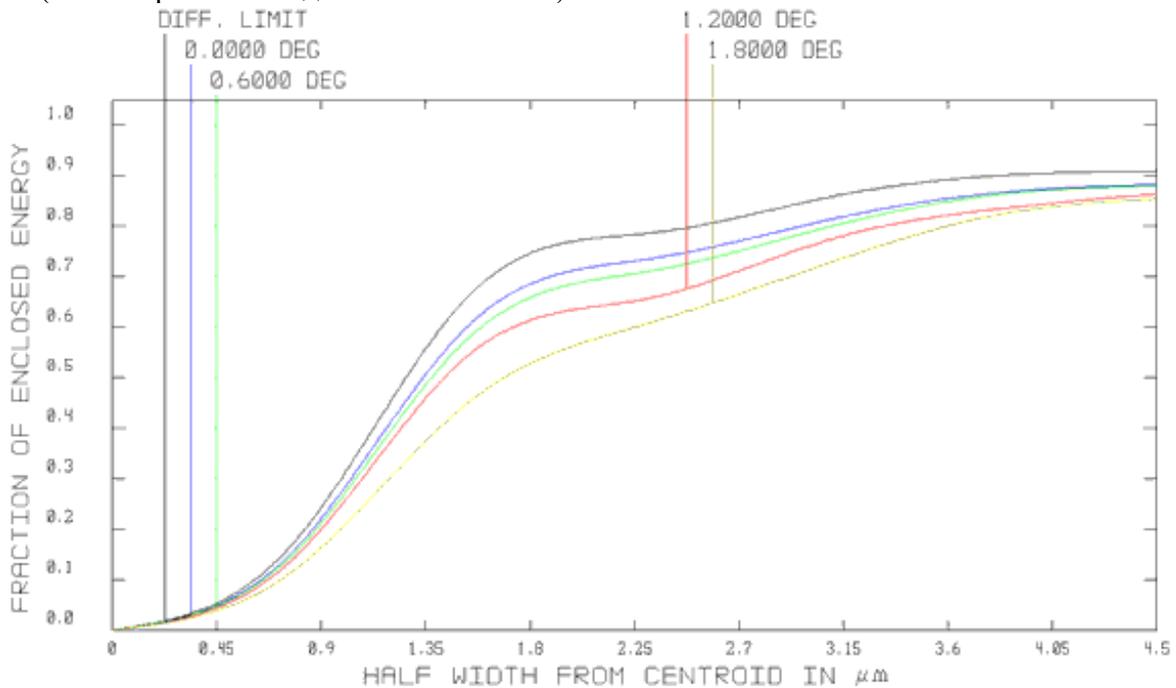


## Система Гамильтона

В базовом современном варианте – одностекольная зеркально-линзовая система. Представленные системы изготовлены из стекла К8.



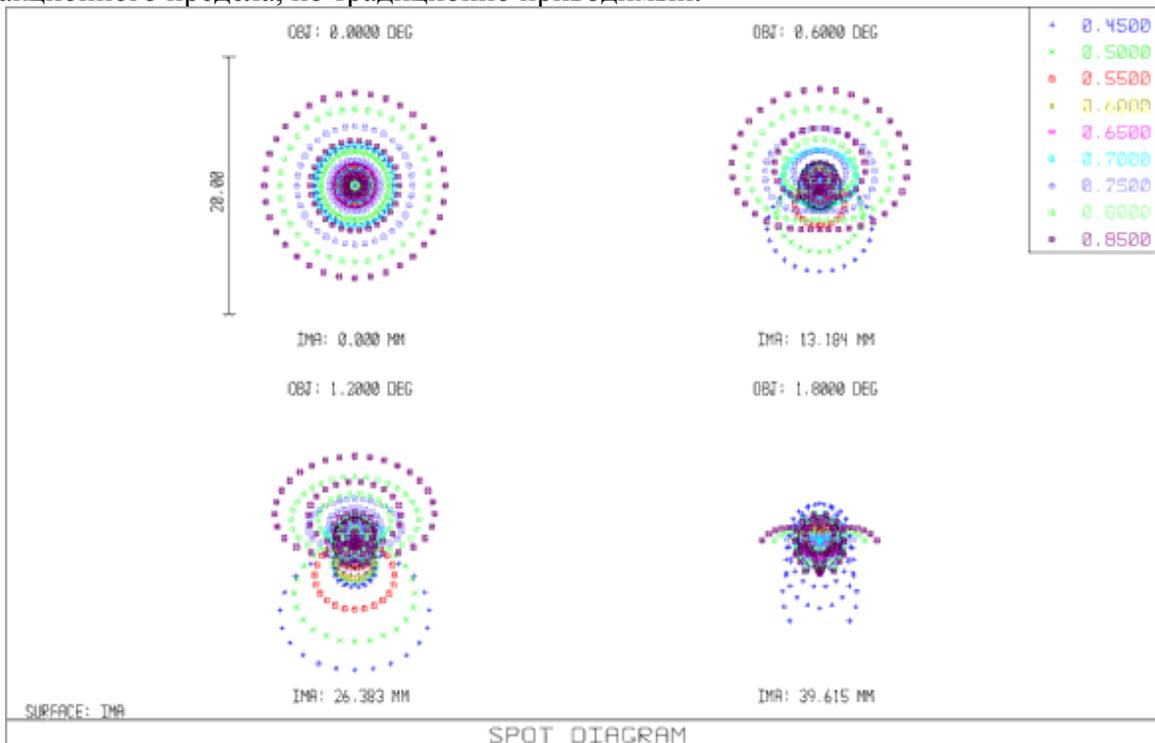
Система обеспечивает близкое к дифракционному качество изображения на широком поле, иллюстрируется вариант 500 мм 1:2.5, диапазон 450-850 нм, поле зрения диаметром 3,6 градуса (ПЗС - приёмник с диагональю 79 мм).



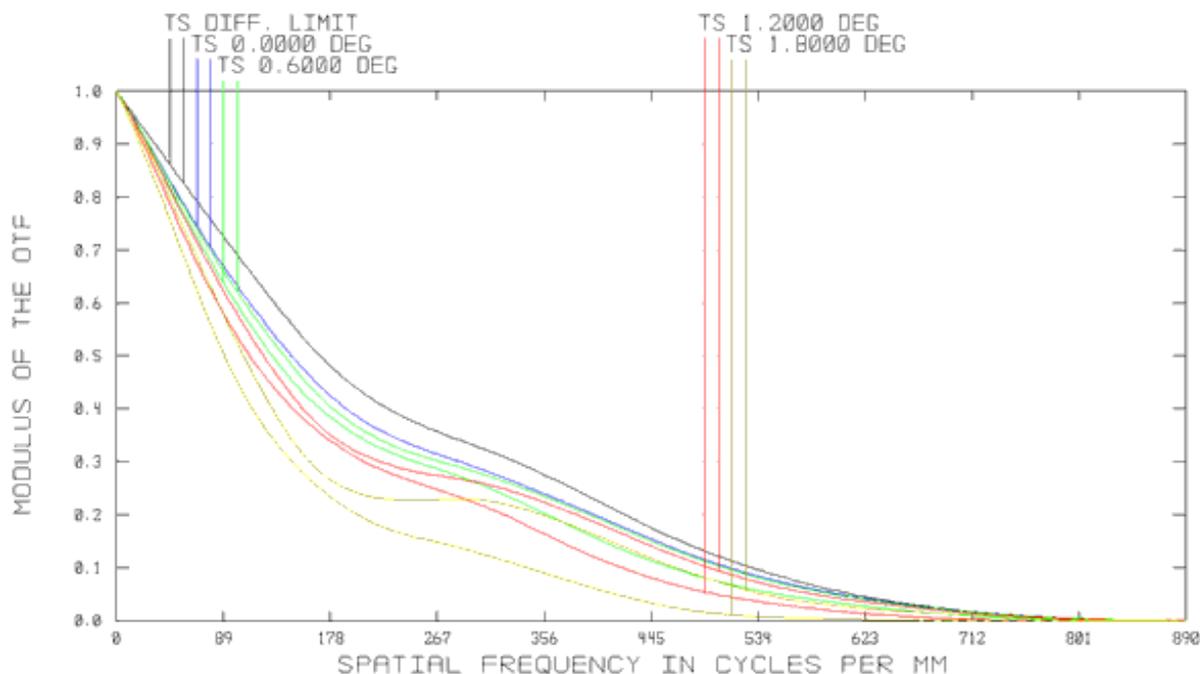
FFT DIFFRACTION ENSQUARED ENERGY

LENS HAS NO TITLE.  
WED MAY 13 2009  
WAVELENGTH: POLYCHROMATIC

Кружки рассеяния – критерий малозначимый для оптических систем, работающих вблизи дифракционного предела, но традиционно приводимый.



Каждый производимый телескоп подвергается оптимизации с целью достижения наилучших для заказчика параметров. Это позволяет максимально реализовать потенциал схемы.



POLYCHROMATIC DIFFRACTION MTF

LENS HAS NO TITLE.  
 WED MAY 13 2009  
 DATA FOR 0.4500 TO 0.8500  $\mu\text{m}$ .  
 SURFACE: IMAGE

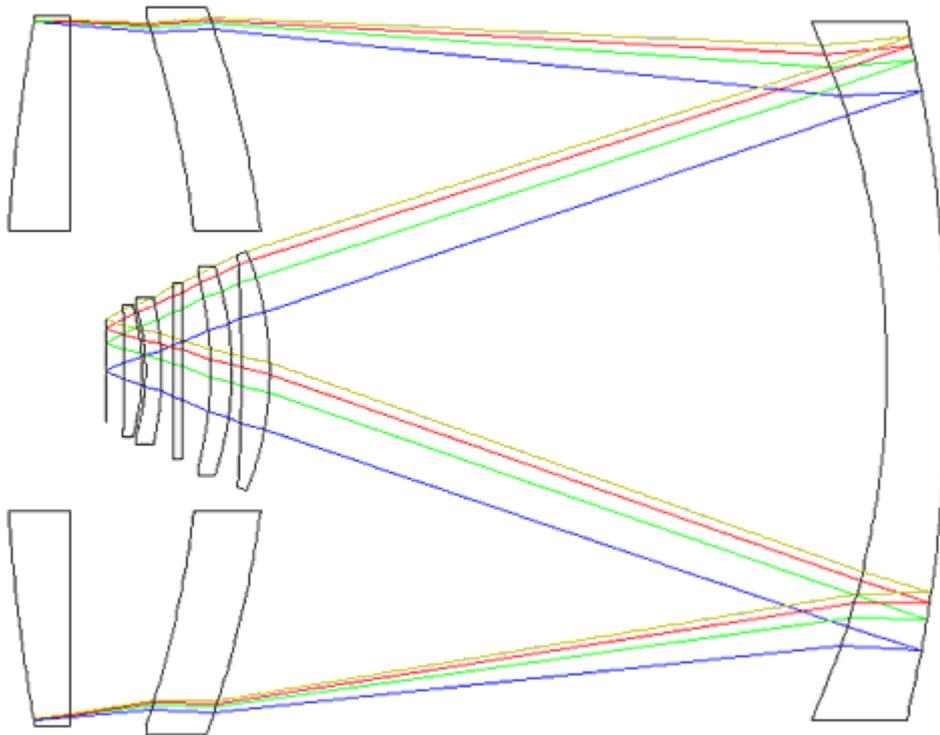
## Возможности фирмы

1. ООО «Сантел-М» – малое предприятие, гибко приспособляющее свои изделия под нужды заказчика.
2. Производится оптика до 600 мм диаметром, при минимальных дополнительных затратах возможны 800-1000 мм проекты.
3. Разрабатываемая компанией высококачественная механика и оригинальные методики сборки и юстировки позволяют сократить пусконаладочные работы. В дальнейшем системы стабильно сохраняют достигнутые параметры качества.

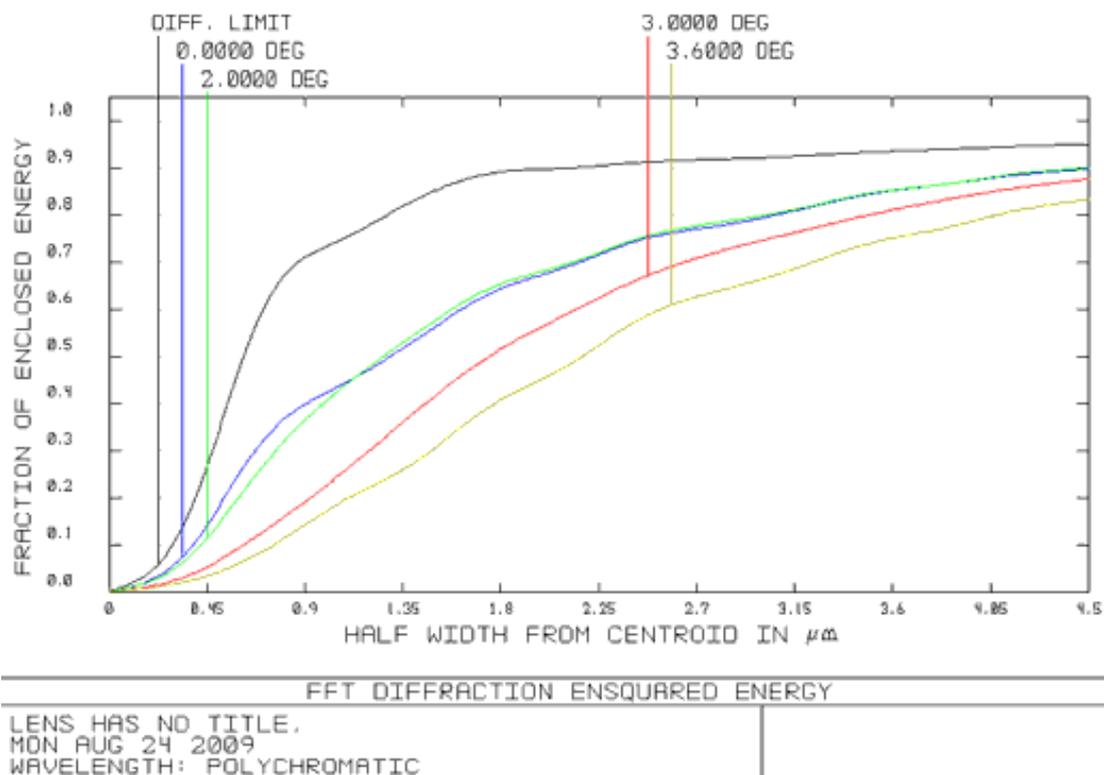
## Перспективные направления

1. Возможно создание систем больших диаметров.
2. Возможно создание систем большей светосилы: В ближайшей перспективе в диапазоне 1:2 – 1:1.8, в более дальней – вплоть до 1:1!
3. Важнейший ресурс усовершенствования наблюдательных систем – применение приёмников больших форматов.
4. Компания может осуществить разработку и изготовление оптических узлов для модернизации существующих телескопов под современные крупноформатные ПЗС-приёмники.

Пример системы 400 мм, 1:1.2, поле зрения 7°.



Система является перспективной для использования в системах наблюдения быстролетающих объектов, таких как низкоорбитальные космические аппараты, метеоры и т.п.



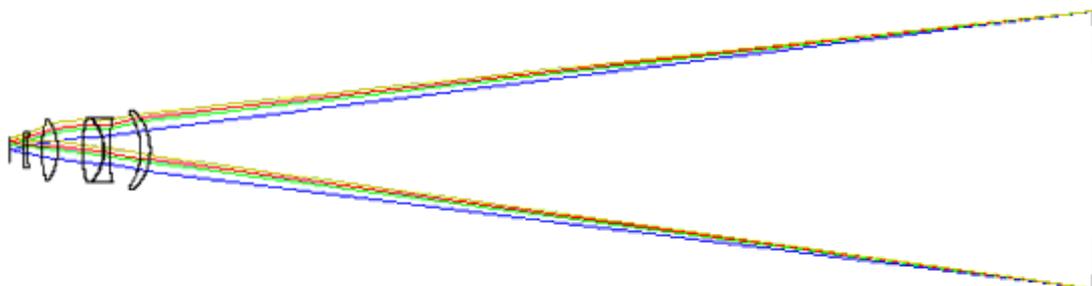
### Модернизация существующих инструментов

Обладая опытом в изготовлении предфокальных корректоров и объективов-апохроматов, фирма «Сантел-М» может осуществить разработку и изготовление корректоров для установки современных ПЗС-приёмников на существующие телескопы прошлых поколений. Примеры:

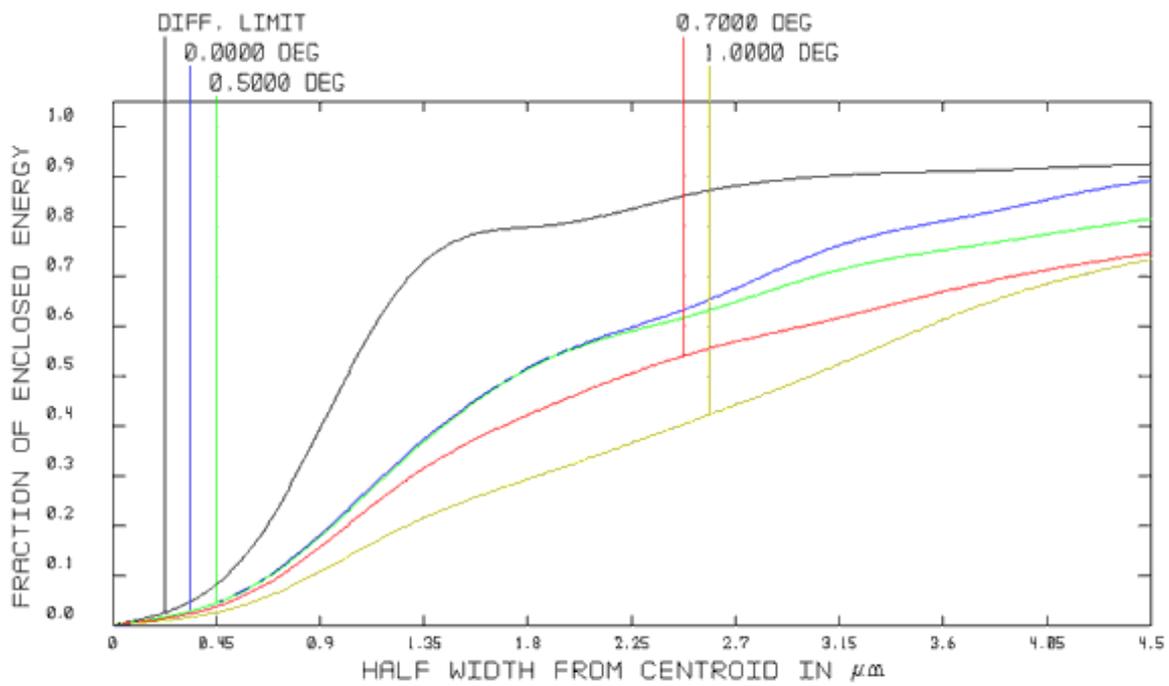
1. Телескопы «Цейсс-600» и «Цейсс-1000» можно преобразовать в светосильную обзорно-поисковую систему со светосилой 1:2.5, работающую с матрицей 36x36 мм, 16 Мрх.
2. Аналогичные приёмники с рассмотренными полеспрямителями можно применять на камерах СБГ и ВАУ.
3. Двухменисковый астрометрический астрограф АЗТ-18 можно оснастить мозаикой ПЗС 120x120 мм.
4. Возможна доработка камеры «ФАС» для ПЗС-фотоприёмника 36x36 мм.

#### Телескоп-рефлектор Цейсс-600 (Carl Zeiss Jena).

D = 600 мм, светосила главного зеркала 1:4. Применением редуктора-корректора в первичном фокусе достигается светосила 1:2.5 на поле 36 x 36 мм.



Поле зрения – 1.4°x1.4°.

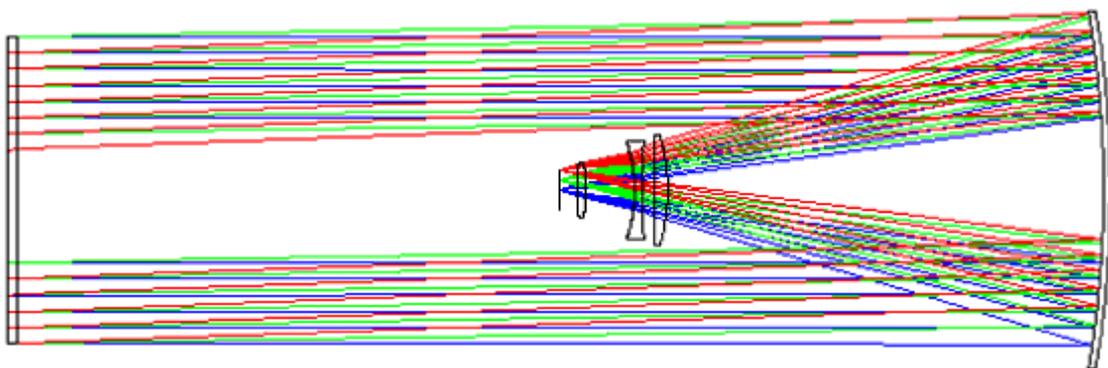


FFT DIFFRACTION ENSQUARED ENERGY

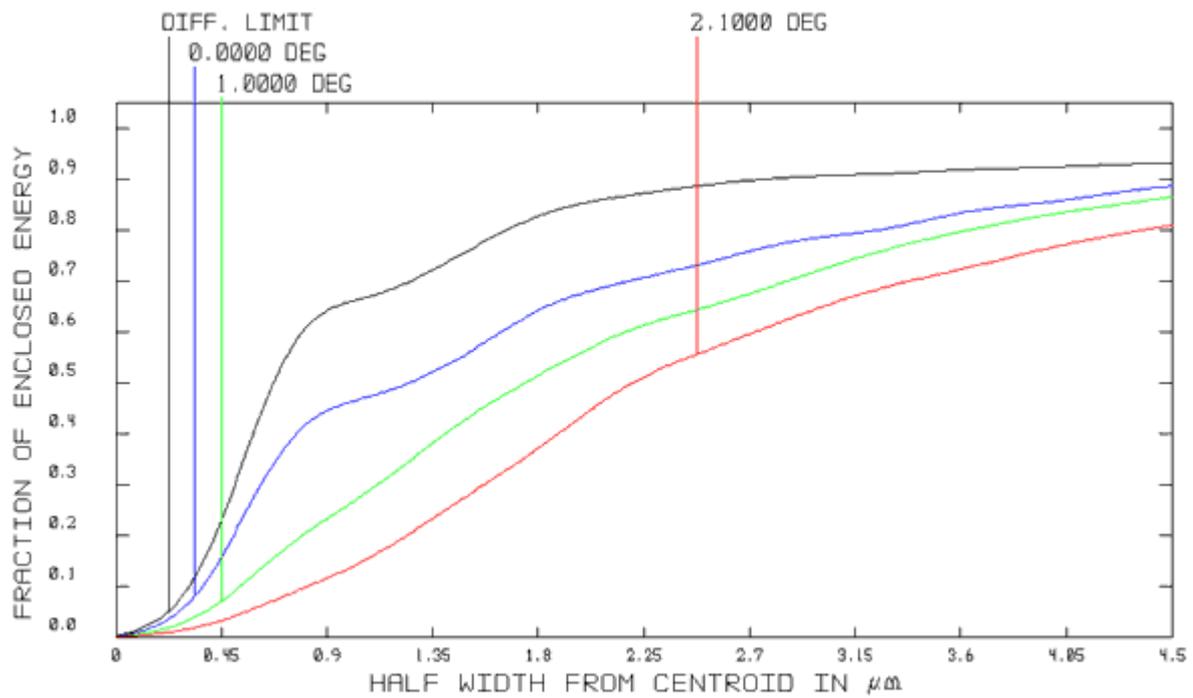
MON AUG 24 2009  
WAVELENGTH: POLYCHROMATIC

Камера Шмидта СБГ (Carl Zeiss Jena).

Поле зрения – 2.8x2.8 градуса, прямой фокус. D = 430 мм, 1:1.75.

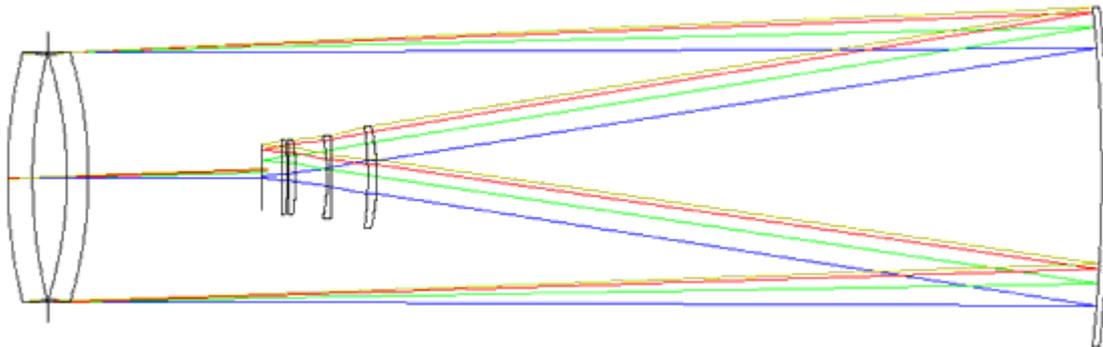


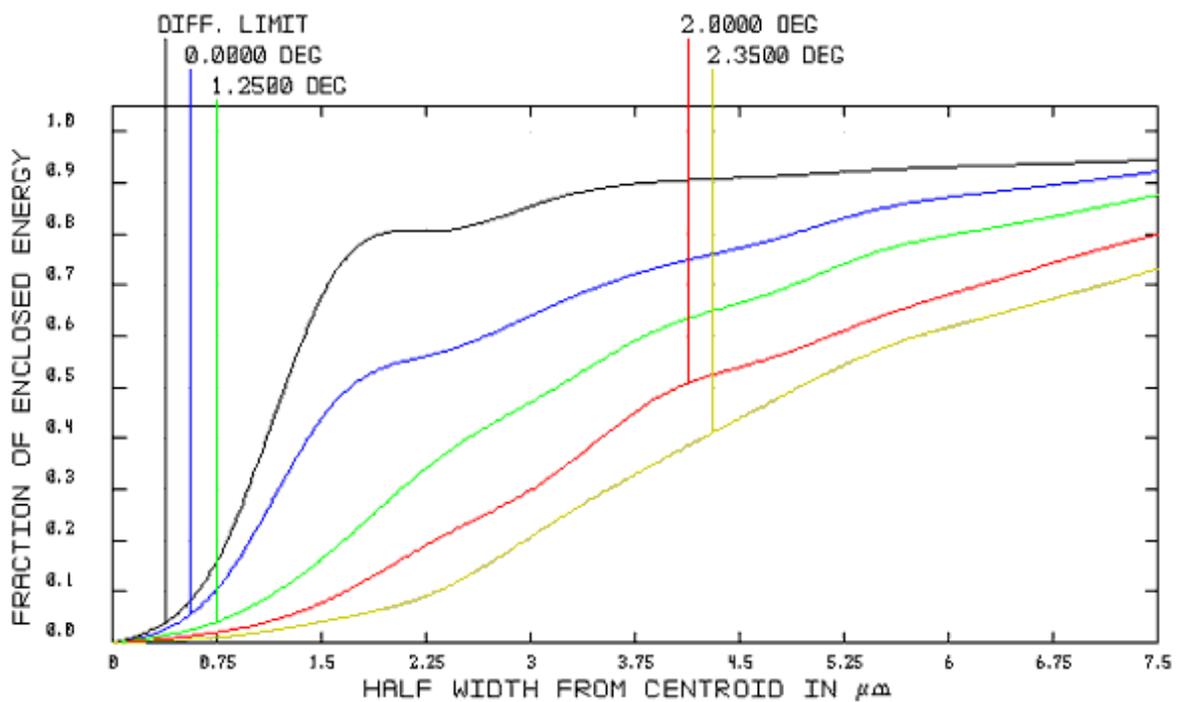
По всему полю качество достаточно для работы с ПЗС-фотоприёмником с размером пикселя  $9 \times 9 \text{ мкм}^2$ .



Астрометрический телескоп Максудова АЗТ-18 D = 700 мм, 1:3.

Полспрямитель делает возможным применение мозаики ПЗС-матриц размером  $120 \times 120 \text{ мм}^2$ ,  $15 \times 15 \text{ мкм}^2$  пиксель. Большой задний отрезок позволяет использовать готовые решения без индивидуальной адаптации.

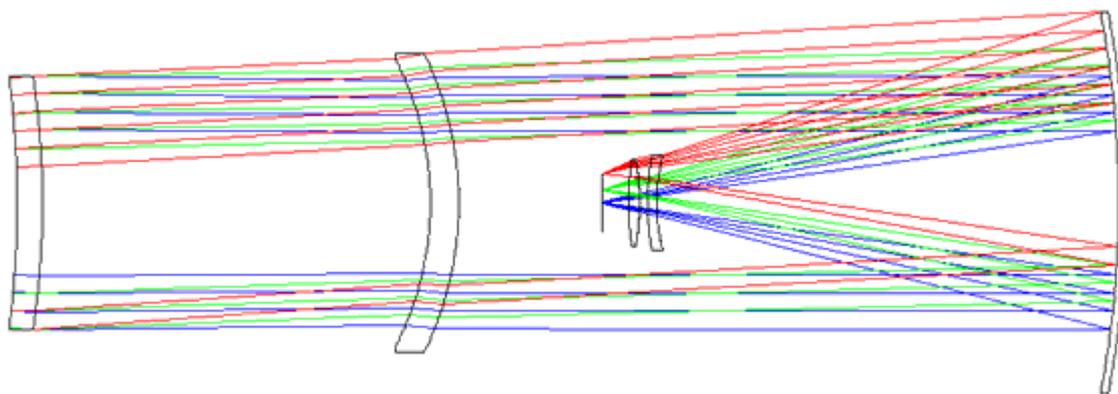




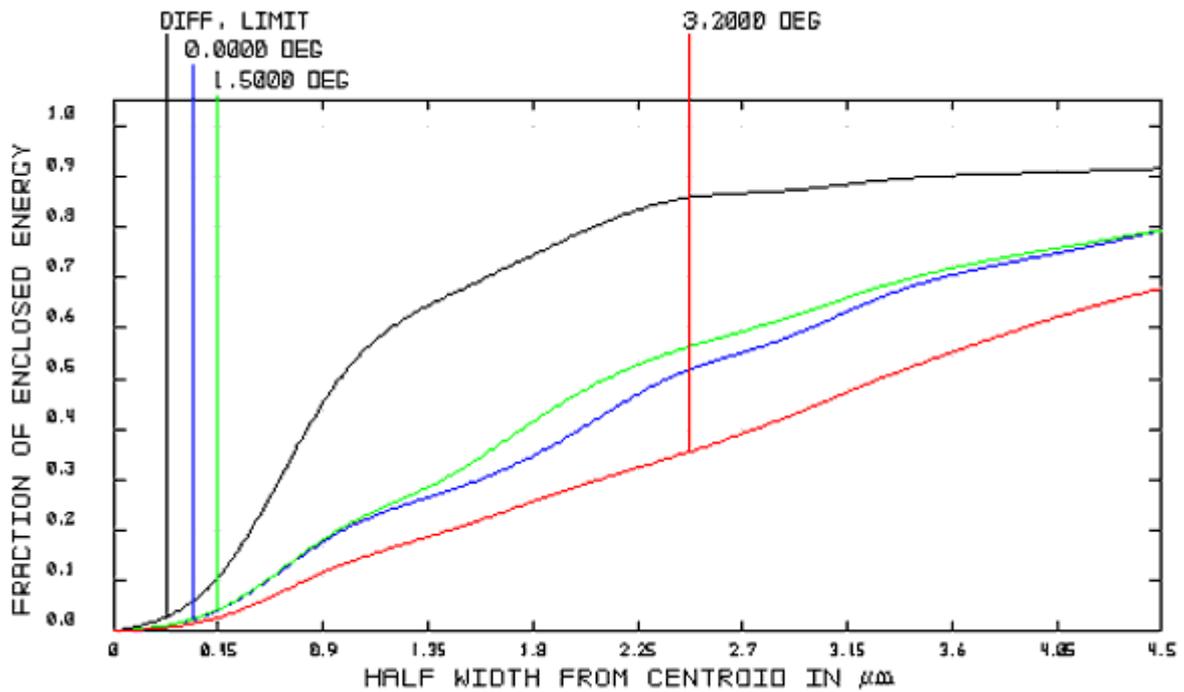
FFT DIFFRACTION ENSQUARED ENERGY

Камера «ФАС» [1].

Замена передней линзы в сочетании с предфокальным корректором позволяет получить плоское поле в сочетании с задним отрезком, достаточным для использования серийной ПЗС-камеры.



Возможно использование камер типа FLI ML16803-65 или ML9000-65 (максимальный диаметр корпуса 130 мм). Это позволяет получить фотографическую систему первичного фокуса на базе готовых компонентов.



### Заклучение:

В настоящее время существует масса возможностей усиления оснащённости российских обсерваторий светосильными широкопольными системами. При должном проявлении комплексного подхода к разработке наблюдательного пункта возможно создание высокооптимизированных проектов современного технического уровня и реализуемых параметров.

### Литература

1. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция. М.:Наука, 1976 г.