

Разработка системы адаптивной оптики для крупного астрономического телескопа с контуром определения искажений на разных высотах

¹Шиховцев А.Ю., ¹Ковадло П.Г., ²Лукин В.П., ¹Киселев А.В., ¹Колобов Д.Ю.

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, ул.Лермонтова 126 а, г. Иркутск

²Инстиут оптики атмосферы им. В.Е.Зуева, г. Томск

Аннотация. Разрешающая способность солнечных и звездных телескопов наземного базирования во многом определяется оптическими свойствами земной атмосферы, интенсивностью возникающих турбулентных искажений по лучу зрения. Сегодня крупные телескопы оснащаются системами адаптивной оптики, предназначенными для коррекции турбулентных искажений волнового фронта. В работе рассматриваются особенности построения адаптивных систем с контуром определения искажений на разных высотах для Большого солнечного вакуумного телескопа, Крупного телескопа КСТ-3, запланированного в рамках Мегaproекта "Национальный гелиогеофизический комплекс РАН". Работа выполнена в рамках РФФ 19-79-00061.

Актуальность развития основ оптического мультисопряжения систем адаптивной оптики

- Классические системы солнечной адаптивной оптики предназначены для определения искажений и коррекции волнового фронта в пределах ограниченного поля зрения — 2 — 5 угл.сек. на длине волны 0.5 мкм. В то же время активные области на Солнце охватывают 60 — 120 угл.сек.

- Один из путей решения задачи расширения поля зрения — измерения волновых фронтов от набора «опорных» источников света (объектов на солнечном изображении: солнечных пятен, пор, гранул).

- Наиболее перспективный подход для солнечной адаптивной оптики — мультисопряженные адаптивные системы.

Мультисопряженная система адаптивной оптики для EST

Проект Европейского солнечного телескопа EST с диаметром зеркала 4 м включает в себя Ground layer адаптивную оптику, а также мультисопряженную систему MC [Montilla, 2012]. Ground layer адаптивная оптика состоит из одного деформируемого зеркала и корреляционного датчика искажений волнового фронта высоких порядков. В MC коррекция волнового фронта осуществляется с помощью 5 деформируемых зеркал, сопряженных с апертурой телескопа - 0 км и атмосферными слоями, находящимися на высотах 1.6, 6.6, 10.6, 23.6 км. В системе используется датчик волнового фронта высоких порядков для центра поля зрения, и датчик волнового фронта низких порядков в широком поле зрения. Широкопольный датчик волнового фронта с меньшим количеством субапертур

предназначен для определения искажений волнового фронта, распределение которых по апертуре телескопа определяется вертикальным профилем атмосферной турбулентности, возникающих прежде всего в верхних слоях оптически активной атмосферы.

Мультисопряженная адаптивная оптика для Нового солнечного телескопа NST астрономической обсерватории Big Bear

В мультисопряженной системе адаптивной оптики 1.6 м NST используют три деформируемых зеркала, оптически сопряженных с апертурой телескопа и двумя атмосферными слоями на высотах 2 и 6 км [Langlois, 2013].

Система использует кросс-корреляционные датчики волнового фронта, работающих по 5 — 9 опорным участкам размером 18 на 18 угл. сек. Каждый в пределах полного поля зрения 1.4 угл.мин.

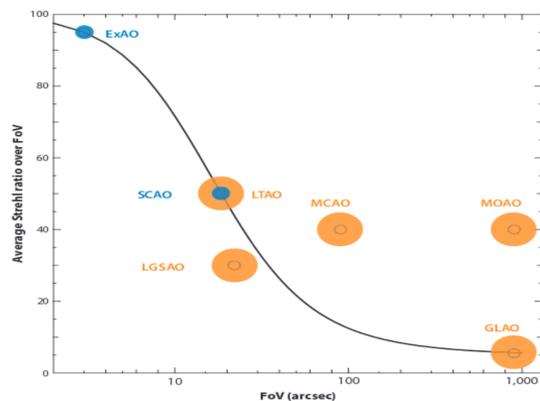


Рис.1 Типы мультисистем солнечных и звездных адаптивной оптики АО применяемых для достижения высоких значений числа Штреля в широком поле зрения. SCAO - single conjugate AO, MCAO — мультисопряженная адаптивная оптика, MOAO — многообъектная адаптивная оптика, ExAO — адаптивная оптика «глубокой» коррекции, GLAO — адаптивная оптика приземного слоя, LTAO — АО лазерной томографии, LGSAO — адаптивная оптика с лазерной опорной звездой [Rigout, 2018]

Для солнечных наблюдений нет необходимости в формировании «искусственных звезд» и интерес представляют SCAO, ExAO, GLAO, MOAO, MCAO или их комбинации. В мультисопряженной адаптивной оптике важнейшей задачей остается разработка методов определения минимального количества и — в области резкого падения значений радиуса ~10-положения высотных уровней в 11 км турбулентной атмосфере для оптического сопряжения для коррекции искажений в широком поле зрения.

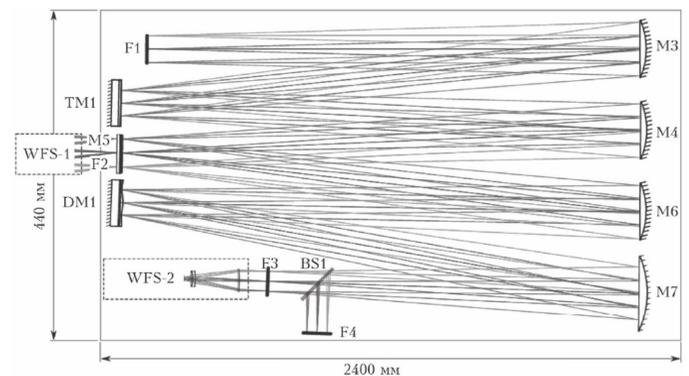


Рис.2 Двухзеркальная система адаптивной оптики БСВТ

Продолжается совершенствование схемы адаптивной оптики БСВТ — внедряется блок по определению турбулентных искажений на разных высотах в атмосфере.

Минимальное количество и положения высотных уровней в турбулентной атмосфере для оптического сопряжения должны выбираться с учетом высотных изменений радиуса Фрида (рис.3).

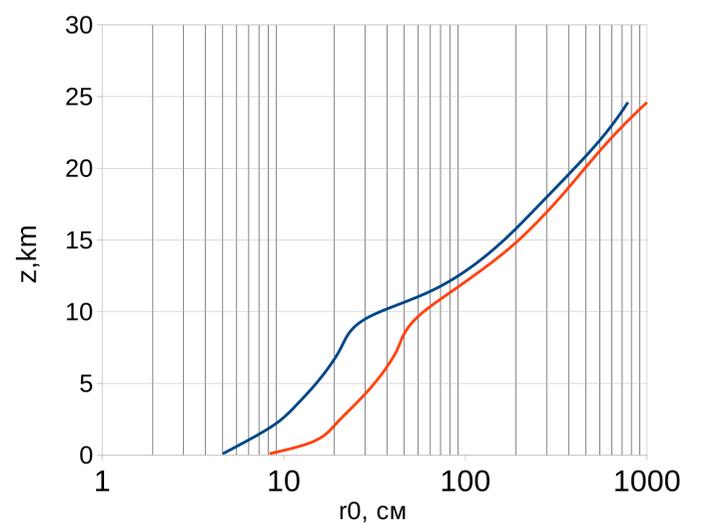


Рис.3 Изменение радиуса Фрида с уменьшением высоты над подстилающей поверхностью при среднем (синяя кривая) и отличном (красная кривая) качестве изображения, Саянская солнечная обсерватория

Анализ этого распределения позволяет говорить о том, что для Крупного солнечного телескопа КСТ-3 с диаметром зеркала 3 м, первая слой оптического сопряжения должен быть на высотах более 15 км (радиус Фрида уменьшается менее 3 м), второй слой сопряжения — в области резкого падения значений радиуса ~10-положения высотных уровней в 11 км третий слой в средней тропосфере — 3-5 км.

References

1. Montilla I. et al. Multi-conjugate AO for the European Solar Telescope / Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 8447.
2. Langlois M. et al. Solar multiconjugate adaptive optics system for the Big Bear Observatory / Third AO4ELT Conference - Adaptive Optics for Extremely Large Telescopes Florence, Italy. 2013.
3. Лукин В.П. и др. Многокаскадная система коррекции изображения для Большого солнечного вакуумного телескопа / Оптика атмосферы и океана. 32.№5.2019.с. 404 — 413.