

**Проверка точности плотностей потока
излучения первичных калибраторов в
трех шкалах в диапазонах 6, 18 и 92 см по
данным космического телескопа
"Спектр-РадиоАстрон" в 2015-2019 гг**

Ермаков А.Н., Ковалев Ю.А., Васильков В.И. и др.



Москва
2022

Аннотация

Выяснена причина обнаруженной зависимости калибровок КРТ от калибраторов спектральной плотности потока мощности излучения Кассиопея А и Крабовидная туманность (Ковалев и др. Труды ИПА РАН, 2020). Выполнены измерения внутренних стандартов КРТ (Генераторов Шума - ГШ) относительно этих калибраторов в стандартной общепринятой шкале Baars et al. (1977). Она построена относительно Кассиопеи-А в 1977 году и широко применяется до сих пор, в том числе для КРТ. Калибровки пересчитываются в две новые альтернативные шкалы, построенные относительно Лебедя А в 2017 г (Perley, Butler). и в 2014 г (Виняйкин).

Показано, что причиной полученной зависимости является неточность потоков излучения этих калибраторов - вероятно, из-за накопленных за 40 лет "вековых" изменений излучения Остатков Сверхновых. Пересчет данных из прежней шкалы практически убирает эту зависимость в двух новых калибровочных шкалах. Получено, что ГШ могут рассматриваться как новые индикаторы проверки точности спектральных плотностей потока излучения для КРТ и наземных радиотелескопов при некоторых условиях. Интересно распространить новую автоматизированную обработку, примененную к этим калибраторам и снизившую разброс результатов, на все четыре первичные калибраторы, включая новый «главный калибратор» Лебедь А, наблюдавшиеся с КРТ в 2011-2019. Предложенный метод проверки точности калибраторов плотности потока важен для полноты исследований калибровок КРТ, а также для применений в наземных и будущих космических телескопах.

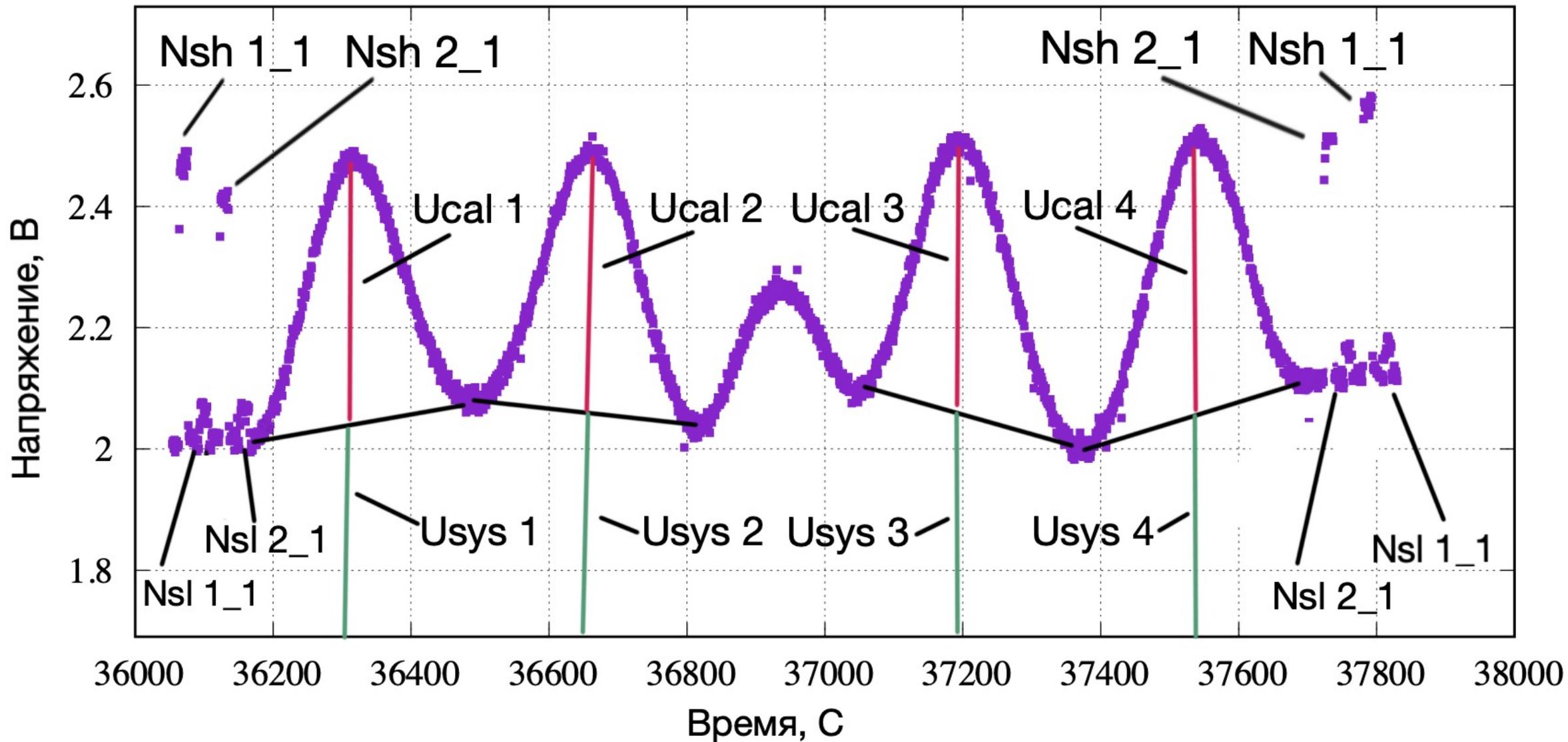
Постановка задачи

Цель: проанализировать стабильность Генератора Шума (ГШ) и шумов системы КРТ в юстировочных сеансах с 2015-2019 гг.

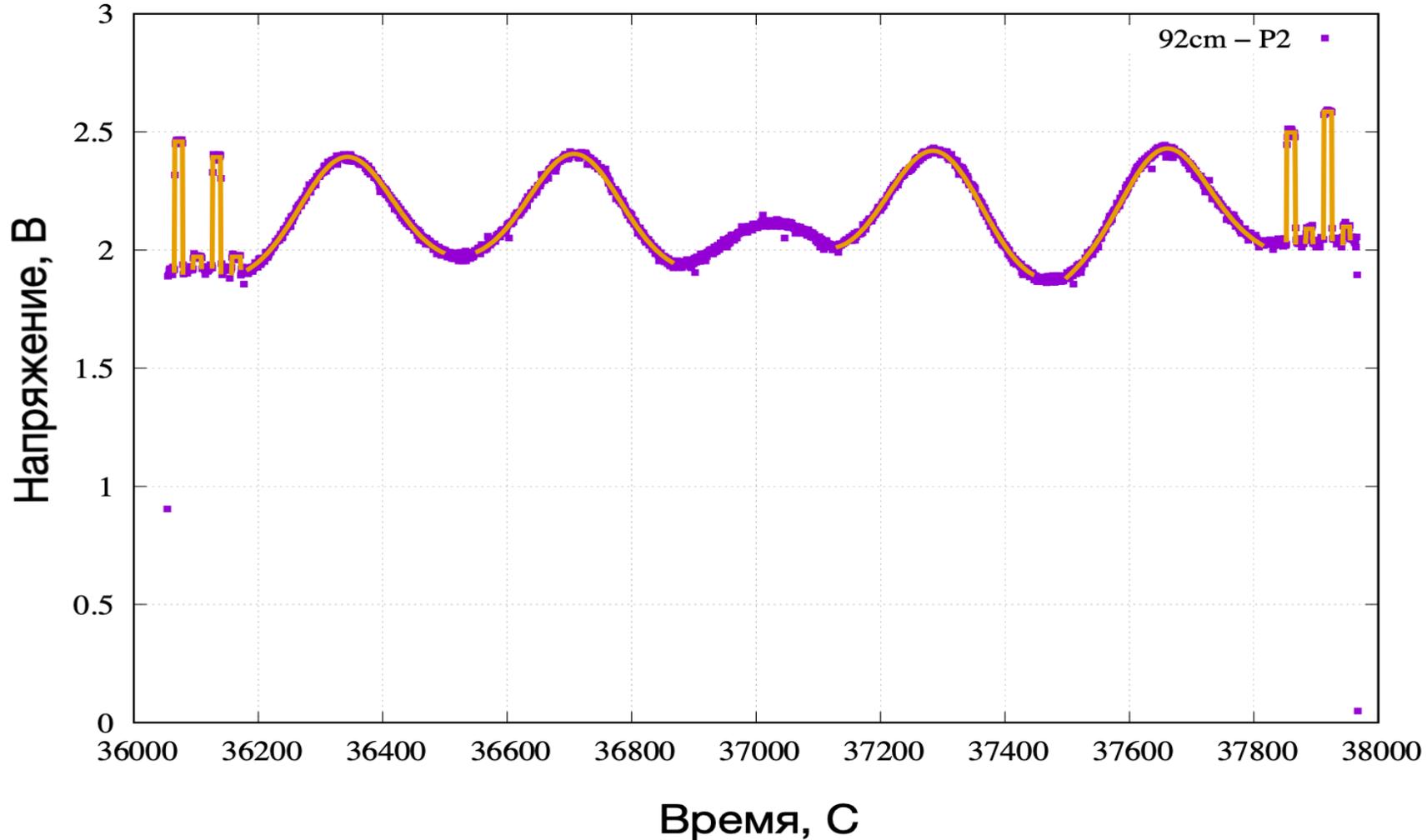
Были отобраны из архива наблюдений «РадиоАстрон» все измерения Кассиопеи-А и Крабовидной туманности, выполненные в диапазонах 6, 18 и 92 см в каналах левой и правой круговых поляризации в течение 4 заключительных лет работы КРТ — с 2015 г. по 2018 г.. Наблюдения обработаны с помощью новой автоматизированной системы обработки юстировочных наблюдений с КРТ.

Пример сеанса наблюдения. Диапазон 92см.

Параметры которые находятся программным путем (U_{nsh} , U_{nsl} , U_{cal} , U_{sys} = 16 величин)



Пример обработанного наблюдения. Диапазон 92см



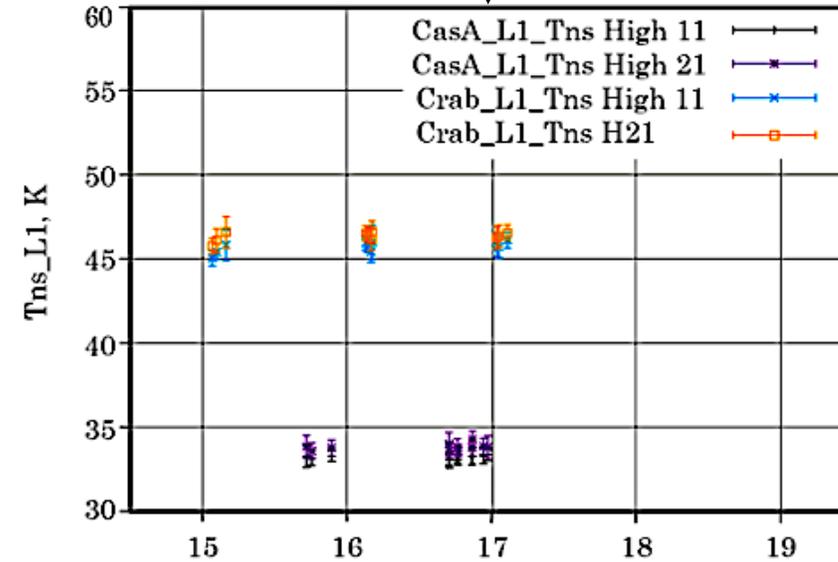
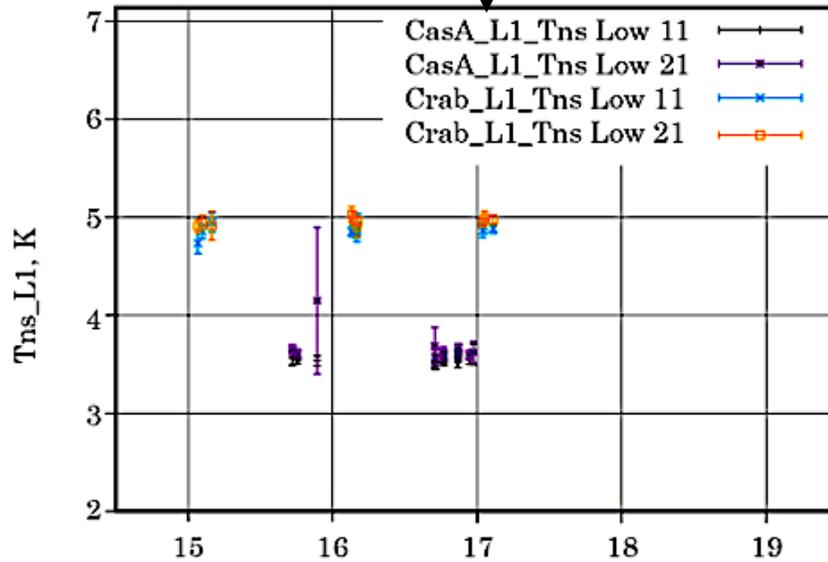
Пример автоматической обработки одного сеанса (модельные кривые сливаются с наблюдаемыми). После чего также автоматически находятся амплитуды ГШ и шумов системы КРТ для дальнейшей калибровки по потоку.

Пример результата обработки: эквивалентная шумовая температура ГШ в 2015-2018 гг.
Диапазон 18 см – CasA, Crab. Ошибка среднего каждого эталона (ГШ) за 4 года составила 2-4%

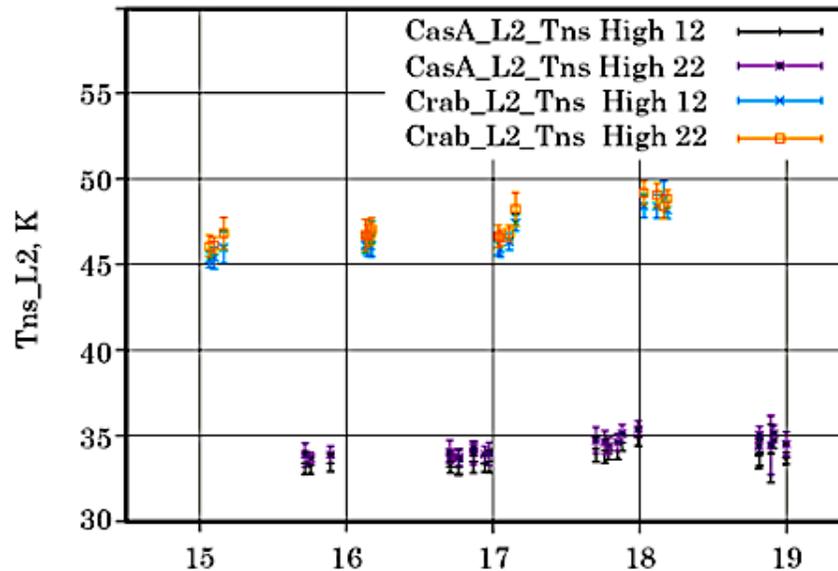
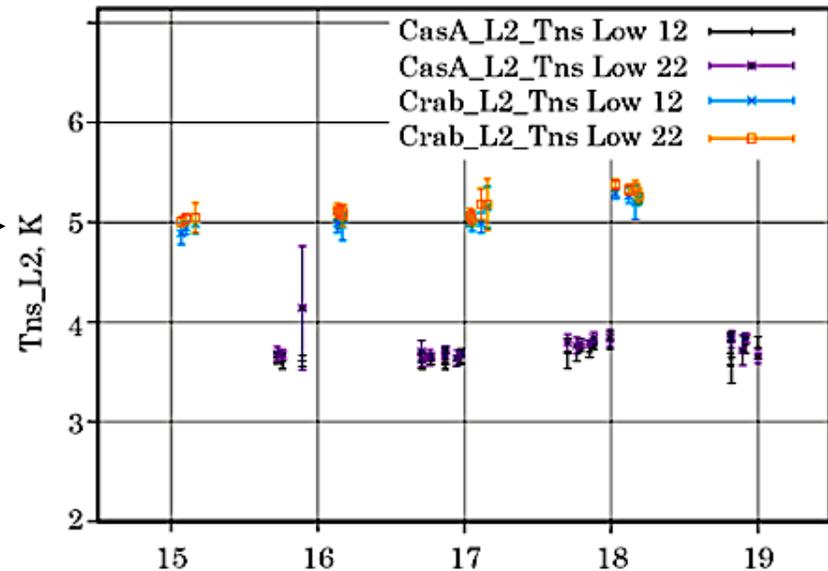
Низкий уровень мощности ГШ

Высокий уровень мощности ГШ

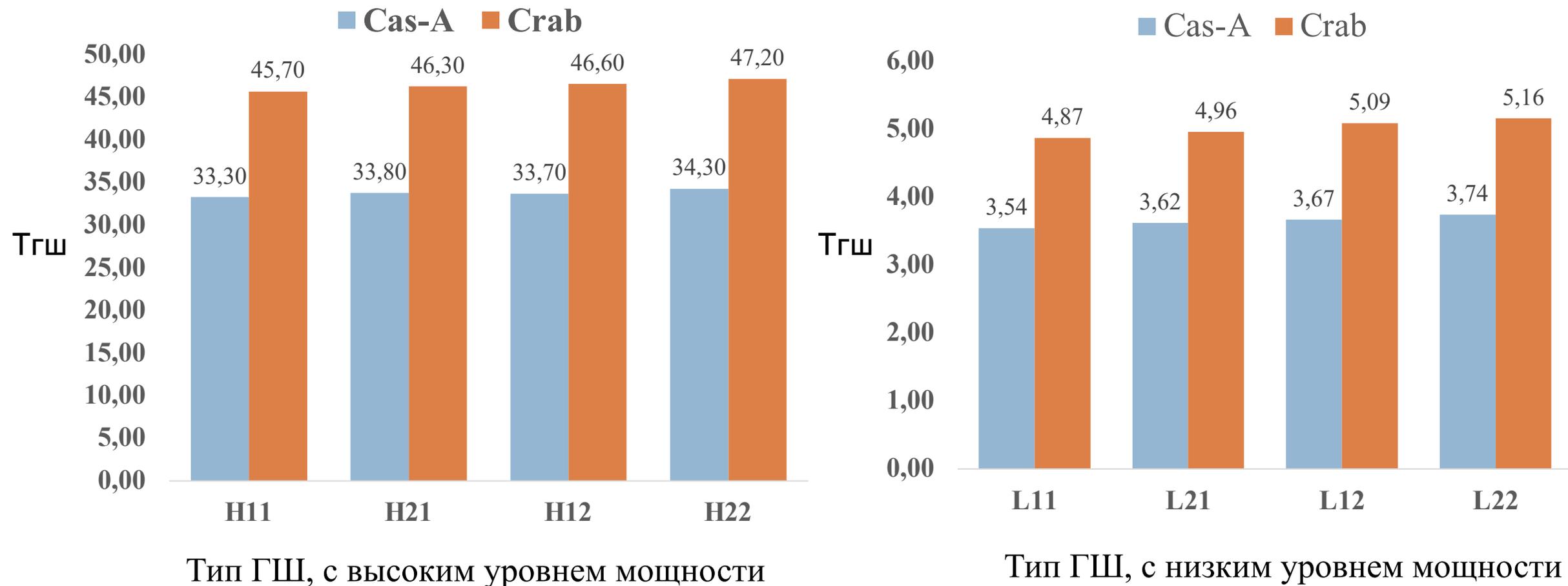
Левый канал
поляризации →



Правый канал
поляризации →

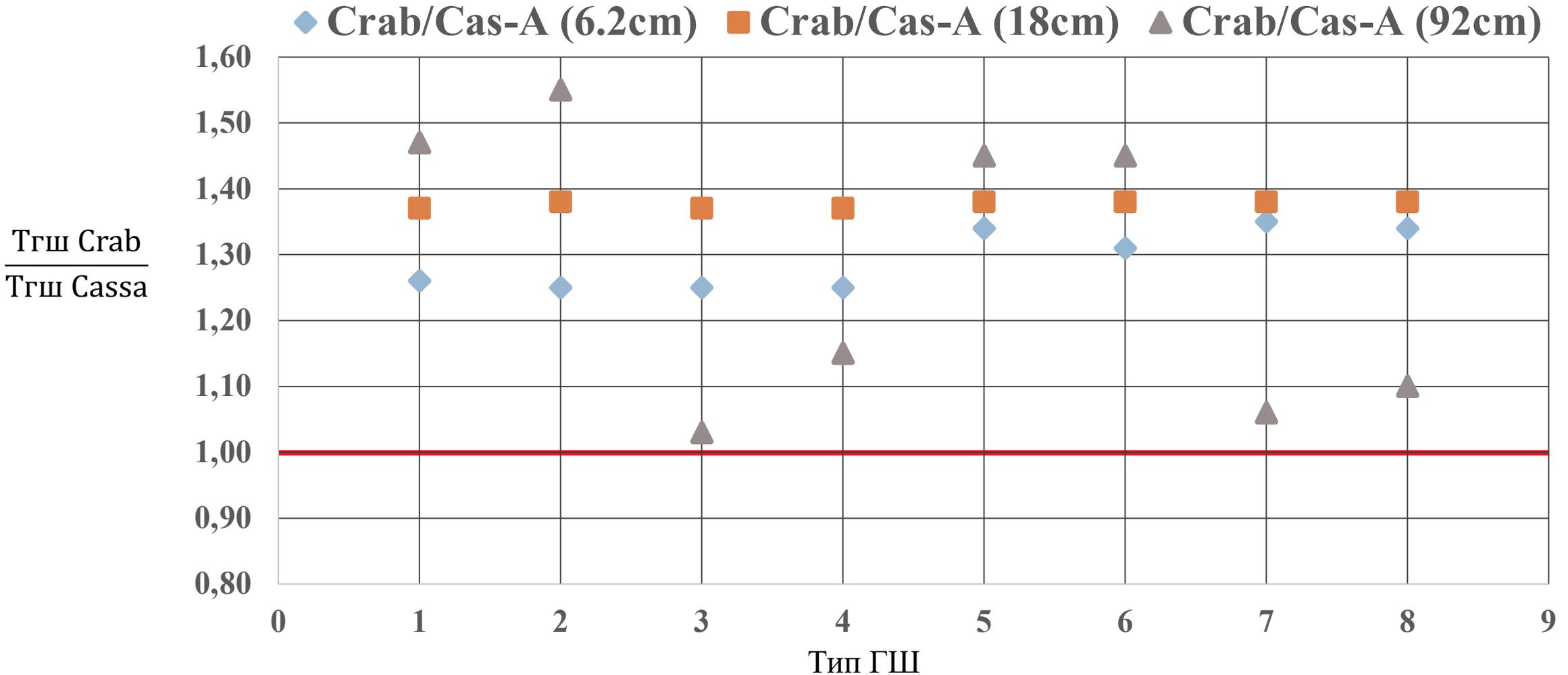


Пример анализа результатов: сравнение калибровок ГШ по Кассиопее и Крабу. Диапазон 18см



В идеале калибровки ГШ по Крабу и Кассиопее должны быть одинаковы.

Анализ: отношение калибровок ГШ по Крабу и Кассиопее для 3х диапазонов 6, 18, 92 см. В стандартной общепринятой шкале потоков 1977 года



Вывод: Отношения калибровок должны быть = 1 в пределах погрешности, у нас же отличие в среднем на 25-35%.

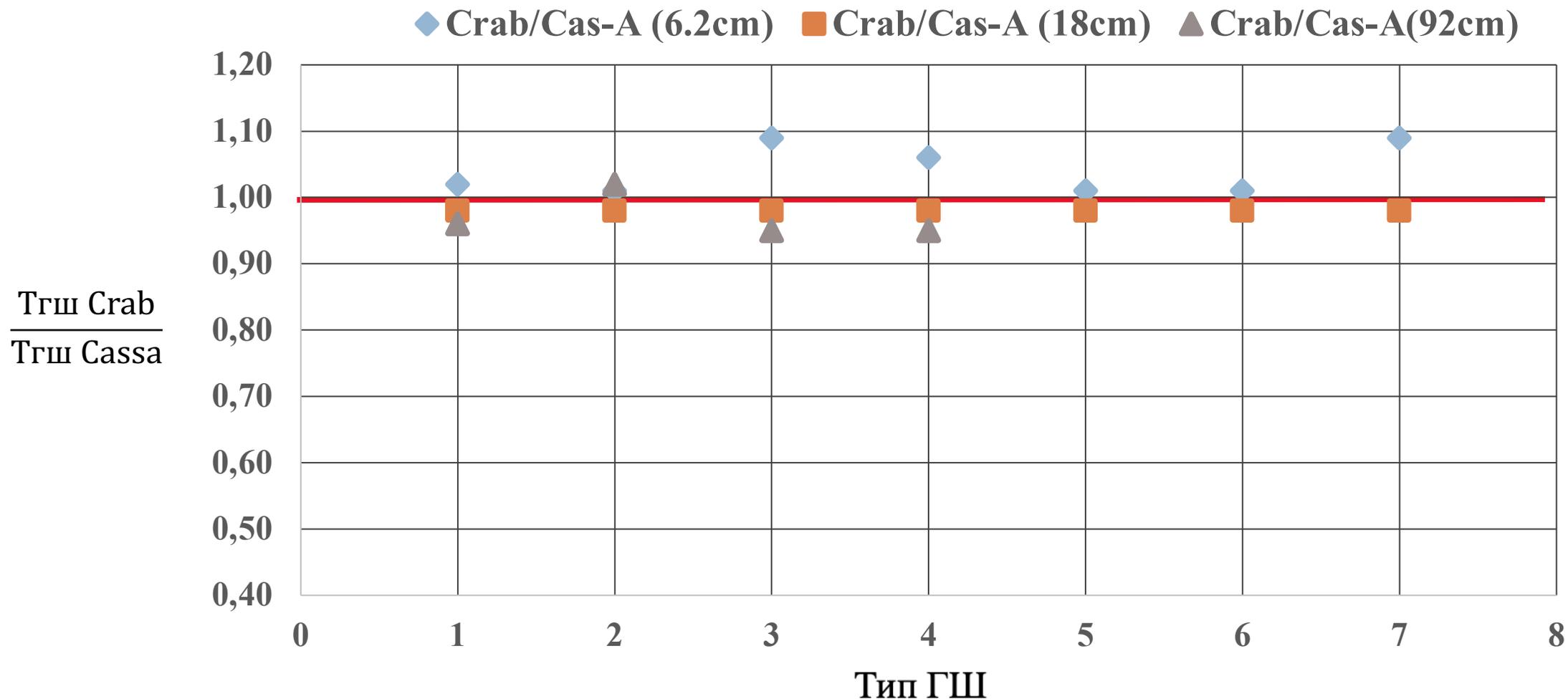
Возможные причины рассогласования калибровок

Возможно несколько причин данного отличия. Анализ показал, что причина была в некорректных значениях плотностей потока калибраторов спустя 40 лет, -- вследствие, вероятно, «векового» изменения потоков астрономических калибраторов, по которым производилась калибровка.

Мы воспользовались двумя новыми астрономическими шкалами потоков 2014 (Виняйкин) и 2017 года (Perley, Batler) и пересчитали калибровки с прежней общепринятой шкалы 1977 г в эти две.

Результат пересчета: устранение обнаруженной причины рассогласования ГШ

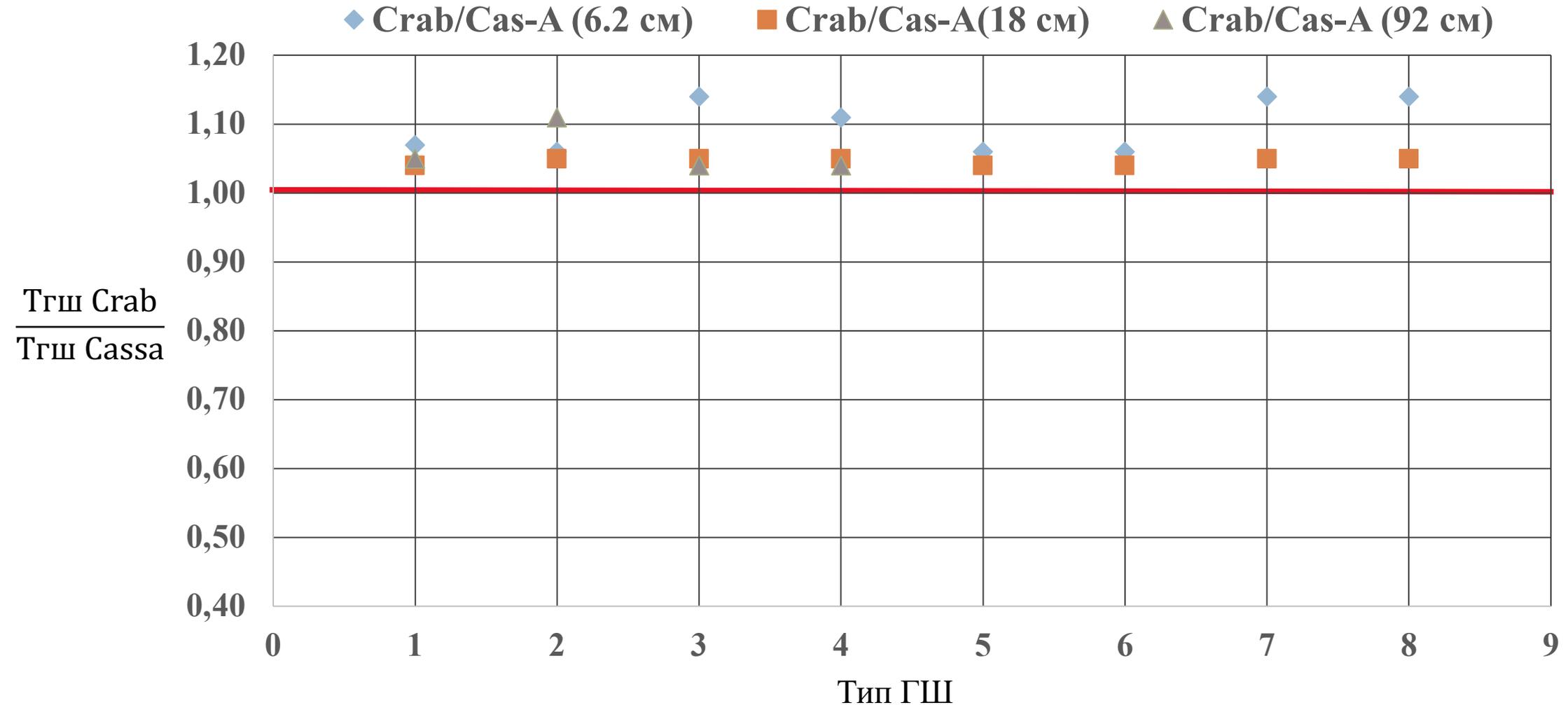
Отношение калибровок ГШ по Крабу и Кассиопее по новой шкале 2017г



Вывод: отношение калибровок стало практически равно единице в шкале 2017 года.

Результат пересчета: устранение обнаруженной причины рассогласования ГШ

Отношение калибровок ГШ по Крабу и Кассиопее по новой шкале 2014 г



Вывод: Отношение калибровок близко к 1 и имеет погрешность 5-10%.

Финальный результат анализа калибровок за 4 года полета КРТ

Переход от общепринятой шкалы 1977 года к новым шкалам 2017 и 2014 года практически устраняет обнаруженное отличие калибровок КРТ по Крабу и Кассиопеи которое составляло 25-35%. Методика анализа может быть положена в основу нового метода поверки калибраторов.

Как использовать новый метод поверки точности калибраторов?

Получить отношение калибровок ГШ по двум калибровочным источникам (например, по Крабу и Кассиопее). Если отношение близко к 1 в пределах погрешности, то калибраторы согласованы, иначе рассогласованы, и потокам калибраторов требуется коррекция. Метод «работает» на большинства наземных антенн при выполнении некоторых условий.

Условия применимости метода поверки калибраторов



КРТ РадиоАстрон

Метод поверки калибраторов работает только для антенн у которых $T_{гш}$ и эффективная площадь A_{eff} -- константы (космические радиотелескопы или небольшие антенны). $T_{гш} = const$, так как $T_{гш}$ есть калибровочный эталон. Для КРТ имеем:

$$\leftarrow F_{гш} = \frac{2kT_{гш}}{A_{eff}} \left[\frac{Вт}{м^2 Гц} \right], \text{ где } A_{eff} = const$$

Для большинства наземных антенн: \longrightarrow

$$F_{гш} = \frac{2kT_{гш}}{A_{eff}} \left[\frac{Вт}{м^2 Гц} \right], A_{eff} \neq const$$



Наземная антенна

Но метод применим и для наземных телескопов, если сравнивать калибраторы на одной высоте.

Выводы:

- Разработана и применена новая система массовой автоматизированной обработки к юстировочным наблюдениям Краба и Кассиопеи за 2015-2018 гг.
- Анализ показал, что параметры стабильны с типичной погрешностью 2-3% относительно каждого калибратора
- Однако калибровки ГШ по Крабу и Кассиопее в общепринятой шкале 1977 года отличались на 25-35%, а должны быть одинаковыми в пределах погрешности, так как Fгш [Ян] не зависит от калибратора
- Переход от общепринятой шкалы 1977 года к новым шкалам (2017г, 2014г) практически устраняет это обнаруженное отличие. Подтверждены результаты статей по шкалам 2017 года (Perley, Batler) и 2014 года (Виняйкин). Показано, что стандартная шкала 1977 года (Vaars et al) устарела
- Примененный анализ калибровок КРТ положен в основу новой методики поверки астрономических калибраторов и шкал спектральной плотности потока радиоизлучения для космических и большинства наземных телескопов