

Эксперимент по оценке стабильности фотоприемных устройств мультиспектральной съемочной системы КА «Канопус-В»

А.И. Васильев, А.С. Стремов,
В.П. Коваленко, А.А. Емельянов

XXI Международная конференция
«Современные проблемы дистанционного
зондирования Земли из космоса»
(13-17 ноября 2023 г., Москва)



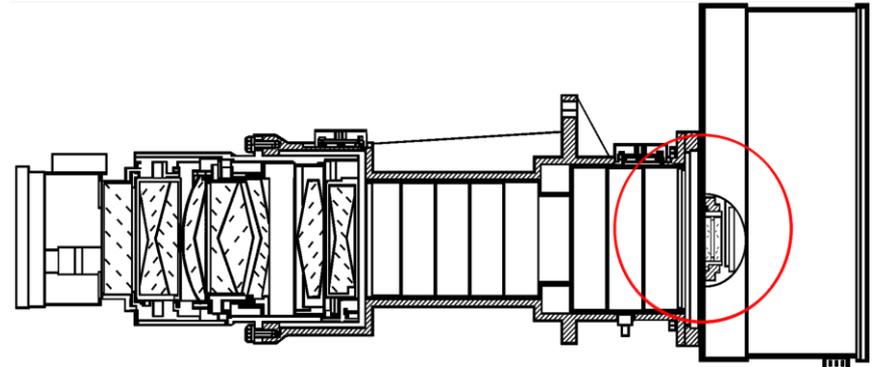
Узел фотометрической калибровки МСС КА «Канопус-В»

Предназначенный для проведения тестирования и калибровки МСС во время полета.

УФК– титановая оправа с печатной платой с четырьмя светодиодами.

Данный узел расположен после линзового объектива и перед блоком фокальной плоскости со спектральными фильтрами.

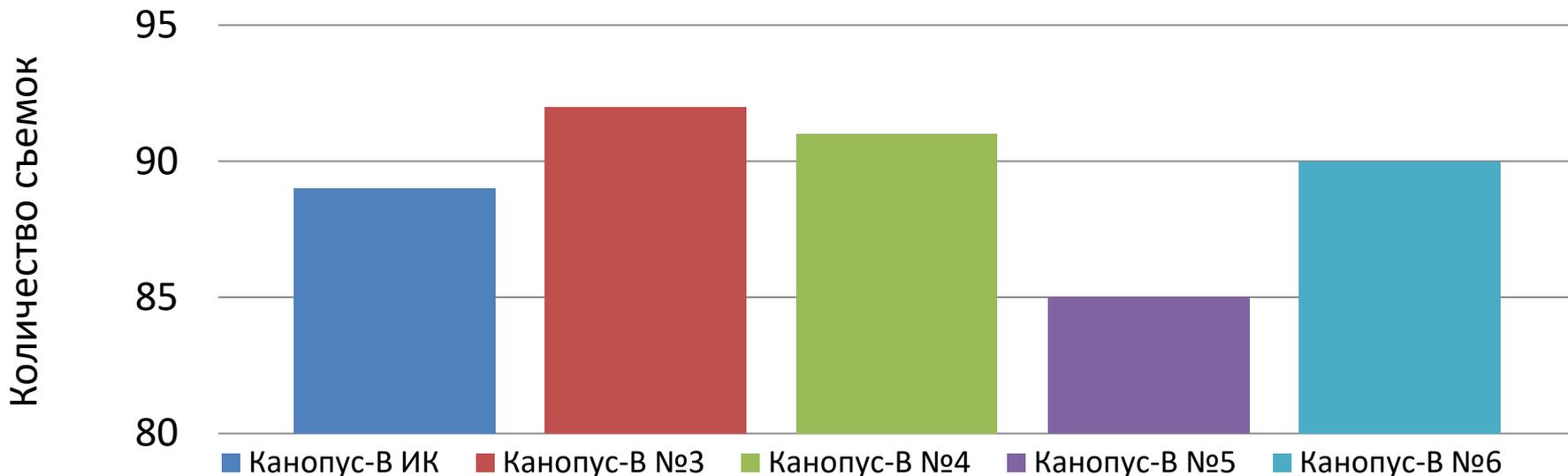
Схема компоновки МСС КА «Канопус-В»
(Красным кругом отмечено
расположение узла фотометрической
калибровки)



Исходные данные

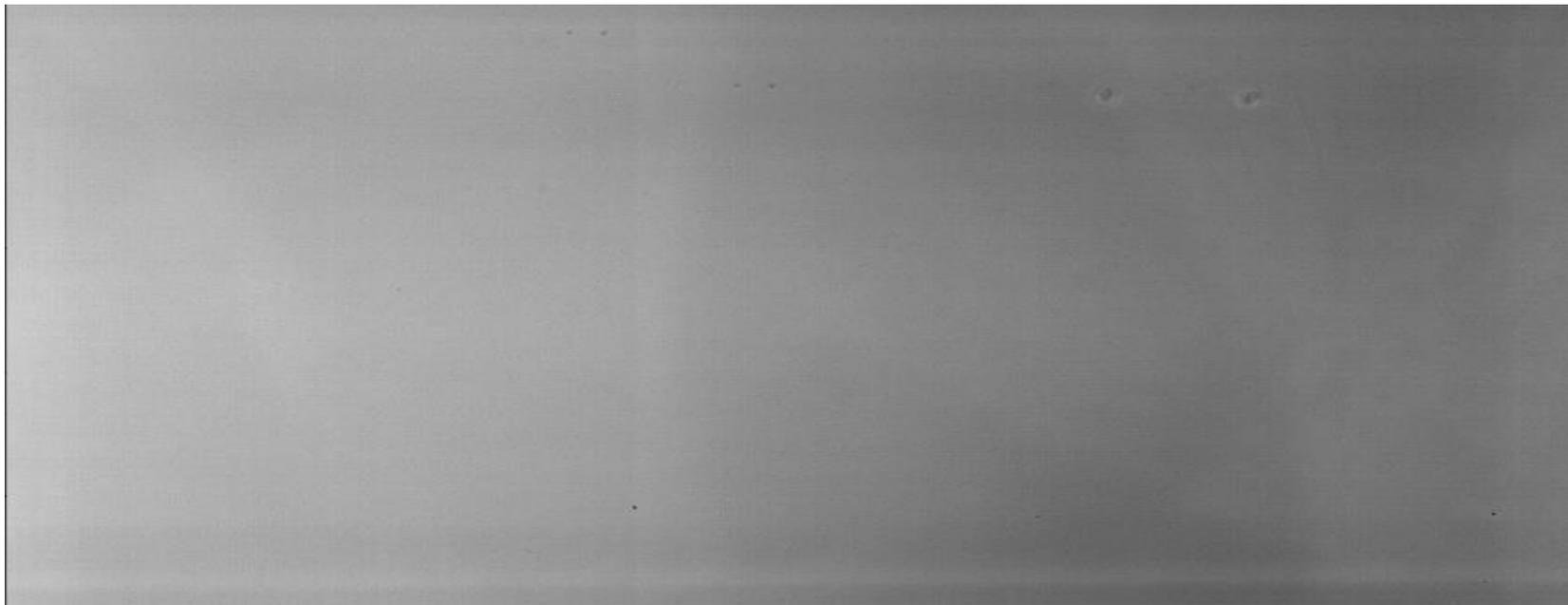
В период с января 2023 по ноябрь 2023 получено более 400 съёмок КК «Канопус-В» с использованием УФК

В рамках эксперимента была выполнена серия включений УФК в условиях отсутствия внешнего «паразитного» освещения – съёмка выполнялась над Атлантическим океаном, при условии новолуния (отклонение не более двух суток)



Пример изображения съемки в УФК-режиме

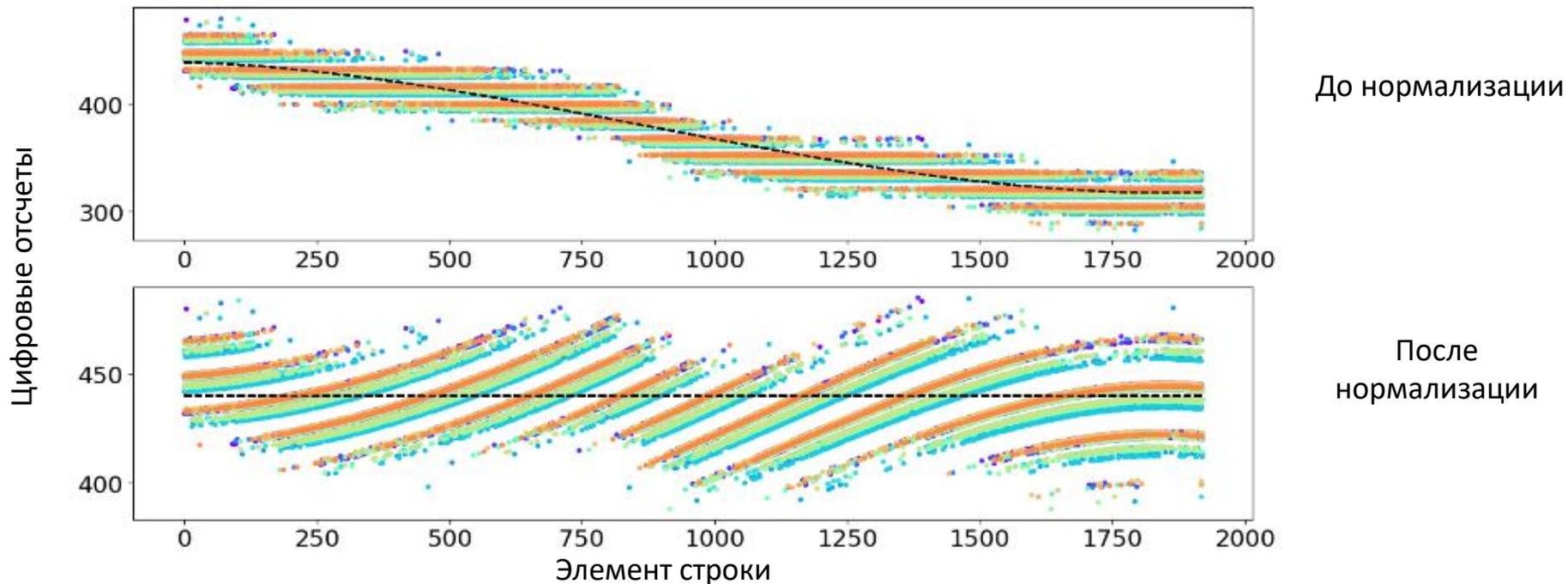
Для КА «Канопус-В ИК» выполнено 14 съемок УФК в период февраль-сентябрь 2023 г. при одинаковых режимах ВЗН (временная задержка и накопление зарядов).



Микрокадр 26 (БИК) съемки МСС КАК «Канопус-В ИК» от 20.01.2023

Компенсация неравномерности освещения для съемки в УФК-режиме

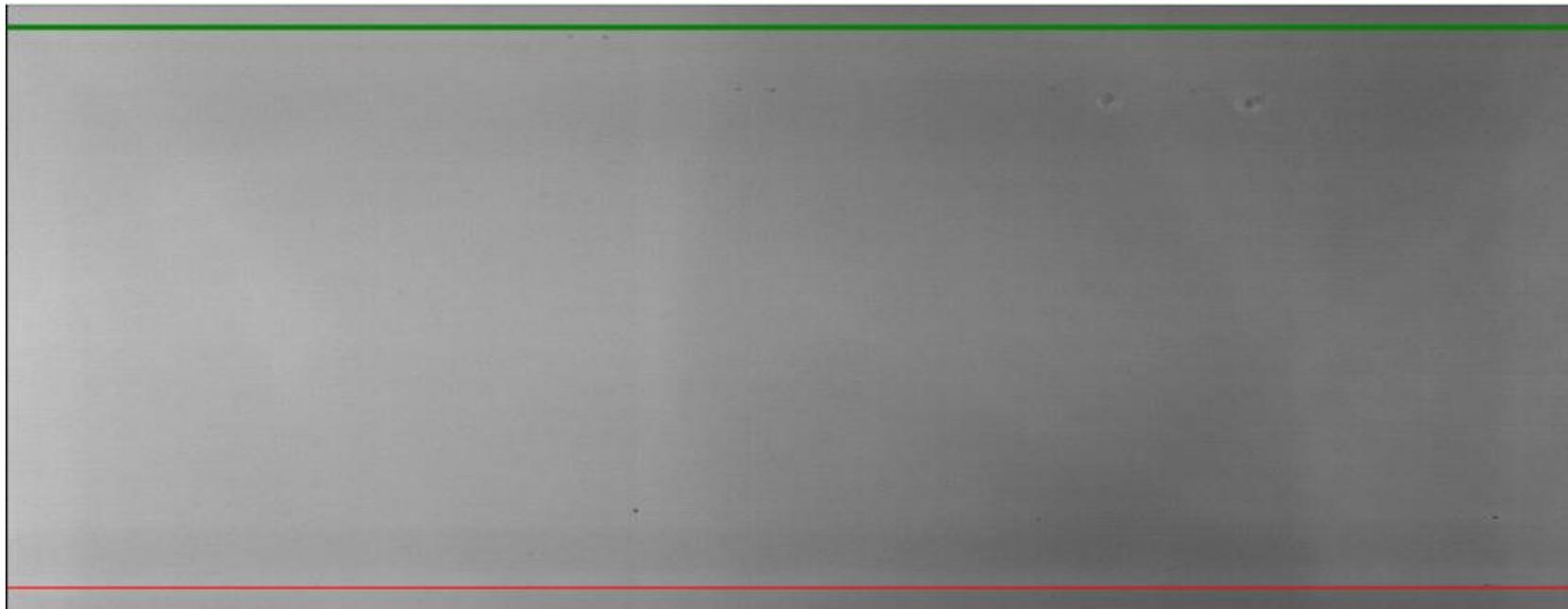
Нормализация неравномерности освещения для строки №36 микрокадра, при различных съемках на основе единой модели (14 съемок – показаны цветом) - полиномиальная кривая яркости в зависимости от элемента строки



Васильев А.И., Стремов А.С., Некрасов В.В., Алтынов А.Е. Применение бортовых калибровочных ламп КА «Канопус-В» для радиометрической коррекции данных мультиспектрального сенсора // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2022. Т. 66. № 4. С. 23–33. DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-4-23-33

Оценка влияния компенсации освещенности для разных строк

Для микрокадра №26 (БИК) Съемка МСС КАК «Канопус-В ИК» от 20.01.2023 отмечены две строки изображения имеющие минимальное СКО (зеленая линия) и максимальное СКО (красная линия)



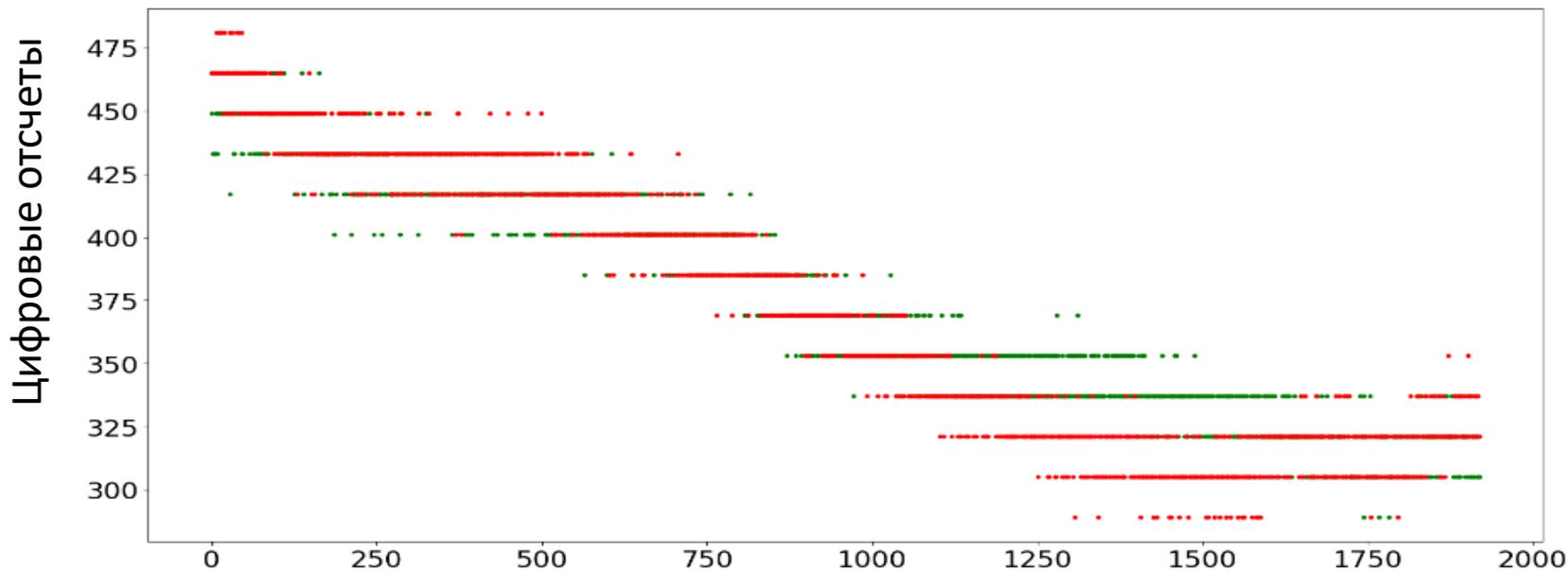
Строка 36: СКО= 42.46 Строка 944 : СКО = 52.14

Оценка влияния компенсации освещенности для разных строк

Профили строк с максимальным и минимальным СКО для микрокадра № 26

Зеленый цвет (СКО – 42.46) – элементы строки №36

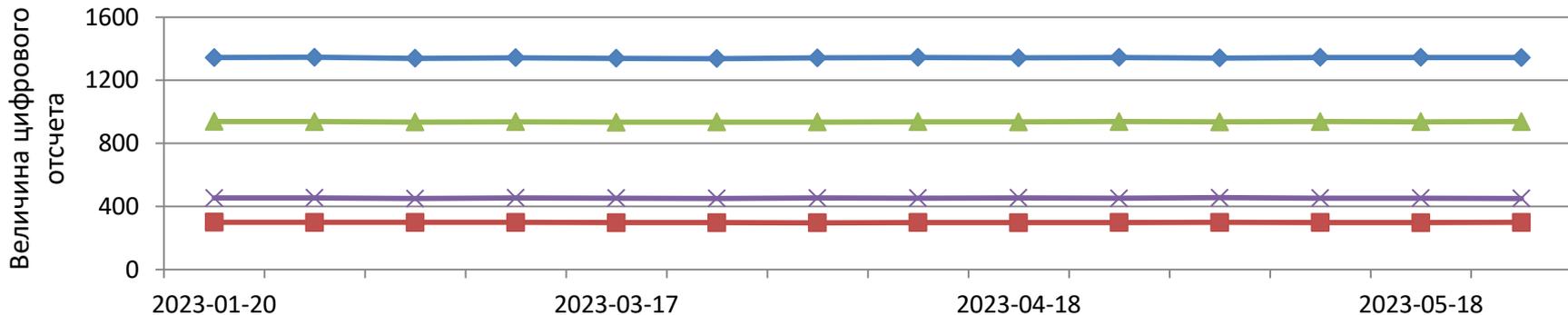
Красный цвет (СКО – 52.14) – элементы строки №944



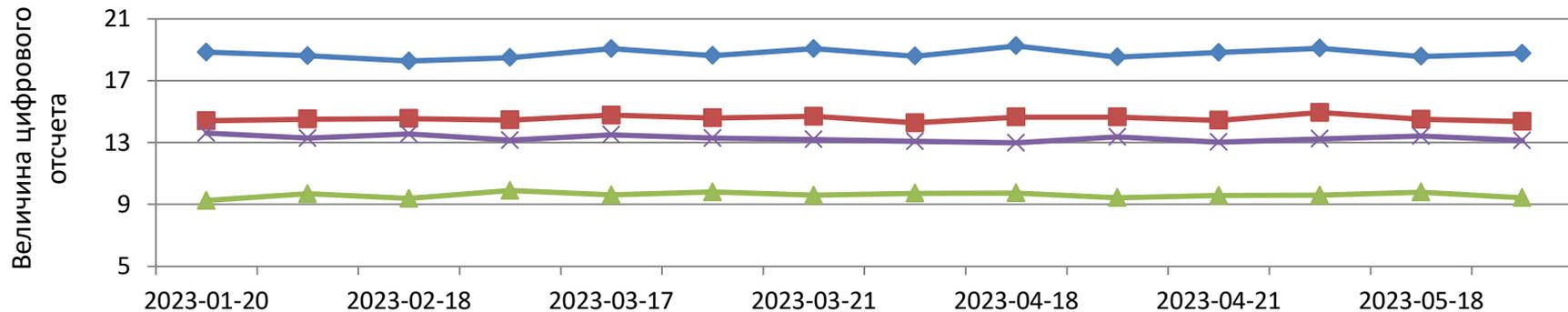
Характер профилей идентичен. Выбор строки для анализа обуславливает разброс СКО в диапазоне $\pm 10\%$ (относительно средней величины)

Временной ряд средних величин и СКО

Средние значения цифровых отсчетов для строки №36 в четырех каналах МСС «Канопус-В-ИК» для 14 съемок за полугодовой период 23-го года (после нормализации освещения)

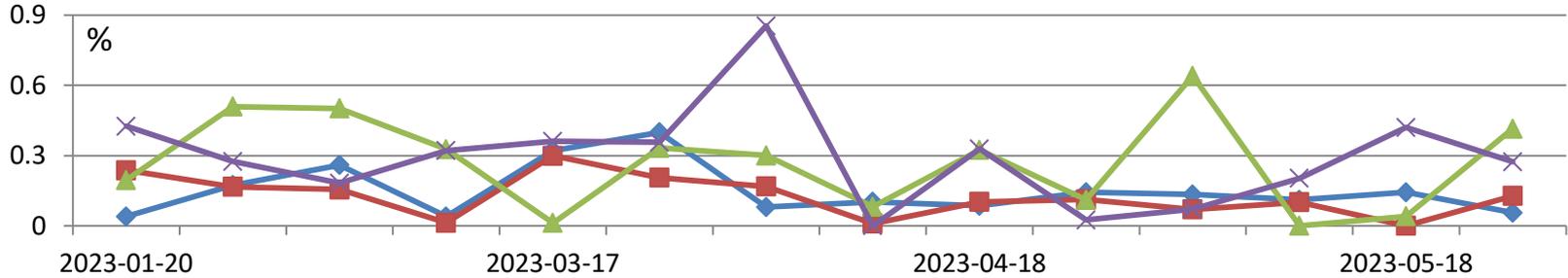


СКО цифровых отсчетов для строки №36 в четырех каналах МСС «Канопус-В-ИК» для 14 съемок за полугодовой период 23-го года (после нормализации освещения)

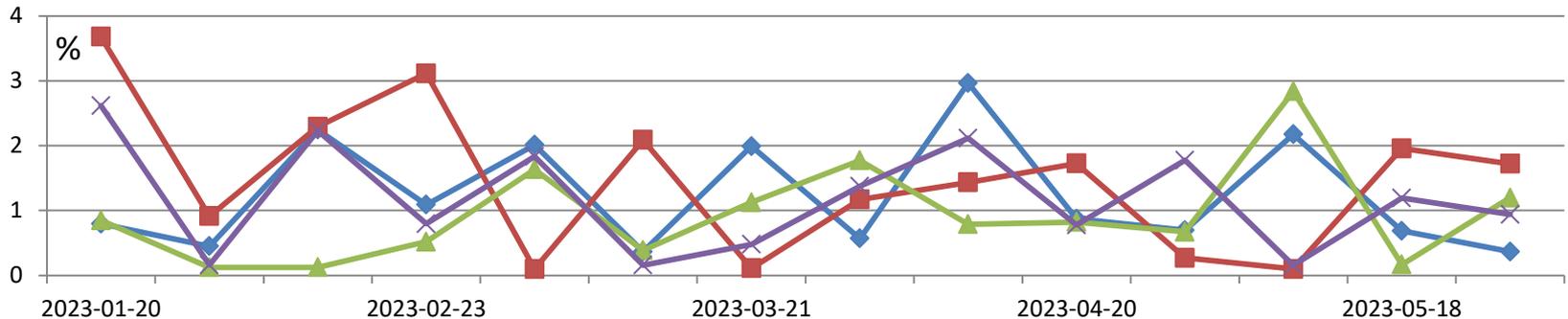


Оценка стабильности средних величин и СКО на основе УФК-съемки

Колебания в пределах 1 % для средних значений цифровых отсчетов относительно медианной величины за полугодовой период для строки №36 (в спектральных каналах МСС «Канопус-В-ИК»)



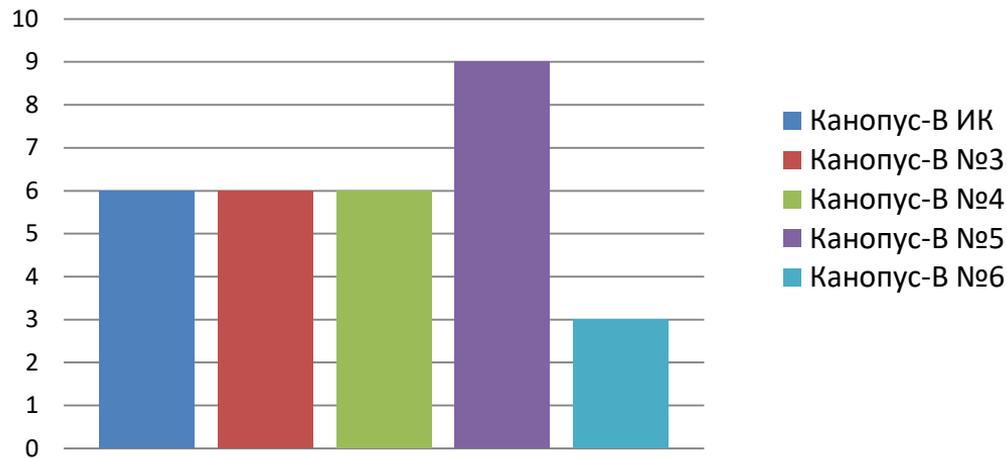
Колебания преимущественно в пределах 3 % для СКО относительно медианной величины за полугодовой период для строки №36 (в спектральных каналах МСС «Канопус-В-ИК»)



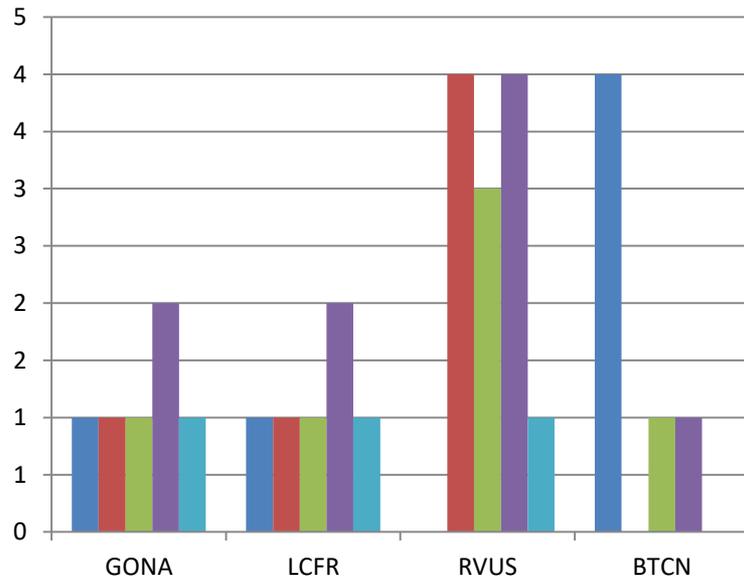
Оценка стабильности фото-приемных устройств на основе съемки полигонов RadCalNet

В период с января 2022 по август 2023 для КК «Канопус-В» была проведена съемка калибровочных полигонов сети RadCalNet

Распределение количества съемок по КА



Распределение съемок по полигонам

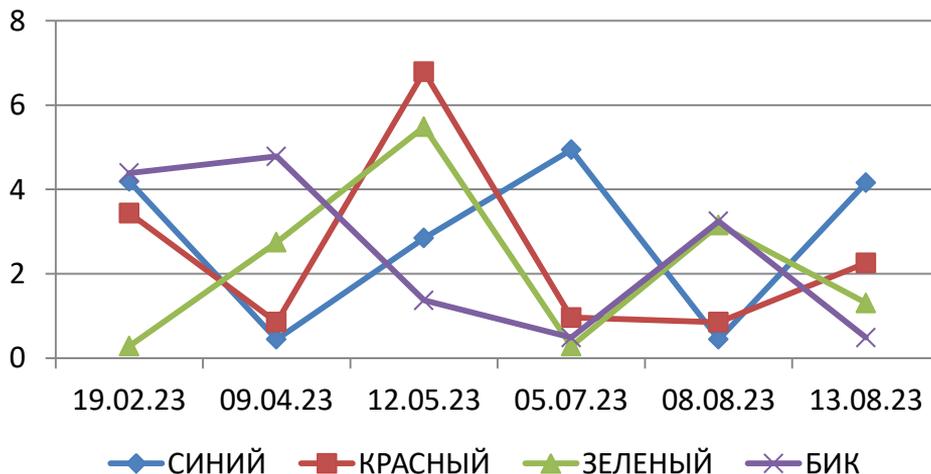


Оценка стабильности фото-приемных устройств МСС «Канопус-В-ИК»

На основе рассчитанного мультипликативного фактора была выполнена оценка относительной погрешности

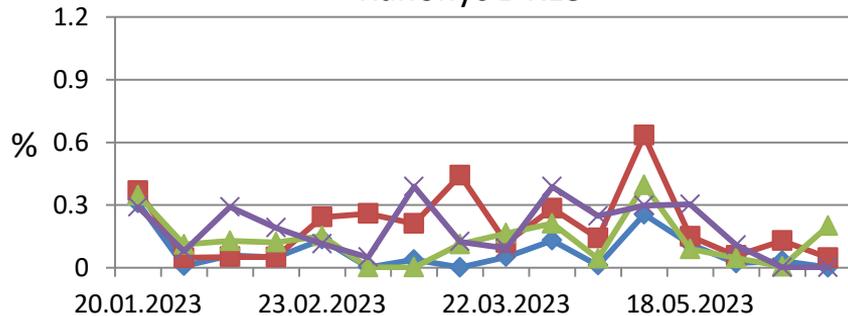
	До, %	После, %
Синий	11,6	3,5
Зеленый	3,8	2
Красный	3,5	3,6
БИК	5,1	2,8

Колебания в пределах 5 % для мультипликативного фактора (относительно медианного значения) на основе съемки полигонов RadCalNet для спектральных каналов МСС «Канопус-В-ИК»

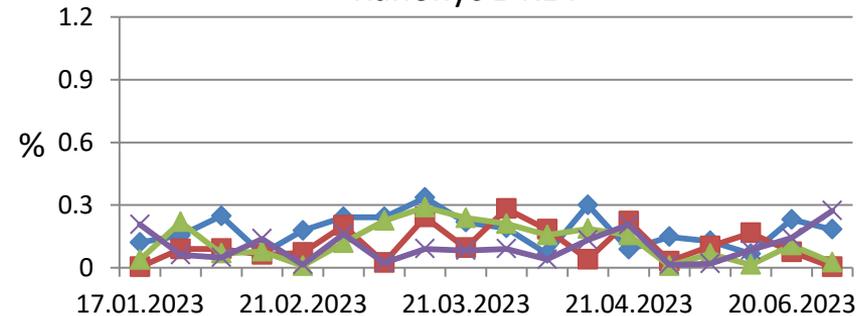


Оценка стабильности фото-приемных устройств МСС КК «Канопус-В» на основе УФК-съемки

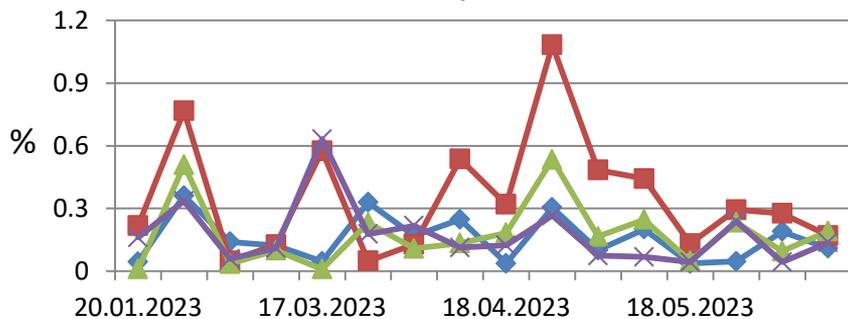
Канопус В №3



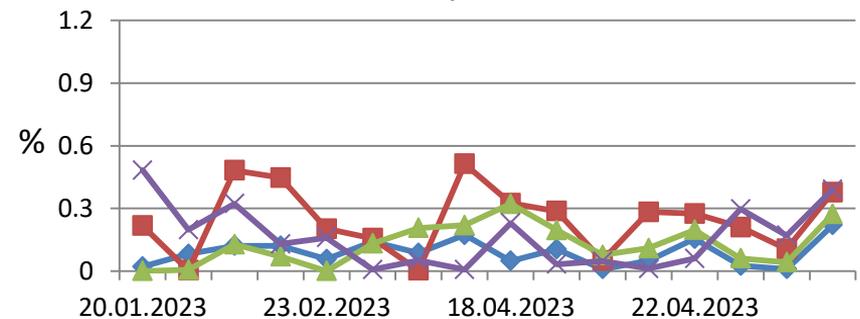
Канопус В №4



Канопус В №5



Канопус В №6



Синий

Зеленый

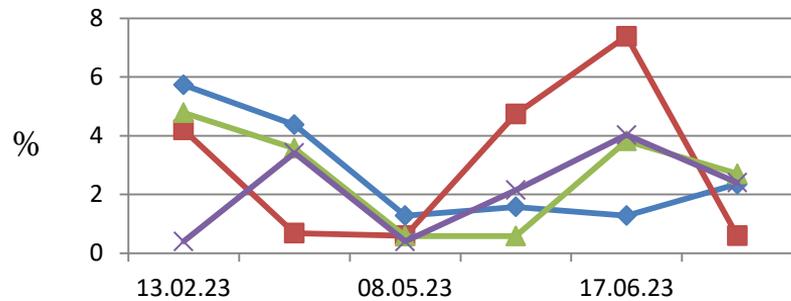
Красный

БИК

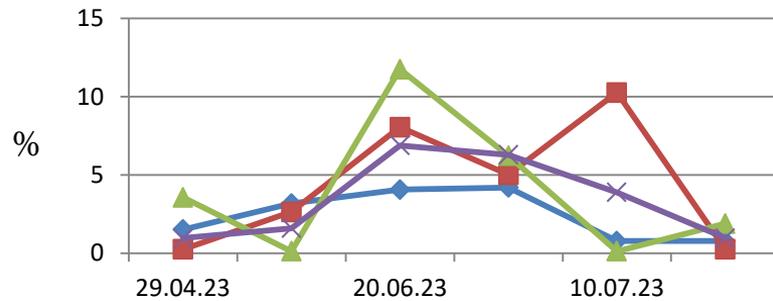
Колебания в пределах 1 % относительно медианной величины

Оценка стабильности фото-приемных устройств МСС КК «Канопус-В» на основе съемки полигонов RadCalNet

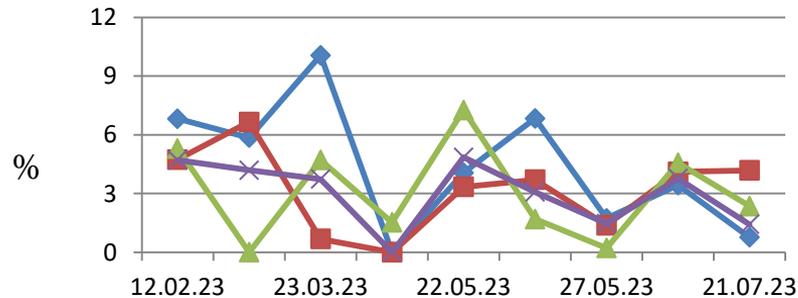
Канопус-В №3



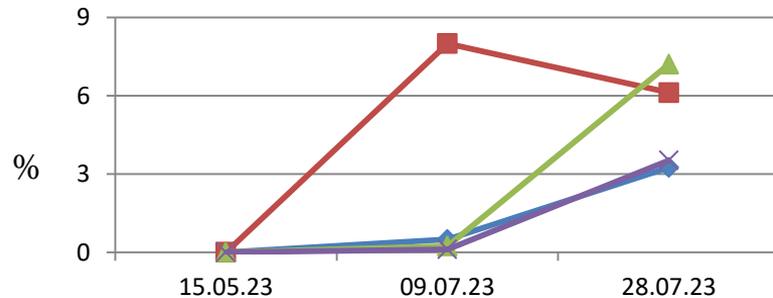
Канопус-В №4



Канопус-В №5



Канопус-В №6



— СИНИЙ — КРАСНЫЙ — ЗЕЛЕНый — БИК

Колебания в пределах 10 % относительно медианной величины

Заключение

1. Для съемочных систем МСС КК «Канопус-В» выполнена серия съемок в УФК-режиме за полугодовой период. По результатам обработки данных наблюдается стабильность регистрируемого ФПУ излучения калибровочных ламп (среднее значение – в пределах 1%, СКО – в пределах 3%)
2. В течение этого же периода выполнена съемка полигонов RadCalNet. На основе результатов обработки данных выполнена оценка стабильности мультипликативного фактора: отклонение от медианны – в пределах 5-10%
3. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:
 - Съемка бортовых лам в течение полугодового периода позволяет контролировать стабильность светочувствительности ФПУ;
 - Съемка УФК не обеспечивает контроль всего оптического тракта;
 - Данные полигонов RadCalNet не обеспечивают достаточную точность для верификации результатов применения УФК-режима;
 - Требуются альтернативные подходы верификации результатов УФК-съемки.