

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РАН

СТЕНОГРАММА
ЗАСЕДАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д002.023.01

13 сентября 2022 года

Защита диссертации
Сербинова Дмитрия Владимировича
на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 01.03.02 “Астрофизика и звездная астрономия”

*“Аппаратно-методическое обеспечение эксперимента
МВН по высокоточному измерению
космического рентгеновского фона”*

Присутствуют члены диссертационного совета:

Новиков И.Д., д.ф.-м.н., член-корр. РАН, 01.03.02, физ.-мат. науки, председатель диссертационного совета

Ковалев Ю.Ю., д.ф.-м.н., член-корр. РАН, 01.03.02, физ.-мат. науки, заместитель председателя диссертационного совета

Шахворостова Н.Н., к.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки, ученый секретарь диссертационного совета

Вибе Д.З., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Дагкесаманский Р.Д., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Дорошкевич А.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки (в удаленном режиме)

Иванов П.Б., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Каленский С.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Ковалев Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки (в удаленном режиме)

Ларионов М.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки (в удаленном режиме)

Лукаш В.Н., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Малофеев В.М., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки (в удаленном режиме)

Новиков Д.И., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки (в удаленном режиме)

Попов М.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки (в удаленном режиме)

Троицкий С.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки (в удаленном режиме)

Тюльбашев С.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Чашей И.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки (в удаленном режиме)

Щекинов Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки (в удаленном режиме)

Председатель заседания – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, председатель диссертационного совета И.Д. Новиков.

Секретарь заседания – кандидат физико-математических наук, ученый секретарь диссертационного совета Н.Н. Шахворостова.

Заседание проводится с участием членов диссертационного совета и оппонентов в удаленном интерактивном режиме. Распорядительный акт директора ФИАН Колачевского Н.Н. о проведении заседания диссертационного совета с участниками в удаленном интерактивном режиме находится в приложении №1 к стенограмме.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Дорогие коллеги, мы начинаем процедуру по защите диссертации Сербинова Дмитрия Владимировича. Я прошу ученого секретаря зачитать необходимые технические детали.

СЕКРЕТАРЬ. Здравствуйте, уважаемые коллеги. Перед тем, как я читаю все детали касаясь соискателя и диссертации, я должна предупредить, что ведется аудиовидеозапись заседания, и все члены диссертационного совета, кто присутствует онлайн, обязаны все время находиться с включенными камерами. Если по какой-то причине у вас возникли технические неполадки, тогда в этом случае мы должны объявить технический перерыв для восстановления связи. Так, сегодня у нас 13 сентября 2022 года, 12 часов 10 минут московского времени и нам предстоит заседание по защите диссертации Сербинова Дмитрия Владимировича «Аппаратно-методическое обеспечение эксперимента МВН по высокоточному измерению космического рентгеновского фона». Диссертация по специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия» по техническим наукам. У нас сейчас присутствуют на заседании 18 членов совета из 22-х, т. е. кворум есть. При этом 9 человек присутствует онлайн, т. е. удаленно, и 9 человек присутствуют лично в зале заседаний. Я должна огласить всех присутствующих *(оглашает фамилии присутствующих согласно явочному листу)*.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Надежда Николаевна, я прошу Вас огласить данные по диссертации, название и все данные.

СЕКРЕТАРЬ. Хорошо. Спасибо. Название диссертации я уже огласила. Научный руководитель диссертации — доктор технических наук Семена Николай Петрович.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Извините, пожалуйста, специальность вы указали?

СЕКРЕТАРЬ. Да, я огласила специальность... Николай Петрович — заведующий лабораторией астрофизических рентгеновских детекторов и телескопов Института космических исследований РАН. Ведущая организация по диссертации — Физико-технический институт имени Иоффе, Санкт-Петербург. Оппоненты: Алексей Владимирович Ненарокомов, я надеюсь я правильно ударение сказала, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Космические системы и ракетостроение» Московского авиационного института. Алексей Владимирович присутствует здесь в зале. И второй оппонент Михаил Федорович Рунцо, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры экспериментальных методов ядерной физики Научно-иссле-

довательского ядерного университета МИФИ. Михаил Федорович присутствует удаленно по зуму. Тоже здесь сейчас присутствует.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Так, теперь пожалуйста содержание документов соискателя.

СЕКРЕТАРЬ. Хорошо, спасибо, Игорь Дмитриевич. В деле имеются все требуемые документы: заявление соискателя, положительное заключение организации, т. е. Института космических исследований, где была выполнена работа, диплом о высшем образовании, справка о сдаче кандидатского минимума, а также все отзывы от ведущей организации и оппонентов, которые поступили все вовремя. Я также должна кратко информацию дать. Соискатель Сербинов Дмитрий Владимирович, 1988 года рождения, в 2011 году окончил «Московский авиационный институт» с присвоением квалификации «Инженер» по специальности «Испытание летательных аппаратов». Дмитрий Владимирович обучался в очной аспирантуре Института космических исследований с 2015 по 2019 год по направлению «Физика и астрономия» по специальности «Приборы и методы экспериментальной физики». В период с 01 марта 2022 года по 21 марта 2022 года Дмитрий Владимирович был прикреплен в качестве экстерна для прохождения промежуточной аттестации в Институте космических исследований по специальности «Астрофизика и звёздная астрономия». Справка о сдаче кандидатского минимума имеется. В настоящее время Дмитрий Владимирович работает младшим научным сотрудником в Институте космических исследований Академии наук. Все представленные документы соответствуют требованиям ВАК, все в порядке.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо. Тогда мы приступаем к докладу по диссертации. Пожалуйста, Дмитрий Владимирович, Вам слово.

(Начинается демонстрация презентации доклада на экране в зале заседаний и на экране в зоот для участников в удаленном режиме).

ДОКЛАД СОИСКАТЕЛЯ

Соискатель выступает с докладом. В докладе демонстрирует и комментирует слайды 1-32, номера которых даны в начале соответствующих строк ниже. Слайды к докладу приведены в Приложении №2 к стенограмме и приложены к аттестационному делу в бумажной и электронной форме.

Слайд 1.

СОИСКАТЕЛЬ: Всем добрый день! Моя работа посвящена проекту «Монитор Всего Неба», сокращенно МВН. Это космический эксперимент...

Ю.Ю. КОВАЛЕВ: Я прошу прощения, не могли бы Вы говорить в сторону диссертационного совета, в микрофон и в сторону диссовета.

СОИСКАТЕЛЬ: так, значит это космический эксперимент по высокоточному измерению космического рентгеновского фона (далее буду говорить сокращенно – КРФ) с борта МКС.

Слайд 2.

СОИСКАТЕЛЬ: КРФ с момента его открытия измеряли многие обсерватории, это видно из этого графика. Сейчас принято считать, что КРФ – это почти изотропное диффузное излучение внегалактического происхождения. Но до сих пор его погрешность измерения довольно большая – 15-20 %. Считается, что он формируется большим количеством активных ядер галактик и для того, чтобы уточнить модели их эволюции требуется эту погрешность уменьшить. Поэтому разработка подобного эксперимента является очень актуальной задачей.

Слайд 3.

СОИСКАТЕЛЬ: Таким образом, цель моей работы – создание аппаратно-методических средств для проведения космического эксперимента по высокоточному измерению КРФ. И для достижения поставленной цели был создан специальный прибор, монитор, при разработке которого решены следующие задачи: разделения КРФ и внеапертурного фона прибора, учёта апертурного фона прибора, обеспечения возможности точной калибровки прибора и адаптации прибора к условиям на внешней поверхности МКС.

Слайд 4.

СОИСКАТЕЛЬ: Мой личный вклад можно разделить на четыре части, которые соответствуют главам диссертации. Первая часть обзорная. Я провел анализ требований к детектору, условиям на МКС и проблемам измерения КРФ. Вторая часть методическая. Я рассчитал и обосновал поле зрения прибора, смоделировал эксперимент и разработал методику отбора данных. Третья часть аппаратная. Мною были разработаны отдельные системы монитора: система модуляции апертуры, обеспечения теплового режима и полётной калибровки детекторов. Также я участвовал в компоновке всего монитора. И

последняя часть – экспериментальная. Мною были проведены исследования характеристик монитора и его отдельных частей.

Слайд 5.

СОИСКАТЕЛЬ: Монитор всего неба – это комплекс, который состоит из двух приборов. Первый и самый главный – это монитор СПИН-Х1-МВН. Это монитор, который размещается на внешней поверхности МКС. Он содержит четыре детектора, полупроводниковых, на базе кристалла из теллурида кадмия. Они будут работать в диапазоне от 6 до 70 кэВ. Значит, обращаю внимание, что их рабочая температура минус 30 плюс минус 2 градуса Цельсия. То есть они требуют очень стабильную температуру, и чем стабильней, тем лучше. Второй прибор – это блок управления, БУ МВН, это компьютер, который будет управлять монитором, и он размещается в гермоотсеке МКС.

Слайд 6.

СОИСКАТЕЛЬ: Итак, монитор будет установлен на внешней поверхности МКС экипажем, крепится неподвижно и его поле зрения направлено строго в зенит.

Слайд 7.

СОИСКАТЕЛЬ: Итак, в чём проблема измерения КРФ? Проблема в том, что любой детектор, помимо фотонов КРФ, видит ещё много других событий, которые я разделил на две группы: апертурный и внеапертурный фон. Апертурный фон – это всё, что попадает на детектор через поле зрения детектора. Внеапертурный фон – это всё, что попадает на детектор с других направлений.

Слайд 8.

СОИСКАТЕЛЬ: Отделение КРФ от внеапертурного фона – это основная проблема. В Мониторе всего неба она решается с помощью метода модуляции поля зрения прибора, и также мы применяем пассивную защиту детекторов. Для решения проблемы учёта апертурного фона мною разработана специальная методика отбора полученных данных. И есть ещё проблема точных калибровок детекторов. Для этого в состав монитора введены калибровочные источники, детекторы термостабилизируются, и уже были проведены наземные кросс-калибровки детекторов.

Слайд 9.

СОИСКАТЕЛЬ: Но первая моя задача была адаптировать прибор для работы на борту МКС. Для этого мною были проанализированы все внешние воздействия и при этом учтены при разработке систем монитора. Здесь я обращаю внимание только на переменные внешние тепловые условия как большую проблему для термостабилизации детекторов.

Слайд 10.

СОИСКАТЕЛЬ: Вот пример падающих тепловых потоков на поверхности монитора для трёх положений орбиты МКС за один виток.

Слайд 11.

СОИСКАТЕЛЬ: Теперь перейдём к решению основной проблемы – отделение КРФ от внеапертурного фона. Наш знаменитый астрофизик Михаил Геннадьевич Ревнивцев предложил очень оригинальный способ реализации метода модуляции поля зрения прибора. Он предложил установить над полями зрения детекторов обтюратор – это вращающийся экран, непрозрачный для рентгена в нашем диапазоне энергий. В нашем случае он вращается со скоростью один оборот в минуту и одновременно перекрывает два детектора. Получается, что пока детектор открыт, он видит потоки фотонов КРФ, апертурный и внеапертурный фон. Затем он перекрывается этим экраном и видит только внеапертурный фон. Если допустить, что за это время фон не изменился, то этот внеапертурный фон можно просто вычесть.

Слайд 12.

СОИСКАТЕЛЬ: Данная система модуляции апертуры была мною сконструирована, она состоит из обтюратора с трёхслойным экраном, четырьмя датчиками положения обтюратора и приводом, который вращает этот обтюратор.

Слайд 13.

СОИСКАТЕЛЬ: Привод двухдвигательный, двигатели могут работать как в холодном, так и в горячем резерве, дублирование реализуется с помощью обгонных муфт.

Слайд 14.

СОИСКАТЕЛЬ: Для решения проблемы учёта апертурного фона мною разработана методика по отбору данных, которая позволяет снизить ошибку измерения КРФ до примерно 1 % за три года непрерывных наблюдений.

Слайд 15.

СОИСКАТЕЛЬ: Но здесь первым делом нужно было оптимизировать поле зрения прибора. Для этого я рассчитал значимость регистрации КРФ при исключении из обзора галактических источников. Это красный график. Здесь видно, что при максимуме значимости у нас остаётся слишком мало неба, это вот синий график, там примерно 20 %. Это слишком мало, поэтому было решено уменьшить поле зрения, чтобы оставалось примерно 50 % неба. Чёрный график – это поле зрения монитора, значение которого на полной ширине на полувывсоте соответствует 8,55 градусов квадратных.

Слайд 16.

СОИСКАТЕЛЬ: Монитор с борта МКС может видеть примерно 80 % неба за один период прецессии орбиты МКС, это примерно 73 дня. За три года будет таких 15 обзоров. Однако, МКС постоянно залетает в область высоких широт и Южно-Атлантической аномалии, где наблюдается очень высокий фон заряженных частиц, поэтому эти области я из обзора исключил. Далее для расчёта систематической погрешности я взял источники из каталога Swift BAT 105-ти месячный и наложил на эту карту и сразу же вырезал галактическую плоскость, так как она очень насыщена источниками.

Слайд 17.

СОИСКАТЕЛЬ: Теперь можно переходить к расчёту погрешности, которая состоит из статистической и систематической. Статистическая – это влияние внеапертурного фона, который мною оценивался с помощью специальной программы SPENVIS. Расчёт потока фотонов КРФ произведён с помощью модели Грубера. Систематическая погрешность – это влияние небесных источников и потоки фотонов от них, чтобы посчитать потоки фотонов от них я разбил эти источники на десять групп по формам спектра.

Слайд 18.

СОИСКАТЕЛЬ: У нас на карте экспозиции осталось 756 источников, из них 104 галактические. Все галактические источники должны быть из обзора исключены как не имеющие отношения к формированию КРФ.

Слайд 19.

СОИСКАТЕЛЬ: Однако ещё есть три очень ярких внегалактических источника, которые МВН будет видеть со значимостью более пяти сигм за три года, их тоже пришлось исключить.

Слайд 20.

СОИСКАТЕЛЬ: Таким образом, после удаления из обзора 107-ми источников погрешность измерения КРФ составит примерно 1 % за три года.

Слайд 21.

СОИСКАТЕЛЬ: И карта экспозиции неба будет выглядеть вот таким образом.

Слайд 22.

СОИСКАТЕЛЬ: И осталась ещё последняя проблема – это проблема калибровок. Здесь в первую очередь нужно было решить задачу термостабилизации детекторов.

Слайд 23.

СОИСКАТЕЛЬ: Для этого мною была разработана специальная оптимизационная модель, которая позволяет рассчитать оптимальное расположение и соотношение площадей радиаторов для уменьшения колебания температуры. Суть метода в том, чтобы... суть метода состоит в выравнивании поглощённого теплового потока за счёт сдвига фазы переменных потоков, поглощаемых разноориентированными радиаторами при их повороте относительно внешнего источника тепла. В качестве радиаторов я рассматривал четыре поверхности суммарной площадью F . Задача сводится к расчёту коэффициентов площадей k . Для этого я написал вот такую программу, которая считает все возможные сочетания этих коэффициентов с некоторым шагом и расставляет их в порядке возрастания критерия оптимизации. Нужно видеть именно все эти варианты, так как самый оптимальный не всегда технически реализуемый, вот, например, здесь я выбрал четвёртый по счёту вариант, он не далёк от оптимального, это вот красная точка на графике, но при этом его достаточно легко реализовать. Здесь всего два радиатора на поверхностях один и два равной площади.

Слайд 24.

СОИСКАТЕЛЬ: В нашем случае это выглядит вот так. Два оппозитных радиатора, соединённых двумя U-образными тепловыми трубами, на полках

которых расположены блоки детекторов. Остальные поверхности обшиты ЭВТИ. Также в этой системе есть двадцать нагревателей, и каждый детектор расположен на термоэлектрическом модуле.

Слайд 25.

СОИСКАТЕЛЬ: Для полётной калибровки я разработал блок калибровочного источника – БКИ. Это линейный привод, который выдвигает по команде в поле зрения детектора изотоп америция-241. Справа внизу можете видеть его спектр. У каждого детектора свой отдельный БКИ.

Слайд 26.

СОИСКАТЕЛЬ: Для подтверждения эффективности системы обеспечения теплового режима были проведены термовакuumные испытания, для которых мною были разработаны... специальный комплекс, который состоит из имитатора поглощённых тепловых потоков и имитатора посадочных мест.

Слайд 27.

СОИСКАТЕЛЬ: А для испытаний БКИ мне пришлось сконструировать целый стенд. Он состоит из вакуумной камеры, внутри которой расположена семь тепловых панелей, которые охлаждаются элементами Пельтье. Панели могут захлаживаться до примерно минус тридцати градусов Цельсия. Стенд позволяет имитировать тепловые условия внутри прибора. Здесь вы можете видеть испытания БКИ на ресурс. Испытания прошли успешно.

Слайд 28.

СОИСКАТЕЛЬ: Научная новизна состоит в том, что впервые создан оригинальный прибор, который предназначен для измерения КРФ в диапазоне энергий от 6 до 70 кэВ и методика его использования. Это позволяет снизить ошибку измерения КРФ до примерно 1 %.

Слайд 29.

СОИСКАТЕЛЬ: Научная значимость работы состоит в том, что выполненное с помощью данного прибора высокоточное измерение КРФ будет иметь большое значение для моделей эволюции чёрных дыр во Вселенной и для анализа популяции чёрных дыр в ближней Вселенной. Практическая значимость работы состоит в том, что методики и технические решения, которые при этом разработаны, могут быть использованы для приборов различных типов.

Слайд 30.

СОИСКАТЕЛЬ: Семь БКИ с 2019 года успешно работают на борту телескопа ART-XC имени Михаила Павлинского обсерватории «Спектр-РГ» в точке L2. Лётный образец комплекса научной аппаратуры МВН собран, успешно прошёл приёмо-сдаточные испытания и передан в РКК «Энергия».

Слайд 31.

СОИСКАТЕЛЬ: Работа апробирована на пяти конференциях и выпущено шесть статей.

Слайд 32.

СОИСКАТЕЛЬ: И на защиту выносятся пять положений, у меня, если время осталось, могу зачитать или не нужно?

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Какие пожелания будут?

Ю.Ю. КОВАЛЕВ: Зачитать.

СОИСКАТЕЛЬ: Значит первое. Разработано аппаратно-методическое обеспечение космического эксперимента по высокоточному измерению КРФ с борта МКС, которое позволяет решить три основные проблемы измерения: проблему разделения КРФ и внеапертурного фона прибора, проблему учёта апертурного фона и проблему точных калибровок прибора. Для решения проблемы разделения КРФ и внеапертурного фона прибора на базе имеющихся детекторов разработан адаптированный для работы на МКС монитор с вращающимся экраном, который реализует метод модуляции апертуры. Для решения проблемы учёта апертурного фона была разработана методика, которая обеспечивает такой баланс между статистической ошибкой измерения и вызываемой внешними факторами систематической ошибкой, при котором суммарная ошибка измерения КРФ снижается до уровня менее 1 % за три года непрерывных наблюдений. В обеспечение решение проблемы точной энергетической и абсолютной калибровки монитора разработаны прецизионная система термостабилизации детекторов и система их полётной калибровки. И все расчётные параметры систем монитора подтверждены исследованиями. Всё, спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Какие вопросы будут к соискателю? Нет вопросов?

М.Г. ЛАРИОНОВ: Почему час время накопления было выбрано при определённой позиции?

СОИСКАТЕЛЬ: Время накопления, что?

СЕКРЕТАТЬ: Повторите ещё раз, пожалуйста.

М.Г. ЛАРИОНОВ: Почему час примерно было время накопления на фоне и на объекте?

СОИСКАТЕЛЬ: Я не понял, какой час?

М.Г. ЛАРИОНОВ: Ну около часа, по-моему, там время накопления было или я что-то неправильно...

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Повторите ещё раз вопрос отдельно и медленно.

М.Г. ЛАРИОНОВ: Какое время было? Вы для того, чтобы убрать фон, Вы сделали время накопления около часа, мне так показалось.

СОИСКАТЕЛЬ: Нет, это не так.

М.Г. ЛАРИОНОВ: Не так, да, ну тогда извините. А сколько Вы копили? Ну ладно.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Ещё вопросы есть? Так, нет вопросов, тогда мы... пожалуйста мы перейдём к выступлению научного руководителя. Пожалуйста, Николай Петрович.

ВЫСТУПЛЕНИЕ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

Н.П. СЕМЕНА: Так, я разрешите не буду свой отзыв читать, я, так сказать, попытаюсь своим словами изложить свою позицию. Ну, наверно, работу будут оценивать оппоненты и совет и ведущая организация, а я попытаюсь обосновать те..., те свойства, те качества диссертанта, которые дают ему право претендовать на звание кандидата технических наук. Ну, он пришёл в 2009 году, ещё будучи студентом, к нам работать, тогда Монитор всего неба ещё представлял из себя потенциально очень хорошие детекторы и идею о том, что их поле зрения надо перекрывать периодически, чтобы вычесть один фон из другого. Вот. На самом деле, Дима сразу проявил такое качество как комплексный подход к проблеме, то есть в чём проблема всегда приборостроения, это теоретики занимаются голой теорией и не хотят лезть в железки, а приборостроители, значит, занимаются железками и не хотят особо вникать в объект исследования. Вот Дима тут подошёл по-другому, он,

в общем то, занимаясь железками, очень хорошо разобрался в моделях фона, очень хорошо разобрался в тех каталогах, которые существуют на сегодня, хорошо разобрался, что ему будет мешать измерять, и в этом смысле прибор получился очень адаптированный именно к той задаче, которая была поставлена. То есть вот комплексность, это надо отметить. Дальше тщательность. То есть для него не существует мелочей. Практически даже справочные данные он пытается, как бы проверить. Ну это очень хорошо проявилось, в своё время я читал ему лекции и после его начал готовиться гораздо более тщательно, там были очень такие длинные газодинамические формулы и вот однажды я понял, что один из студентов меня каждый раз проверяет, и значит, говорит, что у Вас вот в шестой формуле не сходится размерность, поэтому Вы, пожалуйста, проверьте. Вот. Ну и это всё было перенесено и в... на работу, то есть он выявлял такие эффекты, на которые даже не обращались внимание, например, вот я скажу, что фильтры в СРГ и в МВНе были перевёрнуты, потому что, как оказалось, если бы мы алюминием наружу, то уже фильтров не было не в СРГ, ну в МВНе, уже, он, так сказать, ещё не летает. Дальше, ну мелочей нету, он проверяет, скрупулёзность и он... щепетильность. То есть он никогда не присвоит себе чужие достижения, то есть вот некоторые вещи, которые в принципе он участвовал в коллективе, и он делал и мог бы вполне заслуженно заявить, что именно он сделал, он сказал, что поскольку это коллектив, то я, как бы, себе не буду это присваивать, поэтому что касается, как говорится, достижения собственных он очень щепетилён. Ну и он уже достиг той самостоятельности, которая позволяет считаться ему, вот сложившемуся научным сотрудником, то есть он приходит с проблемами, как и с их решениями, и если раньше, как бы, он требовал направления и подсказки, то сейчас практически он иногда приходит с проблемами, о которых никто и не думал и решения у него вполне оригинальные, сложившиеся и в общем, по моему мнению, он вполне достоин, чтобы получить это, эту степень. Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Какие вопросы к научному руководителю? Нет вопросов, да? Тогда я попрошу секретаря прочесть отзыв организации, где выполнена диссертация.

ОТЗЫВ ОРГАНИЗАЦИИ, ГДЕ БЫЛА ВЫПОЛНЕНА РАБОТА

СЕКРЕТАРЬ: Спасибо. Так, сейчас я зачитаю заключение Института космических исследований о диссертации Сербинова Дмитрия Владимировича.

Диссертационная работа посвящена созданию методического и аппаратного обеспечения эксперимента на Международной космической станции (МКС) по измерению космического рентгеновского фона (КРФ) со значительно более высокой точностью по сравнению с ранее проводимыми измерениями.

КРФ представляет собой практически изотропное свечение неба в рентгеновском диапазоне энергий. Его открытие состоялось в 1962 году и стало одним из первых в рентгеновской астрономии. Сейчас известно, что КРФ в значительной степени формируется точечными неразрешёнными источниками – активными ядрами галактик. Таким образом, ценность знания КРФ определяется тем, что в нём содержится информация обо всех слабых рентгеновских источниках во Вселенной, в том числе и неразрешимых с помощью существующих рентгеновских телескопов. В настоящее время точность измерения поверхностной яркости КРФ различными космическими обсерваториями составляет 15-20 %. Повышение точности измерения КРФ позволит решить значимые научные задачи. В частности, комбинирование измерений поверхностной яркости КРФ с исследованиями подсчётов отдельных классов источников в различных глубоких обзорах неба даёт возможность изучать долговременную эволюцию роста сверхмассивных чёрных дыр. Кроме того, высокоточное измерение КРФ, возможно, выявит распределённую (так называемую диффузионную) составляющую излучения. В случае выделения действительно распределённого излучения в спектре КРФ, абсолютная нормировка потока позволит связать оценки концентрации его источника с процессом формирования этого диффузионного излучения. Все вышеизложенное подтверждает, что тема представленного исследования является актуальной. Для подготовки эксперимента по высокоточному измерению КРФ в отделе Астрофизики высоких энергий был создан рентгеновский монитор для установки на внешней поверхности МКС. Соискатель создал для этого монитора ряд систем и разработал методику отбора данных, позволяющих решить три ключевые проблемы высокоточного измерения КРФ:

- проблему разделения КРФ и внеапертурного фона прибора;
- проблему учёта апертурного фона;
- проблему точной энергетической и абсолютной калибровки прибора.

Для решения проблемы разделения КРФ и внеапертурного фона прибора соискателем разработана система модуляции апертуры прибора на базе вращающегося экрана.

Для решения проблемы учёта апертурного фона разработана методика, позволяющая провести отбор данных эксперимента, использование которых обеспечивает минимальную погрешность измерения КРФ. В обеспечение

решения проблемы точной энергетической и абсолютной калибровки монитора разработаны прецизионная система термостабилизации рентгеновских детекторов и система их полётной калибровки. При создании вышеописанных систем соискателем предложены оригинальные перспективные технические решения. В частности, для системы модулирования апертуры монитора разработан двухдвигательный привод, остающийся работоспособным при любой неисправности одного из двигателей.

Дмитрием Владимировичем также решена проблема противоречия между сильнопеременными внешними тепловыми потоками, падающими на монитор, и необходимостью точной термостабилизации детекторов монитора. Для этого соискателем разработана двухрадиаторная система термостабилизации детекторов, для которой была выполнена оптимизация ориентации и соотношения площадей радиаторов, что позволило минимизировать колебания температуры пассивной части системы термостабилизации.

Созданная соискателем система полётной калибровки обеспечивает ввод в поле зрения детекторов радиоизотопных рентгеновских источников с тарированным потоком. Успешность разработанного технического решения подтверждена тем, что данная система была заимствована из эксперимента MBN в телескопе ART-XC имени Павлинского, входящего в состав космической обсерватории «Спектр-РГ» и уже более 2-х лет, успешно выполняет свои функции в реальных условиях космоса.

Исследования Сербинова содержат существенную теоретическую часть. В этой части соискатель провел моделирование ожидаемых данных эксперимента и определил наиболее оптимальный набор наблюдений, использование которых для определения КРФ обеспечивает минимальную суммарную ошибку измерения. Для этого соискателем выполнено обоснование величины поля зрения монитора, выбраны используемые для измерения участки орбиты на основании анализа влияния радиационных условий на результаты измерений, минимизирована систематическая ошибка измерения за счет исключения из поля зрения отдельных ярких источников из каталога SWIFT BAT.

К достоинствам работы необходимо отнести её экспериментальную часть. Большое количество наземных экспериментов, проведенных по программам, предложенных соискателем и с использованием экспериментальных систем, разработанных им специально для данных экспериментов, позволило подтвердить основные характеристики монитора.

В целом можно заключить, что совокупность задач, решённых соискателем, позволила достичь поставленной в диссертации цели по созданию

аппаратно-методических средств для проведения эксперимента по высокоточному измерению космического рентгеновского фона.

Результаты, выносимые на защиту, получены лично автором диссертации. Достоверность полученных результатов основана на:

- публикации результатов в ведущих российских и зарубежных рецензируемых журналах;
- апробации результатов исследования (в том числе в виде устных докладов) на различных конференциях и научных семинарах;
- также на экспериментальных исследованиях характеристик создаваемых аппаратных средств эксперимента МВН;
- и опытной проверке работы системы полётной калибровки МВН в реальных условиях космического пространства в составе телескопа ART-XC с 2019 года по настоящее время.

Так, научная новизна проведённых исследований состоит в создании аппаратных и методических средств, позволяющих в процессе космического эксперимента измерить поверхностную яркость КРФ со значительно более высокой точностью в сравнении с предыдущими измерениями. Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные методики и технические решения могут быть использованы для рентгеновских астрофизических приборов различных типов.

Далее, в заключении перечисляются публикации, в которых изложены основные результаты диссертации, и даётся обоснование соответствия содержания диссертации паспорту специальности «Астрофизика и звёздная астрономия». По итогам заключения сделан вывод: кандидатская диссертация «Аппаратно-методическое обеспечение эксперимента МВН по высокоточному измерению космического рентгеновского фона», сейчас, извините, ... «по высокоточному измерению космического рентгеновского фона», выполненное Сербиновым Дмитрием Владимировичем соответствует положению о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года и рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звёздная астрономия». Заключение принято на заседании научно-технического семинара отдела Астрофизики высоких энергий Института космических исследований РАН. Подписано учёным секретарём НТС Арефьевым и утверждено директором Института космических исследований Петруковичем. Я закончила.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо большое, Надежда Николаевна. Теперь, пожалуйста, зачитайте отзыв ведущей организации.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

СЕКРЕТАРЬ: Хорошо. Спасибо. Отзыв ведущей организации. Ведущая организация – Физико-технический институт имени Иоффе. Кстати, представитель ведущей организации здесь присутствует также на защите, так что, я думаю, могут дать комментарий при какой-то необходимости.

Итак, диссертационная работа Сербинова посвящена выработке технических решений, позволяющих выполнить измерения космического рентгеновского фона в диапазоне энергий от 6 до 70 кэВ с точностью на уровне 1 %. Актуальность поставленной задачи обусловлена как необходимостью исследовать популяции космических источников, производящих этот фон, так и вопросами, связанными со статистическими исследованиями групп источников, которые требуется выделять из этого фона. Помимо разработки и реализации конкретных технических решений как в рентгеновском мониторе МВН, планируемом к запуску на орбиту в 2023 году, так и в отчасти в уже успешно функционирующем телескопе ART-XC обсерватории «Спектр-РГ», одной из целей исследования была разработка программы и методики наблюдений, а также методики обработки данных МВН, позволяющей отделить сигнал КРФ от сигнала, создаваемых яркими источниками рентгеновского излучения как в плоскости Галактики, так и вне её, а также от паразитного сигнала, создаваемого в детекторе частицами космических лучей и наведённой активностью.

Актуальность этой второй задачи заключается в том, что разработанные методики могут применяться не только для работы с монитором, но и также могут быть использованы в будущих наблюдательных экспериментах по изучению КРФ в других энергетических диапазонах.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав основного содержания, заключения и списка литературы из 55 наименований. Полный объём диссертации 134 страницы текста с 83 рисунками и 11 таблицами.

Во введении дана общая характеристика работы и используемых методов, обсуждены её актуальность и новизна, сформулированы цели и поставлены задачи, оценена научная и практическая значимость исследования. Представлен краткий обзор современного состояния исследуемой области с акцентом на имеющуюся неопределённость в оценке величины космического рентгеновского фона в диапазоне от 6 до 70 кэВ. Приведены данные по апробации результатов работы, а также список публикаций автора с указанием его личного вклада.

В первой главе представлен обзор существующих методов измерения КРФ. В этой главе достаточно подробно обсуждаются возможные источники

полезных, фоновых и паразитных сигналов, регистрируемых рентгеновским детектором, расположенном на низкой околоземной орбите. Обсуждаются методы выделения полезного сигнала с использованием фильтрации по скорости нарастания сигнала, пассивной защиты и системы антисовпадений, а также на основе модуляции апертуры. Приведены оценки влияния колебаний температуры и радиационных условий на уровень шумов в детекторе и его энергетическое разрешение. Сделаны выводы о влиянии следовых количеств атомарного кислорода на деградацию материалов, используемых в измерительной аппаратуре. Даны оценки влияния «микрофонного» эффекта на сигнал, формирующийся в полупроводниковых фотодетекторах в результате микровибраций на борту космического аппарата. Также приведены оценки влияния воздействия микрометеоритов на стабильность функционирования аппаратуры на низкой околоземной орбите.

Во второй главе диссертации представлена разработанная при активном участии автора методика измерения КРФ и оценки фонового сигнала на основе регулярного перекрытия (модуляции) апертуры четырёх детекторов МВН. Важной частью предложенной методики является созданная автором карта экспозиции небесной сферы, позволяющая свести к минимуму возможный вклад в регистрируемый сигнал рентгеновского излучения Галактики и известных на сегодня внегалактических рентгеновских источников, и в то же время пронаблюдать сигнал КРФ от почти половины небесной сферы. Также выполнена модельная оценка характеристик предложенного обзора и, в частности, оценка точности измерений.

В третьей главе представлена разработанная автором конструкция рентгеновского монитора. В частности, дано детальное описание детектора, его системы модуляции (обтюратора), механизма калибровки. Также представлено моделирование теплового режима монитора МВН и представлены технические решения, реализованной в виде полётной СОТР.

В четвёртой главе приведены сведения о предполётных испытаниях всех систем монитора МВН, в том числе системы модуляции апертуры и СОТР.

Среди наиболее важных результатов, полученных автором диссертации, стоит отметить следующие.

Первое. Разработан, построен и испытан орбитальный детектор рентгеновского излучения МВН, обладающий чувствительностью в диапазоне от 6 до 70 кэВ и способный выполнить измерения космического рентгеновского фона с точностью порядка 1 %.

Разработана, второе, разработана программа измерений космического рентгеновского фона с борта МКС с помощью детектора МВН.

Третье. Разработаны оригинальные модули калибровочных источников для космических детекторов жёсткого рентгеновского излучения, которые уже успешно используются в обсерватории «Спектр-РГ» и также могут быть использованы в будущих космических экспериментах.

Результаты диссертации представляют существенный интерес для создания перспективных проектов в области рентгеновской астрономии. Выводы и положения диссертации соответствуют полученным и представленным результатам. Существенных недостатков в представленной диссертации не содержит. Имеются небольшие замечания в основном технического и стилистического характера. Замечания.

Первое. Из рисунка 2.20 текста диссертации следует, что целевой показатель по погрешности измерений достигается уже при 20 исключенных источниках и дальнейшее увеличение их числа не приводит к его существенному улучшению. В то же время, практическое число исключенных источников составляет более 100, что показывает, что погрешность измерений не является определяющей в вопросе о выборе экспозиций для дальнейшей обработки и оценки величины и спектра КРФ: более важным вопросом является исключение из поля зрения МВН ярких источников галактического и внегалактического происхождения.

Второе. На странице 8 диссертации говорится о том, что измерение потока излучения от Крабовидной туманности с помощью МВН на уровне 3-5% могло бы способствовать кросс-калибровке других инструментов, наблюдавших этот объект в разные эпохи, однако исследования последних лет говорят о том, что этот источник обладает переменностью, амплитуда и характерное время которой, вероятно, недооценены, потому подобная кросс-калибровка вряд ли возможна. Кроме того, точность измерения потока от такого яркого источника достаточно высока и у детекторов, не обладающих, подобно МВН, механизмом точной оценки внеапертурного фона. Также в пределах 4 с лишним градусов (то есть это половина апертуры МВН) от Крабовидной туманности могут располагаться (или возникать) рентгеновские источники, вклад которых в наблюдаемый поток излучения в диапазоне от 6 до 70 кэВ может находиться на уровне порядка десять в минус третьей от потока Крабовидной туманности и таким образом, систематически влиять на оценку потока от этого объекта.

Третье. В тексте диссертации не обсуждается влияние транзитных рентгеновских источников на качество и ошибку измерения поверхностной яркости КРФ. Можно было бы ожидать хотя бы оценки количества таких источников с яркостью выше некоторой и их вклада в измеряемые потоки рентгеновского излучения.

Четвёртое. В тексте диссертации не обсуждается возможность исключения из анализа экспозиций с яркими источниками, в том числе, транзиентами, на основе пространственного распределения сигнала по 32 рабочим пикселям каждого из детекторов, а также между двумя открытыми детекторами. Также не обсуждается возможность использования спектрального анализа накопленного сигнала КРФ (при том, что спектральный анализ калибровочного сигнала успешно производится, то есть, детектор и система снятия данных это допускают).

Пятое. На странице 8 автореферата указан средний радиационный фон на орбите МКС, но не указано, к какому диапазону относится этот фон.

В тексте имеется ряд опечаток и в отдельных предложениях не хватает знаков препинания, имеется некоторое количество стилистических и языковых погрешностей.

Высказанные выше замечания не снижают безусловно высокой оценки диссертации в целом. Представленная работа является законченным научно-квалификационным исследованием, которое выполнено на высоком научном уровне и вносит значительный вклад в развитие актуального направления современной экспериментальной астрофизики – исследования космических источников рентгеновского излучения. Автореферат отражает содержание диссертации. Основные результаты, полученные в ходе диссертационного исследования опубликованы в профильных научных изданиях, а также представлены на научных семинарах и конференциях, посвящённых прикладным аспектам космических исследований и получили признание специалистов. Результаты, полученные в диссертации Дмитрия Владимировича Сербинова, могут быть использованы для исследований, проводимых ИКИ РАН, ГАИШ МГУ, ИНАСАН, Физтех имени Иоффе, ИТЭФ, Институт ядерных исследований и ряде других учреждений. Важно отметить, что аппаратура, разработанная автором диссертации, уже успешно применяется в отечественном космическом эксперименте «Спектр-РГ».

Диссертационная работа Сербинова была заслушана и обсуждена на объединённом научном семинаре лаборатории Астрофизики высоких энергий и лаборатории Экспериментальной астрофизики Физико-технического института имени Иоффе. По общему мнению участников семинара представленная работа является законченным исследованием, выполнена на высоком уровне, тематически актуальна, содержит интересные оригинальные результаты и ценные для практического использования выводы. Диссертационная работа Сербинова отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки к кандидатским диссертациям, а её автор несомненно заслуживает присуждения учёной степени кандидата

технических наук по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звёздная астрономия».

Отзыв составили: руководитель отделения физики плазмы, атомной физики и астрофизики Физтеха имени Иоффе Быков и исполняющий обязанности старшего научного сотрудника лаборатории Астрофизики высоких энергий ФТИ имени Иоффе Красильщиков. Отзыв утверждён исполняющим обязанности заместителя директора ФТИ имени Иоффе Патровым. Я закончила.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Надежда Николаевна, скажите, имеются ли ещё какие-либо отзывы?

СЕКРЕТАРЬ: Нет, других отзывов на диссертацию и автореферат не поступало.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Тогда, пожалуйста, соискателю слово для ответа на замечания, высказанные в зачитанных отзывах.

СЕКРЕТАРЬ: Дмитрий Владимирович, Вы можете отвечать последовательно на каждое замечание, а можете на все замечания в конце, после оглашения отзывов.

СОИСКАТЕЛЬ: На все в конце.

СЕКРЕТАРЬ: На все в конце.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: То есть, уже после всей процедуры.

СЕКРЕТАРЬ: Да, после выступления оппонентов, тогда Дмитрий Владимирович ответит на все замечания, высказанные во всех отзывах.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, тогда давайте пойдём дальше. Пожалуйста, тогда слово первому научному оппоненту.

СЕКРЕТАРЬ: Алексей Владимирович.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Да, Алексей Владимирович.

ВЫСТУПЛЕНИЕ ПЕРВОГО ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

НЕНАРОКОМОВ А.В. (*Официальный оппонент, присутствует на заседании лично*): Уважаемые коллеги, я прежде всего хотел принести свои

извинения за опоздание, потому что, ну, так получилось, да и навигатор немножко меня подвёл. Хорошо. Вот. Я, наверно, не буду зачитывать отзыв целиком. Я выскажу своё мнение и замечания.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Как хотите, как хотите.

НЕНАРОКОМОВ А.В.: Вот, ну, прежде всего, что работа мне показалась очень интересной с точки зрения именно комплексного подхода, то есть одновременно анализировалась и теоретическая составляющая проблемы, то есть результаты и постановки задачи измерения и анализ методов, точности, погрешности и предложения по решению по подавлению погрешностей и так далее. И второе, это то, что предложены были и технические, и методические средства для реализации подобных измерений, для реализации подобных технических решений. Прежде всего, обеспечение тепловых режимов, что, в общем-то, для таких жёстких требований к тепловому режиму прибора являлось несомненно важным и на мой взгляд одним из самых практически, так скажем, сложных, практически сложной проблемой, возникшей при создании этого прибора. Также, в общем-то, подкупает та тщательность, с которой соискатель рассматривал отдельные проблемы, которые, вот, рассматривались в его работе. Достаточно достоверно. Ну, вот, теперь, в целом, то есть при положительной, несомненно, характеристики работы я хотел зачитать, ну, замечания или вопросы, если хотите, в некотором смысле. Итак, по содержанию и оформлению диссертации есть следующие замечания.

Первое. Автор не указал, по каким количественным показателям осуществляется оптимальная стратегия измерения, состоящая в выборе орбитальных областей с низким фоном и с исключением временных интервалов с яркими рентгеновскими источниками на странице 45. То есть количественной оценки я не обнаружил, может быть, я не совсем разобрался в этом вопросе, но мне показалось, что это не представлено в диссертации.

Второе. Не понятно, как, всё-таки, выбирается оптимальное число пикселей в уравнениях 2.28-2.30, а от этого зависит и точность, и трудоёмкость вычислений. Это вот по поводу обработки измерений.

Третье замечание. Почему автор использует именно Пуассоновское распределение суммарного сигнала (страница 63). Ну, в общем, на мой взгляд, это требует дополнительного обоснования и пояснения.

И, наконец, четвёртый вопрос. Он такой, скажем так, скорее инженерный, что параметры внешнего теплообменника (страница 98) оптимизировались при фиксированной ориентации на МКС. Целесообразно было бы внести в математическую модель угловое положение

теплообменника. Ну тут я, может быть не совсем прав, потому что, если, конечно, вопрос фиксации этого прибора на поверхности МКС решён априори, тогда в этом случае, конечно, мой вопрос уже, как бы, излишен. И, вот, но, если, я не очень представляю себе, как Институт космических исследований сотрудничает с РКК «Энергией» и так далее. Вот. Если же всё-таки этот вопрос не до конца определён, то хотелось бы вот это получить, дополнительные пояснения.

Ну и наконец, в завершение, я считаю, что представленная диссертация Сербинова Дмитрия Владимировича «Аппаратно-методическое обеспечение эксперимента МВН по высокоточному измерению космического рентгеновского фона» выполнена на высоком научном уровне и является законченным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата технических наук по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звёздная астрономия», а её автор Сербинов Дмитрий Владимирович, несомненно, заслуживает присуждение ему учёной степени кандидата технических наук по данной специальности. Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Какие-нибудь... Вы будете отвечать? Обращаюсь к соискателю. Или в конце всё?

СЕКРЕТАРЬ: Дмитрий Владимирович будет на все замечания отвечать в конце.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Тогда слово предоставляется второму научному оппоненту, пожалуйста, Михаил Фёдорович. Насколько понимаю, удалённо будет.

ВЫСТУПЛЕНИЕ ВТОРОГО ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

РУНЦО М.Ф. (*Официальный оппонент, присутствует на заседании в удалённом интерактивном режиме*): Я удалённо нахожусь. Звук мой слышен?

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Всем слышно? Мы Вас слышим.

РУНЦО М.Ф.: Ну, значит, я тоже не буду главную часть отзыва зачитывать, потому что там фактически, ну, пересказываются результаты. И хочу выделить просто из качества проведённой диссертантом работы одну цифру, то есть на... в десять, как минимум, раз улучшена систематическая погрешность измерений космического рентгеновского фона. Ну, не каждый

следующий шаг в развитии аппаратуры может похвастаться, значит, таким качественным скачком. Ну, хочу, значит..., ну и перейду теперь, фактически, к замечаниям по диссертации, для чего оппонент и привлекается.

Первое замечание. Ну, сразу должен сказать, что, значит, ничего глобального найти не удалось, может быть, они не такие масштабные, но, тем не менее, что обращает внимание. Во-первых, не указано, каким способом, измерением или расчётом получены данные по переменности падающих на прибор тепловых потоков, приведённые на рисунке 1.4.

Второе. Ну, такая блоха. Ошибочно пронумерован рисунок 18, который очевидно должен нумероваться как рисунок 2.7. Это чтоб показать, что оппонент внимательно читал диссертацию.

Третий пункт. Не указано, является ли приведённая на странице 54 матрица А заимствованием из какого-либо источника или результатом работы диссертанта.

Четвёртое. На странице 83 не описана методика измерения (или расчёта) функции поглощения рентгеновского излучения слоями пассивной защиты, представленной на рисунке 3.10.

Пятое. На странице 84 не проанализировано возможное влияние балансира, расположенного на обтюраторе (прерывателе потока рентгеновского излучения) на фоновые условия измерения и даже не указаны материалы и размеры этой детали.

Шестое. На странице 121 на рисунке 4.7 указано сокращение ТЭМ, которое не расшифровано в тексте или подписи к рисунку, хотя из текста следует, что это сокращение обозначает «термоэлектрический модуль».

Указанные замечания не умоляют значимости диссертационной работы и не влияют на её общую высокую оценку. Текст написан хорошим научным языком, практически не содержит орфографических ошибок и хорошо иллюстрирован. Полученные результаты могут быть использованы в ФИАН, ИКИ РАН, МГУ имени Ломоносова, НИЯУ МИФИ, НПО имени Лавочкина, ЦНИИМАШ и других организациях, разрабатывающих космическую аппаратуру, космические аппараты и аппаратуру для них для будущих космических проектов.

Теперь заключение зачитываю. Таким образом, диссертация «Аппаратно-методическое обеспечение эксперимента МВН по высокоточному измерению космического рентгеновского фона» Д.В. Сербинова удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание кандидата технических наук по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звёздная астрономия», а её автор Сербинов, несомненно, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук

по данной специальности. Официальный оппонент - кандидат физ.-мат. наук по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики», доцент кафедры Экспериментальной ядерной физики НИЯУ МИФИ Михаил Фёдорович Рунцо. Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо, Михаил Фёдорович. Ну, насколько я понимаю, диссертант будет отвечать на все вопросы после общей дискуссии. Нет, или сразу?

СЕКРЕТАРЬ: Нет, нет, вот как раз сейчас настало время для этого.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Тогда, пожалуйста. Если можно к микрофону.

ОТВЕТЫ СОИСКАТЕЛЯ НА ЗАМЕЧАНИЯ В ОТЗЫВАХ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ОППОНЕНТОВ

(Включается демонстрация слайдов 33-44, содержащими ответы на замечания в отзывах ведущей организации и оппонентов)

Слайд 33.

СОИСКАТЕЛЬ: Сначала ответы на вопросы ведущей организации. Первый вопрос.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Пожалуйста, только к микрофону и погромче.

СОИСКАТЕЛЬ: Значит, первый вопрос касался, почему мы исключаем более ста источников. Ну, вообще, ответ такой, что при выборе стратегии отбора событий мы руководствуемся необходимостью сохранения формы спектра. Систематическая ошибка может приводить как к изменению абсолютной нормировки, так и формы спектра. Поэтому предпочтительным является вариант с наименьшей систематической ошибкой.

Слайд 34.

Так, второй вопрос касался, измерению потока от Крабовидной туманности и кросс-калибровок.

Слайд 35.

Значит ответ такой. МВН будет видеть Крабовидную туманность в течение одних суток каждые 73 дня с общей экспозицией примерно 1200 секунд.

За это время МВН регистрирует примерно 10000 фотонов от этого источника, то есть ошибка измерения потока Крабовидной туманности составит 1%. Эти измерения могут быть использованы другими обсерваториями для кросс-калибровки. Вклад других источников, попадающих в поле зрения вместе с Крабовидной туманностью, меньше статистической ошибки измерения. В случае возникновения транзиентных источников, близких к Крабовидной туманности, соответствующие данные будут исключены.

И действительно, из-за переменности потока Крабовидной туманности кросс-калибровка возможна только с приборами, которые наблюдают её квазисовременно с МВН.

Слайд 36.

Так, значит, третий вопрос касался влияния транзиентных источников на качество и ошибку измерения КРФ. При анализе систематических и статистических погрешностей для моделирования вклада ярких источников использовался каталог Swift BAT, который содержит большинство известных ярких рентгеновских транзиентов. Из графика на рисунке 2.20 видно, что источники с потоком менее десяти милликрат не вносят значимого вклада в систематическую погрешность. Более яркие транзиенты будут найдены мониторами всего неба и могут быть исключены в анализе уже полученных данных МВН. Число новых (не наблюдавшихся ранее) транзиентов с потоком более десяти милликрат должно быть мало.

Слайд 37.

Так, четвёртый вопрос касался пространственного распределения сигнала по 32 рабочим пикселям.

Слайд 38.

Прибор МВН имеет достаточно низкую эффективную площадь. Моделирование засветки в отдельных пикселях за отдельные проходы будет осуществимо только для ярчайших рентгеновских источников. При этом необходимость оценки потока источника из этих данных будет приводить к сравнимой потере статистической точности измерения КРФ как и при исключении экспозиции.

Все четыре детектора МВН имеют одно и то же поле зрения и поэтому засветка от ярких источников в различных детекторах одинакова.

Спектральный анализ данных МВН действительно возможен, однако его следует проводить совместно с измерениями других обсерваторий и это должно быть задачей отдельного исследования.

Слайд 39.

И последний вопрос от ведущей организации, что не указан к какому диапазону относится фон. К полному диапазону МВН 6-70 кэВ? Ответ: да.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так к какому диапазону?

СОИСКАТЕЛЬ: 6-70 кэВ. Здесь было правильно предположено. Ответ: да.

Слайд 40.

Так, и теперь ответы на замечания Михаила Фёдоровича.

Не указано, каким способом (измерение, расчёт) получены данные по переменности падающих потоков. Значит, все потоки были получены от РКК «Энергия», то есть для меня это исходные данные.

Ошибочно пронумерован рисунок 18. Да, здесь остаётся только поблагодарить оппонента за внимательное прочтение. Я менял нумерацию рисунков, вот в одном месте пропустил.

Так, не указано, откуда вот взята матрица А. Это матрица преобразования систем координат. Я её брал вот из этого учебника, Сферическая астрономия, и совсем про него потом забыл, про этот учебник.

Слайд 41.

Так, на странице 83 не описана методика расчёта. Ну да, значит, этот рисунок я взял из своей работы, но, конечно, надо было ссылаться на первоисточник. Первоисточник это вот сайт nist.gov.

Так, не проанализирован вклад балансира. Значит, балансир у нас не попадает в поле зрения. Так, материал балансира – это нержавейка.

Слайд 42.

Так, и последний вопрос, ну, как правильно догадался уважаемый оппонент, ТЭМ – это термоэлектрический модуль.

Слайд 43.

Так, и ответы на замечания Алексея Владимировича.

Так, автор не указал, по каким показателям..., оптимальная стратегия, так, значит, ответ такой, что границы областей с высоким фоном частиц (в области высоких широт и Южно-Атлантической аномалии) достаточно хорошо известны по данным других обсерваторий, работающих на околоземных орбитах. В пределах этих зон фон частиц растёт на порядок, а граница перехода к высокому фону достаточно резкая. При выборе зоны, для исключения данных, использована достаточно простая геометрическая модель, которая, тем не менее, надёжно исключает области высокого фона. Эта модель может быть улучшена при помощи более аккуратного анализа данных других приборов (таких, например, как детектор фона МАХІ), что приведёт к незначительному выигрышу в накопленной экспозиции.

Для ярких внегалактических источников показатель - значимость пять сигм за три года наблюдений.

Слайд 44.

Непонятно, как всё-таки выбирается оптимальное число пикселей. Значит, размер пикселя, он у нас сравним с угловым разрешением прибора, и при этом, вычисления выполняются за приемлемое время.

Почему автор использует Пуассоновское распределение? Значит, МВН подсчитывает реальное число фотонов, которое подчинено Пуассоновскому распределению.

Так, и четвёртый вопрос. Параметры внешнего теплообменника оптимизировались при..., так, значит, в математической модели положение радиаторов определяется значениями падающих тепловых потоков, которые были выданы РКК «Энергия». Так, ну всё, спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо большое. Ну, теперь диссертация открыта для общей дискуссии. Пожалуйста.

СЕКРЕТАРЬ: Я ещё хотела сказать, может быть, уважаемые оппоненты могли бы как-то дать обратную связь, удовлетворены они ответами на замечания?

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Ответами удовлетворены? Все, да, спасибо большое. Вот теперь переходим к открытой дискуссии. Пожалуйста, Павел Борисович.

ОБЩАЯ ДИСКУССИЯ

П.Б. ИВАНОВ: Ну, у меня вопрос, который я мог бы задать и после доклада диссертанта, но он, вероятно, касается скорее его коллег. Насколько я понял, ну я не специалист по техническим каким-то проблемам, речь в основном идёт о том, ну в работе диссертанта, чтобы уточнить одно число там – амплитуду фона. Но если мы сравниваем там с какими-то теоретическими моделями, то представляется важным и спектральная зависимость фона, и пространственная зависимость фона, характерная амплитуда флуктуации там с пространственным спектром и так далее. В принципе, казалось бы, что вот надо выяснить достаточно детально, может ли это прибор, ну сам по себе каким-то образом прояснить и ограничения как бы, которые характеристики прибора, ограничения на вот возможность уточнения этих зависимостей, налагаемых характеристиками этого прибора. Ну, то есть, диссертант уже отметил там, в отзыве, что в принципе там для спектра, насколько я понял нужно с другими обсерваториями, но хотелось бы знать, чего сам прибор вот самостоятельно может делать для выяснения этих зависимостей.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Всё, Павел Борисович?

П.Б. ИВАНОВ: Всё.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо.

П.Б. ИВАНОВ: Понятно?

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Это вопрос к диссертанту?

П.Б. ИВАНОВ: Ну, к диссертанту и к его коллегам, вот коллеги сидят.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Ну, естественно, это мы будем продолжать. Так, к диссертанту нет замечаний. Пожалуйста, какие ещё будут?

Ю.Ю. КОВАЛЕВ: Это же был вопрос. Традиция состоит в том, чтобы был ответ.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Да, конечно.

СОИСКАТЕЛЬ: Можно более чётко сформулировать вопрос.

П.Б. ИВАНОВ: С какой точностью можно пространственный спектр и энергетический померить с помощью вашего прибора?

СОИСКАТЕЛЬ: Я это сказать не могу, у нас такая задача не стояла.

А.А. ЛУТОВИНОВ: Вопрос, скорее не к Диме, скорее к учёным вопрос, ну то есть известно, что есть аномалия...

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: К микрофону.

Ю.Ю. КОВАЛЕВ: Если кто-то хочет что-то сказать, желательно в микрофон...

А.Н. СЕМЕНА: Ну мы, в действительности, посмотрели те наблюдения, которые делались при помощи RXTE по поводу анизотропии, и в там квадрупольной компоненте анизотропии, которая видна в RXTE там будет около процента амплитуды. Мы, к сожалению, за три года эксперимента не доберёмся до такой точности, поэтому анизотропия закрыта. В плане качества измерения спектра мы действительно будем иметь определённое качество измерения спектра, но возможно, прибор NUSTAR, который имеет более хорошее энергетическое разрешение, он, может быть, быстрее нас доберётся до того, чтобы померить до 50 кэВ форму энергетического спектра, и нам, в принципе, выгоднее совместно с его измерениями пытаться ещё более улучшить качество нашей абсолютной амплитуды.

П.Б. ИВАНОВ: Понятно, спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо, удовлетворены. Так, какие ещё пожелания, высказывания? Ну и вопросы, если есть. Так, пожалуйста.

Ю.Ю. КОВАЛЕВ: Спасибо. У меня нет вопросов. У меня высказывания, комментарии. У нас сегодня один из тех немногих случаев, когда в совете защищается диссертация по техническим наукам, и поэтому, для технических наук мы тут регулярно читаем правила. Принципиально важным, в отличие от или в дополнение к требованиям диссертации по физ.-мат. наукам стоит именно требования по практическому применению и практической значимости работы, и вот я внимательно сегодня слушал диссертацию, потом ещё разочек прочитал, что написано в автореферате, должен сказать, что я полностью убеждён в большой практической значимости работы, которая заключается в разработке, цитирую автореферат методов и технических решений, которые можно применять и мы надеемся, и мы желаем соискателю, что они реально будут применены в будущем на аппаратах, которые будут запущены в космос, в частности, к МКС, но не только и очень важный момент заключается в том, и мы об этом говорили раньше тоже, что часть из представленных результатов уже применяется на успешно летающем работающем ART-XS, а именно блоки калибровочных источников. Поэтому я считаю, что

представленная диссертация сегодня однозначно соответствует требованиям к кандидату технических наук и призываю всех голосовать за. Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Ещё желающие выступить? Нет. Тогда общая дискуссия закрывается, и мы переходим к процедуре голосования.

СЕКРЕТАРЬ: Нет ещё.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: А да, извините, да-да, извините, значит, нужно заключительное слово, пожалуйста, соискателю, пожалуйста.

СОИСКАТЕЛЬ: Так, ну я хочу выразить благодарность всем, кто мне в этой работе помогал, в первую очередь, конечно, научному руководителю, Николай Петровичу, который меня во всё это втянул, вот, и, естественно всей нашей команде Монитора всего неба, вот все, кто здесь сидит вдоль этой стенки, это всё наша команда. Вот, всё, всем спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Ну теперь переходим к процедуре тайного голосования, пожалуйста, слово секретарю.

СЕКРЕТАРЬ: Спасибо, Игорь Дмитриевич. Ну я, как обычно, повторяю то, что я всегда говорю. В соответствии с обновлённым положением ВАК при проведении заседаний дис. совета в удалённом режиме тайное голосование проводится с использованием информационных технологий, а именно в нашем дис. совете мы используем систему голосования криптовече, которая позволяет осуществлять тайное голосование. Всем членам совета уже разосланы индивидуальные ссылки для голосования по адресам электронной почты, которые указаны в явочном листе. Ссылки уже должны были прийти. Вот, ну, для того чтобы проголосовать, нужно пройти по ссылке, далее пройти в личный кабинет голосующего, нажать кнопку зарегистрироваться, это равноценно тому, что вы получаете бюллетень электронный как бы на руки и далее вы выбираете один из вариантов: за или против. Если будут выбраны оба варианта или ни одного, то такой электронный бюллетень считается недействительным и будет учтён в системе как недействительный. Все, кто имеет доступ к своим устройствам (смартфоны, ноутбуки, компьютеры) голосуют со своих личных устройств, если доступа к личному устройству нету, у нас здесь есть ноутбук специально для этих целей, так что, пожалуйста, можно им воспользоваться. С технической стороны я поддержку, помощь осуществляю. Я закончила.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо, тогда...

М.Г. ЛАРИОНОВ: За какое время осуществляется... этот перерыв будет на голосование?

СЕКРЕТАРЬ: Ну вот, Игорь Дмитриевич как раз...

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Я как раз перехожу к этому. Мы закрываем, значит, мы, извините, делаем перерыв на голосование и это 15 минут, я думаю, да. 15 минут. Всё. Значит, перерыв объявляется.

Ю.Ю. КОВАЛЕВ: Дорогие коллеги, те, кто не находится сегодня в Астрокосмическом центре, очень большая просьба, всех без исключения, в 13.45 вернуться, в противном случае мы будем ждать того одного единственного последнего, как обычно. Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: В 13.45.

Перерыв на голосование. Все члены диссовета голосуют со своих устройств с помощью системы для электронного тайного голосования “КриптоВече”.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Возобновляется наше заседание. Возобновляется заседание нашего совета. Пожалуйста, я попрошу секретаря объявить результаты тайного голосования.

СЕКРЕТАРЬ: Спасибо, Игорь Дмитриевич. Так, тайное голосование завершилось, приняли участие все 18 присутствующих членов дис. совета, все бюллетени действительные, за 18, против ноль, недействительных бюллетеней ноль. Вот результаты вы видите на экране. *(На экране демонстрируются результаты голосования с помощью системы Криптовече)*. Я надеюсь, все видят. Вот, это то, что в системе Криптовече, ну и по результатам вот также уже сформирован вот такой протокол электронного тайного голосования, где также вся эта информация уже внесена. Таким образом, единогласно.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо большое. Давайте утвердим теперь результаты тайного голосования, это в открытую делается. Прошу членов совета проголосовать.

СЕКРЕТАРЬ: За, мы голосуем кто за.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, а там в онлайн.

СЕКРЕТАРЬ: Теперь можно опустить руки. Кто-то против есть? Нет таких.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Всё, спасибо большое. Утверждается. Так, теперь нам предстоит обсудить заключение по диссертации и принять его. Значит, какие будут замечания? Заключение все видели. Поэтому, давайте, какие будут замечания, пожелания?

СЕКРЕТАРЬ: Комментарий от Дмитрия Зигфридовича, традиционно, всё внесла, спасибо, Дмитрий Зигфридович. Мы соревнуемся каждый раз, я стараюсь не сделать ни одной ошибки, но Дмитрий Зигфридович обязательно находит какую-нибудь запятую или что-нибудь.

Ю.Ю. КОВАЛЕВ: А между прочим, он не всё нашёл в этот раз, я должен сказать. Но на сейчас уже это исправлено. Потому, что в проекте я предлагаю заранее не ставить цифры, даже нули, вот, потому что они могут измениться. Вот, но теперь, но теперь они оказались нулями, так что теперь снова всё хорошо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, нету, да, никаких дополнительных замечаний. Тогда будем считать, что заключение принято у нас. Тогда поздравляем. А, голосовать ещё, да. Давайте проголосуем, опять же открытым голосованием. Кто за? Всё тогда, всё, считается, что принято заключение. Тогда все эти процедуры закончены у нас, и я счастлив поздравить Вас с успешной защитой. (*Аплодисменты*).

СОИСКАТЕЛЬ: Спасибо, я хочу.... Я благодарю всех членов диссовета за то, что меня выслушали, благодарю оппонентов и ведущую организацию. Всем спасибо.

Председатель заседания,
председатель диссертационного совета,
д.ф.-м.н., член-корр. РАН

И.Д. Новиков

Секретарь заседания, ученый
секретарь диссертационного совета,
к.ф.-м.н.

Н.Н. Шахворостова

13 сентября 2022 г.