

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук

Нусинова Анатолия Абрамовича

на диссертацию Ю.А.Трофимова "Спектрометр научной аппаратуры ГРИС по исследованию с борта РС МКС рентгеновского и гамма-излучения солнечных вспышек", представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – "Приборы и методы экспериментальной физики"

Расширение количества и сложности задач, решаемых при освоении космического пространства, требует всё большего объема знаний о поведении космической среды при различных проявлениях солнечной активности – прежде всего, во время солнечных вспышек. Поэтому актуальной является проблема разработки измерительных средств, позволяющих получать более точные и достоверные сведения о поведении солнечного излучения в самых различных диапазонах энергии и временных масштабах. При этом одновременно с расширением диапазона энергий излучения, повышением энергетического и временного разрешения, чувствительности приборов, требуется также отстройка от фона и учет различного вида помех и искажений. Эти задачи являются предметом диссертационной работы Ю.А.Трофимова, представляющей собой часть коллективной работы по созданию новой аппаратуры – спектрометра рентгеновского и гамма-излучений солнечных вспышек ГИРС для проведения наблюдений на борту международной космической станции (МКС).

В сущности, диссертация посвящена разработке сцинтилляционного спектрометра для измерения параметров рентгеновского и гамма-излучения с рекордными характеристиками по таким параметрам, как энергетическое разрешение и быстродействие. Казалось бы, это чисто инженерная проблема. Однако для неё оказывается необходимым решение целого ряда сложных научных задач, требующих знаний и умений физика-исследователя высокой квалификации. Это определяет структуру диссертации и её значительный объём (160 стр).

Диссертация состоит из Введения, пяти глав и Заключения. Список литературы содержит 111 наименований. В первой главе автор сначала рассматривает имеющиеся в литературе сведения о механизмах возникновения излучения солнечных вспышек, энергетических и временных характеристиках вспышек, а также особенности спектра, возникающие под воздействием этих процессов. Ясно, что автор имеет хорошее представление о том, как по этим особенностям спектра получать сведения о процессах ускорения частиц и их распространения в солнечной атмосфере. В этой же главе от

рассмотрения вопроса "что надо измерять" Ю.А.Трофимов переходит к истории измерений на космических аппаратах (КА) рентгеновского и гамма излучения, обсуждает имеющиеся детекторы излучений и полученные сведения о физике протекающих во время вспышек процессов. Дан обзор характеристик, действующих КА и аппаратуры для исследования жестких электромагнитных излучений. Фактически в главе показано, что следует измерять, современное состояние измерительных средств и что в них может быть улучшено для дальнейших исследований процессов, протекающих во вспышках. Обзор производит очень хорошее впечатление и говорит о высоком уровне эрудиции автора.

Вторая глава посвящена вопросу из чего должен состоять спектрометр и каким требованиям должны удовлетворять его компоненты. Основное внимание уделяется выбору детекторов для низкоэнергичного (20 кэВ – 15 МэВ) и высокоэнергичного (100 кэВ – 200 МэВ) участков спектра. Предложен метод выбора детекторов исходя из ожидаемых условий работы – ожидаемой фоновой загрузки и характера энергетического спектра.

В третьей главе изложены результаты экспериментальных исследований различных вариантов прототипов детекторов, различающихся как по материалу сцинтилляторов, так и по типу фотоэлектронных умножителей (ФЭУ). Для прототипов детекторов были получены зависимости для энергетического разрешения ($\Delta E/E$), использовавшиеся в дальнейшем как входные параметры для моделирования. Рассмотрены причины возникновения нелинейности энергетической шкалы в канале низких энергий и предложен способ её снижения путем подбора параметров питания ФЭУ, позволившего снизить влияние объемного заряда на пропорциональность отклика ФЭУ. Показано, что сигналы от различных сортов частиц могут быть разделены на основе анализа формы импульса световой вспышки, зависящей от плотности ионизации, производимой частицей.

Способы учета фоновых помех возникающих при взаимодействии детекторов с частицами и квантами, не связанными с солнечными вспышками, рассмотрены в главе 4 методом математического моделирования с использованием специализированного программного пакета Geant4. С этой целью автором был предложен математический макет пространственного распределения самого прибора ГРИС и близких к нему модулей МКС, а для контроля расчетов использовались данные КА КОРОНАС-ФОТОН и установленного на нём прибора "Наталья-2М". Для этого КА проведены расчеты для всех возможных источников фоновых помех и показано, что используемые модели фона и методы расчетов хорошо согласуются с наблюдениями. Это дало возможность

использовать их в дальнейшем для оценок фоновых помех при движении КА по орбите. Показано, что минимальная фоновая нагрузка детекторов будет наблюдаться на близких к экватору участках орбиты. Существенным оказалось изменение фоновой нагрузки за счет измерения жесткости геомагнитного обрезания при движении КА по орбите.

Показано, что вспышки класса М могут быть практически во всем диапазоне энергий замаскированы фоновыми помехами, и скорее всего, только вспышки класса Х могут быть обнаружены и исследованы аппаратурой ГРИС. Обнаружение вспышечных нейтронов может быть выполнено при использовании метода анализа времени прихода, предлагаемому в этой главе.

Пятая глава и Заключение суммирует результаты глав 2-4 и предлагает пути повышения эффективности использования комплекса ГРИС для решения поставленных задач физики солнечных вспышек. Здесь после тщательного анализа автор наконец склоняется к выбору детектора на основе CeBr_3 в канале низких энергий.

В Заключении суммируются основные результаты работы.

К сожалению, рецензируемая работа не свободна от недостатков. В названии "Спектрометр научной аппаратуры ГРИС по исследованию с борта РС МКС рентгеновского и гамма-излучения солнечных вспышек" вместо "по" должно быть "для". В список литературы попал автор "Hamamatsu Photonics К.К.", не все аббревиатуры расшифрованы, например, СМ, АСЗ. Некоторые рисунки оформлены не на русском языке. Автор позволяет себе пошутить по поводу применения при работе с гамма-источником контейнера-коллиматора для "обеспечения физической защиты блестящих молодых исследователей". На фоне представленной большой, сложной и полезной работы это никак не влияет на качество диссертации.

Представляется, что результаты диссертации могут оказаться чрезвычайно полезными не только при анализе данных прибора ГРИС, которому еще только предстоит быть запущенным. Развитые в ней методы имеют общее значение и могут оказаться полезными при обработке и осмыслении данных, поступающих при измерении потоков излучений высоких энергий

Результаты диссертации опубликованы в научных журналах и изданиях (5 публикаций, в том числе, в 3 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК), а также доложены на конференциях и научных семинарах. Автореферат диссертации полностью и правильно отражает ее содержание.

На основании изложенного считаю, что диссертация Ю.А.Трофимова "Спектрометр научной аппаратуры ГРИС по исследованию с борта РС МКС рентгеновского и гамма-излучения солнечных вспышек" соответствует областям

исследования, установленным паспортом специальности 01.04.01 - "Приборы и методы экспериментальной физики", и полностью удовлетворяет критериям, установленным действующей редакцией "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.2013 № 842, для работ на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по означенной специальности а сам автор диссертации, Трофимов Юрий Алексеевич, безусловно, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук.

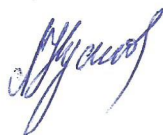
Отзыв составил:

заведующий лабораторией №3 отдела №2

ФГБУ "Институт прикладной геофизики им. Е.К. Федорова"

доктор физ.-мат. наук

старший научный сотрудник



Нусинов Анатолий Абрамович

17.01.2020

Адрес: 129128, г. Москва, Ул. Ростокинская, д.9

Федеральное государственное бюджетное учреждение

Институт прикладной геофизики им. Е.К. Федорова

Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
(Росгидромет)

тел: +7 916 729 30 91

e-mail: nusinov@mail.ru

Подпись А.А.Нусинова заверяю

Ученый секретарь ФГБУ "ИПГ",

кандидат физико – математических наук,



Е.Н.Хотенко

Список основных работ А.А. Нусинова в рецензируемых научных
изданиях за последние 5 лет:

1. А.А.Нусинов, Т.В.Казачевская, В.В.Катюшина Модель потоков далёкого ультрафиолетового излучения Солнца//Геомagnetизм и аэрономия, 2019. Т.59. №3. С. 1-7.
2. Авдюшин С.И., Важенин А.А., Гинзбург Е.А., Денисова В.И., Зинкина М.Д., Минлигареев В.Т., Нусинов А.А., Пегоев А.Н., Писанко Ю.В., Свидский П.М., Юдкевич И.С. Измерения характеристик потоков ионизирующих излучений околоземного космического пространства на спутнике гидрометеорологического назначения «Метеор- Зм» Специальная техника. 2014. № 2. С. 45-54, <http://elibrary.ru/item.asp?id=M21954137>
3. А.А. Nusinov, T.V. Kazachevskaya, V.V. Katyushina, P.M. Svidsky, D.A. Gonjukh. Variability of Extreme Ultraviolet Fluxes at Various Timescales as Measured On board the CORONAS Space Mission (SUFR-SP-K and VUSS-L Experiments) //The CORONAS-F space mission: key results for solar terrestrial physics / [edited by] Vladimir Kuznetsov. // New York : Springer, 2014. P.257-287.
4. A. A. Nusinov, V. V. Katyushina. Classification of solar X-ray flares on X-ray measurements on board geostationary satellites "Elektro" // Publication of Geophysical Center RAS. Russian journal of Earth sciences, vol. 12, ES5001, doi:10.2205/2012ES000520, 2012, <http://elpub.wdcb.ru/journals/rjes/vl2/2012ES000520/2012ES000520.html>
5. А.А.Нусинов., В.В.Катюшина. Возможность определения рентгеновского класса вспышек по данным измерений в полосе 0,05-0,4 нм. // Гелиогеофизические исследования / Heliogeophysical Research. Электронный научный журнал. 2013. Вып. 3. С. 19-34, <http://vestnik.geospace.ru/index.php?id=M34>
6. Нусинов А.А., Руднева Н.М., Гинзбург Е.А., Дремухина Л.А. Сезонные вариации статистических распределений индексов геомагнитной активности // Геомagnetизм и аэрономия. 2015. Т. 55. № 4. С. 511, <http://elibrary.ru/item.asp?id=M23738265>
7. Бруевич Е.А. Казачевская Т.В., Катюшина В.В., Нусинов А.А., Якунина Г.В. Гистерезис индексов солнечной и ионосферной активности в 11-летнем цикле.// Геомagnetизм и Аэрономия (Geomagnetizm and Aeronomy) том 56, N 8, 2016, <http://istina.msu.ru/publications/article/22096776>
8. Нусинов А.А., Авдюшин С.И., Гинзбург Е.А., Назаренко А.И., Никитский В.П., Писанко Ю.В., Свидский П.М., Юдкевич И.С. Эффективность регистрации проникающих излучений на спутниках «Метеор». Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 8. С. 12, <http://elibrary.ru/item.asp?id=I8372279>