

УТВЕРЖДАЮ

И.о. генерального директора
АО «ЦНИИмап», д.т.н., профессор



В.В. Хартов

2020 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу Квитки Василия Егоровича «Программно-аппаратный комплекс детектора молний космического базирования», представляемую на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Диссертация Квитки Василия Егоровича посвящена определению облика, программных и алгоритмических решений для оптического детектора молний с гибкими характеристиками, предназначенного для размещения на низкоорбитальном космическом аппарате.

Мониторинг грозовой активности из космоса сегодня является актуальной проблемой, поскольку он позволит не только углубить знания природы атмосферного электричества, но и оценить величину тангенциальной составляющей скорости ветра тропических ураганов и тайфунов, что, в свою очередь, имеет огромное практическое значение в сфере мониторинга и прогноза чрезвычайных ситуаций. Все ураганы, тайфуны, торнадо и смерчи сопровождаются молниевыми разрядами. Сейчас ни для кого не секрет, что чем интенсивнее грозовая активность, тем мощнее ураганы и тайфуны. В настоящее время уже разработанные фундаментальные модели, позволяющие связать тангенциальную составляющую скорости тропических ураганов со скоростью конденсации паров воды в атмосфере. Необходимым параметром этих моделей является скорость ионообразования в атмосфере, то есть скорость образования

заряженных центров конденсации. Космические оптико-электронные приборы способны обеспечить обзор всей Земли. Прогресс систем ДЗЗ даёт возможность создать аппаратуру для решения задачи обнаружения молний в глобальном масштабе. Создание такого комплекса аппаратуры позволяет получить необходимые данные, способные не только дать развитие теории образования ураганов, но и обеспечить необходимой информацией службы МЧС. Кроме того, ожидаемые результаты важны для служб авиационной и морской навигации.

Особый интерес представляет создание детектора молний с гибкими характеристиками, позволяющего повысить информативность наблюдения молний. Большие возможности для создания подобного комплекса появляются благодаря развитию технологии производства КМОП-фотоприёмников. КМОП-фотоприёмники совмещают в себе светочувствительную матрицу и аналогово-цифровой преобразователь сигнала, что позволяет улучшить массогабаритные характеристики аппаратуры, снизить требования к электропитанию и реализовать принцип «устройство на кристалле». В аналитических публикациях отмечено, что именно идеология «устройство на кристалле» становится одним из главных направлений развития аппаратуры космического базирования.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

Во введении излагается актуальность темы исследования, обозначены цель и задачи диссертационной работы, произведено описание проблемной ситуации и методологии исследования. Приводятся выносимые на защиту положения, научная новизна, достоверность и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе проведён обзор публикаций, посвящённых наблюдению молний из космоса с использованием оптических детекторов. Рассмотрены практически все имеющиеся в открытом доступе исследования, посвященные как физическим моделям явления, так и приборным аспектам его детектирования из космоса.

Вторая глава посвящена исследованию и обоснованию расчётно-параметрическим путём облика и аппаратных решений оптико-электронного блока детектора молний.

Третья глава посвящена алгоритмическому обеспечению программно-аппаратного комплекса детектора молний космического базирования (ПАК ДМ). С учётом модели наблюдения, сформированной в первой главе, построен алгоритм автоматического обнаружения молний на снимках. Шумоподавление и поиск молний основаны на сравнении сигнала от отблесков с фоновым сигналом, создаваемом облаками.

Четвёртая глава описывает моделирование работы ПАК ДМ. Проверка правильности расчётов осуществлялась путём обработки модельных изображений алгоритмом, описанным в третьей главе. Был разработан способ синтеза изображений подстилающей поверхности (фона и отблесков молний). Создано программное обеспечение для наработки серий модельных снимков.

В заключении приведены основные практические и научные результаты, полученные в ходе выполнения настоящей диссертационной работы.

Достоверность результатов диссертации подтверждается:

- Согласованностью характеристик детектора молний, полученных в результате расчётного анализа, с имеющимися данными об аналогичных системах;
- Удовлетворительным совпадением результатов компьютерного моделирования, результатов макетирования и обоснованных характеристик ПАК ДМ;
- Апробацией и обсуждением работы на конференциях и семинарах с участием специалистов отрасли.

Одним из ключевых достоинств работы является её многоплановость. Соискатель применил комплексный подход к решению научно-технической проблемы. Успешно решены крупные задачи работы: выявление ключевых признаков наблюдаемого явления, обоснование требуемых характеристик

детектора, поиск наилучшего сочетания характеристик элементов оптико-электронного блока (КМОП-фотоприёмника, светофильтра, объектива), создание алгоритма поиска изображений молний на снимках и моделирование его работы в различных условиях фоноцелевой обстановки.

Практическая значимость работы подтверждается использованием её результатов при подготовке космического эксперимента по исследованию природы тропических ураганов «Конвергенция» на МКС и опытно-конструкторской работы по созданию геостационарной гидрометеорологической космической системы (ГГКС) «Электро-М». На борту КА «Электро-М» планируется размещение детектора молний, способного в режиме реального времени наблюдать грозовую активность на большей площади Земного шара. Осуществление описанного проекта позволит существенно улучшить точность краткосрочных прогнозов погоды, важных для безопасности движения воздушных и морских судов.

Диссертация написана на высоком научно-техническом уровне. Все ключевые положения и выводы подкрепляются детальными рисунками и таблицами. Следует отметить тщательное исполнение автором графиков, наглядно иллюстрирующих основные положения и выводы в расчётах. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Все основные результаты диссертации опубликованы автором в трёх статьях из изданий, входящих в Перечень ВАК. Более того, один из журналов входит в международную базу данных SCOPUS, что подтверждает высокий уровень выполненной работы. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.11.13 (Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий).

Все научные и практические результаты, изложенные в диссертационной работе, были получены лично автором или при его ключевом участии. На использованные в работе заимствованные теоретические положения и практические результаты имеются необходимые библиографические ссылки.

Для последующего развития представленного направления создания космических детекторов молний было бы целесообразным:

- кроме проведенного в работе математического моделирования, провести еще и имитационное моделирование, шире рассмотреть возможные отклонения параметров модели от «зачетных условий»;
- глубоко проработать такую сложную и трудоемкую задачу, как валидация измерений с помощью исследуемого прибора.

По работе имеются **замечания**:

1. В тексте диссертации, заключении, автореферате и защищаемых положениях отсутствует конкретный перечень критериев, используемых при формировании алгоритма обработки снимков в автоматическом режиме и выносимых на защиту.
2. В тексте диссертации есть незначительные опечатки, не приводящие к существенным смысловым искажениям. Однако, не понятен смысл полного повторения текста с формулами и рисунком в главах 2 и 3 (стр. 64-65 и стр.99-100, соответственно). Достаточно было ограничиться ссылкой в главе 3 на главу 2 при оценке вероятности обнаружения молнии.
3. Возможность адаптации характеристик прибора сведена к выбору режима цифрового бинирования в зависимости от контраста фона (день-ночь) и перспективной возможностью синхронизации с детектором гамма излучения. Однако, в явном виде не приведены количественные критерии выбора различных режимов бинирования.
4. Известно, что вероятностные характеристики алгоритмов обнаружения существенным образом зависят от качества адаптации, в данном случае, в частности от числа элементов (кадров) и способа усреднения. Указанному вопросу в диссертации практически не уделено внимания с теоретической точки зрения. Точнее, в работе показано, что количество кадров, используемых при усреднении очень велико и вышеуказанным замечанием можно пренебречь. Тем не менее, вопросу правомерности

расчетов по приведенным автором в работе формулам вероятности ложной тревоги и вероятности правильного обнаружения следует уделить внимание.

Отмеченные недостатки не снижают общей научной и практической значимости работы. А сама диссертация производит целостное впечатление и является законченным научным трудом.

ВЫВОДЫ

Таким образом, представленная диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (от 24 сентября 2013 года с последующими изменениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Квитка Василий Егорович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Отзыв рассмотрен на заседании секции № 10 НТС АО «ЦНИИмаш» (протокол № 10 от «17» ноября 2020 г.).

Отзыв подготовил:
Начальник отдела
«Космических систем
гидрометеорологического и
геофизического обеспечения».
д.ф.-м.н., доцент



А.В. Карелин

