

## ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Егорова В.Г. на диссертацию Дениса Александровича Кулешова **“Система сбора данных глубоководного нейтринного телескопа НТ1000”**, представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Разрабатываемый в настоящее время глубоководный нейтринный телескоп гигатонного объема BAIKAL-GVD (внутреннее рабочее название – НТ1000) является одним из наиболее амбициозных проектов в области нейтринной астрофизики. Наряду с международными проектами KM3NeT в Средиземном море и IceCube в Антарктике (развитие детекторов ANTARES и AMANDA, соответственно), он представляет собой детектор следующего поколения, новый шаг от НТ200 и НТ200+. Этот шаг, приводящий к 100-кратному увеличению чувствительного объема, требует не просто слепого тиражирования уже опробованных ранее элементов, но разработки качественно новых подходов к системе сбора данных. Именно эту задачу и решают работы с участием Д.А. Кулешова, аккумулированные в его диссертации.

В первой главе представлено современное состояние экспериментов по детектированию нейтрино высоких энергий в естественных средах. Представлены основные принципы построения системы сбора данных нейтринных телескопов. Описаны проблемы, возникающие при организации больших распределённых подводных и подлёдных измерительных систем, и методы их решения в различных проектах по созданию крупномасштабных нейтринных телескопов. Определяется оптимальный вариант организации системы сбора и передачи данных, а также обосновывается преимущество водной среды и естественного ледового покрова оз. Байкал для развёртывания современного нейтринного детектора кубокилометрового масштаба.

Во второй главе подробно описана структура и техническая реализация системы сбора данных проектируемого телескопа НТ1000. Обосновывается конструктивная особенность организации сбора данных установки в виде разветвленной древовидной иерархической структуры. Рассматривается работа измерительного канала детектора, секции оптических модулей, гирлянды и кластера – законченного узла детектора, на базе которого могут проводиться физические исследования. Там же рассмотрена система фильтрации и передачи данных, синхронизация работы гирлянд и выработки триггера, управление аппаратным комплексом установки.

Третья глава посвящена долговременным натурным испытаниям системы сбора данных телескопа НТ1000 в оз. Байкал. Представлены результаты исследования параметров системы передачи данных. Оценивается надёжность и стабильность работы сетевых узлов глубоководной локальной сети, анализируется качество работы измерительных каналов и измеряется их мертвое время. В итоговой части рассматривается комплексная проверка функциональности системы управления и сбора данных в режиме обслуживания калибровочных процедур детектора. Приводятся примеры трёх основных режимов калибровки: режима амплитудной калибровки каналов, режима временной калибровки каналов и режима временной калибровки межсекционных задержек.

В целом, диссертация охватывает большой объем выполненной работы и демонстрирует высокую квалификацию автора. Как и любой крупный эксперимент, проект НТ1000 не является догмой и постоянно развивается. По ходу его реализации постоянно возникают новые непредвиденные проблемы, требующие поиска новых решений, и это естественный процесс. Через несколько лет вполне могут открыться какие-то иные технические возможности, появиться устройства связи с гораздо лучшими техническими характеристиками и надежные разъемы для оптоволоконных линий. Тогда окажется, что разработанная диссертантом система сбора данных несовершенна и должна быть пересмотрена, но на сегодня именно она

выглядит оптимальной, на что ясно указывают результаты тестирования. Это позволяет коллективу проекта приступать к следующим шагам по реализации НТ1000. Таким образом, ни новизна, ни актуальность и практическая ценность работы не вызывают сомнения.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации, результаты которой опубликованы в научных журналах, входящих в рекомендованный ВАК перечень. Работы с участием Кулешова Д.А. неоднократно докладывались на отечественных и международных конференциях и рабочих совещаниях, материалы которых также опубликованы в реферируемых журналах.

К **недостаткам** диссертации можно отнести практически полное отсутствие электронных версий опубликованных работ, что вызывает большое неудобство при ее чтении. Только три (!) из 18 публикаций, на которых основана рецензируемая диссертация, имеют электронный препринт со свободным доступом в системе arXiv (но даже о них ни в автореферате, ни в самой диссертации ничего не сказано, и соответствующих ссылок нет).

Следующее замечание также связано со списком публикаций. В диссертации заявлено, что она основана на 9 статьях в международных рецензируемых журналах, 7 статьях в материалах международных научных семинаров и 2 статьях в материалах российских научных конференций. При этом, из текста диссертации не представляется возможным узнать, какие именно публикации из 53 процитированных имеются в виду – говорится лишь, что они перечислены в автореферате. Автореферат, в свою очередь, тоже ни слова не говорит о том, что основная информация сосредоточена в трех наиболее подробных статьях [5], [9] и [18]. Чтобы убедиться, что диссертант действительно является соавтором всех этих работ, необходим поход в библиотеку, так как процитированы они без указания его фамилии, а электронные версии статей недоступны или отсутствуют.

Неясности возникают и в разделах «Апробация работы» (как в самой диссертации, так и в автореферате), где перечислены лишь названия

конференций без указания на личное участие диссертанта.

Последнее (к сожалению, ставшее в последние годы уже стандартным) замечание касается обилия синтаксических ошибок и опечаток, которые несколько портят ясный стиль изложения материала.

Сделанные замечания, однако, не умаляют общей высокой оценки диссертации Д.А. Кулешова, которая является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. Изложенные в ней результаты получены с активным участием автора, обладают значительной научной ценностью, обеспечивают дальнейшее развитие эксперимента Байкал. Выводы и заключения диссертации достаточно обоснованы.

В заключение, считаю нужным отметить, что результаты, представленные в диссертации Кулешова Д.А., являются достоверными, сама работа выполнена на высоком профессиональном уровне, отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Д.А. Кулешов **заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.**

начальник сектора №2  
Научно-экспериментального отдела  
ядерной спектроскопии и радиохимии  
Лаборатории ядерных проблем  
Объединенного института ядерных исследований  
доктор физ.-мат. наук

Егоров В.Г.

28.10.2014

***Подпись Егорова В.Г. удостоверяю.***

Ученый секретарь Лаборатории ядерных проблем  
Объединенного института ядерных исследований

Титкова И.В.

Отзыв составил:

Егоров Вячеслав Георгиевич,

доктор физ.-мат. наук (специальность 01.04.01),

начальник сектора №2 НЭОЯСиРХ ЛЯП ОИЯИ,

Московская область, 141980 г. Дубна, ул. Жолио-Кюри 6;

тел.:+74962162477; факс:+74962166666; e-mail: egorov@jinr.ru

*Список основных публикаций оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет.*

1. R.D. Martin, ..., V. Egorov et al. Status of the MAJORANA DEMONSTRATOR experiment // AIP Conf.Proc. 1604 (2014) 413-420.
2. M. Agostini, ..., V. Egorov et al. The background in the  $0\nu\beta\beta$  experiment GERDA // Eur.Phys.J. C74 (2014) 2764.
3. I. Alekseev, ..., V. Egorov et al. DANSSino: a pilot version of the DANSS neutrino detector // Phys.Part.Nucl.Lett. 11 (2014) 473-482.
4. R. Arnold, ..., V. Egorov et al. Search for Neutrinoless Double-Beta Decay of  $^{100}\text{Mo}$  with the NEMO-3 Detector // Phys.Rev. D89 (2014) 111101.
5. L.E. Leviner, ..., V. Egorov et al. A Segmented, Enriched N-type Germanium Detector for Neutrinoless Double Beta-Decay Experiments // Nucl.Instrum.Meth. A735 (2014) 66-77.
6. M. Agostini, ..., V. Egorov et al. Pulse shape discrimination for GERDA Phase I data // Eur.Phys.J. C73 (2013) 2583.
7. V. Belov, ..., V. Egorov et al. Registration of reactor neutrinos with the highly segmented plastic scintillator detector DANSSino // JINST 8 (2013) P05018.
8. N.I. Rukhadze, ..., V. Egorov et al. Experiment TGV-2 - Search for double beta decay of  $^{106}\text{Cd}$  // Nucl.Phys.Proc.Suppl. 229-232 (2012) 478.
9. A.G. Beda, ..., V. Egorov et al. The results of search for the neutrino magnetic moment in GEMMA experiment // Adv.High Energy Phys. 2012 (2012) 350150.
10. E. Aguayo, ..., V. Egorov et al. The Majorana experiment // AIP Conf.Proc. 1417 (2011) 95-99.
11. R. Arnold, ..., V. Egorov et al. Measurement of the Double Beta Decay Half-life of  $^{130}\text{Te}$  with the NEMO-3 Detector // Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 062504.
12. V.B. Brudanin, ..., V. Egorov et al. Summary of the TGV experiment and future plans // AIP Conf.Proc. 1417 (2011) 110-114.