

## О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, Н.Н.Агапова на диссертацию А.К.Барладяна “Управление криогенным комплексом детектора КЕДР”, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертация А.К.Барладяна посвящена созданию средств и методов дистанционного управления криогенным комплексом жидко-криптонового калориметра и сверхпроводящих соленоидов универсального детектора КЕДР. Важность создания систем автоматизации и дистанционного управления вполне очевидна, но особенно необходимыми такие системы становятся в случае криогенных приборов и устройств для ядерной физики вследствие ограничения доступа человека к оборудованию вблизи детекторов из-за опасного радиационного фона от ускоряемых пучков частиц при проведении эксперимента.

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и списка цитируемой литературы. Во введении сформулированы цели диссертационной работы, отмечаются ее актуальность, научная новизна, практическая ценность и выносимые на защиту положения, а также отражен личный вклад автора в получение результатов.

В главе 1 рассмотрены специфические особенности управления криогенным оборудованием и используемые средства его обеспечения. Приводятся аргументы для принятия за основу решения задач управления криогенным комплексом детектора КЕДР опыта управления ускорительными комплексами в ИЯФ СО РАН.

Глава 2 содержит общее описание ускорительного комплекса ВЭПП-4М и универсального детектора КЕДР, созданных для проведения прецизионных экспериментов на встречных электронных и позитронных пучках с проектной энергией от 1,8 ГэВ до 11 ГэВ.

Глава 3 подробно знакомит с назначением, принципами работы и параметрами криогенных устройств, являющихся объектами управления: описаны основной и компенсирующий сверхпроводящие соленоиды, а также криптоновый криостат. Приводятся сведения о теплоизоляции и измерителях температуры. Дается информация о поэтапном вводе оборудования в



эксплуатацию.

В главе 4 дается описание подсистем криогенного комплекса детектора КЕДР: гелиевой, криптоновой и азотной, а так же подсистем пневматического управления, утилизации и компрессии гелия. Рассматриваются охлаждение тоководов, сателлитный гелиевый рефрижератор с поршневым детандером, существенно повышающим эффективность всей системы в целом, азотная система криостатирования, системы хранения и выдачи жидких криопродуктов – гелия, криптона и азота.

Глава 5 описывает разработанное аппаратное обеспечение криокомплекса. Этот материал состоит из трех частей: телеметрия и контроль, дистанционное управление и вычислительный комплекс. В них подробно анализируются вопросы измерений температур, давлений, расходов, уровней криогенных жидких, частоты оборотов и перемещений. Приводятся сведения о способах контроля положения регуляторов, управления электромеханическими устройствами и поршневым детандером.

В главе 6 рассмотрен состав разработанного программного обеспечения криокомплекса, состоящего из системного драйвера генерации в реальном времени для главной программы, главной программы дистанционного управления в реальном времени технологическими процессами криокомплекса и взаимодействия с оператором-технологом, а также вспомогательного программного обеспечения: программы дистанционного мониторинга криптоновой системы в реальном времени, веб-приложения для мониторинга контрольных параметров криогенной системы по выборкам из базы данных, программы стенда дистанционного управления поршневым детандером в реальном времени и др.

Глава 7 посвящена методике управления криогенным комплексом. Отмечено, что основными задачами работы криогенного комплекса является обеспечение длительного хранения криопродукта и его выдача в распределительный коллектор под необходимым давлением при заполнении или опорожнении криостатов. Анализируется работа гелиевого рефрижератора в двух основных режимах - дроссельном и детандерном. Описаны вспомогательные режимы для подготовки рефрижератора и детандера к работе, а также для отработки переходных процессов при экстренной остановке или перезапуске детандера.

Автором диссертации выбрана сложнейшая тема - задача управления уникальной исследовательской установкой. Для успешного выполнения такой задачи потребовалось умение работать на очень разных направлениях знаний, на стыке таких дисциплин как криогенная техника, техническая сверхпроводимость, приборы КИПиА, электроника, вычислительная техника и программирование. Но, как известно, все самое передовое как раз и возникает на



подобных стыках. В диссертации получен целый ряд важных результатов, итогом которых стало обеспечение надёжного функционирования жидкокриптонового калориметра и сверхпроводящих магнитов в цикле ведущихся и осуществлённых исследований по измерению с высокой (лучшей в мире) точностью параметров целого ряда элементарных частиц. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Они докладывались и обсуждались на многих научных семинарах, российских и международных конференциях и были опубликованы в реферируемых научных журналах.

Представленная диссертация не лишена и некоторых недостатков.

Так, содержащиеся в ней материалы зачастую включают общеизвестные, широко доступные справочные материалы, приведение которых не служит более точному пониманию или описанию технологических процессов. К подобным материалам относятся, например, рис. 1.3.1 “Схемы рефрижераторов с различными холодильными циклами: Брайтона, Клода, Коллинза”, табл. 1.3.2 “Свойства гелия и азота в сравнении с водой”, табл. 3.2 “Физические свойства сконденсированных благородных газов” и др.

Неудовлетворенность вызывают и неточности в терминологии, когда речь идет об описании эффективности систем или их оптимизации. В разделе 7.4.3 говорится «Экономический эффект от внедрения предложенных идей выражается в существенной экономии на ожижении - более 600 л». В научной работе необходима строгость - экономический эффект оценивается в рублях, а не литрах. В разделе 7.2 описывается управление поршневым детандером, основанное на регулировании индикаторной  $PV$  – диаграммы. Конечно, все и без того работает, но изложение было бы значительно ясней, если бы автор употреблял для объяснения цели регулирования такой термин, как адиабатический КПД детандера, и показал, в чем особенность индикаторной диаграммы именно этой поршневой машины (большая величина отсечки впуска).

В приведенном списке литературы большинство публикаций издано более 20-25 лет назад и в значительной мере устарело. Особенно это касается направления КИПиА, в котором постоянно идет стремительное развитие. Около 20 ссылок из 92 наименований - рабочие материалы объединения «Криогенмаш». Это описания, инструкции и пневмогидравлические схемы. Их можно назвать публикациями только с большой натяжкой.

Описанные недостатки, конечно, не могут существенно повлиять на общий положительный итог диссертационной работы. Результаты диссертации А.К.Барладяна могут быть использованы в различных научных центрах: ОИЯИ в Дубне, ИФВЭ в Протвино, ИЯФ им. Б.П. Константинова в Гатчине и других, ведущих разработки и крупномасштабных криогенных систем для ядерной физики.

Таким образом, можно сделать заключение, что диссертация Александра Константиновича Барладяна соответствует всем требованиям ВАК, установленным п.7 Положения о порядке присуждения ученых степеней в части, касающейся кандидатских диссертаций, а ее автор Александр Константинович Барладян, безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Автореферат диссертации правильно отражает ее содержание.

Доктор технических наук,  
главный инженер Лаборатории физики высоких энергий им.  
В.И.Векслера и А.М.Балдина  
Объединенного института ядерных исследований

  
Н.Н.Агапов

адрес: 141980, Московская область, г.Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6  
телефон: 8(496) 2165859  
адрес электронной почты: [agapov@lhe.jinr.ru](mailto:agapov@lhe.jinr.ru)

Подпись Н.Н.Агапова заверяю:

Ученый секретарь ЛФВЭ ОИЯИ



  
Д.В.Пешехонов