

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук Карнаева Сергея Евгеньевича

на диссертацию **Ноздрин Михаил Александрович**

«Комплекс аппаратно-программных средств управления и диагностики для ускорителя электронов Линак-200 и прототипа фотоинжектора ОИЯИ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.20 — физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

Актуальность темы исследований и практических результатов представленной диссертационной работы определяется необходимостью развития в Объединенном институте ядерных исследований научного направления в области линейных ускорителей электронов. Эффективность и надежность работы любого современного ускорительного комплекса или установки для проведения научно-технологических исследований определяются возможностями, предоставляемыми аппаратно-программными комплексами, используемым для управления этими системами. **Целью** данной работы является разработка таких комплексов для управления ускорителем электронов Линак-200, а также стендами для исследований фотокатодов в ОИЯИ.

Практическая значимость выполненной работы подтверждается решением следующих задач:

- подсистемы для управления ускорителем Линак-200, разработанные автором, обеспечили поэтапный ввод ускорителя в эксплуатацию, начиная с запуска электронной пушки и получения пучка электронов с энергией частиц до 400 кэВ, и заканчивая запуском всех четырех ускорительных станций, обеспечивающих ускорение электронов до энергии 200 МэВ,
- стенд фотопушки, созданный и автоматизированный при определяющем участии автора, обеспечил проведение научно-исследовательских работ по изучению свойств фотокатодов,
- системы видеодиагностики, разработанные автором для ускорителя Линак-200 и стендов фотопушки и фотоинжектора, обеспечивают диагностику поперечных профилей электронного и лазерного пучков, позволяя с высоким разрешением наблюдать форму и распределение интенсивности.

Научная новизна работы заключается в разработке ряда оригинальных средств управления и диагностики пучка для линейного ускорителя Линак-200, а также в создании стендов для исследования фотокатодов на базе оригинальной концепции «полого» и «прозрачного» фотокатодов.

Правильность и эффективность разработанных методов и сформулированных решений подтверждается опытом успешной практической эксплуатации линейного ускорителя электронов Линак-200 и прототипа фотоинжектора ОИЯИ. **Достоверность** полученных результатов заверена многими публикациями в научных журналах, среди которых семь работ опубликованы в реферируемых изданиях, и докладами, сделанными на российских и международных конференциях по ускорителям заряженных частиц, системам управления и системам диагностики пучка. **Личный вклад** автора в работу не вызывает сомнений.

Во **введении** к диссертации обосновывается актуальность темы, указывается цель, научная новизна и практическая ценность выполненной работы, формулируются основные положения, которые выносятся на защиту, а также по главам приводится краткое описание работы.

В **первой главе** представлен краткий обзор различных подходов к управления научными установками:

- с помощью универсальных свободно распространяемых программных платформ, таких как EPICS или TANGO,
- на основе собственных разработок аппаратуры и программного обеспечения,
- на базе коммерческих систем промышленной автоматизации.

В конце первой главы делаются выводы, обосновывающие подход, использованный автором для создания подсистем для управления ускорителем Линак-200.

В начале **второй главы** кратко описывается линейный ускоритель электронов Линак-200 и формулируются требования к его управлению. Далее автор описывает систему, использовавшуюся для управления ускорителем MEA, который является основой ускорителя Линак-200, и обосновывает подход к разработке современной системы управления, который реализован в ходе выполнения диссертационной работы. Основная суть подхода заключается в разбиении системы управления на отдельные практически независимые подсистемы и в поэтапной реализации их разработки. Затем во второй главе описываются следующие подсистемы, для которых аппаратная часть и программное обеспечение были разработаны лично автором или при его непосредственном участии:

- управления электронной пушкой,
- синхронизации,
- термостабилизации ускоряющих секций,
- радиационного контроля,
- блокировок, сигнализации и видеонаблюдения.

В заключении второй главы приводятся результаты, полученные с помощью разработанных систем, а также упоминается о создании на базе ускорителя под руководством автора учебного центра для студентов инженерно-технических специальностей.

В **третьей главе** описаны разработки, касающиеся исследований фотокатодов и их применения. В начале главы рассматриваются новые концепции фотокатодов. Далее приводится описание двух стендов, созданных при непосредственном участии автора: стенда для проведения исследований свойств самих фотокатодов (стенд фотопушки) и стенда для разработки методик применения фотокатодов в системах инъекции пучка для ускорителей (стенд фотоинжектора). Кратко излагаются методики и описываются характеристики оборудования, используемого для проведения экспериментов. В заключение третьей главы приводятся результаты физического пуска фотоинжектора.

В **четвертой главе** приводится обзор разработанных автором систем диагностики, использующихся для наблюдения поперечного профиля пучка на ускорителе Линак-200 и на стендах исследования фотокатодов, а также других диагностик и методик, позволяющих измерять эмиттанс пучка, энергию лазерного пучка, различные температурные зависимости.

В **заключении** приведены основные результаты диссертационной работы.

Содержание представленного текста соответствует теме диссертации и дает полное понимание о сути и объеме проделанной работы, а также о качестве полученных результатов. **Автореферат** отражает содержание диссертации и соответствует требованиям ВАК.

По представленной диссертационной работе нужно сделать следующие **замечания**.

1. Замечания по оформлению текста диссертации:

- в тексте содержится много стилистических и пунктуационных ошибок,
- в тексте используется много аббревиатур, что естественно для написания текста технического содержания, но отсутствует список этих сокращений,

- многие рисунки размещены по тексту впереди ссылок на них (2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9 и т.д.),
 - при упоминании SLAC использован прямой перевод - стэндфордский центр линейного ускорителя; в данном контексте лучше бы было сформулировать "национальная лаборатория SLAC", т.к. речь идет о лаборатории, развивающей многие научные направления, в том числе, и с использованием линейного ускорителя,
 - на рис.3.10 (стр. 77) изображение общего вида установки названо схемой,
 - многие рисунки очень простые и не позволяют подробно ознакомиться с системами, изображенными на них,
 - на некоторых рисунках или под ними отсутствуют обозначения частей изображенных устройств (например, рис. 3.12 на стр. 80),
 - на фотографиях, размещенных в работе, часто затруднительно найти цифровые обозначения, описанные в тексте, и, в то же время, приводятся фотографии общего вида устройств, вообще не содержащие обозначений (рис. 2.28),
 - ссылки [69] и [73] (http://www.aviosys.ru/doc_9000a/manual9000Ar.html), [77] и [79] (<http://adweb.desy.de/mcs/tine/VideoSystem/vsOverview.shtml>) дублируют друг друга,
 - в тексте не удалось найти ссылки [60] и [64],
 - блок-схемы программ, приведенные в тексте, лучше бы было разместить в приложении, сопроводив их соответствующим описанием.
2. При оформлении диссертации автор не написал введение к тексту диссертации, а вместо этого использовал текст автореферата за вычетом рисунков. Это повлекло излишне большой объем введения, наполнило текст информацией формального назначения и привело к некоторым накладкам. Например, во введении описывается само введение, все ссылки на работы автора оказались перечислены в самом начале текста диссертации, а не распределены по ходу описания работы, в результате чего отсутствует привязка текста к работам автора.
 3. В Главе 1 приведено слишком поверхностное рассмотрение различных программных платформ, использующихся в мире для построения систем управления ускорителями. В итоге в заключении к Главе 1 делается спорный вывод о том, что EPICS и TANGO сложны, и поэтому нужно делать собственные программные разработки.
 4. В тексте встречаются технические описания используемых приборов и устройств, и на этом фоне ощущается нехватка описаний функциональных возможностей систем для проведения исследований, собранных автором на основе этих устройств. Аналогично, при наличии подробного описания интерфейсов программ практически отсутствует описание функциональных возможностей программ для проведения экспериментов.
 5. В Главе 4 п. 4.2.2 автор подробно описывает программный пакет AVINE, им не разработанный. Достаточно бы было в п.4.2.1 сделать очень краткое описание и поставить ссылку, но добавить описание результатов экспериментов, выполненных с использованием этого пакета.
 6. Текст в Главах 3 и 4 местами напоминает описание оборудования для выполнения лабораторной работы, в котором отсутствует задание на выполнение работы. Кроме того, в тексте практически отсутствует описание результатов исследований, выполненных автором на разработанных и созданных им системах и стендах.
- По существу отмеченные замечания не снижают ценности и практической значимости диссертационной работы и не влияют на основные результаты, в числе которых необходимо отметить существенный вклад автора в запуск двух установок: ускорителя Линак-200 и стенда фотоинжектора. Диссертация содержит конкретные обоснованные новые решения и положительные практические результаты. Разработка систем управления

