



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2003-19  
ОЭФ

А.А. Марков

## **СТЕНД КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ ЖГУТОВ**

Направлено в ПТЭ

Протвино 2003

**Аннотация**

Марков А.А. Стенд контроля оптических жгутов: Препринт ИФВЭ 2003–19. – Протвино, 2003. – 8 с., 5 рис., библиогр.: 2.

Описана конструкция стенда для контроля качества изготовленных оптических жгутов, состоящих из переизлучающих и транспортных оптических волокон, вклеенных в разъём. Контроль качества осуществляется путем замера интенсивности света с выхода каждого из оптических волокон при сканировании оптического жгута источником света в виде люминесцентной лампы, коллимированной узкой щелью.

**Abstract**

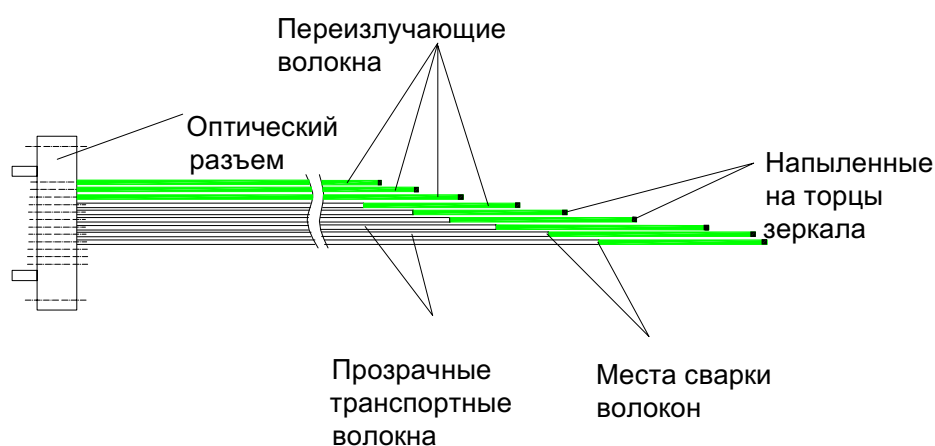
Markov A.A. A Test Bench for Control a Quality of Optical Bundles: IHEP Preprint 2003–19. – Protvino, 2003. – p. 8, figs. 5, refs.: 2.

A test bench design to control a quality of optical bundles consisting of WLS and clear fibers glued into optical connectors is described. The quality control is realized by measuring the light intensity from each optical fiber under scans of the optical bundle by light source in the form of luminous lamp collimated with narrow slit.

## ВВЕДЕНИЕ

Оптические волокна широко используются в экспериментальной физике. Имеются установки, содержащие десятки тысяч элементов с оптическими волокнами. Как правило, требуется высокая идентичность характеристик этих элементов, что обеспечивается тщательным контролем качества. Для контроля качества оптических элементов Торцевого адронного калориметра (HE) CMS (The Compact Muon Solenoid) [1] разработан и изготовлен стенд.

Оптический элемент содержит переизлучающие и прозрачные волокна. Переизлучающие волокна выполняют функции сдвига спектра света, излучаемого сцинтиллятором, из синей области в зелёную и транспортирования переизлученного света к выходному оптическому разъёму мегатайла – составной части HE. Для уменьшения затухания света при транспортировке используется комбинация переизлучающего волокна с приваренным к нему с помощью специального устройства прозрачного транспортного волокна. Из переизлучающих волокон и из переизлучающих волокон с приваренными к ним прозрачными транспортными волокнами изготовлены оптические жгуты – группы из 2-9 волокон, вклеенных в оптический разъем. Таких жгутов в HE насчитывается 2880 шт. Для уменьшения потерь света торец оптического разъема фрезеруется алмазной фрезой, а для увеличения световыхода на свободные торцы волокон наносится магнетроном алюминиевое зеркало. Конструкция жгута приведена на **рис. 1**.



**Рис. 1.** Эскиз оптического жгута.

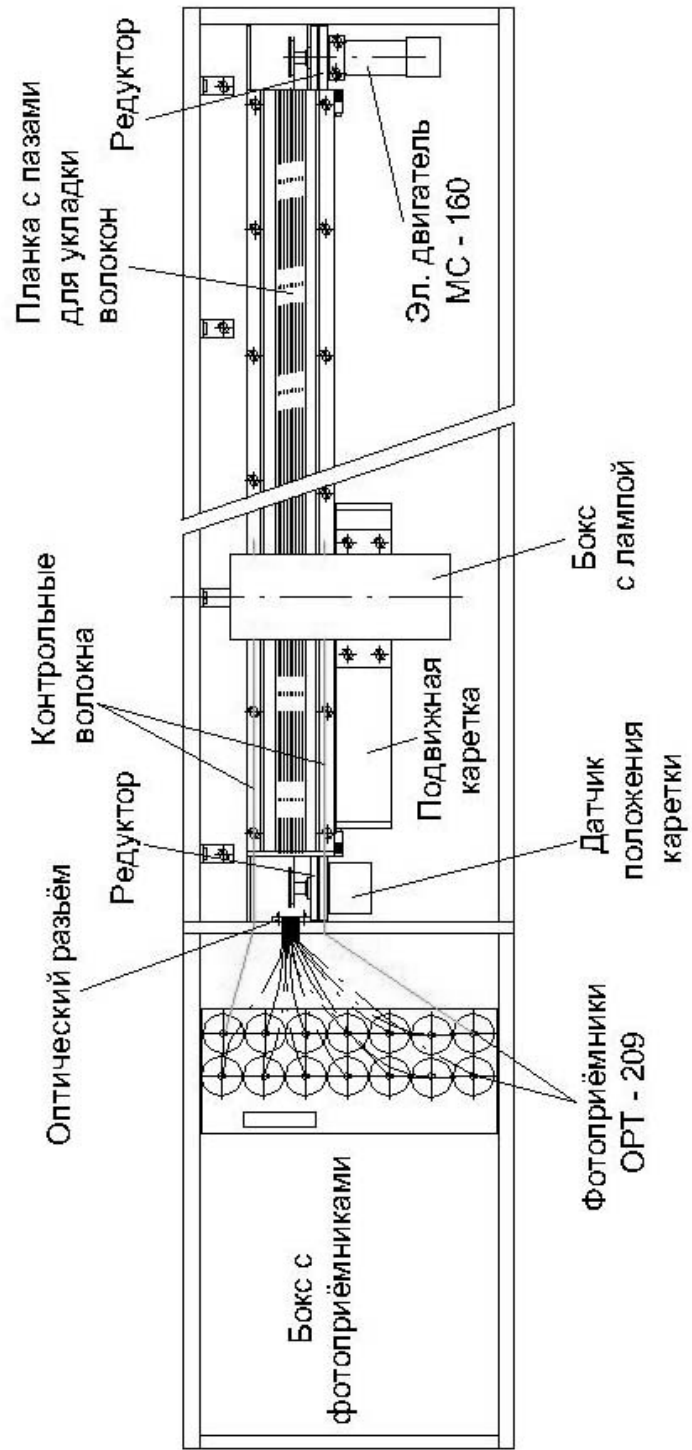


Рис. 2. Эскиз станда проверки качества оптических жгутов.

Кроме контроля качества изготовленных жгутов стенд применяется также для контроля качества сварки волокон при подборе режимов сварки и контроля качества напыления зеркал на торцах переизлучающих волокон.

## 1. КОНСТРУКЦИЯ СТЕНДА

На **рис. 2** показан общий вид стенда для проверки оптических жгутов. Две анодированные алюминиевые пластины общей длиной 2.65 м с десятью выфрезерованными параллельно углублениями под оптические волокна установлены на полый алюминиевый каркас. Этот каркас прикреплен к внутренней боковой стенке ящика. Ящик является базовым элементом конструкции – к нему крепятся все остальные устройства стенда. Ящик также изолирует от внешнего света фотоприемники и проверяемый оптический жгут во время проведения измерений.

U-образные канавки в почерненных алюминиевых пластинах имеют глубину 2 мм и ширину 1.4 мм, расстояние между центрами канавок 2.4 мм. В каждой канавке просверлены сквозные отверстия диаметром 0.6 мм и шагом 65.5 мм. Эти отверстия играют роль вакуумных “присосок” и служат для фиксации положения оптических волокон в канавках при проведении измерений. Необходимое разрежение в полости между пластинами с канавками и алюминиевым каркасом создается внешним вакуумным насосом или пылесосом.

Для засветки волокон, помещенных в канавках почерненной пластины, используется люминесцентная лампа белого цвета мощностью 4 Вт, коллимированная узкой щелью размером 1.6 x 32 мм. Лампа установлена на подвижной каретке и перемещается вдоль волокна с помощью электродвигателя. Координата положения каретки относительно оптического разъема измеряется с помощью 12-разрядного преобразователя угол–код фирмы BOURNS.

Белый свет, излучаемый люминесцентной лампой, попадает на оптические волокна, помещенные в пазы почерненной пластины. Если свет попадает на прозрачное волокно, то “захвата” и переизлучения света не происходит, свет поглощается черными стенками паза. При попадании света на переизлучающее волокно происходит его переизлучение в спектр с максимумом в зелёной области. Переизлученный свет распространяется вдоль волокна в двух противоположных направлениях – к оптическому разъему и в сторону торца с зеркалом. Свет, распространяющийся к торцу переизлучающего волокна, отражается от зеркала и попадает на оптический разъем, как и та часть света, которая распространялась в направлении оптического разъёма.

Через оптический разъем свет попадает на фотодетекторы. В качестве фотодетекторов использованы фотодиоды с встроенным усилителем OPT209 фирмы BURR-BROWN [2]. Данный детектор имеет достаточную чувствительность при отличной линейности и хорошей температурной и временной стабильности. Применение этих микросхем позволяет избежать опасности повредить фотодетектор при большой засветке и значительно упростить как сам стенд, так и его эксплуатацию. В боксе фотодетекторов установлено 14 микросхем OPT209. Двенадцать из них предназначены для измерения света с волокон оптических жгутов, а на две оставшиеся микросхемы подается свет с двух переизлучающих волокон, стационарно расположенных на пластине с пазами. Кроме этих фотодетекторов, имеется еще один фотодетектор для измерения яркости люминесцентной лампы, расположенный на подвижной каретке в боксе с люминесцентной лампой.

Измерительная система выполнена на базе персонального компьютера под операционной системой Windows 98 и состоит из следующих составных частей:

- 1) крейта КАМАК с контроллером К-60;
- 2) блока КАМАК 13-разрядного помехоустойчивого АЦП двойного интегрирования с коммутатором на входе;
- 3) блока КАМАК управления перемещением источника излучения;
- 4) 12-разрядного датчика положения источника излучения ВА-58 фирмы BOURNS;

- 5) исполнительного двигателя МС-160 – 160 об/мин;
- 6) корзины питания для фотодетекторов;
- 7) платы с 14 фотодетекторами OPT209;
- 8) источника питания Б5-44 для люминесцентной лампы;
- 9) конечных выключателей, отключающих двигатель при достижении бокса с источником излучения предельных координат перемещения.

Блок управления перемещением источника излучения выполнен в виде модуля КАМАК двойной ширины и позволяет выполнять следующие операции:

- а) чтение компьютером 12-разрядного кода с датчика положения ВА-58 и светодиодную индикацию каждого бита этого кода на лицевой панели блока;
- б) пуск – стоп исполнительного двигателя как от компьютера, так и в ручном режиме;
- в) чтение компьютером состояния конечных выключателей перемещения источника излучения и светодиодную индикацию срабатывания конечных выключателей.

Перевод блока управления перемещением источника излучения из режима ручного управления в режим управления от ЭВМ осуществляется переключением тумблера "Авт." – "Ручн." на лицевой панели стенда в положение "Авт."

Управление исполнительным двигателем системы перемещения источника излучения в ручном режиме работы осуществляется включением тумблеров "→" или "←" при положении тумблера "Авт." – "Ручн." в позиции "Ручн."

Блок АЦП и блок управления перемещением источника принимают с магистрали крейта и выполняют команды, приведенные в Приложении.

## **2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕНДА**

- Источник излучения для сканирования оптических жгутов – люминесцентная лампа.
- Скорость перемещения источника излучения – 10 мм/с.
- Точность позиционирования источника излучения – +/- 1 мм.
- Исполнительный двигатель для перемещения источника излучения – МС 160 (160 об/мин, редуктор, механический тормоз).
- Датчик положения источника излучения – ВА-58 (BOURNS, 12 разрядов, 1 оборот).
- Количество измерительных каналов для измерения световыходов оптического жгута – 12.
- Количество каналов для контроля интенсивности света, излучаемого источником – 1.
- Количество контрольных каналов для привязки – 2.
- Тип используемого АЦП – 13 разрядный, двойного интегрирования, с коммутатором на входе, выполнен в стандарте КАМАК.
- Время измерения в одном канале – 130 мс.
- Фотодетектор в каждом из измерительных каналов – фотодиод с интегрированным трансимпедансным усилителем OPT209 (BURR-BROWN).
- Повторяемость измерений – не хуже 1%.
- Программная среда – Windows 95/98, Lab View 4.1.

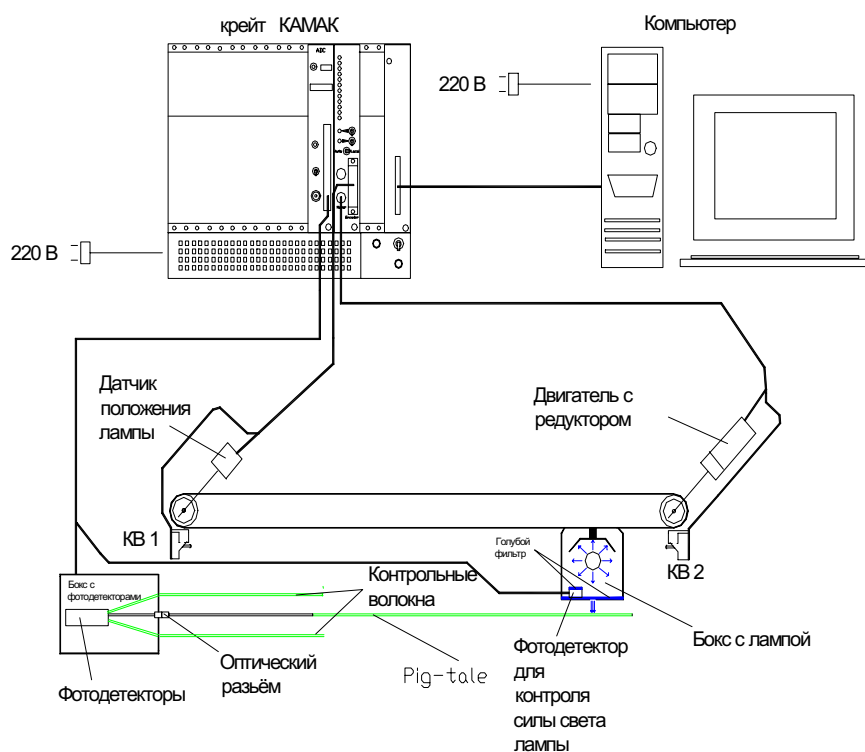
## **3. ИЗМЕРЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ЖГУТОВ**

Первый шаг в измерении параметров оптических жгутов – внешний осмотр и протирка волокон салфеткой, смоченной в спиртовом растворе, с целью удаления прилипшей во время обработки и транспортирования пыли.

Следующий шаг – помещение оптического жгута внутрь ящика на алюминиевую почерненную пластину с пазами. Каждое волокно укладывается в соответствующий паз.

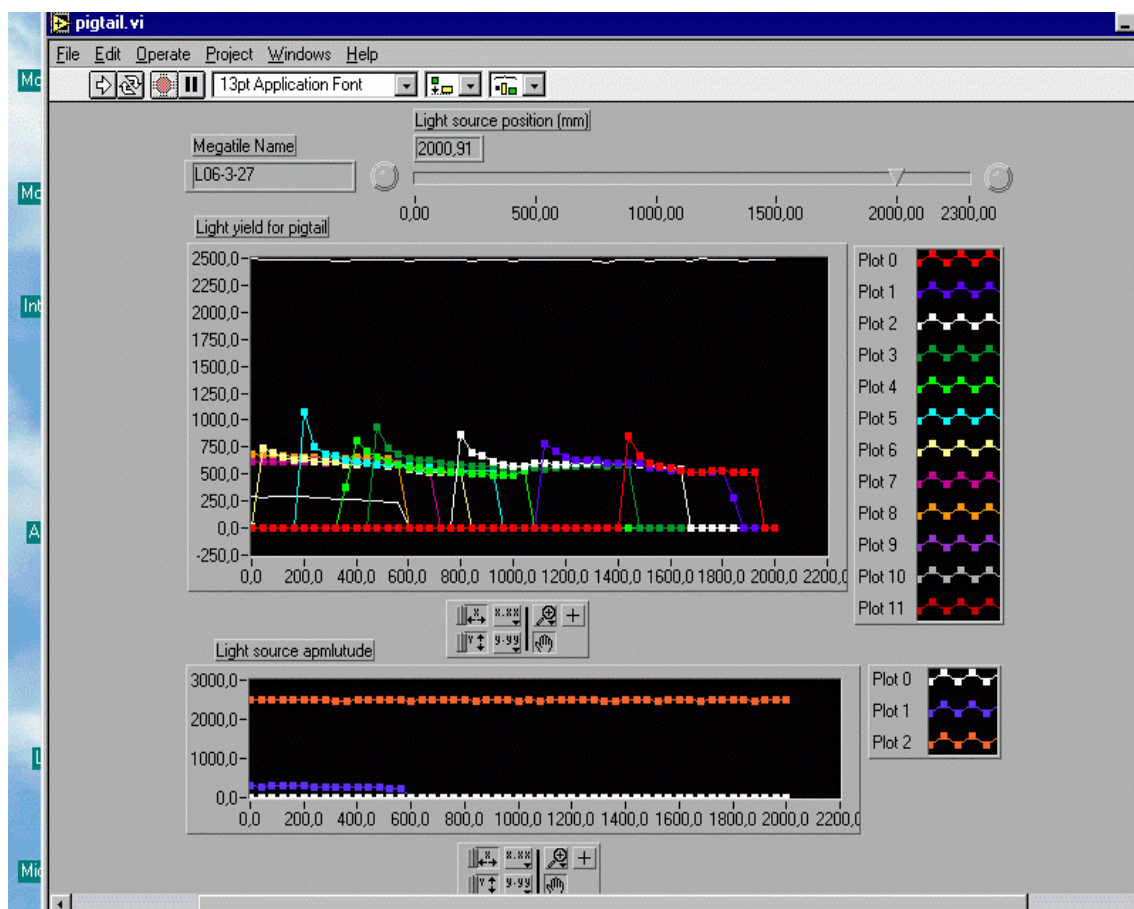
После укладки волокон, соединения оптических разъёмов оптического жгута и станда и закрытия крышки ящика начинается процесс измерения характеристик оптического жгута в автоматическом режиме под управлением компьютера.

В начале измерений источник света устанавливается в положение с максимальной координатой (конечный выключатель КВ 2, **рис. 3**). В этом положении подвижной каретки свет от люминесцентной лампы не попадает на волокна оптического жгута. Производится первый цикл измерений напряжений на выходах всех фотодетекторов. Эти напряжения, за исключением напряжения с фотодетектора в боксе с лампой, являются пьедестальными напряжениями и их значения будут вычитаться из напряжений на выходах фотодетекторов при дальнейших циклах измерений.



**Рис. 3.** Структурная схема станда проверки качества оптических жгутов.

После измерения пьедесталов каретка с источником света перемещается в положение с минимальной координатой (конечный выключатель КВ 1). От этой координаты каретка начинает последовательно перемещаться по точкам с координатами, записанными в файле ХС.ТХТ. В каждой точке каретка останавливается и с помощью АЦП с коммутатором на входе производится замер напряжений на выходах фотодетекторов. Полученные значения, за вычетом пьедесталов, и координата записываются в файл с расширением ТХТ. Имя файла с результатами измерений задается оператором в строчке "Megatile Name" диалогового окна программы управления измерениями (см. **рис. 4**). Имя файла для каждого оптического жгута должно быть оригинальным. Координаты текущего положения источника света "Light source position (mm)" индицируются в диалоговом окне программы управления измерениями.

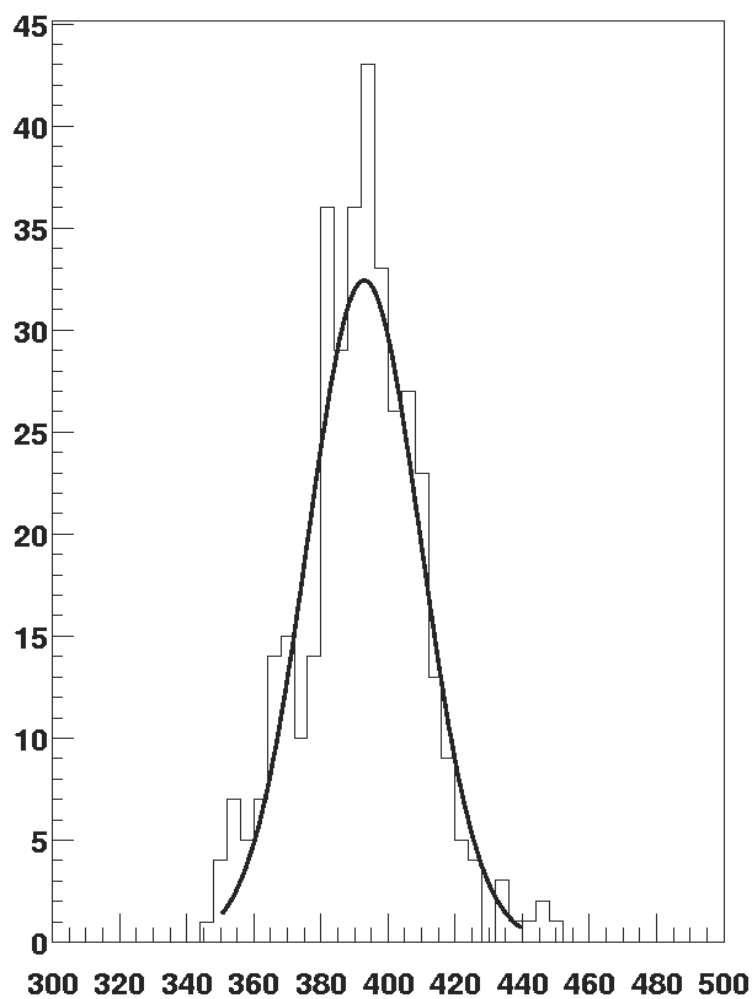


**Рис. 4.** Диалоговое окно программы управления измерениями стенда измерений характеристик оптических жгутов.

После того как закончились измерения в точке с координатами, указанными в файле ХС.TXT последними, источник света перемещается вновь в координату с максимальным значением (конечный выключатель КВ 2), в окнах “Light yield for pig-tails” и “Light source amplitude” диалогового окна программы управления измерениями появятся графики зависимости напряжений на выходах фотодетекторов от положения источника света.

По этим графикам производится оценка пригодности оптического жгута для установки его в мегатайл. Уменьшение амплитуды света на величину более 10%, связанное с поломкой волокна, трещиной на волокне, некачественной обработкой оптического разъема, плохой сваркой или плохим зеркалом, достаточно хорошо видно на этих графиках без дополнительной математической обработки результатов измерений. Такое заметное уменьшение амплитуды напряжения на выходе хотя бы одного фотодетектора из группы фотодетекторов, участвующих в данном измерении световых выходов с волокон оптического жгута, приводит к отбраковке этого оптического жгута и отправке его в ремонт. Результаты измерений оптических жгутов на стенде накапливаются в базе данных и служат основой для их дальнейшей математической обработки. На **рис. 5** показано типичное распределение выходных напряжений с фотодетекторов для партии жгутов. На сегодняшний день проверено 2880 жгутов.





**Рис. 5.** Распределение выходных напряжений с фотодетекторов для партии жгутов.  $\text{Sigma}=4.3\%$ .

Автор выражает благодарность фонду INTAS 176 за поддержку работ по разработке и изготовлению стенда контроля оптических жгутов.

### Список литературы

- [1] The Compact Muon Solenoid. Technical Proposal. CERN/LHCC 94-38, LHCC/P1.
- [2] Burr-Brown Integrated Circuits Data Book. Linear Products 1996. LI-480.

*Рукопись поступила 23 сентября 2003 г.*

## Приложение

1. Команды, принимаемые с магистрали КАМАК и исполняемые модулем помехоустойчивого АЦП:

- NA(0)F(0) – чтение информационного слова;
- NA(0)F(1) – чтение слова состояния;
- NA(0)F(2) – чтение информационного слова, запуск нового преобразования и сброс запроса;
- NA(0)F(8) – проверка запроса;
- NA(0)F(10) – сброс запроса;
- NA(0)F(11) – сброс регистра состояния;
- NA(0)F(16) – перезапись регистра номера канала;
- NA(0)F(17) – перезапись регистра состояния;
- NA(0)F(24) – запрещение запроса;
- NA(0)F(25) – переход на канал (n+1), запуск нового преобразования и сброс запроса;
- NA(0)F(26) – разрешение запроса;
- NA(0)F(27) – проверка состояния источника запроса;
- Z – установка модуля в исходное состояние.

2. Команды, принимаемые с магистрали КАМАК и исполняемые модулем управления перемещением источника света:

- NA(0)F(0) – чтение двоичного кода с датчика положения подвижной каретки (R1 – R12);
- NA(1)F(0) – чтение слова состояния конечных выключателей;
- NA(0)F(19) – пуск двигателя при движении к оптическому разъему;
- NA(1)F(19) – пуск двигателя при движении к торцам волокон;
- NA(0)F(23) – стоп двигателя при движении к оптическому разъему;
- NA(1)F(23) – стоп двигателя при движении к торцам волокон;
- C, Z – стоп двигателя.

А.А. Марков  
Стенд контроля оптических жгутов.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы *Word*.  
Редактор Л.Ф. Васильева. Технический редактор Н.В. Орлова.

---

Подписано к печати 01.10.2003. Формат 60x84/16. Офсетная печать.  
Печ.л. 1. Уч.-изд.л. 0,8. Тираж 130. Заказ 104. Индекс 3649.

---

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий,  
142281, Протвино Московской обл.

