

## СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫВОДОМ ПУЧКА ИЗ ПРОТОННОГО СИНХРОТРОНА ИФВЭ

Б.Б.Дильмухамедов, А.П.Елин, Е.Н.Калистратов, В.В.Комаров,  
А.А.Матилин, А.К.Пудовкин, Н.Н.Трофимов, Ю.С.Черноусько  
Институт физики высоких энергий, Серпухов

Система вывода пучка из протонного синхротрона ИФВЭ существует и активно эксплуатируется уже около 15 лет <sup>/1/</sup>. За это время в ней сложился комплекс разнообразных средств управления и контроля, как "ручных", так и в той или иной степени использующих вычислительную технику <sup>/2,3,4/</sup>. Хотя многие из этих средств сами по себе вполне соответствуют назначению, однако с ростом объёма оборудования и требований к качеству вывода пучка появилась необходимость интеграции их в единую автоматизированную систему управления (СУВ). Такая система была создана в 1982-85 гг. и в настоящее время вводится в эксплуатацию.

Основным назначением СУВ является непрерывный контроль всех основных параметров системы вывода пучка, выявление ненормальных ситуаций, сжатое и наглядное отображение информации о текущем состоянии процесса. Предусмотрена также выдача ряда управляющих сигналов, а именно: в тех цепях, по которым возможна эффективная автоматическая подстройка режимов вывода. В целом, однако, при разработке СУВ не ставилась цель полной автоматизации управления. Существовавшие "ручные" средства не заменялись и не дублировались средствами СУВ в тех случаях, когда включение ЭВМ в цепь управления не давало существенного эффекта.

Структурно СУВ имеет звездообразную конфигурацию с центральной (узловой) микроЭВМ "Электроника-60" и семью периферийными процессорами (рис.1). ЭВМ СУВ соединяются дуплексными линиями связи. Данные по линиям передаются побайтно в формате асинхронной последовательной передачи (старт +8 бит данных + стоп) с аппаратным подтверждением приёма. Максимальная аппаратная скорость связи 1 Мбод, рабочая скорость ограничивается программным обеспечением и составляет около 4 кбайт/с. Байт-ориентированный протокол контроля линии связи позволяет выявлять ошибки передачи путём контроля чётности в каждом из символов и контрольной суммы по блоку данных в целом. От узла сети по линиям связи распространяются также таймерные сигналы, необходимые для синхронизации вычислительных процессов в ЭВМ СУВ с циклом кольцевого ускорителя и работой системы вывода пучка.

Основным назначением узловой микроЭВМ является "прозрачная" ретрансляция сообщений между периферийными ЭВМ. Ретрансляция осуществляется без промежуточной буферизации, с согласованием потоков данных за счёт диалогового прото-

кола на аппаратном уровне. Адресация в сети логическая и задаётся маршрутной таблицей (абонент-линия) в памяти узловой ЭВМ.

На уровне сообщений абонентами в сети являются задачи, параллельно исполняемые процессорами системы. В СУВ выделены два класса задач: управляющие программы и процедуры модулей оборудования (рис.2).

Концепция модуля оборудования (МО) является основой организации децентрализованной обработки данных в СУВ. Каждому МО соответствует функционально законченный элемент или группа элементов оборудования вывода пучка. МО включает в себя таблицу данных (ТД) и набор процедур (РВ), поддерживающих постоянное соответствие между текущими значениями параметров процесса и содержимым таблицы данных.

Организация таблиц данных детально определена и одинакова для всех МО. Совокупность таблиц данных образует распределённую рабочую базу данных систем. Управляющие программы в СУВ не имеют непосредственного доступа к модулям интерфейсной электроники. Весь "технологический" ввод/вывод осуществляется только через таблицы данных МО.

Определены и стандартизированы также и функции процедур реального времени МО. Они включают:

1) ввод/вывод, тест и автоматическую калибровку измерительных и управляющих трактов;

2) преобразование из аппаратных единиц в физические и наоборот;

3) допусковый контроль для аналоговых величин или "надзор" (фиксацию изменений) для цифровых;

4) контроль по образцам: сравнение результатов проверки группы входных переменных по п.3 с известными образцовыми комбинациями, характерными для нормальной работы и аварийных ситуаций в рамках данного МО;

5) набор статистики: гистограмм распределения значений контролируемых параметров от цикла к циклу. Окно, ширина канала и продолжительность набора задаются управляющей программой.

Результатом выполнения операций по п.3 и 4 является установка признака "внимание", являющегося обязательным элементом таблиц данных всех МО.

Текущая конфигурация СУВ включает 52 МО, в рамках которых реализовано 184 канала допускового контроля, 104 канала "надзора", 14 каналов контроля по образцам и 109 каналов набора статистики. Максимальный (при одновременной работе всех режимов вывода пучка) поток вводимой информации составляет 2300 единиц за цикл ускорителя (9 секунд). Максимальный объём вывода - 227 единиц/цикл. Суммарный размер таблиц данных МО - 26 кбайт.

Физически МО размещаются на микроЭВМ "Электроника-60" (КИП, КУМ, КПП1, КПП2, СВЯЗЬ на рис.1) и группируются из расчёта максимальной функциональной законченности и автономности образуемых таким образом подсистем. Наиболее важными из них являются четыре "технологические" подсистемы:

1) контроль источников питания магнитных элементов вывода пучка и канала транспортировки (КИП);

2) контроль ударного магнита (КУМ);

3) контроль параметров пучка при быстром выводе (КПП1);

4) контроль параметров медленно выведенного пучка (КПП2).

Необходимая автономность технологических подсистем обеспечивается также наличием местных контрольных панелей (МКП), представляющих собой небольшие графические дисплеи с программируемыми функциональными клавиатурами. С помощью МКП оператор может просмотреть текущее содержимое таблиц данных МО подсистемы и, в отдельных случаях, изменить установочные значения параметров.

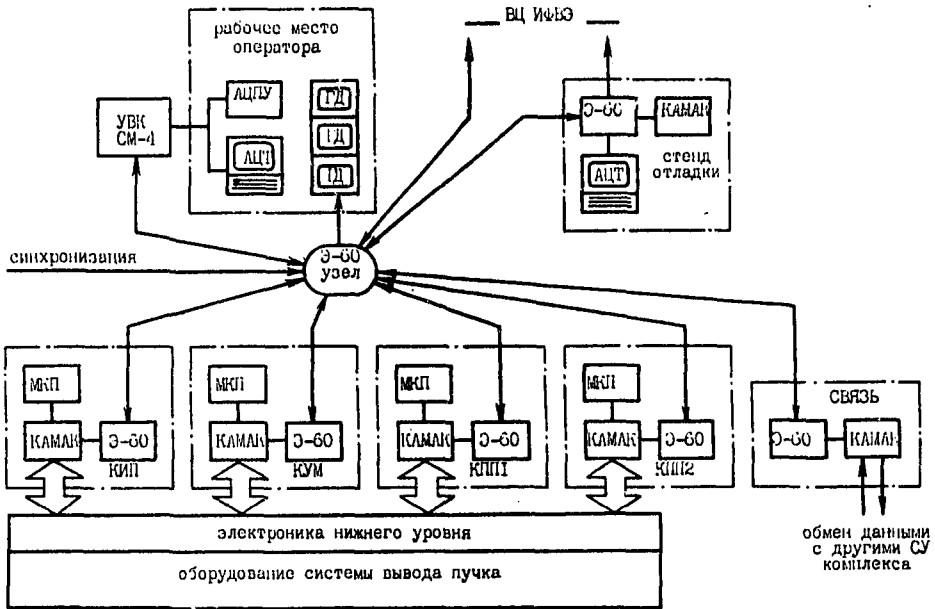


Рис.1. Структурная схема системы управления выводом пучка.

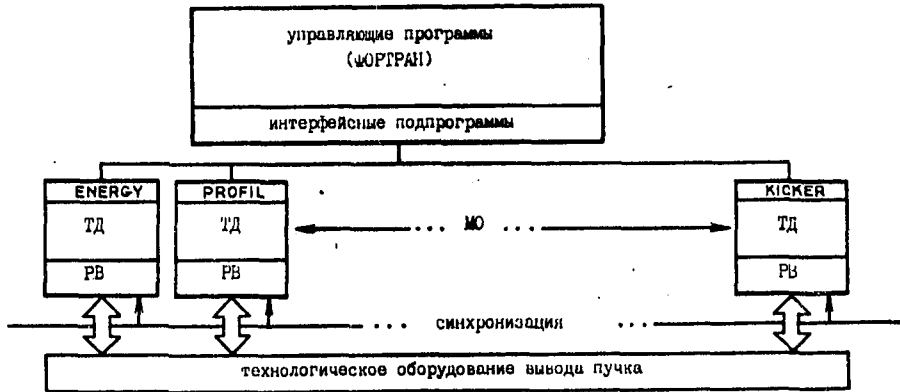


Рис.2. Логическая организация СУВ.

Подсистема связи (СВЯЗЬ) предназначена для обмена информацией со смежными системами управления: кольцевого ускорителя и каналов транспортировки вторичных частиц /5/.

Программное обеспечение контроллеров подсистем СУВ разрабатывается с помощью кросс-средств на больших ЭВМ вычислительного центра ИФВЭ и отлаживается на микроЭВМ стенда отладки. Прикладное программное обеспечение СУВ реализуется на мини-ЭВМ СМ-4, работающей под управлением ОС-РВ. Для программ пользователей на языке Фортран создан набор интерфейсных подпрограмм, облегчающих синхронизацию задач с процессами вывода пучка, доступ к таблицам данных ИО и вывод информации на графические дисплеи (ГД).

В рассмотренной конфигурации СУВ успешно отработала в течение трёх физических сеансов. Ближайшее развитие системы связывается прежде всего с накоплением прикладного программного обеспечения, создаваемого в основном непосредственными пользователями СУВ – специалистами службы оперативного управления. По мере роста объёма оборудования в связи с освоением новых режимов и каналов вывода пучка предполагается также увеличение количества технологических подсистем СУВ. Для этой цели в рамках действующей конфигурации системы предусмотрены средства, необходимые для разработки, комплексной стендовой отладки и поэтапной интеграции вновь создаваемых подсистем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.А.Асеев и др. Быстрый вывод протонов из ускорителя на 70 ГэВ для жидководородной камеры "Мирабель" (Вывод А.). Труды третьего Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, т.П, М., "Наука", 1973 г.
2. А.Г.Афонин и др. Сбор и обработка информации о пучке в системе быстрого вывода У-70. Препринт ИФВЭ 78-152, Серпухов, 1978.
3. А.П.Елин, В.В.Комаров, А.А.Матюшин. Управление токами в магнитных элементах вывода при помощи мини-ЭВМ РДР-8/Е. Препринт ИФВЭ 80-155, Серпухов, 1980.
4. Л.А.Ким, В.В.Комаров, А.А.Матюшин. Многоканальная аппаратура сбора информации в системе медленного вывода. Препринт ИФВЭ 82-63, Серпухов, 1982.
5. А.Г.Афонин и др. Система обмена информацией на базе последовательной магистральной СУММА. Препринт ИФВЭ 86-13, Серпухов, 1986.