

Б2-9-5264.

с345e5

К-142

Казанский П.С.



+

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б2-9-5264

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1970



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Г.С.КАЗАНСКИЙ

БЭ-9-5264

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ  
МАШИН В УСКОРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

( по материалам семинара НИИ ядерной  
физики, электроники и автоматики  
при Томском Политехническом институте )

с.р. 3018

Руководитель поступила  
в редакцию СИЭЛ  
16 мая 1970 г. *Каз*

г. Дубна, 1970 г.

Секретариат НИИ  
Ядерной Физики  
г. Дубна

## А Н Н О Т А Ц И Я

В работе изложены характеристики направлений развития радиоэлектроники ускорителей, в связи с применением ЭМ в системах сбора информации, о состоянии функциональных узлов ускорительного комплекса и в системах управления физическими процессами при ускорении и выводе заряженных частиц.

## В В Е Д Е Н И Е

Тематика семинара: " Применение вычислительных машин в ускорительной технике", проведенного НИИ ядерной физики, электроники и автоматики при Томском Политехническом институте в конце мая месяца 1970 г., привлек<sup>ла</sup> внимание многих специалистов-ускорительщиков из разных лабораторий Советского Союза. В работе семинара приняли участие представители РИАН СССР; ОИЯИ; МИРЭА (Москва); ФИАН СССР; НИИФАЭП (Ленинград); Сибирское отделение АН (Новосибирск); УФТИ (Харьков); представители НИИ УССР, Латвийской ССР и др. Состоялся полезный обмен мнениями по вопросам перспективы развития нового направления в развитии радиозлектроники ускорителей. Было заслушано около 30 докладов и сообщений, посвященных применению вычислительной техники для управления ускорительными комплексами и оптимизации режимов ускорения и вывода частиц в процессе проведения физического эксперимента. Вопросы касались проектирования структур функциональных схем управления и оптимизации, математического моделирования физических процессов, исследования авторегулирующих систем с экстремальным поиском при многопараметрическом задании функции состояния. Ряд сообщений был посвящен конкретным разработкам в области создания отечественных управляющих машин, прецизионных преобразующих устройств и приборам анализа информации, контроля и коррекции результатов управления. Около 2/3 докладов и сообщений было представлено устройствами семинара ( НИИ ядерной физики, электроники и автоматики - г.Томск).

I. Основные тенденции в развитии направления использования вычислительной техники для управления ускорительными комплексами <sup>(3), (4), (5)</sup>

За последние 5-6 лет вычислительная техника заняла прочное место в системах обработки результатов физического эксперимента. Непрерывность информации о результатах физических исследований в процессе проведения физического эксперимента, существенным образом повысила эффективную результативность при решении задач в области физики высоких энергий. Совершенствование методики физического эксперимента и способов обработки информации предъявило повышенные требования к выходным параметрам ускорителей. Возможность увеличения объема обрабатываемой физической информации ставит перед техникой ускорителей ряд важных задач, решение которых связано с созданием нового качества систем управления ускорительным комплексом:

1. Увеличение интенсивности ускоряемых сгустков частиц.
2. Стабильность выводимых уровней интенсивности.
3. Малый разброс по импульсу пучков частиц, выводимых на физический эксперимент ( $\frac{\Delta P}{P} \leq 0,01\%$ ).
4. Равномерность и заданная структура выводимых пучков.
5. Малый уровень потерь частиц при ускорении и выводе.
6. Возможность коррекции программы режима физического эксперимента.
7. Удобство наблюдения и контроля режима и автоматический учёт неучтенных параметров и дисперсии начальных условий.

Можно привести ещё целый ряд проблем, которые необходимо решать в процессе усовершенствования ускорительных комплексов, как надёжных и легко управляемых физических приборов, но и перечисленных задач вполне достаточно для того, чтобы ясно себе представить необходимость применения вычислительной техники при управлении ускорителями.

Ускорители большинства лабораторий мира уже используют эффективно малые управляющие машины в системе сбора информации ( РДР-8, РДР-9 ... РДР-12 ) и машины среднего класса типа УМ-1800, как главный процессор при обработке функциональных массивов информации для систем коррекции и управления .

Оснащение ускорительных комплексов вычислительными машинами не вызывает ни у кого сомнений, однако, тенденции в их использовании несколько различны. Коротко остановимся на их общности и различиях.

Основные, общепринятые направления использования ВМ в ускорительной технике следующие: <sup>[1,2], [3], [6]</sup>

1. Расчёт и математическое моделирование динамики пучка частиц в процессе ускорения и вывода на физический эксперимент. <sup>[11]</sup>
2. Контроль параметрического поля ускорителя или отдельных его функциональных узлов при помощи глобального сбора информации о состоянии оптимальных уставок в режиме фильтрации данных.
3. Частные задачи по распечатыванию и анализу массивов информации по отдельным узлам ускорительного комплекса.
4. Математические модели многопараметрических систем с экстремальным поиском. <sup>[11]</sup>
5. Разработка и исследование алгоритмов управления. <sup>[12]</sup>

В принципиальной постановке вопроса имеется две тенденции:

I. Рассматривать ускорительный комплекс, как объект оптимизации по выходным параметрам, определяемым условиями физического эксперимента. В этом случае, ускорительный комплекс имеет на входе динамическую матрицу параметров инжектирующего устройства и на выходе параметрическую матрицу входа регистратора физического эффекта ( в идеальном случае), т.е. заданные:

$N$  ( число частиц);  $\frac{\Delta P}{P}$  ( разброс по импульсу);  $\Delta t$  - время экспозиции;  $\frac{\partial N}{\partial \epsilon}$  ( распределение плотности ) в полосе допуска на их отклонение. Промежуточные стадии преобразования пучка ускоряемых частиц составляют органическую структуру функции состояния всего ускорительного комплекса, в целом. [9], [11]

Основная задача при таком подходе - это создание математической модели всего ускорительного комплекса и описание динамики функции состояния в течение всего времени существования объекта регулирования ( пучка заряженных частиц ). Сторонники этого направления рассматривают задачу построения структуры функции состояния для *некоего* гипотетического ускорительного комплекса легко трансформируемого граничными условиями в любой базовый ускорительный комплекс.

Такое глобальное решение проблемы требует на первой стадии больших объединенных усилий математиков и физиков ( при моделировании), однако в дальнейшем полезной отдачей будет универсальность трансфигурации функции состояния и простота математического обеспечения и построения частных алгоритмов управления. В развитии этой тенденции, полезно было бы сконцентрировать усилия ускорительщиков, математиков и программистов на базе

института, располагающего универсальной много-типовой ускорительной техникой, под центральным, объединяющим руководством секции ускорительной техники АН СССР.

2. Вторая тенденция заключается в построении сепаратных систем управления и оптимизации вне связи с конечной задачей - оптимизацией функции состояния по параметрам физического эксперимента.

Решение частных задач по отдельным функциональным узлам ускорительного комплекса обладает, как преимуществами, так и недостатками.

Преимущество состоит в том, что, не дожидаясь решения общей задачи, можно в короткие временные сроки получить тот или иной результат в частном случае решения задачи по оптимизации элементов ускорительного комплекса.<sup>[6]</sup>

Недостатки при этом следующие:

- а) субъективная "исключительность" в выборе метода построения схем управления и оптимизации;
- б) "Персонализм" в выборе алгоритмов управления;
- в) частное программирование;
- г) индивидуальное оснащение МЭВМ.

Поскольку путь от частного к общему неизбежен, то при общей координации систем управления на ускорительном комплексе возникает целый ряд принципиальных трудностей, касающихся сопряжения отдельных функциональных узлов.

Несмотря на различие тенденций, в конечном счёте, преследуется единая цель, которая в настоящее время стала официальной тематикой практически во всех ускорительных лабораториях мира.



Несколько слов о постановке задачи.

За основу постепенности решения задач по автоматизации управления ускорителями, приняты следующие этапы:

1. Этап сбора информации
2. Исследование параметрического поля ускорительного комплекса. [2], [4], [5]
3. Использование ЭВМ в режиме "Советчика"
4. Разработка алгоритмов управления. [6], [9], [12]
5. Разработка программ управления и систем контроля "человек-машина". [10]
6. Создание систем автокоррекции и автоматических оптимизаторов.

Следует сказать, что и в этих общих вопросах имеется некоторое отличие в путях их решения. Отметим наиболее важные.

Определение объема и структуры массивов информации является принципиально важным обстоятельством, определяющим выбор структуры управляющего комплекса и эффективность его использования. Существует два мнения по этому вопросу:

1. Вывод информации о конкретном состоянии поля оптимальных уставок ( статическая функция состояния) и ее контроль по отклонению в полосе допуска.

В данном случае, оператору предлагается огромный информационный массив, несущий в себе сведения о множестве параметров ( в некоторых случаях до 70000).

Ограниченная селективность восприятия и анализа субъективного оператора, ставит под сомнение целесообразность вывода такого объема информации. Единственным разумным решением в этом случае

может быть организация режима "оперативного молчания" в полосе допуска, с распечатыванием массива информации по "провинившемуся" параметру с указанием номинала и знака ошибки и места "отклика".

2. Вывод информации в конечных функциях на стадиях преобразования объекта регулирования. Этот подход предполагает использовать богатый опыт субъекта-оператора, который в конечном итоге осуществляет оптимальную настройку режимов по "слепому" полю множества регулируемых параметров, наблюдая при этом состояние конечных функций ( Например: параметры квазибетатронного импульса, характеристики импульса инжекции, характеристики пучка захваченного в ускорение, характеристики выведенного пучка и т.д.). Контроль конечных функций позволит выявить необходимое и достаточное поле параметров, ответственных за состояние регулируемого объекта и позволит сократить объем и упростить структуры информационных массивов. <sup>[4], [10]</sup>

С нашей точки зрения второй путь предпочтителен.

В вопросах построения структур с ЭВМ следует иметь в виду оптимальный выбор исполнительных элементов. Дело в том, что в настоящее время целесообразной схемой сопряжения ЭВМ и систем обработки информации в управляющем комплексе признака - развитая периферия на МЭВМ с выходом на главный процессор в программном режиме с приоритетом, или *on Line*. <sup>[7], [8]</sup>

Развитие периферии неизбежно связано со снижением класса мини-процессоров, что, естественно, снижает затраты на оборудование, но это приводит к существенному удорожанию математического обеспечения. Это соображение говорит о том, что целесообразно

на функциональных узлах периферии ускорительного комплекса иметь машины, приближающиеся к среднему классу. Такое решение в ряде случаев облегчит задачу выбора и приобретения главного процессора, так как в данном случае, его роль может быть возложена на одну из машин периферийного ряда с *on Line* на вычислительный центр лаборатории или института для решения особых задач.

Несколько слов о выборе ЭВМ.

Вычислительный комплекс в системах управления содержит как ЦВМ так и АВМ. Видимо, именно гибридный комплект наиболее удобен в организации работ по автоматической оптимизации ускорительных комплексов.

Если сложные расчётные задачи довольно легко решаются на ЦВМ, то для моделирования целого ряда динамических функций выгодно применять АВМ. На АВМ проще решение дифференциальных уравнений движения частиц ускоряемого сгустка и выбор операционных блоков-преобразователей не требуют специального программирования. Разумное сочетание ЦВМ и АВМ создало бы оптимальные условия для обслуживания систем автоматического управления режимами ускорительного комплекса.

## 2. Некоторые данные о работах, связанных с применением ЭВМ в ускорительной технике.

Как уже отмечалось выше, наибольший процент докладов и сообщений был представлен организаторами семинара (НИИАФЭА г. Томск).

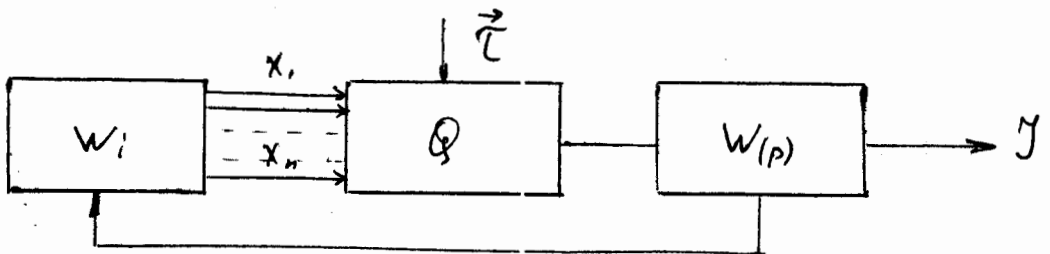
Все их доклады и сообщения тематически могут быть систематизированы в три группы, рассматривающие вопросы: <sup>[6]</sup>

1. Математическое моделирование основных режимов электронного синхротрона "Сириус" ( $E_{max} = 1,5 \text{ ГэВ}$ ).

2. Анализ автоматических систем управления и сравнение некоторых алгоритмов управления синхротроном на модели.

3. Корреляционно-экстремальные системы, для оптимизации трактов транспортировки пучка и параметров инжектируемого пучка частиц.

В основном, все виды моделирования и расчёты проводились на АБМ. В общем виде синхротрон рассматривался как связанная система трех функционалов:  $W_i$ ;  $Q$  и  $W(p)$ , где  $W_i$  — многопараметрический вход ускорителя, описываемый динамической матрицей параметров инжекции,  $Q$  — функция состояния ускорителя (по параметру интенсивность)  $W(p)$  — динамическая карта выходных параметров, включая собственные шумы системы оптимизации.



Кроме внутренних связей, учитывался суммарный вектор помех и дисперсии параметров управляющих элементов  $z$ .

По такой функциональной схеме исследовалась динамика параметрического поля ускорителя. Результатом исследования было выявление

параметрических массивов, ответственных за состояние регулируемого объекта (пучка частиц) на разных стадиях преобразования. Дальнейший этап исследований состоял в выявлении функциональных связей между параметрами и поиска оптимальных алгоритмов управления.<sup>[9], [12]</sup>

При многопараметрическом задании функции состояния регулируемого объекта было признано целесообразным искать решение оптимального авторегулирования задатчиков системы через поиск обобщенного экстремума некоего функционала<sup>[11]</sup>

$$F(\vec{a})$$

где  $\vec{a} \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  - пространство параметров.

Такое решение целесообразно еще и потому, что субъективный оператор ведет настройку режима, по сути дела, отыскивая каждый раз частный экстремум функции состояния по тому или иному параметру. Если функционал  $F(\vec{a})$  представлен дифференциальным уравнением, то  $a_1, a_2, \dots, a_n$  есть его коэффициенты.

Решение автоматической оптимизации ищется как

$$\frac{\partial F}{\partial a_i} = 0$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$

При наложении ограничений, этого решения недостаточно, - необходим алгоритмический метод поиска экстремума.

Существует несколько методов алгоритмического поиска экстремума.

I) Метод градиента.

Алгоритм параметрического вектора пространства параметров в заданной последовательности записывается как:

$$\vec{a}_{t+1} = \vec{a}_t + \Delta t$$



где  $\Delta t$  - корректирующая поправка в процессе поиска экстремального значения и :

$$\Delta t = \{ \Delta_{1t}, \Delta_{2t}, \dots, \Delta_{nt} \} \quad \begin{array}{l} \text{- поправка по всем координатам} \\ \text{поиска} \end{array}$$

где  $\Delta_{it} = -\varepsilon \frac{\partial F}{\partial a_i}$

Заметим, что в данном случае  $\Delta t$  зависит от предыдущего шага поиска и от самой функции.

Программа шагов поиска должна быть выполнена таким образом, чтобы по мере приближения к экстремуму шаг уменьшался и не был бы больше радиуса  $\delta$  - окрестности допуска на точность. Эффективность этого метода определяется количеством измерений. Это связано с тем, что при каждом шаге поиска необходимо наблюдать  $n$  - производных функционала  $\frac{\partial F}{\partial a_i}$ . Таким образом, общее время поиска определится как:  $M \cdot n$ , где  $M$  - количество шагов поиска.

## 2) Метод наискорейшего спуска

Внешний алгоритм тот же:  $\vec{a}_{t+1} = \vec{a}_t + \Delta t$

координата -

$$\Delta_{it} = \begin{cases} -\varepsilon \frac{\partial F}{\partial a_i} & , \text{если } F_t \geq F_{t-1} \quad (\text{А}) \\ \Delta_{i,t-1} & , \text{если } F_t < F_{t-1} \quad (\text{Б}) \end{cases}$$

Т.е. в общем случае показателей (А) будет  $m_1$ , а показателей (Б)  $m_2$ , тогда на обшчёт  $\frac{\partial F}{\partial a_i}$  и  $F$  требуется

$$m_1 (n-1) + m_2$$

и при одинаковом количестве шагов  $m = m_1 + m_2$

Заметим, что как первый, так и второй способ указывают только направление поиска.

### 3) Метод Гаусса-Зейделя

При той же записи алгоритма, как и в предыдущих методах

$$\Delta_{i,t} = \begin{cases} \Delta_{i,t-1} & , \text{ если } F_t < F_{t-1} \\ 0 & \text{ если } F_t \geq F_{t-1} \end{cases}$$

Во втором случае поиск идёт по постоянной координате.

При этом методе не вычисляют производных функционала, а измерения проводятся только по одной координате

$\Delta \neq 0$  - только для одного значения  $i$

(Примерно так и поступает оператор при настройке режимов).

Время поиска  $M' = \sum_{i=1}^n A_i$

где  $A_i = |a_i^{\text{нач.}} - a_i^{\text{экстр.}}|$

### 4) Метод возврата ( при том же алгоритме управления )

$$\Delta_{i,t} = \begin{cases} \Delta_{i,t-1}, & \text{если } F_t \geq F_{t-1} \\ 0, & \text{если } F_t < F_{t-1} \end{cases}$$

в этом методе происходит возврат, если шаг выбран неудачно.

Если все удачно, то следующий сдвиг делается по другой координате.

5) В принципе возможен и случайный поиск при произвольном выборе шага. Весь вопрос - во времени отыскания экстремального значения функции.

Были проанализированы все методы и предложена сравнительная таблица.

№ пп	Метод	Среднее значение выхода системы	Время поиска
1	Возврат	$1/2$	$n A^* + 1$
2	Метод Гаусса	$n - 1/2$	$n + \sum_{i=1}^n  A_i $
3	Случайный поиск	$1/2$	$(2n + 1) A^*$
4	Наказание (случайный шаг)	$2^n \frac{5^n - 2}{5^n - 1}$	$\sum_{i=1}^n  A_i  + 3n \cdot \ln n$
5	Метод градиента	$n/2$	$(n-1) \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2}$

Здесь среднее значение целевой функции записывается как:

$$\int_0^T \| \mathcal{F}_t \| dt \rightarrow \text{на min}$$

и  $A^*$  - максимальное значение  $A_i$

В НИИ ЯФАЭ (Томск) исследован алгоритм управления при оптимизации режима инъекции. Функция состояния была задана четырьмя параметрами.  $J_i$  - ток инъекции,  $t_i$  - время инъекции;  $t_{q2}$  - время включения высокой частоты;  $\Delta E$  - энергетический разброс.

Анализ динамики этого пространства параметров показал, что наиболее удобным методом поиска при заданном алгоритме управления является метод наискорейшего спуска, хотя он и не имеет преимуществ перед другими методами по времени отыскания экстремума.

В данном методе с применением "поощрения" и "наказания" гораздо удобнее получить обобщенный экстремум функции состояния захвата в синхротронный режим, несмотря на сильную взаимозависимость параметров задатчика. Задача решалась на БЭСМ-4 по специально разработанной программе. Программа составлялась на основании анализа параметрического поля ускорителя на стадии инжекции.

Рассматривалось применение метода статистического прогнозирования для бетатронов по параметрам: 1) фаза инжекции, 2) напряжение во время инжекции  $U_i$ , 3) напряжение на дефлекторе, 4) Ток катода, 5) ток в обмотке электромагнита.

Метод применим для быстродействующих приборов, когда управление "вдруг" - затруднено.

В основе метода: набор статистической информации экспериментальным путем ( в течение 3-4 часов работы прибора), выявление закономерностей в процессе сопоставления динамики задающих параметров и выработка программы коррекции.<sup>[51]</sup>

В ряде сообщений содержались сведения о моделировании оптимизаторов транспортировки пучков и о практическом использовании его результатов в настройке инжекционной оптики и магнитных систем выводных устройств.<sup>[51] [56]</sup>

В основе моделирования лежит метод "трансплантации" пучка ускоряемых частиц на фазовую плоскость  $X X'$  и построение экстремальных корреляторов. Иными словами, на входе и выходе ускорителя ищется оптимум функции управления, при котором обеспечивается максимальное совпадение эмитанса пучка и адмитанса ускорителя. Функциональные корреляторы используют оптимизацию площади фазового эллипса ( эмитанса пучка) по заданной "маске" адмитанса.

Выдача корректирующих функций обеспечивается АВМ. Метод хорош при согласовании стадийных переходов функции преобразования пучка, но его применение затруднено отсутствием возможности получения информации о реальных геометрических размерах сечения сгустка частиц в месте согласования при ускорении. Анализ материала сообщений показывает, что в настоящее время ведется солидная подготовка к практическому созданию систем автоматической оптимизации ускорительных комплексов. Заинтересованность физиков и математиков в решении этих задач гарантирует очевидный прогресс в направлении использования вычислительной техники для управления режимами ускорительных комплексов при проведении физических исследований.

### 3. Некоторые планы и конкретные предложения

В ходе дискуссий и в порядке обмена частной информацией было выяснено, что существует, примерно в одинаковой готовности, четыре аванпроекта по использованию ЭВМ в системах контроля и управления ускорительными комплексами.

Проработка таких проектов осуществляется в ИАН СССР для Серпуховского ускорителя, в ОИЯИ для синхрофазотрона на 10 Гэв, в НИИ ЯФЭА Томского политехнического института для синхротрона "Сириус" (1,5 Гэв) и для ускорителя УФТИ (Харьков) <sup>[6],[7]</sup>.

Содержание аванпроектов по постановке конечной задачи примерно одинаково.

Подготовка первого этапа - исследование параметрического поля ускорительного комплекса и использование ЭВМ в режиме советчика оператора (система: человек-машина), в этих лабораториях



находится на разных стадиях исполнения. Наиболее проработан этот этап в аванпроекте ОИЯИ. Некоторые особенности решения задач по первому этапу. По аванпроекту РИАФ СССР предполагается на первом этапе вывести на контроль около 50 тысяч параметров (статическая функция состояния) серпуховского ускорителя на 70 Гэв. Разработана блок-схема выборки информации и рассмотрены варианты ее хранения и методы обработки информационных массивов. Предполагается использовать опыт управления параметрами 1 Гэв кибернетического ускорителя при помощи ЭВМ типа - "Днепр"<sup>[3],[4]</sup>. В настоящее время осуществляется подготовка обоснования для выбора типа ЭВМ для периферии и главного процессора.

В ОИЯИ принят вариант сбора информации о состоянии конечных функций на различных стадиях преобразования пучка частиц в ускорительном комплексе. В качестве периферийной машины используется ТРА-1001, для которой в настоящее время разрабатываются интерфейсные карты подключения датчиков и программы оперативных тестов. Завершение этого этапа - режим: "Советчик оператора". Исследование параметрического поля режима инъекции и захвата в синхротронный режим, отработка оптимальных алгоритмов управления по программам на БЭСМ-4, осуществляется в НИИЯФ (г.Томск). В режиме фильтрации данных предполагается использовать малые счётные машины типа "Провинь", "Мир". Для коррекции программ режимов физического эксперимента и оперативного вмешательства человека в процессе прохождения программ управления ускорительным комплексом, в НИИЯФ разработаны активные пульты прямого доступа на базе малой машины "Консул", с которых возможен вызов программы, коррекция, распечатывание и засылка новых данных в БЭСМ-4.

В Физико-техническом институте ( г. Харьков), аванпроект на стадии предварительной проработки.

Известно, что в аналогичном состоянии такой же проект находится в ИТЭФ ( Москва), ФИАН СССР.

Можно ожидать, что к концу 1970 г. появятся первые результаты реализации проектов ( I этапа) и аванпроекты трансформируются в конкретные технические задания.

Интересны работы НИИ ФАЭП ( Ленинград)<sup>[7]</sup>, связанные с разработкой оптимизации систем питания ускорительных комплексов на базе ЦЕМ. Результаты этих разработок нашли свое практическое применение, в частности, для систем питания и схем стабилизации " стола" магнитного поля на серпуховском ускорителе.

Основная сложность реализации проектов по использованию ЭВМ для управления ускорителем является отсутствие удовлетворительных управляющих машин и преобразующих устройств для связи датчиков с процессором. В связи с этим представляли большой интерес некоторые сообщения о конкретных разработках в этой области.

Докладчики из НИИ ФАЭП представили сообщение о двух приборах, которые вызвали большой интерес участников семинара:

I. ИЦВМЗ-4 ( импульсно - цифровой вольтметр). Некоторые данные: случайная погрешность  $1 \cdot 10^{-4}$ . Отсчет 1 мксек. Частота 1500 гц. Длительность выборки 2-3 мксек. Точность  $3 \cdot 10^{-4}$ . Входное сопротивление 10 мгом. Темп выборки 2 мсек ( 1/500). Имеется буферная память, обеспечивающая промежуточное запоминание. Емкость: 20 слов в десятичном коде. Вход ( делитель) 1в; 10в; 100в. Память на диодах заменена аналоговой памятью.

2. Для обмера вершин коротких импульсов и измерения энергии импульсов миллисекундной длительности в НИИФАЭП разработан потенциалоскоп с внутренним считыванием.

В коллекторной цепи вмонтирован резистор так, что при сканировании потенциального рельефа можно получить импульс считывания. Запись потенциала  $V = 1200$  км/сек. Трубка 13ЛМ5. Считывание (250 км/сек). 100 ординат за 4 мксек. Точность отсчёта амплитуд 0,5%. Под трубкой-табло с выбрасываемыми данными. Растр 50 x 50. Измерения энергии импульса: точность 0,5%. 100 *выборок* за 1 мсек. Возможен анализ одиночных импульсов длительностью более чем 1 мсек

Приборы изготовлены для внутренних нужд НИИ, но могут быть предложены потребителям по соответствующим договорным каналам. Сообщение от НИИ (Северо-Донецк): Минипроцессор.

Сообщение касалось разработки и конкретного исполнения малой вычислительной машины под условным названием: "Исследователь" (заказ Дубны), "Параметр" (сторонние организации). В серии машина будет иметь индекс - М - 6000.

Разработка минипроцессора М-6000 предусматривает преемственность (конструктивную и функциональную) таких машин, как РДР-8 до РДР-12 и "Хьюлет-Пакард", т.е. машина ближе к среднему классу. Некоторые данные:

Длина слова 16 разрядов. Время обращения к памяти 2,5 мксек  
Память 18 разрядов. Вывод, ввод - телетайп. Имеется 8 устройств системы вывод-ввод. Предусмотрен схемный расширитель для арифметических операций. Максимальный объем-памяти 32 к.  
Первые образцы 16к (возможность добавок 4к, 8к).

Входов 56 ( 8 служебных). Придается блок расширитель ввода, вывода. Имеется канал прямого доступа для быстрого ввода. Предусмотрена схема прерывания с приоритетом, которая функционально определяется местом включения в процессоре, согласно интерфейсной карточке. Имеется управление вводом и выводом через систему прерывания. В этом случае время обращения к памяти 50 мксек. Пропускная способность 930 слов.

Канал прямого доступа разрешает пересылку массивов информации и распаковку массивов.

Имеется выход на стандартные сопряжения с магнитной ленты на интерфейсную карточку.

Придается: перфоратор ПН-150, диски ( Вильнюсского з-да), читающее устройство и *Display*.

Габариты минипроцессора 230 x 480 x 420

Сопряжения

*IBM* → *РЯ Д*" → *НР*  
" ↓  
↳ " Исследователь"

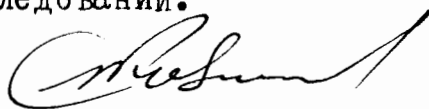
Драйвер изготавливается самим потребителем согласно имеющимся задач по управлению. Математическое обеспечение американское. Разрабатывается инверсный транслятор.

*Display* выполнен на трубке  $\varnothing$  47 см со световым карандашом. Придается как комплект к "Исследователю", либо поставляется по частям: трубка с клавиатурой и отдельно блок ИО разрядной памяти ( 8 к ). Готовность-конец 1970 г., либо начало 1971 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог обзору и анализу состояния направления - применения ЭВМ для управления ускорительными комплексами, можно сказать, что заинтересованность всех лабораторий, располагающих ускорителями заряженных частиц, вполне очевидна и принимает серьезные и конкретные формы. Прогресс в развитии этого направления будет определяться выпуском малых процессоров и прецизионных преобразователей информации. Важно наметить направление по созданию базы математического обеспечения в свете задач, решаемых ускорительной техникой. Централизация в этом вопросе тоже способствовала бы прогрессу в практическом осуществлении проектов по использованию ЭВМ для управления ускорителями.

Ряд результатов, полученных ускорительщиками НИЯФ ПТИ, РИА АН СССР НИИФАЭП, показывает перспективность данного направления, развитие которого позволит создать новое качество ускорителей, характеризующееся повышенной надежностью, высокой эффективностью использования, стабильностью оптимальных параметров и удобством программного управления ускорительным комплексом, в целом, в процессе проведения физических исследований.



*I. Rascheyev Г. С. Я.*



Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Триханова Н.В., Кочегуров В.А.

"Расчёт на аналоговой вычислительной машине электронно-оптических систем с учётом фазового объема пучка".

"Электронная техника" № I, Серия I, выпуск I стр.86-95 1967.

2. Кочегуров В.А., Триханова Н.В.

"Электронные ускорители. Труды VI конференции по электронным ускорителям" М. "Энергия" 1968 г стр.183 .

3. Казанский Г.С.

"Современное состояние и задачи ускорительной техники"  
(ОИЯИ ЛВЭ Б-2-9-4163) Дубна 1968 г.

4. Казанский Г.С.

"Вопросы автоматической оптимизации состояния регулируемых объектов в применении к ускорителям заряженных частиц"  
(ОИЯИ) Б-2-9-4195 г. Дубна 1968г.

5. Казанский Г.С.

"Электронные ускорители" ОИЯИ Б2-9-4153 г. Дубна, 1968 г.

6. Кочегуров В.А., В.М.Разин, Триханова Н.В.

"Применение аналоговых вычислительных машин для исследования движения заряженных частиц". Атомиздат, Москва, 1970 г.

7. Труды Всесоюзного совещания по ускорителям (Москва 1968 г.)  
Атомиздат, Москва 1970 года.

8. Андрущенко-Луценко Н.И., Васильев А.А., Дзергач и др.

"Вопросы применения цифровых вычислительных машин для управления режимами ускорителей". Труды Всесоюзного совещания по ускорителям, (Москва 1968г) Атомиздат 1970 г.

9. Райбман Н.С. "Что такое идентификация?"

Издат "Наука" Москва 1970 г.

10. Техническая кибернетика (экспресс-информация) № 17  
1970 , Москва стр.54-64.

11. Техническая кибернетика (экспресс-информация) № 15  
1970 , Москва, стр. I-II .

12. Техническая кибернетика (экспресс-информация) № 22  
1970 , Москва, стр. I6-23 .