

СЗ45е

К-142

КАЗАНСКИЙ Г.С.

Б1-9-6121,



+

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б1-9-6121

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1971

Б1-9-6121

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Г.С.КАЗАНСКИЙ

О МАКСИМИЗАЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В РЕЖИМЕ
ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

16
171
71



г. Дубна, 1971 г.

А Н Н О Т А Ц И Я

В работе сообщается о путях максимизации коэффициента использования ускорительного комплекса синхрофазотрона в режиме физических исследований. Сообщается о предложении по созданию электронно-вычислительного комплекса синхрофазотрона для обслуживания систем автоматической оптимизации режимов управления функциональными узлами ускорителя.

Эксплуатация ускорительных комплексов в условиях заданных параметров режимов физических экспериментов, неизбежно связана с оптимальным решением технических и экономических задач, определяющих эффективность использования технически сложного и дорогостоящего оборудования.

Качество физических исследований в большой степени зависит от того, насколько точно выдержаны допуски на начальные условия физического эксперимента.

В общем виде требования к системам ускорительного комплекса состоят в следующем:

1. Стабильность параметров пучков заряженных частиц, выводимых на физический эксперимент от цикла к циклу ускорения и от экспозиции к экспозиции.

2. Минимизация непроизводительного времени, связанного с настройкой режимов ускорителя и транспортирующих устройств, отысканием и устранением неисправностей и корреляцией управляющих функций.

Реализация этих требований даст возможность существенно увеличить полезный объем физической информации, сократить время проведения физического эксперимента и снизить непроизводительные энергетические затраты в процессе подготовки рабочего режима установок ускорительного комплекса.

В работе [1] приводится выражение для определения коэффициента использования ускорителя, однако, по нашему мнению, это выражение не отражает общей ситуации-эксплуатационной готовности физической установки для проведения исследований. В настоящей работе мы будем пользоваться более усложненной

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{E_i} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_{em}} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_{ind}} + T_{ind} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_{ox}} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_{red}} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_{cat}} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_{an}} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_{p}} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_{m}}$$

структурой коэффициента использования ускорительного комплекса и покажем основные пути его максимизации.

Запишем выражение для коэффициента использования ускорительного комплекса по параметру эксплуатационной готовности к проведению физических исследований.

$$K_{\text{и.у.к.}} = \frac{\sum_{i \in I} \bar{t}_{p_i} + \sum_{j \in M} \bar{\tau}_{\text{проф}} + \bar{T}_{\text{под}} \cdot \bar{Y} + \bar{\omega}_1 \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} \bar{t}_{\text{ох.у.}} + \bar{\omega}_2 \sum_{z \in Z} \bar{t}_{\text{ох.з.}} \cdot \bar{z} \cdot \bar{N} + 1}{1 + \sum_{\gamma=1}^k \sum_{\eta=1}^k \sum_{\delta=1}^k \bar{t}_{\gamma\eta\delta} \cdot \bar{N} + \bar{\omega} \sum_{\theta \in \Theta} \bar{\tau}_{\theta} \cdot \bar{h} + \bar{C}_{\phi} \cdot \bar{W}}$$

(I)

Раскроем содержание всех членов, входящих в выражение для коэффициента использования ускорительного комплекса по критерию: " физический эксперимент".

\bar{t}_{p_i} - длительность работы установок ускорительного комплекса в условиях проведения физического эксперимента

\bar{n} - число длительностей работы за заданный интервал времени (экспозиция, месяц, год)

$\bar{\tau}_{\text{проф}}$ - длительность той профилактики

\bar{m} - число профилактических остановок

$\bar{T}_{\text{подг.}}$ - время технологической подготовки

\bar{Y} - число запусков функциональных элементов ускорительного комплекса

$\bar{t}_{\text{ох.у.}}$ - длительность технологической операции при \bar{Y} запуске ускорительного комплекса.

\bar{X} - число технологических операций за разовый запуск установки

- $\bar{t}_{\text{эзс}}$ - средняя длительность операции настройки
- \bar{z} - число операций при настройке эксперимента
- $\bar{\delta}$ - число запусков или настроек для одной экспозиции
- \bar{N} - число экспериментов
- \bar{t}_m - время поиска ошибки при настройке
- \bar{s} - среднее число ошибок
- \bar{k} - \bar{k} -ая ошибка
- \bar{l} - \bar{l} -тый интервал времени поиска
- \bar{M} - число элементов управления
- \bar{h} - число неисправностей
- $\bar{t}_{\text{в}}$ - время в -ого восстановления
- $\bar{t}_{\text{н}}$ - время поиска неисправности
- $\bar{t}_{\text{з}}$ - время для замены эксперимента
- \bar{w} - число замен
- и $\bar{\omega}_{1,2}$ - коэффициенты одновременности
- $\bar{p}_{1/2}$ - вероятность события

Потребуем оценить эффективность использования ускорительного комплекса ЛВЭ по критерию: " физический эксперимент". Рассмотрим трехнедельный цикл круглосуточной работы, не учитывая при этом смену экспериментов, примем их число постоянным равным трем. Учитывая опыт эксплуатации оборудования и опыт оперативной настройки режимов (лучший случай !) можем записать:

$$\sum \bar{t}_{\text{рч}} = 504 \text{ ч}; \bar{n} = 1; \bar{t}_{\text{п}}^{\text{проф.}} = 48 \text{ ч. } \bar{m} = 1; \bar{T} \text{ подг. (включая откачку камеры и установку мишеней)} = 24 \text{ ч}, \bar{y} = 1; \bar{x} = 200$$

(из них 100 на ускоритель, 100 на трассирующие каналы);

$t_{\text{общ}} = 0,16 \text{ ч}$ - общее время - $0,16 \text{ ч} \times 200 = 32 \text{ ч}$. Здесь необходимо ввести коэффициент одновременности $\bar{\omega} \sim 0,25$. Таким образом, общее суммарное время - 8 ч .; $t_{\text{рем}} = 0,016 \text{ ч}$.; $\bar{z} = 200$ суммарное время $3,2 \text{ ч}$; $\bar{\delta} = 1$; $\bar{N} = 3$ коэффициент одновременности к $\bar{z} \sim 0,3$; т.е. среднее суммарное время для $\bar{N} = 3$ - есть $3,2 \text{ ч}$. (в эту сумму включено время текущей подстройки режимов), $\bar{s} = 10$;
 $t_{\text{м}} = 0,016 \text{ ч}$; $\bar{M} = 100$; вероятность ошибки $\bar{w} = 0,1$, суммарное время - $1,6 \text{ часа}$; $\bar{h} = 20$, $t_{\text{ф}} = 0,5 \text{ ч}$. $\bar{z} = 0,16 \text{ ч}$. вероятность отказа $\sim 0,1$; т.е. суммарное время $1,6 \text{ часа}$; $t_{\text{ф}} = 0$, т.к. $\bar{w} = 0$

Тогда:

$$K_{\text{иук}} = \frac{504}{504 + 48 + 24 + 8 + 3,2 \text{ ч.} + 1,6 + 1,6 \text{ ч}} = 0,838$$

Заметим ещё раз, что взят самый оптимальный случай: опытный оператор и стабильная работа функциональных узлов ускорителя. В этом случае не учтены: перестройки физического эксперимента, оперативные остановки ускорителя, осмотр оборудования, время согласования программ, непроизводительные остановки, время „неготовности“ физического оборудования и др. При учете всех указанных параметров оптимальные значения коэффициента использования $K_{\text{иук}}$ может лежать в пределах $0,8 \pm 0,8\%$. Отсюда следует важность задачи поиска путей максимизации этого коэффициента.

Рассмотрим подробнее члены выражения (I) и возможности уменьшения их вклада в оценку эффективности использования ускорительного комплекса.

I. Время профилактики определяется составом оборудования, его сложностью, надежностью и элементностью. При правильной организации профилактики вряд ли можно что-либо выиграть на

этом времени, так как его уменьшение приведет неизбежно к возрастанию числа отказов и увеличению времени восстановления. Однако, могут быть использованы следующие пути: а) упрощение состава оборудования; б) повышение его надёжности; в) разумная компоновка; г) автоматическое резервирование, которое позволит выводить на профилактику элементы оборудования без затраты основного оперативного времени. Работы в этом направлении позволяют обеспечить определенный выигрыш в снижении номинала этого параметра эффективности ($K_{\text{чик}}$).

2. Технологическая подготовка. Уменьшение этого параметра, может идти за счёт совершенствования службы эксплуатации, снижения постоянной времени функциональных узлов оборудования при выходе на номинальный режим и модернизации с применением последних достижений науки и техники (совершенствование вакуумных систем, автоматизация механических работ при установке мишеней, совершенствование режимов систем питания основного электромагнита).

3. Время на технологические операции определяется суммой временных интервалов необходимых для установления режимов оптимальных уставок по всем функциональным узлам оборудования, включая: воду, азот, рассол, системы охлаждения, маслохозяйство и др. плюс время корректировки оперативных параметрических уставок по оптимизируемому параметру - например, интенсивности сгустка, ускоряемых частиц.

4. Время настройки определяется: 1) опытом субъекта-оператора, 2) сложностью функции регулирования 3) методом опроса и заданием программы оптимизации.

Как показывает опыт эксплуатации, оператор ведёт настройку по конечным функциям состояния объекта регулирования на разных стадиях его преобразования, располагая определенным полем взаимозависимых параметров. Как правило, настройка происходит методом последовательного опроса датчиков и заданием программы экстремального регулирования функции состояния способом Гаусса-Зейделя [2] - по одной обобщенной координате. В этом случае оператор затрачивает достаточное большое время на поиск и устранение ошибки в настройке. Время существенно увеличивается, если оператор не располагает достаточной информацией с датчикового поля. С другой стороны, время, которое затрачивает оператор на анализ состояния поля регулирования и результаты его воздействия на регулируемый объект, лимитируется ограниченной селективностью восприятия оператора, что приводит к постепенности анализа всего параметрического поля и увеличивает количество интервалов времени поиска (φ_k). Иными словами, время поиска можно представить как:

$$t_{\text{п}} = s \cdot \sum_{k=1}^K \varphi_k = C_{\text{м}}^{\dot{n}}$$

т.е. время определяется суммой чисел сочетаний из \dot{M} элементов по \dot{n} на заданном интервале поиска φ_k .

5. Отыскание и устранение неисправностей, как и в случае поиска ошибок в настройке, определяется опытом оператора, достаточностью информации с датчикового поля и элементностью аппаратуры функциональных узлов ускорительного комплекса. Пункты 4 и 5 в принципе равносильны по своему вкладу и пути влияния на их коэффициенты примерно одинаковы.

6. Смена эксперимента связана с изменением программы управляющих функции и структуры поля начальных уставок группы обо-

рудования соответствующих функциональных узлов ускорительного комплекса и целиком зависят от опыта и квалификации дежурного персонала. Заметим, что, если ситуация эксплуатационной готовности определяется пунктами 3, 5, 6, то по выполнении операций по этим пунктам оператор осуществляет все операции, предусмотренные пунктом 4. Отсюда вполне естественны обобщенные характеристики этих членов в знаменателе выражения для $\frac{1}{K_{\text{члнк}}}$. Эти характеристики следующие:

1. Операционный анализ информационных массивов с датчикового поля функциональных узлов ускорительного комплекса. Оценка ситуации.

2. Принятие решения о направлении поиска.

3. Принятие решения о программе настройки, или устранение неисправности.

4. Экстремальное регулирование выбранного параметрического поля, описываемого функционалом $F(\vec{\alpha})$, где $\vec{\alpha}$ - многомерный параметрический вектор, $i = 1, 2, 3 \dots n$ и отыскание решения:

$$\frac{\partial F}{\partial \alpha_i} = 0.$$

Как известно [3], системы, где оптимизирующим звеном является человек-оператор, а системой регулирования "слепое" поле параметрических уставок, является наиболее инерционными в виду ограниченных возможностей оператора как анализатора ситуации. Это связано в первую очередь с невозможностью глобального и одновременного восприятия динамики изменения информационных рельефов и невозможностью определения места ошибки, её номинала и знака. Это приводит к выработке практических оперативных

тестов, целиком зависящих от настроения и квалификации оператора. Как правило, время отработки этих тестов занимает довольно продолжительное время в общем процессе оптимальной настройки ускорительного комплекса по заданным параметрам физического эксперимента и неизбежно связано с субъективными ошибками. Теперь о путях минимизации знаменателя выражения (I). Радикальное решение состоит в построении такой системы оптимального управления ускорительным комплексом, в которой его функциональные узлы рассматривались бы как объекты автоматической многопараметрической оптимизации.

Создание такой системы неизбежно связано с применением вычислительной техники.

Управляющие цифровые машины и микропроцессоры могли бы решить основные задачи, связанные с операционным анализом и оценкой информационной ситуации. Программные оптимизаторы решили бы задачи алгоритмического оптимального регулирования в системах задатчиков функции состояния регулируемого объекта. При этом однозначно решались бы вопросы единовременного и глобального сбора информации, ее фильтрации, быстрой обработки функциональных связей между параметрическими массивами и выработки программ алгоритмического экстремального регулирования элементов функциональных узлов ускорительного комплекса.

Осуществление системы оптимизации режимов управления ускорительным комплексом по программе физического эксперимента свело бы функции оператора к оперативному программированию режимов и построению активных корректирующих программ в процессе прохождения той или иной задачи физического эксперимента.

В заключение приведем структуру коэффициента использования ускорителя $\underline{K_{из}}$ (см.рис.1) .

Основными задачами в области ускорительной техники являются:

1. Повышение энергии ускоряемых частиц $\underline{E_{kmax}}$, что связано с поиском принципиально новых методов ускорения.

2. Повышение интенсивности ускоряемых сгустков частиц $\underline{I_{ср}}$, что может быть достигнуто либо прямыми методами, например, созданием мощных инжекторов на большой ток и энергию (для синхрофазотрона ЛВЭ-линейный ускоритель на 20 Мэв-ЛУ-20), или косвенными методами за счёт максимизации коэффициента использования ускорителя $\underline{K_{из}}$, что связано с решением задач по увеличению стабилизации режимов, минимизации времени настройки и отыскания и устранения неисправностей. Последнее обстоятельство возможно реализовать только с применением ЭВМ и САР (систем авторегулирования).

На рис.1 приведена временная структура цикла работы ускорителя, где выше оси времени представлена структура экспозиции физического эксперимента. Пробелы соответствуют потерям времени, связанных с организацией технологии обслуживания эксперимента и отказами оборудования.

Времени экспозиции физического эксперимента предшествует время технологической подготовки и настройки ускорителя, а началу нового цикла, время профилактики и необходимые перестройки схемы технологического режима ускорителя. Приведенная структура наглядно иллюстрирует выражение для $\underline{K_{изк}}$ (см.выше) .

Расчёты показывают, что максимизация коэффициента использования ускорительного комплекса $\underline{K_{изк}}$ за счёт осуществления системы автоматической оптимизации, может дать выигрыш $> 10\%$, что в свою очередь приведет к условной экономии средств на энергетические

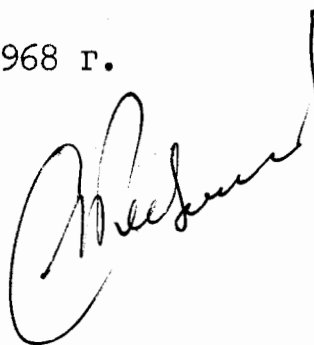
затраты \sim 200 тыс.рублей в год (стоимость часа работы ускорителя 500 руб., среднегодовое число рабочих часов - $4 \cdot 10^3$). Таким образом за сравнительно короткий срок (5-6 лет) затраты на создание электронно-вычислительного комплекса синхрофазотрона (ЭВКС) будут оправданы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Н.И.Саблин ^{Автореферат} ~~Диссертация~~. Гомский политехнический институт НИИЯФА, 1969 г.

2. Г.С.Казанский, Х.Хаупт, А.А.Хошенко
Сообщение ОИЯИ 9-6072 г.Дубна 1971 г.

3. Г.С.Казанский
Сообщение ОИЯИ Б-2-9-4195 , Дубна 1968 г.



К ВОПРОСУ О КОЭФФИЦИЕНТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСКОРТЕЛЯ ЛВЭ - К_{иу}

