

B-205

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



2437/2-78

9 - 11329

И.Ю. Васютинский, Л.П. Зиновьев, И.И. Карпов,
Е.М. Кулакова, Л.Г. Макаров, И.Н. Семенюшкин,
Ю.В. Смирнов, В.М. Украинко, Ю.Е. Федосеев,
В.И. Черников, Х.К. Ямбаев

ГИДРОСТАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ

СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ

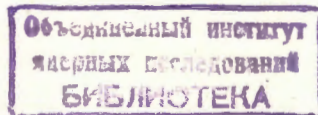
1978

9 - 11329

И.Ю.Васютинский, Л.П.Зиновьев, И.И.Карпов,
Е.М.Кулакова, Л.Г.Макаров, И.Н.Семенюшкин,
Ю.В.Смирнов, В.М.Украинко*, Ю.Е.Федосеев*,
В.И.Черников, Х.К.Ямбаев *

ГИДРОСТАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ
СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ

*Направлено в сб. "Вопросы атомной науки и техники".
Серия "Проектирование"*



* Московский институт инженеров геодезии, аэро-
фотосъемки и картографии.

Васютинский Ю.И. и др.

9 - 11329

Гидростатическая система для контроля высотного положения синхрофазотрона ОИЯИ

Рассмотрена конструкция гидростатической системы с дистанционным съемом информации, установленной на синхрофазотроне ОИЯИ. Система служит для оперативного контроля высотного положения электромагнита. Приводятся схемы основных узлов системы и отмечаются их особенности. Описывается порядок монтажа и наладки элементов гидростатической системы на ускорителе.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Синхрофазотрон Объединенного института ядерных исследований является крупнейшим в мире слабофокусирующим ускорителем заряженных частиц. Он успешно работает с 1957 года, несмотря на то, что характеристики электромагнита, в частности, его деформации, значительно отличаются как от проектных^{/1-3/}, так и от тех, которые считаются допустимыми для данного класса синхрофазотронов^{/4,5/}. К настоящему времени этот ускоритель используется не только для получения интенсивных пучков протонов, на что он и был рассчитан, но и для получения пучков более тяжелых частиц: дейтронов, ядер гелия, ядер углерода и т.п.^{/6/}.

Электромагнит ускорителя общей массой 36 тыс. т. имеет прямоугольное сечение с размерами 9,6 x 5,4 м. В плане эта установка представляет кольцо радиусом 28 м, которое разделено на четыре квадранта со вставленными между ними восьмиметровыми прямолинейными участками. Железобетонный фундамент с площадью основания 1850 м² повторяет форму электромагнита. На прямолинейных участках в фундаменте предусмотрены коридоры и кабельные каналы.

Основанием фундамента синхрофазотрона служат мелкозернистые пылеватые водонасыщенные пески типа плывунов. Фактическая нагрузка на грунт под ускорителем превышает нормативную примерно на 30%. Результатом этой перегрузки является неравномерная осадка основного технологического оборудования. Кроме того, в результате сезонных изменений различных природных факторов и строительства экспериментальной базы синхрофазотрона процесс высотных смещений электромагнита носит незатухающий характер.

В связи с проводимыми мероприятиями по повышению интенсивности ускоряемых пучков возникла необходимость в оперативном контроле положения электромагнита.

С 1973 года организованы систематические геодезические измерения, которые проводятся по единой программе ^{7/}. Одной из целей этих наблюдений является исследование сезонных смещений квадрантов. До 1977 года стабильность положения электромагнита по высоте определялась путем выполнения периодических измерений методом геометрического нивелирования коротким визирным лучом. Всего на квадрантах было закреплено около 400 шкаловых реперов, однако вследствие загроможденности зала синхрофазотрона вспомогательным и экспериментальным оборудованием, следить удалось лишь за 280 шкаловыми реперами.

На основании математической обработки результатов этих измерений можно утверждать, что:

- каждый квадрант подвержен как периодическим, так и односторонним смещениям по высоте;
- в процессе этих смещений каждый квадрант смещается как единое целое;
- наибольшие смещения зафиксированы для середин квадрантов, наименьшие - для его торцов;
- основным видом высотных смещений квадрантов является их радиальный наклон.

Для более оперативного контроля положения электромагнита синхрофазотрона создана гидростатическая система с дистанционным съемом информации. В первой очереди системы на каждый квадрант установлено по три гидростатических головки с электроконтактной регистрацией положения уровня жидкости. Эти головки расположены под магнитом в центрах смотровых каналов фундамента и включены между собой последовательно. В результате реализации второй очереди системы на каждом квадранте будет установлено по шесть головок: по две на торцах квадранта и по две в его середине.

Схема измерительной головки представлена на *рис. 1*. Головка содержит электроконтактный конусообразный шток 1 с изолятором на конце. Высота изолятора меньше высоты мениска жидкости, образующегося в момент

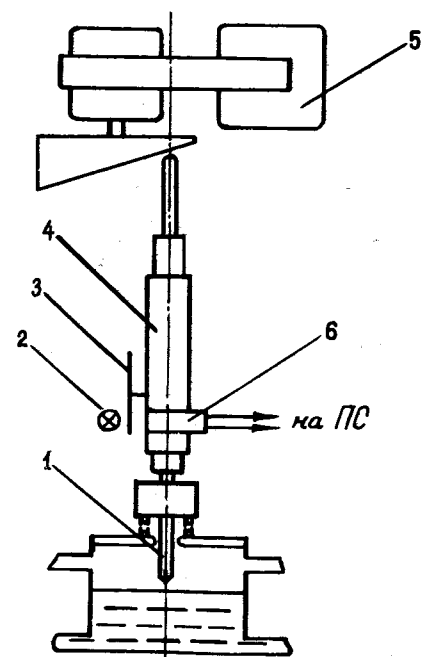


Рис. 1. Гидростатическая измерительная головка с электроконтактной регистрацией положения уровня жидкости.

контакта штока с уровнем ^{8/}. Перемещение штока осуществляется при помощи электродвигателя и контролируется датчиком линейных перемещений. Датчик выполнен на базе индикатора часового типа 4, у которого стрелка заменена кодирующим диском 3 с 50 радиальными прорезями. По разные стороны кодирующего диска расположены осветитель 2 и фотоприемник 6. При перемещении штока мотором 5 датчик линейных перемещений генерирует счетные импульсы, поступающие на вход пересчетной схемы /ПС/. В момент контакта штока с жидкостью счет прекращается и с ПС снимается отсчет, соответствующий положению уровня жидкости ^{9/}. Цена деления импульса составляет 0,02 мм.

Гидростатические измерительные головки, расположенные на внешней стороне квадрантов, соединены между собой по жидкости, как показано на *рис. 2*.

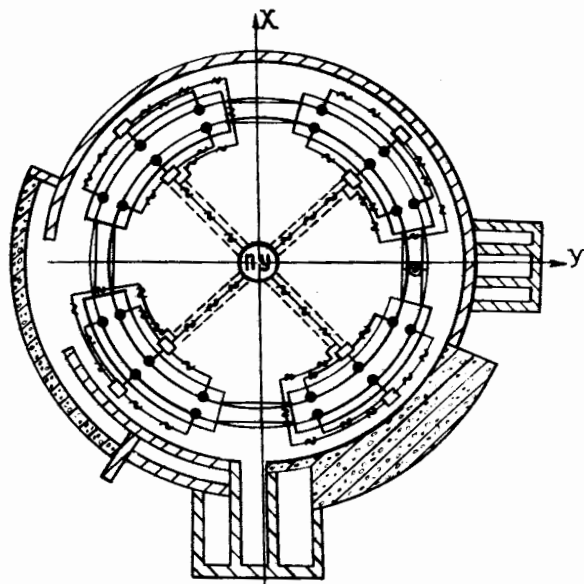


Рис. 2. Схема размещения гидростатических измерительных головок. — — — — — шланговые соединения по жидкости; — — — — — электрические соединения; ● - гидростатические головки; ⊙ - контрольная головка.

Таким же образом соединяются по жидкости головки, расположенные на внутренней стороне квадрантов. Между III и IV квадрантами две магистрали соединяются, там же устанавливается контрольная головка с визуальной регистрацией положения уровня. В этой головке возможно принудительное изменение общего положения уровня жидкости в системе. Воздушные объемы головок соединены между собой. Таким образом, создается единая гидростатическая система.

В качестве жидкости применена вода с добавлением антисептика.

Конечной целью исследований высотного положения электромагнита является определение его общих наклонов и наклонов каждого квадранта в отдельности. Схема размещения гидростатических головок должна обеспечивать требуемую точность вычисления этих величин.

Основным математическим приемом при исследовании положения электромагнита синхрофазотрона является вычисление параметров вероятнейшей плоскости

$$A \cdot X_i + B \cdot Y_i + C = Z_i,$$

где A и B - тангенсы углов наклона вероятнейшей плоскости соответственно по оси X и Y /рис. 2/; C - смещение объекта относительно начала отсчета; Z_i - отметки контролируемых точек в произвольной системе высот.

По малости можно принять, что углы наклона вероятнейшей плоскости равны соответственно A и B в радианной мере. Средние квадратические погрешности углов A и B определяются их весовыми коэффициентами Q_A и Q_B и средней квадратической погрешностью единицы веса μ . Для выбранной конструкции гидростатических датчиков можно считать, что $\mu = 0,04$ мм. Значения весовых коэффициентов определяются соотношениями

$$Q_A = \frac{1}{\sum X^2}; \quad Q_B = \frac{1}{\sum Y^2},$$

где X и Y - плановые координаты контролируемых точек в системе координат, начало отсчета которой расположено в геометрическом центре объекта.

Выполненный расчет точности дает возможность утверждать, что эксплуатация первой очереди гидростатической системы позволит:

- определить амплитуду первой гармоники вертикальных смещений электромагнита, разложенных в ряд Фурье, со средней квадратической погрешностью порядка 0,016 мм;

- определить общие радиальные наклоны квадрантов со средней квадратической погрешностью $0,04 \times 10^{-4}$ рад.

Эксплуатация второй очереди системы позволит:

- определить амплитуду первой гармоники вертикаль-

ных смещений электромагнита со средней квадратической погрешностью порядка $0,001 \text{ мм}$, т.е. практически без-ошибочно;

- определить радиальные наклоны квадрантов со средней квадратической погрешностью $4,1 \times 10^{-6} \text{ рад}$.

Блок-схема гидростатической системы приведена на рис. 3. К пульту управления непосредственно подключены ПС, осциллограф и распределительные коробки. К каждой коробке подключены три измерительные головки. Электрическая схема соединения гидростатических головок

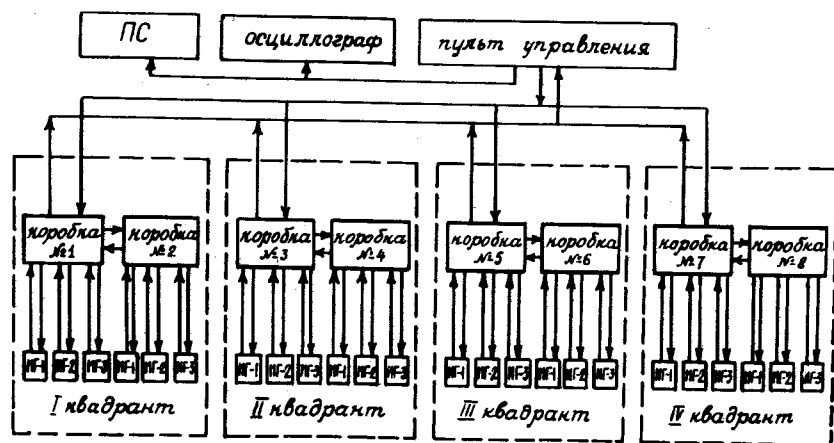


Рис. 3. Блок-схема гидростатической системы.

показана на рис. 2. Пульт управления расположен в центре зала синхрофазотрона /рис. 4/. К нему по четырем каналам подходят магистральные кабели. Каждый кабель обслуживает две распределительные коробки, которые расположены на основании электромагнита и включены между собой последовательно. Вся система имеет 8 распределительных коробок - по две на каждый квадрант.

В условиях синхрофазотрона ОИЯИ такая схема разводки кабелей более рациональна, чем кольцевая, принятая обычно на других сооружениях^{19/}, т.к. позволяет использовать кабельные тоннели /т.е. кабели надежно защищены от транспортных средств/, длина ма-



Рис. 4. Пульт управления гидростатической системы.

гистрального кабеля сокращается на $1/3$, а наладку и профилактику системы можно производить по квадрантам.

В процессе монтажа разрезанный на проектные отрезки шланг заполняется жидкостью при вертикальном его расположении так, чтобы могли выйти из него все пузырьки воздуха. При этом нижний конец отрезка шланга закрывался пробкой. Другой конец закрывался пробкой после заполнения шланга. Укладка отрезков шланга на место осуществляется протягиванием, чтобы не образовывалось колец. Гидростатические головки устанавливались на одной отметке с погрешностью 1 мм

при помощи прокладок с учетом результатов предварительно проведенного геометрического нивелирования. После укладки всех шлангов производилось их подключение к головкам. При этом верхние части головок были сняты, что позволило следить за качеством подключения и проверить правильность установки стаканов головок на одной отметке. Затем проверялось качество сообщения всех стаканов по жидкости. При этом принудительно изменялся общий уровень в системе, а измерение положения уровня в каждом стакане выполнялось при помощи линейки.

Наладка гидростатической системы осуществлялась по квадрантам и заключалась в последовательном подключении измерительных головок к ПУ, проверке работы электродвигателей и движущихся элементов, определения величин сигналов /"стоп" и "счет"/ и доведения их до наибольшей величины. После этого производился полный цикл измерений в системе. Отсчеты по каждой головке снимались 2-3 раза, при этом расхождения между ними не превышали 1-2 импульсов. Затем общий уровень в системе изменялся на 2-3 мм, и делались следующие циклы измерений. Во всех головках были зарегистрированы одинаковые разности отсчетов с точностью до 1-3 импульсов.

В настоящее время идет производственное освоение первой очереди гидростатической системы. Систему обслуживает один оператор. Время, необходимое для выполнения одного цикла, составляет 12 мин. Обработка результатов измерений производится по рабочей программе, составленной для ЭВМ БЭСМ-4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Векслер В.И. и др. Физические основы сооружения синхрофазотрона на 10 ГэВ. В сб. "Ускорители элементарных частиц", Москва, Атомиздат, 1957, с. 3-12.
2. Комаровский А.Н. Строительные конструкции ускорителей. Москва, "Высшая школа", 1961.
3. Kolar E.G. et al. CERN vol.1, Symposium (1956), 382-384.
4. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, Б2-9-7208, Дубна, 1972.
5. Василишин Б.В. и др. ОИЯИ, Б1-9-8031, Дубна, 1974.
6. Заболотин В.П. и др. ОИЯИ, Б2-9-9811, Дубна, 1976.

7. Федосеев Ю.Е. и др. Высокоточный геодезический контроль положения электромагнита синхрофазотрона ОИЯИ. В сб. "Вопросы атомной науки и техники", сер. "Проектирование", вып. 2 /II/, Москва, ЦНИИ-АТОМИНФОРМ, 1975, с. 11-21.
8. Васютинский И.Ю. Электроконтактный уровень. Авт. свид. № 325489, бюлл. ОИПОТЗ/ №3, 1972 г.
9. Васютинский И.Ю. Гидростатическое нивелирование. Москва, "Недра", 1976, с. 167.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 февраля 1978 года.