

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



26/III 79

P10 - 11972

A-695

В.Н.Аносов, П.П.Гавриш, Е.Д.Городничев, В.В.Кольга,
З.Н.Шишлянникова

747/2-79

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА

ИЗМЕРЕНИЯ ТОПОГРАФИИ

СТАЦИОНАРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

1978

P10 - 11972

В.Н.Аносов, П.П.Гавриш, Е.Д.Городничев, В.В.Кольга,
З.Н.Шишлянникова

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ИЗМЕРЕНИЯ ТОПОГРАФИИ
СТАЦИОНАРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

*Направлено на Краковское совещание по циклотрону У-144
/Краков, 1978/.*



Автоматизированная система измерения топографии
стационарного магнитного поля

Описывается автоматизированная система измерения топографии магнитного поля, используемая на модели магнитной системы фазотрона с пространственной вариацией магнитного поля. Система может работать в двух режимах: с приводом на базе асинхронного двигателя и приводом на базе шагового двигателя.

В качестве измерителя поля используется датчик Холла. Полученные результаты фиксируются на цифровом вольтметре и затем по линии связи длиной 200 м вводятся в ЭВМ ЕС-1010. После ввода полного количества точек производится гармонический анализ информации, и в случае отсутствия ошибок замеряется поле на следующем радиусе.

Шаг измерения поля по азимуту при использовании привода штанги с асинхронным двигателем составляет $2,5^\circ$, при использовании шагового двигателя - $0,5^\circ$, $2,5^\circ$, 5° .

Время измерения на одном радиусе, включая время гармонического анализа, составляет 6 минут при использовании асинхронного двигателя и 3 минуты при использовании шагового двигателя с шагом $2,5^\circ$.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.
Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Automatic System for Measuring the
Stationary Magnetic Field Configuration

The automatic system for measuring the magnetic field configuration used with a model of a phasotron with a space variation is described. The system may operate in two regimes: 1) with an asynchronous motor and 2) with a step motor. The magnetic field is measured with the Hall magnetometer. The results are fixed by a digital voltmeter, and then along the line 200 m in length are introduced into the ES-1010 computer. After introducing a full scale information the Fourier analysis is performed and in the case of error absence the field at the next radius is measured. The azimuthal step of field measurement with the asynchronous motor is 2.5° , with the step motor is 0.5° , 2.5° , 5° . The time of measurement at one radius, including the time of Fourier analysis, is about 6 min with the asynchronous motor and 3 min with the step motor for the 2.5° step.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

В большинстве существующих систем измерения топографии магнитного поля /в ускорителях с пространственной вариацией магнитного поля, в системах вывода пучка из ускорителя и т.п./ результаты измерений фиксируются на промежуточном носителе информации: перфоленте^{1/} или перфокартах^{2/}. Для таких методов обработки информации off-line характерна существенная потеря времени от момента получения исходной информации до ее математической обработки на ЭВМ.

Поскольку на ЭВМ ЕС-1010 оказалось возможным проводить необходимый цикл расчетов с данными, получаемыми в процессе магнитных измерений /т.е. выявление ошибок, гармонический анализ, расчет динамических характеристик и т.п./, была разработана система связи измерительной аппаратуры с ЕС-1010 через устройство сопряжения с объектом /УСО/.

Для автоматического перемещения датчика поля по азимуту с заданным шагом и фиксации показаний датчика с помощью цифрового вольтметра были разработаны стенды двух типов: стенд с перемещением датчика на базе асинхронного двигателя и стенд, где датчик поля перемещается с помощью шагового двигателя.

На рис. 1 показана блок-схема автоматизированной системы измерения магнитного поля.

Измерительная штанга обеспечивает перемещение датчика поля в полярных координатах r, ϕ . Привод штанги состоит из электродвигателя с редуктором, причем, как указывалось выше, имеется два варианта двигателей: асинхронный и шаговый.

Магнитное поле измеряется с помощью датчика Холла /ДХ/. Напряжение с ДХ измеряется цифровым вольт-

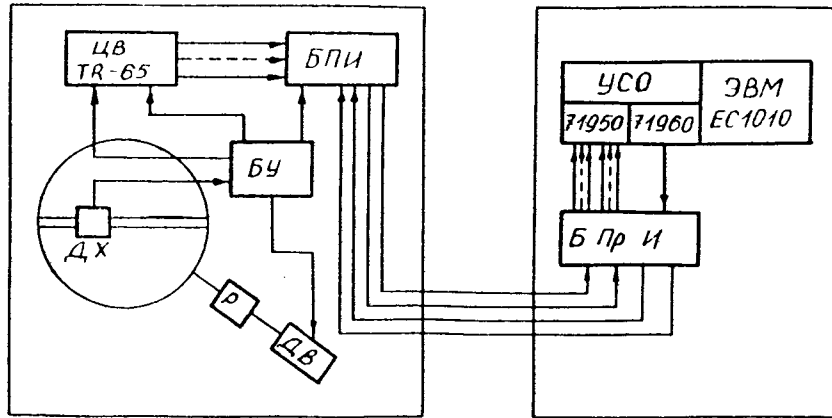


Рис.1. Блок-схема автоматизированной системы измерения поля.

метром /ЦВ/. Информация с ЦВ поступает на блок передачи /БПИ/ и через линию связи / 200 м/ подается на блок приема информации /БПИ/, через который осуществляется связь с УСО ЭВМ ЕС-1010. Блок управления /БУ/ задает режим перемещения датчика Холла и взаимодействия ЦВ с БПИ.

СТЕНД НА БАЗЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

На рис. 2 показана схема блока управления для стенда с асинхронным двигателем.

Блок управления работает следующим образом. Датчик Холла устанавливается на измеряемом радиусе, и нажимается кнопка "Пуск". При этом срабатывает реле P_2 , через контакты которого подается напряжение 220 В на электродвигатель, тем самым перемещая штангу с ДХ по ϕ , а также устанавливается в "О" триггер Т, запрещая прохождение импульсов с фотодатчика. Передаточное число редуктора подобрано таким образом, что при перемещении штанги на 2,5" вырабатывается один импульс фотодатчика. На штанге расположен шток, который, перемещаясь вместе со штан-

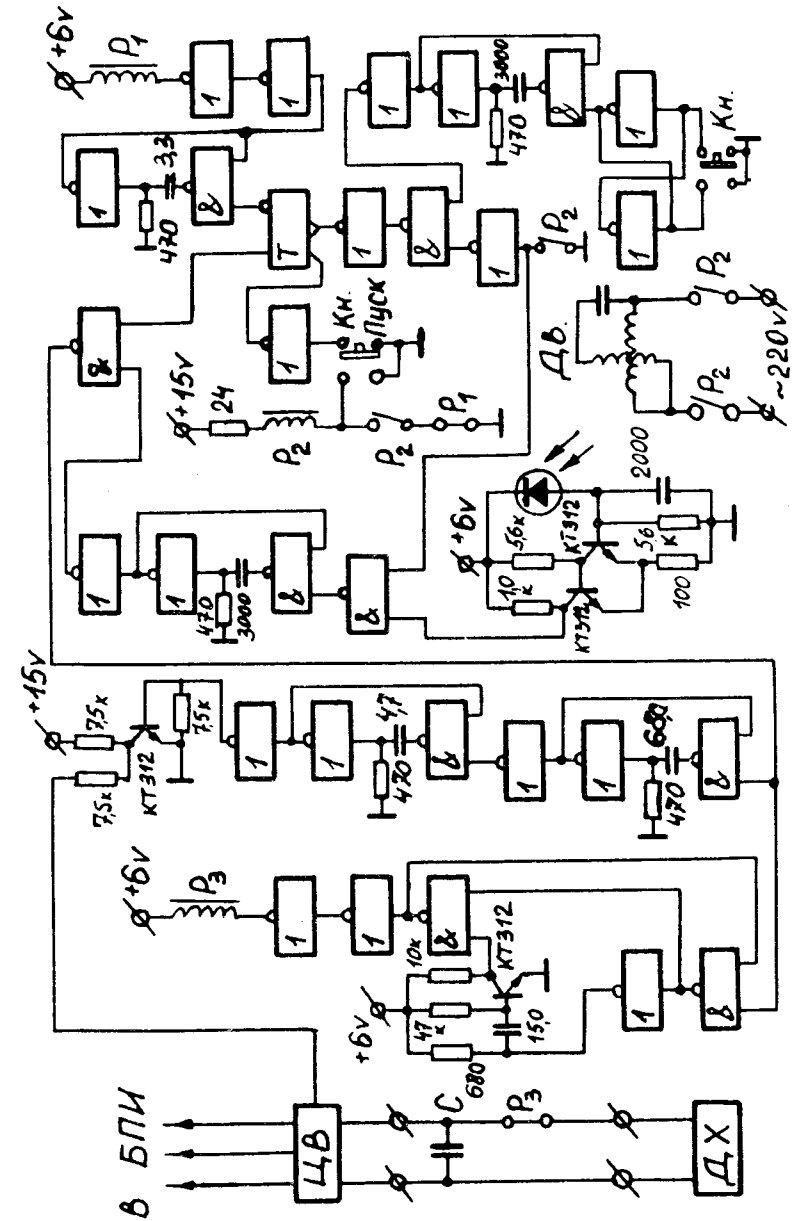


Рис.2. Схема блока управления для стенда с асинхронным двигателем.

по схеме с переменным коэффициентом пересчета, который может быть изменен с помощью перемычек на монтажной плате. В данном случае коэффициент пересчета выбран таким, чтобы штанга переместилась с учетом редукции на $0,5^\circ$ по азимуту. Импульсы переноса со счетчика СЧ1 поступают на вход счетчика СЧ2, а также запускают одновибратор ОД1, если переключатель угла поворота находится в положении "Х1". Одновибратор ОД1 вырабатывает импульс длительностью $\sim 0,5$ с, запрещая на это время прохождение импульсов генератора Г1 на счетчик СЧ1 и на коммутатор /запрещая перемещение штанги во время измерения/. По переднему фронту импульса одновибратора ОД1 запускается одновибратор ОД2, вырабатывая импульс запуска ЦВ, который измеряет ЭДС Холла в первой точке.

Счетчик СЧ2 сделан с коэффициентом пересчета $K_{сч} = 5$. Импульсы переноса со счетчика СЧ2 поступают на счетчик СЧ3 и на вход схемы одновибратора ОД1, если переключатель угла поворота находится в положении "Х5".

Счетчики СЧ2 и СЧ3 служат для подсчета количества точек, подлежащих измерению. Первый разряд счетчика СЧ3 служит также для запуска схемы одновибратора ОД1, если переключатель угла поворота находится в положении "Х10". Таким образом, при помощи переключателя угла поворота имеется возможность увеличивать минимальный угол поворота штанги пропорционально коэффициентам 5 и 10.

После измерения последней точки счетчиком СЧ3 вырабатывается импульс, который сбрасывает в "0" триггер Т1 и устанавливает в "1" триггер Т2, если режим работы автоматический.

Единичное положение триггера Т2 разрешает прохождение импульсов с генератора Г2 на счетчик СЧ1 и на коммутатор шагового двигателя. Шаговый двигатель начинает вращаться в обратном направлении, перемещая штангу в исходное положение, а счетчики СЧ1, СЧ2, СЧ3 работают на вычитание. Как только счетчики придут в нулевое состояние, вырабатывается импульс, сбрасывающий триггер Т2 в "0". На этом цикл измерения на данном радиусе заканчивается.

Если режим работы не автоматический, то для приведения штанги в исходное состояние необходимо нажать кнопку "Реверс".

На рис. 4 показана схема генератора Г2, который является генератором с частотой, плавно меняющейся от 400 Гц до 8 кГц. При подаче команды "реверс" частота генератора начинает увеличиваться до 8 кГц, разгоняя шаговый двигатель. Разгон двигателя происходит за время 0,6 с. В конце выполнения команды "реверс" частота генератора плавно уменьшается с 8 кГц до 400 Гц. Этим достигается плавная остановка двигателя и существенно сокращается время перемещения штанги в исходное положение.

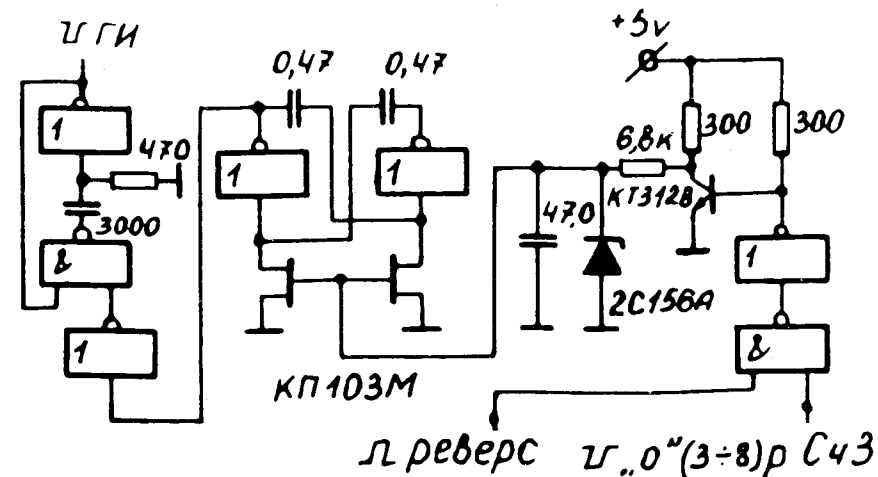


Рис.4. Схема генератора с изменяющейся частотой.

ЛИНИЯ СВЯЗИ "СТЕНД-ЕС-1010"

На рис. 5 представлена схема связи измерительного стенда с ЭВМ ЕС-1010. В схему входят блок передачи информации и блок приема информации. Рассмотрим работу схемы.

По импульсу "пуск ЦВ" 24-разрядный регистр сбрасывается в "0", а спустя время t_2 в него заносится

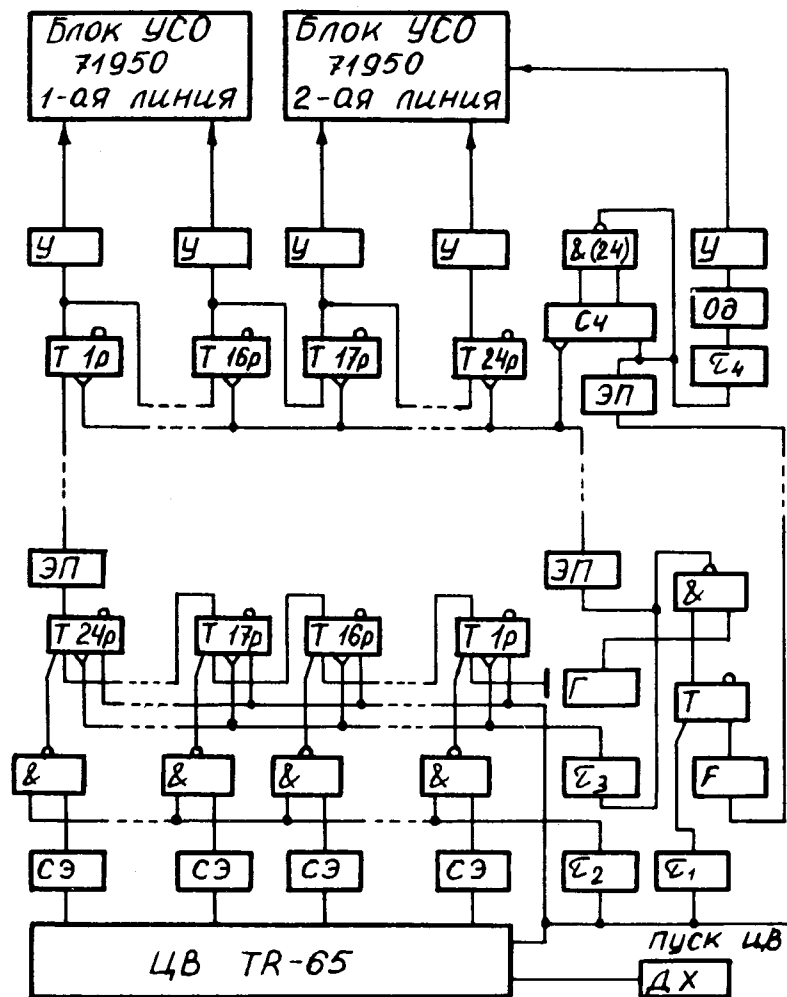


Рис.5. Схема связи измерительного стенда с ЭВМ ЕС-1010.

информация с ЦВ. Информация на выходе ЦВ представляет собой 24-разрядное двоично-десятичное число, т.е. знакопеременное 5-разрядное целое десятичное число.

Импульсом "пуск ЦВ" устанавливается в "1" триггер Т, разрешая прохождение импульсов генератора Г /-60 кГц/ в линию связи и в цепь сдвига регистра.

Информация с линии связи принимается в 1-ый разряд регистра приема и импульсами ГИ, также поступающими с линии связи, сдвигается вправо. Импульсы ГИ поступают также на счетчик, расположенный в блоке приема; 24-ый импульс ГИ сбрасывает счетчик в "0" и через эмиттерный повторитель передается в линию связи для сброса триггера Т, запрещая дальнейшую передачу информации. 24-ый импульс ГИ запускает также схему одновибратора. Импульс одновибратора длительностью 10 мс выдается в блок УСО ЭВМ ЕС-1010 как сигнал "готовность числа". При наличии этого сигнала ЕС-1010 вводит информационные коды числа в оперативную память машины.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЯ НА ЛИНИИ С ЭВМ ЕС-1010

Для автоматизированной системы измерения поля разработано матобеспечение, в состав которого входят:

- 1/ программа-диспетчер,
- 2/ подпрограммы-драйверы PRIEMM и SIGNAL,
- 3/ подпрограммы обработки результатов измерения.

Программа-диспетчер и подпрограммы обработки написаны на языке FORTRAN, подпрограммы-драйверы - на языке ASSEMBLER. Блок-схема подпрограммы-драйвера PRIEMM приведена на рис. 6. Измерение поля и обработка результатов измерения на линии с ЭВМ ЕС-1010 производятся следующим образом.

1. Оператор на ЭВМ ЕС-1010 запускает программу-диспетчер, которая после ввода исходной информации вызывает подпрограмму PRIEMM. Эта подпрограмма производит циклический прием информации с линии связи и анализ сигнала "готовность" от ЦВ. При отсутствии данного сигнала в течение 4 с /время перемещения штанги по азимуту на угол 2,5°/ подпрограмма PRIEMM переходит в режим ожидания сигнала "готовность" от ЦВ.

2. Датчик Холла устанавливается на требуемый радиус и исходный азимут.

3. Кнопкой "пуск" на панели БУ оператор запускает электродвигатель привода штанги. Датчик перемещается по азимуту, и через заданные интервалы /например, $2,5^\circ$ / происходит запуск Ц.В. для измерения ЭДС с помощью датчика Холла.

4. Через 0,5 с после каждого запуска Ц.В. на его информационных выходах появляется двоично-десятичный код измеренной ЭДС Холла, а в разряде "готовность" появляется сигнал разрешения использования информационного кода.

5. При наличии сигнала "готовность Ц.В." ЭВМ ЕС-1010 вводит информационные разряды кода через две линии блока УСО типа 71950 в оперативную память.

Таким образом, в память ЭВМ вводятся все точки азимутальных замеров поля на фиксированном радиусе. После ввода последней точки электродвигатель привода штанги останавливается и, поскольку в течение 4 с после остановки двигателя сигнал "готовность Ц.В." не поступает на линии 71950, подпрограмма ПРИЕММ передает управление программе-диспетчеру.

6. Программа-диспетчер, осуществив различные проверки измеренной информации, вызывает подпрограммы обработки результатов измерений.

Если результаты обработки удовлетворительны, вызывается из программы-диспетчера подпрограмма SIGNAL, которая с помощью выработки сигнала на линии УСО типа 71960 гасит информационную лампочку на БПИ, разрешая оператору на измерительном стенде перевод датчика поля на следующий радиус.

После этого управление вновь передается программе-диспетчеру, которая вызывает подпрограмму ПРИЕММ. Последняя через 4 с переходит в режим ожидания сигнала "готовность" от Ц.В.

7. После нажатия кнопки "пуск" на измерительном стенде начинаются измерения на очередном радиусе.

Описанная в работе автоматизированная система измерения топографии магнитного поля использовалась при формировании поля на модели магнитной системы установки "Ф".

С помощью стендов обоих типов было измерено несколько полей разных конфигураций в полном объеме

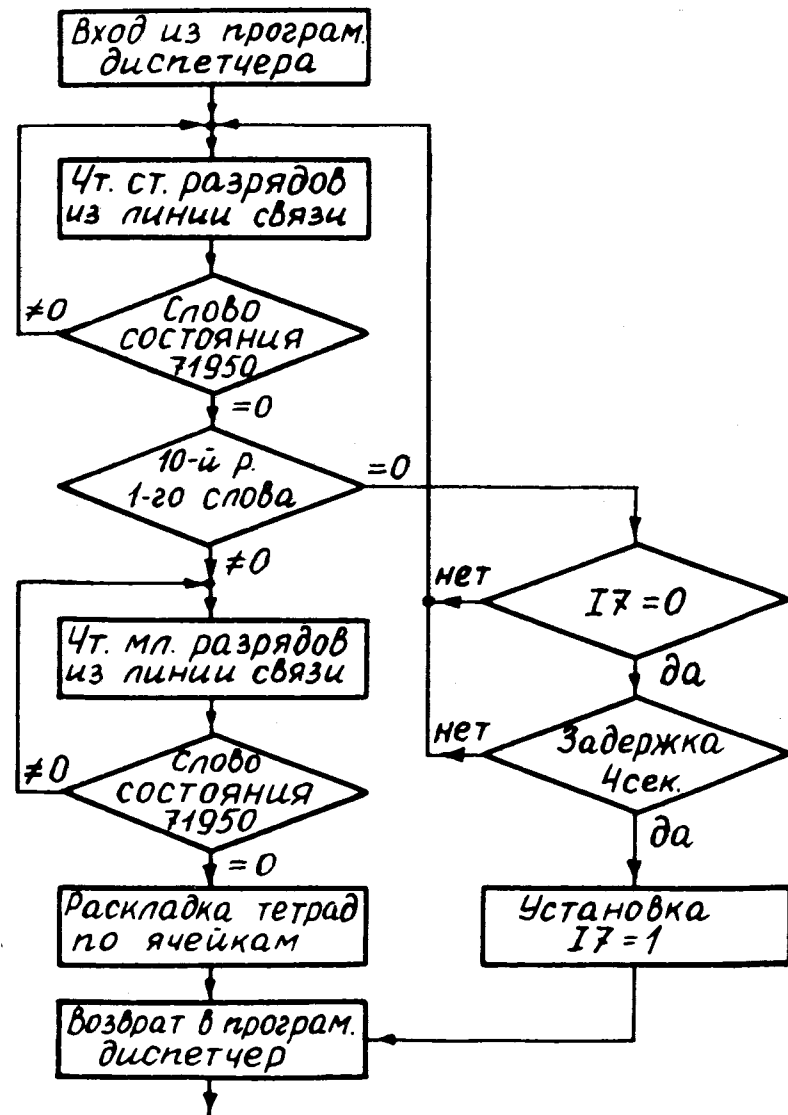


Рис.6. Блок-схема подпрограммы-драйвера.

/полный объем включает примерно 50 радиусов, на каждом из которых измерялось 144 точки по азимуту/. Оба стенда показали хорошую надежность в работе

и обеспечили требуемую точность измерения магнитного поля: $5 \cdot 10^{-4}$.

Следует отметить, что стенд на базе шагового двигателя обладает следующими преимуществами:

а/ из-за отсутствия системы запоминания аналогового сигнала с датчика Холла исключаются погрешности, вносимые данной системой в процессе измерения;

б/ увеличивается точность фиксации азимутального положения датчика Холла, что также уменьшает ошибки измерения поля;

в/ при одинаковом азимутальном шаге скорость измерения точек на заданном радиусе примерно в 2 раза выше;

г/ возможность измерения азимутального шага без переделки механической части системы привода позволяет в процессе измерения оперативно изменять число точек на данном радиусе в зависимости от конфигурации формируемых магнитных полей. Автоматизированная система измерения может использоваться при формировании магнитных полей различных физических установок.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Н.А.Морозову за помощь в измерениях, Н.Л.Заплатину за внимание к работе. Авторы благодарят проф. В.П.Дмитриевского за поддержку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аносов В.Н., Денисов Ю.Н., Шишлянников П.Т. ОИЯИ, 10-4930, Дубна, 1970.
2. Гавриш П.П. и др. ОИЯИ, 10-11645, Дубна, 1978.

*Рукопись поступила в издательский отдел
24 октября 1978 года.*