

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

**P10-86-613**

**А.В.Беляев, Н.Г.Симонова, С.К.Слепнев,  
Ю.И.Сусов**

**АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ КАРЕТКАМИ  
И ФПУ НА НРД**

**1986**

Измерительный "стол" сканирующего устройства НРД фирмы SOGENIQUE состоит из двух кареток, перемещающихся во взаимно перпендикулярных направлениях, на которых установлена призма с фильмовым окном, фильмопротяжное устройство, датчики перемещения кареток и фоторегистраторы /1,2/. Привод кареток гидравлический с электроклапанным управлением.

Точность перемещения кареток задается прецизионными направляющими с роликовыми подшипниками, равномерность движения обеспечивается специальной насосной системой с гидроаккумулятором.

Для вывода измерительного стола в заданное положение необходимо для обеих кареток включить несколько электроклапанов гидравлики: "вид перемещения" (нормальное или ортогональное); "направление движения" (прямое или обратное); "скорости перемещения" - и затем, при достижении заданного положения, выключить их.

Типичный график скорости каретки представлен на рис. I.

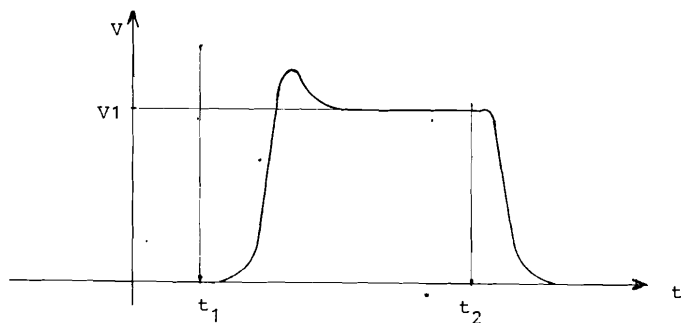


Рис. I

$v$  - скорость,  $t$  - время,  $t_1$  и  $t_2$  - соответственно момент включения и выключения электроклапанов,  $v_1$  - величина установившейся скорости.

Как видно из рис. I, для того чтобы вывести стол в заданную точку, необходимо выключить привод на некотором расстоянии от этой точ-

ки. Точность остановки должна быть не хуже 25–50 мкм, а время полного перемещения стола не должно превышать 3-х секунд.

Авторы не встречали описания алгоритма решения подобной задачи для клапанного управления гидроприводом измерительного стола. Ниже описывается разработанный и много лет эксплуатировавшийся способ управления измерительным столом нрд ОИЯИ. В дальнейшем рассматривается алгоритм для перемещения X-каретки. Для w-каретки процедура внезда аналогична.

При получении команды "выехать в точку с координатой XС" управляющая ЭВМ определяет текущее положение каретки XТ и расстояние ΔX между XТ и XС. Введем понятие Δx<sub>MIN</sub> – расстояние, необходимое для разгона и торможения каретки. Если ΔX больше или равно Δx<sub>MIN</sub>, внезд осуществляется в одно движение (см. рис. 2а). Если же ΔX меньше Δx<sub>MIN</sub>, сначала выполняется внезд из точки XТ в точку X1 (см. рис. 2б), либо в точку X2 (рис. 2в), если вычисленное значение X1 лежит за пределами перемещения каретки, ограниченными величинами x<sub>MIN</sub>, x<sub>MAX</sub>.

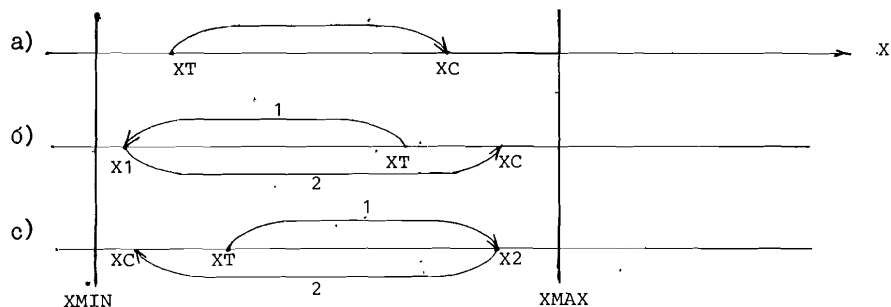


Рис. 2

Рассмотрим, как выполняется перемещение из точки XТ в точку XС для случая  $\Delta x \geq \Delta x_{MIN}$  (см. рис. 3).

Через заданные равные промежутки времени включаются клапаны гидравлики. Отметим, что при этом включаются сразу две скорости:  $v_1$  – максимальная и  $v_2$  – минимальная скорость перемещения каретки. При достижении координаты X3 выключается скорость  $v_1$ . Значение X3 при движении вперед вычисляется так:  $x_3 = x_c - (sx_1 + sx_2)$ , где  $sx_1$  и  $sx_2$  – заданные в программе значения путей торможения каретки от скорости  $(v_1 + v_2)$  до скорости  $v_2$  и от  $v_2$  до 0, соответственно. При достижении координаты X4 выключается скорость  $v_2$ . Координата точки X4 вычисляется так:  $x_4 = x_c - sx_2$ .  $sx_1$  и  $sx_2$  корректируются при каждом

перемещении каретки следующим способом. При движении от точки X3 к точке X4 определяется координата, при которой каретка начинает двигаться с установившейся скоростью  $v_2$  (рис. 3). Для этого управляющая ЭВМ после точки X3 контролирует приращение координаты X через каждые 2,5 мс. Если в трех контрольных точках подряд величины приращения разнятся менее, чем на 3 отсчета, фиксируется координата точки X5. Если же такая ситуация не наступает, величина X5 устанавливается равной 0. После выключения скорости  $v_2$  выделяется точка, в которой скорость движения каретки устанавливается равной 0. Считаем, что это происходит в точке X6, для которой приращение координаты за время, равное 25 мс, меньше 3-х отсчетов.

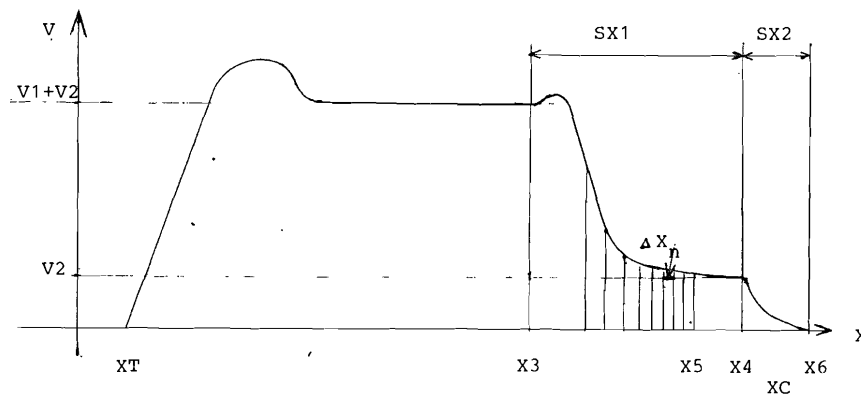


Рис. 3

Коррекция значения  $sx_1$  осуществляется по такому правилу:

$$sx_1 = \begin{cases} sx_1 + sx_2 & , \text{ для } x_5 = 0, \\ sx_1 - \frac{|x_4 - x_5|}{2} & , \text{ для } x_5 \neq 0. \end{cases}$$

Коррекция параметра  $sx_2$  выполняется в зависимости от взаимного расположения координат  $x_T$  и  $x_C$  и положения точки  $x_6$ . Считаем, что в точке  $x_6$  произошла полная остановка стола.

$$SX2 = \begin{cases} SX2 - \frac{XC - X6}{2} & , \text{ для } XC \geq XT , \\ SX2 + \frac{XC - X6}{2} & , \text{ для } XC < XT . \end{cases}$$

После выполнения коррекции, если значение  $XC - X6$  превышает допустимую величину, въезд в заданную точку производится повторно. Если после третьей попытки выехать в нужную точку не удалось, устанавливается признак ошибки по данной координате. Опыт эксплуатации описываемой программы управления показывает, что при нормальном состоянии гидравлики НРД коррекция параметров  $SX1$ ,  $SX2$  для въезда стола в заданную точку с точностью 25-50 мкм происходит за 3-5 перемещений, хотя некоторые изменения длин торможения происходят постоянно.

В таблице приведены средние отклонения от заданной координаты ( $\Delta$ ) и среднеквадратичные ошибки ( $\sigma$ ) въезда измерительного стола, полученные в результате проведения теста. Тест заключается в последовательном перемещении стола по точкам с координатами  $X1$ ,  $W1 \rightarrow X2$ ,  $W1 \rightarrow X2$ ,  $W2 \rightarrow X1$ ,  $W2$  и т.д. Цикл перемещений по квадрату выполняется 10 раз. Координаты  $x$ ,  $w$  и значения  $\Delta$  и  $\sigma$  указаны в микронах.

	X1	X2	W1	W2	X1	X2	W1	W2
	61440	102400	20480	41440	78080	85760	37120	44800
DELTA	-7.5	-10.5	-2.5	-10.5	-6.5	-1.0	8.0	12.0
SIGMA	21.82	14.8	11.8	25.3	17.8	10.3	11.2	23.4

В заключение отметим, что для улучшения точности въезда стола желательно иметь параметры  $SX1(SW1)$  и  $SX2(SW2)$  для каждого направления движения (вперед/назад) индивидуальные.

Фильмопротяжное устройство (ФПУ) сканирующего автомата<sup>1,2/</sup> состоит из двух вакуумных роликов (капстанов) с электродвигателями и соответствующим электроприводом, двух подкассетных устройств с двигателями подмотки и автономным электроприводом, датчиков положения пленки в вакуумных карманах прибора. Вакуумные карманы предназначены для стабилизации натяжения пленки в ФПУ. Кроме этого в ФПУ входит фильмовое окно с прижимной рамкой, вакуумной фиксацией пленки и датчиком положения

рамки, датчик стоп-марок кадра, тахогенератор, датчик угол-код, жестко связанный с одним из капстанов, и набор направляющих роликов.

Электропривод капстана управляется от ЭВМ, в цепи электропривода используются сигналы тахогенератора. Прижим рамки и вакуумная фиксация пленки осуществляется по команде ЭВМ. Привод двигателей подмотки управляется от датчиков положения пленки в вакуумных карманах.

Задача управления ФПУ - установить и зафиксировать кадр в фильмовом окне прибора после перемотки пленки на заданное число кадров. Точность установки кадра 0,3-0,6 мм, максимальная скорость перемотки - 5 м/с.

Для реализации задачи предоставлен следующий набор команд:

1. Прижать или отжать рамку фильмового окна (одновременно осуществляется фиксация или освобождение пленки в фильмовом окне);
2. Установить направление движения пленки: вперед или назад;
3. Установить одну или несколько из шести скоростей движения; отметим, что минимальная скорость  $v_0$  включается только при движении вперед.

Кроме этого, можно проверить состояние рамки фильмового окна (прижата или отжата), включить счетчик импульсов с датчика угол-код, занести в счетчик импульсов любую координату, разрешить или запретить прерывание при переполнении данного счетчика.

Электронная схема анализирует состояние датчиков в вакуумных карманах ФПУ и вырабатывает сигнал прерывания в ЭВМ в случае нестандартного положения - "разрядка" пленки.

В отличие от простейшего алгоритма, описанного в /3,4/ для увеличения скорости перемотки и улучшения точности остановки пленки предлагается следующий алгоритм управления ФПУ.

Для перемотки пленки вперед на  $n$  кадров подается команда "отжать пленку" и через заданное время контролируется состояние прижимной рамки. Если рамка отжата, в зависимости от величины  $n$  включаются скорости перемотки  $v_0$ ,  $v_1$ , ...,  $v_5$ . Для перемотки на один кадр  $v_0$  и  $v_1$ , на два кадра -  $v_0$ ,  $v_1$ ,  $v_2$  и т.д. Для перемотки на пять и более кадров включаются все шесть скоростей. При появлении очередного импульса от датчика стоп-марок происходит уменьшение содержимого счетчика кадров. На последних пяти кадрах проводится коррекция состояния управляющего регистра ФПУ: на каждом кадре уменьшается скорость движения пленки, и после прохождения последней стоп-марки включается счетчик сигналов позиционного датчика, так называемый позиционный счетчик, в который был занесен обратный код величины протяжки пленки после последней стоп-марки, и разрешается прерывание от переполнения этого счетчика. После получения прерывания от позиционного счетчика выклю-

чается скорость  $v_0$ , подается команда "прижать рамку" и через заданное время контролируется положение рамки и фиксируется состояние позиционного счетчика. Величина тормозного пути пленки передается в центральную ЭВМ системы. На этом процесс перемотки заканчивается. Если во время перемотки появится сигнал о том, что пленка разгрузилась или не сработал прижим рамки, производится остановка движения пленки и фиксируется ошибка.

Перемотка на  $N$  кадров назад выполняется так: сначала пленка перематывается на  $N+1$  кадров назад, затем - на один кадр вперед.

Описанный алгоритм работает удовлетворительно, обеспечивая точность остановки порядка 0,4-0,5 мм при времени перемотки на один кадр примерно 0,5-0,8 с и полной перемотки пленки (1000 кадров) за 40-45 с. Точность остановки зависит от качества нанесения стоп-марок. Для более точного определения положения кадра в фильмовом окне прибора в центральной ЭВМ системы используется величина пути, пройденного пленкой после включения скорости  $v_0$  до фиксации кадра в фильмовом окне. Цена отсчета датчика угол-код составляет 60 мкм.

#### Литература

1. Алмазов В.Я. и др. ОИЯИ, IO-4513, Дубна, 1969.
2. Бондаренко О.Н., Рубцов В.Ф., Сусов Ю.И. ОИЯИ, P10-10709, Дубна, 1977.
3. CERN/DD/DH/63/21, В.В. EVERSHED, JUNE, 1963.
4. Ермолаев В.В. и др. ОИЯИ, P10-5205, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел  
12 сентября 1986 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985.	4 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Беляев А.В. и др.

P10-86-613

Алгоритмы управления измерительными каретками и ФПУ на НРД

Описываются алгоритмы управления измерительными каретками сканирующего автомата НРД и фильмопротяжным устройством /ФПУ/ НРД. Алгоритм управления измерительными каретками обеспечивает перемещение в заданное положение измерительного стола с точностью 25-50 мкм за время не более 3 с. Алгоритм управления фильмопротяжным устройством обеспечивает установку пленки с фиксацией в фильмовом окне с точностью 0,3-0,6 мм и возможностью определения фактического положения служебной информации на кадре с точностью до 60 мкм вдоль пленки.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Belyaev A.V. et al.

P10-86-613

HPD Stage and Film Gate Control Algorithms

Algorithms used for stage and film gate control on HPD are described. The stage control algorithm drives the HPD stage to target position in less than 3 seconds with 25 micron accuracy. The film gate control algorithm provides for 0.3 to 0.6 mm accuracy in frame positioning within the film gate, and gives the opportunity to determine the data box position with approximately 60 micron precision in the direction along the film.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986