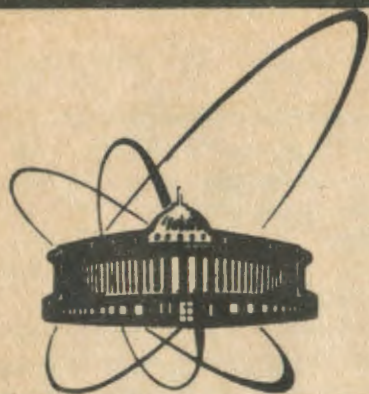


89-194



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

К 953

P10-89-194

С.А. Кутузов

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ИЗМЕРЕНИЯ ДОЗНЫХ ПОЛЕЙ

1989

При облучении глубоко лежащих опухолей пучками тяжелых заряженных частиц терапевтический эффект зависит от точности формирования дозных распределений внутри мишени. В связи с этим в секторе медицинского пучка ЛЯП ОИЯИ был разработан прибор "изодозограф", измеряющий дозные поля и другие физико-технические параметры пучков и излучений.

Изодозограф представляет собой куб, наполненный водой или иной тканезквивалентной жидкостью, по объему которого в трех направлениях перемещается датчик /см.рис.1/. В качестве датчика применяется либо литий-кремниевый детектор с чувствительным объемом до 10 мм^3 , изготовленный в ЛЯП ОИЯИ^{1/}, либо промышленные диоды типа КД-208, КД-209, представляющие собой диски диаметром 1,2 мм толщиной 0,6 мм и чувствительным объемом $0,7 \text{ мм}^3$. Заряд, возникающий от пучка частиц ускорителя, преобразуется схемой ток - напряжение. Амплитуда кодируется блоком КА007/2/. Аналогично обрабатывается информация с мониторингового детектора, который вынесен вперед по направлению пучка. После каждого импульса ускорителя данные заносятся в ЭВМ. Выбор дио-

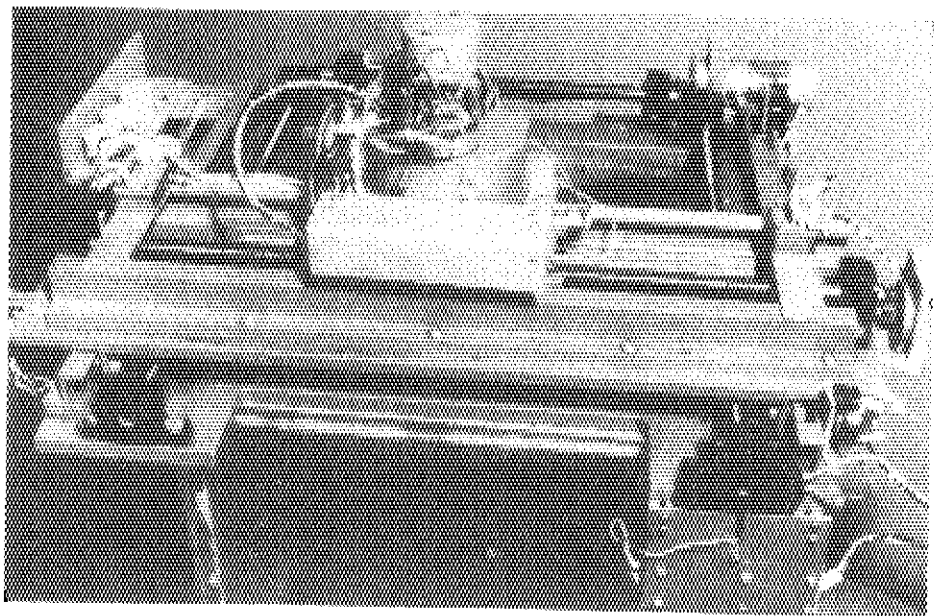


Рис.1. Изодозограф, общий вид.

да и коэффициента преобразования зависит от мощности дозы, которая менялась от единиц до сотен рад в минуту. При интенсивности менее 1 рад/мин применялись диоды, отобранные по максимальному отношению сигнал/шум. Также использовалась ионизационная камера К-253, входящая в комплект терапевтического дозиметра VA-J-18, производства ГДР/3/, однако время съема изодозной карты в этом случае существенно увеличивалось из-за большой постоянной времени камеры. При работе с диодами обычно используется непрерывное перемещение датчика, и полное время сбора информации об изодозном распределении составляет 15-25 минут.

Измерение координат детектора осуществили с помощью накапливающих преобразователей положений валов. На валах закреплены диски с заданным количеством отверстий, которые пересекают световой поток оптической пары фотодиод - фотоизлучатель. Поворот вала вместе с диском на одно отверстие соответствует линейному перемещению площадки с фиксированным на ней детектором на 0,1 мм. Сигналы фотодиодов формируются и поступают на входы реверсивных счетчиков /либо в +, либо в -, в зависимости от направления движения, см. схему блока управления на рис.2. Формирователи выполнены на основе триггера Шмитта/4/, рис.3. Один раз, в начале работы, площадка с детектором приводится в исходное состояние, наезжает на конце-

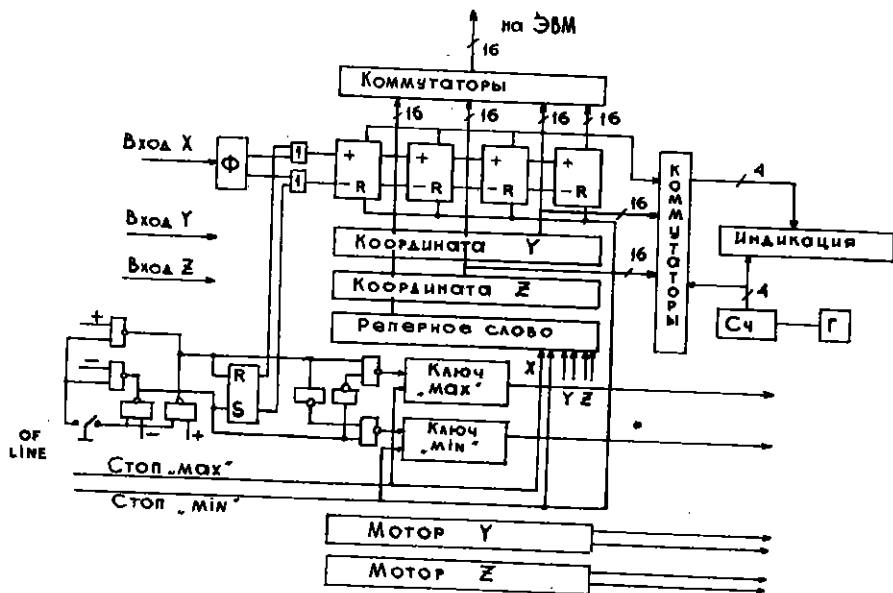


Рис.2. Схема блоков управления.

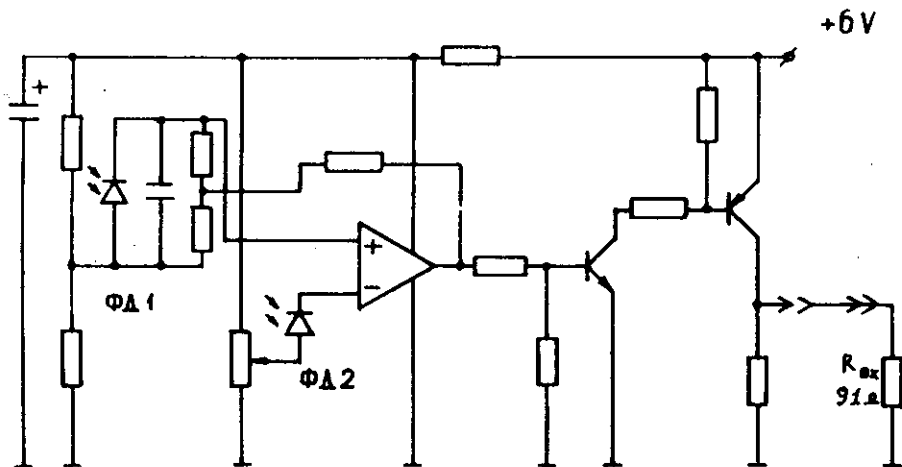


Рис.3. Схема формирователя сигнала фотодиода.

вые выключатели и этим обнуляет реверсивные счетчики. Координаты положения площадки высвечиваются на передней панели блока управления, они также могут списываться в ЭВМ. Связь с ЭВМ сделана полностью "ведомой", т.е. устройство выдает сигналы обмена только после запроса от машины. Режим управления моторами определяется положением тумблера "ON-LINE" "LOCAL", пересылка данных в ЭВМ осуществляется независимо от режима, что обеспечивает большую гибкость в эксплуатации.

Полная информация состоит из четырех 16-битных слов, описываемых последовательно: X Y Z и реперное слово. Используется двоично-десятичное представление, и максимальное значение координаты, ограничиваемое электроникой, равно 999,9 мм, что превышает ход площадки с детектором. После каждого цикла обмена очередное слово выставляется автоматически. Младшие 6 бит реперного слова отведены для признаков о состояниях концевых выключателей.

Скорость движения по оси X - 200 мм за 200 с, по оси Y - 190 мм за 80 с, по Z - 60 мм за 6 мин. Точность установки детектора при длительной работе составляет $0,5 \pm 0,7$ мм. Ошибка связана с механическими люфтами и устраняется регулировкой узлов механизма и поправкой на смещение в программном обеспечении. Минимально возможная ошибка определяется дискретностью шага 0,1 мм и нечеткостью установки нуля в исходном положении из-за гистерезиса концевого выключателя - 0,1 мм и в сумме составляет 0,2 мм в одном направлении.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для работы с изодозграфом был создан ряд программ, общая блок-схема показана на рис.4. Подпрограммы COOR и MTR отвечают за списывание текущих координат, положение датчика, запуск и остановку моторов. С их помощью также измерялись динамические параметры моторов, время разгона, торможения, выбег при остановке. Подпрограмма DAMA нормирует показания детектора на показания монитора для каждого импульса ускорителя и усредняет по заданному числу. Эта подпрограмма следит также за временем появления сигналов от мониторингового детектора, которое соответствует рабочей частоте $22 \div 220$ Гц/ ускорителя. При обнаружении ошибочных условий /сбой работы фазотрона/ ход выполнения программы приостанавливается.

Для иллюстрации работы изодозографа на рис.5 приведен поперечный профиль пучка выведенного в третью процедурную кабину и имеющего полуширину 5 мм при энергии 660 мэВ. Пик Брегга и изодозное распределение протонного пучка энергии 200 мэВ, выведенного в первую и вторую процедурные кабины соответственно, представлены на рис.6 и 7.

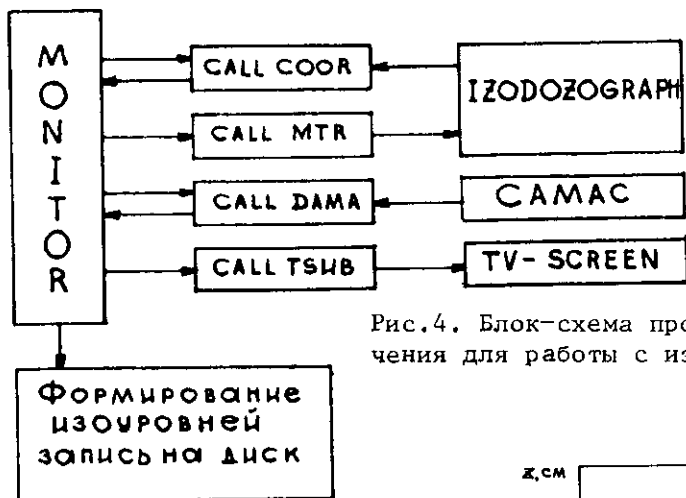
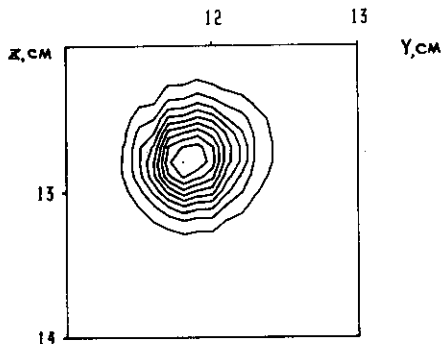


Рис.4. Блок-схема программного обеспечения для работы с изодозографом.

Рис.5. Изодозы поперечного сечения узкого протонного пучка в третьей процедурной кабине.



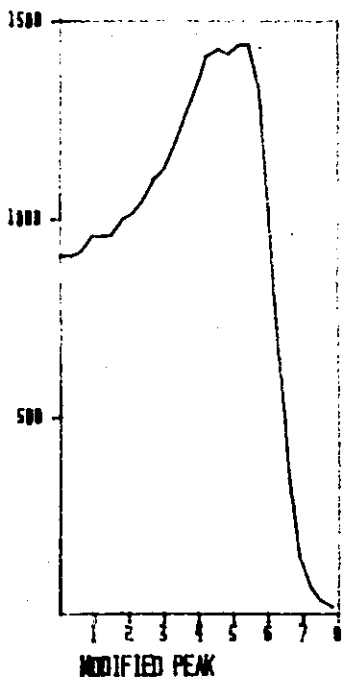


Рис.6. Кривая Брегга, первая процедурная кабина.

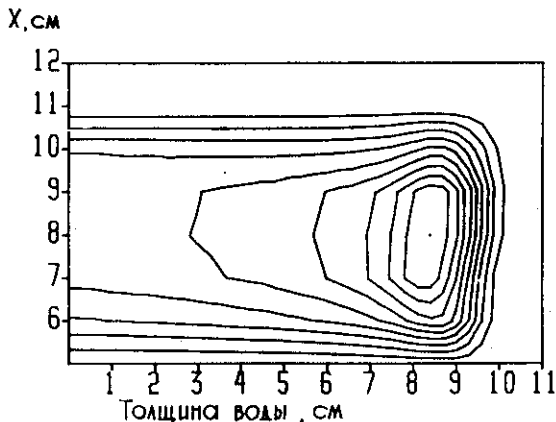


Рис.7. Изодозное распределение, вторая процедурная кабина.

Приношу благодарность В.М.Абазову, С.А.Густову, Г.В.Мицину за содействие в работе и ряд полезных обсуждений и замечаний, а также И.И.Клочкову за оформление рисунков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джелепов В.П., Рудерман А.И. ОИЯИ, 7287, Дубна, 1973.
2. Антюхов В.А. и др. - ОИЯИ, P10-80-650, Дубна, 1980.
3. Зельчинский М. и др. - ОИЯИ, 16-80-563, Дубна, 1980.
4. Вульвет Дж. Датчики в цифровых системах. М.: Энергоиздат, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 апреля 1989 года.