

PACS: 29.30.L

SINGLE AND DUAL-POINTING DEVICE FOR MOVING THE SAMPLE LU-40 KIPT**A.N. Vodin¹, V.T. Bykov¹, V.A. Kushnir¹, M.S. Malovitza², S.N. Olejnik¹,
G.E. Tuller¹, A.V. Tertichnyy¹**¹ *National Scientific Centre "Kharkiv Institute of Physics and Technology"**1, Akademichna st., 61108, Kharkiv, Ukraine*² *V.N. Karazin Kharkiv National University**4, Svobody sq, 61022, Kharkiv, Ukraine**e-mail: vodin@kipt.kharkov.ua*

Received February 5, 2015

Developed two electro-mechanical device with remote control, designed to move the samples one and two dimensions in a high background radiation. Samples movement carried in mechanical block by stepper motor with holding torque 5.6 kgf·cm and angle precision 1.8°/step. Motor control and control of samples coordinates implements by dint on electronic block, based on PIC16f76 microcontroller and Usart-RS485 interface converter based on Max 485 microchip. Devices can move objects weighing up to 100 g with an accuracy of 0.5 mm. The testing of the two-coordinate device in experiments on electron beam accelerator LU-40 KIPT have been held. The two-dimensional distribution of relative density of the flow distribution of brake γ -rays have been measured by ionization detector.

KEY WORDS: electron accelerator, brake γ -rays, control system, stepper motors**ОДНО- И ДВУХ-КООРДИНАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОБРАЗЦОВ НА ЛУ-40 ННЦ ХФТИ****А.Н. Водин¹, В.Т. Быков¹, В.А. Кушнир¹, М.С. Маловица²,****С.Н. Олейник¹, Г.Э. Туллер¹, А.В. Тертычный¹**¹ *Национальный научный центр "Харьковский физико-технический институт"**61108, Харьков, ул. Академическая, 1*² *Харьковский национальный университет им В.Н. Каразина,**61022, Харьков, пл. Свободы, 4*

Разработаны два электронно-механических устройства с дистанционным управлением, предназначенных для перемещения образцов по одной и двум координатам в условиях высокого радиационного фона. Перемещение образцов осуществляется в механическом блоке, с помощью шаговых двигателей с моментом удержания 5,6 кгс·см и с угловым перемещением 1,8°/шаг. Управление двигателями и контроль координат образцов осуществляется с помощью электронного блока, выполненного на базе микроконтроллера PIC16f76 и преобразователя интерфейсов Usart-RS485 на базе микросхемы Max 485. Устройства могут перемещать объекты массой до 100 г с точностью не хуже 0,5 мм. Диапазон перемещения для одно-координатного устройства составляет 400 мм, а для двух-координатного 300 мм по горизонтали и 200 мм по вертикали. Проведены тестовые испытания двух-координатного устройства в экспериментах на пучке электронов ускорителя ЛУ-40 ННЦ ХФТИ. С помощью ионизационного датчика измерено двумерное распределение относительной плотности распределения потоков тормозных γ -квантов.

К.ЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ускоритель электронов, тормозные γ -кванты, система управления, шаговые двигатели**ОДНЕ- І ДВОХ-КООРДИНАТНІ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗРАЗКІВ НА ПЕ-40 ННЦ ХФТИ****О.М. Водин¹, В.Т. Биків¹, В.А. Кушнір¹, М.С. Маловица², С.Н. Олійник¹, Г.Є. Туллер¹, А.В. Тертичний¹**¹ *Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут"**61108, Харків, вул. Академічна, 1*² *Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна**61022, Харків, пл. Свободи, 4*

Розроблено два електронно-механічних пристрою з дистанційним управлінням, призначених для переміщення зразків по одній і двох координатах в умовах високого радіаційного фону. Переміщення зразків відбувається у механічному блоці за допомогою шагових двигунів з моментом утримання 5,6 кгс·см і кутовим переміщенням 1,8°/крок. Управління двигунами і контроль координат відбувається за допомогою електронного блока, виконаного на базі мікросхеми PIC16f76 і перетворювача інтерфейсів Usart-RS485 на базі мікросхеми Max 485. Пристрої можуть переміщувати об'єкти масою до 100 г з точністю не гірше 0,5 мм. Проведено тестові випробування двох-координатного пристрою в експериментах на пучку електронів прискорювача ЛУ-40 ННЦ ХФТИ. З допомогою іонізаційного датчика було виміряне розподілення відносної щільності розподілу потоків гальмівних γ -квантів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: прискорювач електронів, гальмівні γ -кванти, система управління, крокові двигуни

Во время проведения ядерно-физических экспериментов, особенно в условиях высокого радиационного фона, возникает необходимость дистанционно перемещать небольшие объекты (детекторы, мишени-образцы и т.п.) непосредственно в зоне облучения. Фирмы, производящие соответствующее оборудование для решения подобного рода задач, предлагают различные готовые актуаторы [1-3]. Однако такое оборудование требует, помимо высокой стоимости, создания специфической системы управления и может плохо вписаться в текущую геометрию экспериментальной установки.

В связи с этим, нами разработаны одно- и двух-координатные устройства с системами дистанционного управления, которые могут эксплуатироваться в условиях высокого радиационного фона для перемещения небольших объектов с массой до 100 г. Проведено физическое испытание этих устройств на пучке электронов ускорителя ЛУ-40 ННЦ ХФТИ, показавшее их надежную работу. Одно-координатное устройство использовалось для установки стеклянной пластины, необходимой для определения размеров пучка электронов на выходе ускорителя. Для определения плотности распределения тормозных гамма-квантов применялось двух-координатное устройство, с помощью которого передвигался детектор гамма-излучения в плоскости перпендикулярной направлению оси пучка [4]. В дальнейшем предполагается задействовать разработанные устройства для проведения экспериментов на каналах нейтронов ядерной установки «Источник нейтронов» ННЦ ХФТИ [5].

Целью работы является создание устройств, предназначенных для перемещения образцов по одной и двух координатах с точностью не хуже 0,5 мм в условиях высокого радиационного фона.

ОПИСАНИЕ КООРДИНАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Оба устройства имеют схожие схемы блочных конструкций, состоящих из механической части и электронного блока управления. Электронный блок содержит источник питания для двигателей, плату управления и драйверы шаговых двигателей (ШД). Эти драйверы выполнены на связке микросхем L297 и L298 по стандартной схеме [6,7] со стабилизацией среднего тока в обмотках двигателя, что позволяет регулировать ток и избежать перегрева двигателей. В режиме покоя драйверы обесточивают двигатели, что уменьшает нагрев двигателей и драйверов. Применяемые драйверы позволяют подключать двигатели с током до 2 А на обмотку. Электронные блоки выведены из зоны облучения с целью уменьшения радиационной нагрузки на них и соединены длинным кабелем с соответствующей механической частью координатного устройства.

Плата управления преобразует поступающие команды в сигналы для драйверов ШД, обрабатывает состояния конечных выключателей “home” и “limit” и отправляет результаты выполнения команд или состояния устройства, например, текущей координаты. В схеме реализован плавный разгон и торможение шаговых двигателей, что позволяет достичь больших скоростей вращения двигателя, чем при вращении с постоянной скоростью и резким стартом. Кроме того, это позволяет избежать прокручивания двигателя и ходового винта по инерции, что увеличивает точность перемещения. Средняя скорость перемещения порядка 1 см/с.

Основным элементом платы управления является микроконтроллер PIC16f76, работающий на тактовой частоте 8 МГц [8]. Кроме микроконтроллера, плата содержит:

- стабилизатор питания;
- светодиоды для индикации состояния;
- схемы защиты входов и выходов от короткого замыкания;
- схемы защиты от повышенного напряжения, которое может возникнуть вследствие наводок;
- преобразователь интерфейсов Usart-RS485 на базе микросхемы Max 485, необходимый для подключения микроконтроллера к линии связи.

Связь исполняется по стандарту RS485 по линии типа «витая пара» либо по двум коаксиальным кабелям вне зависимости от общего количества устройств. Данный стандарт широко используется в промышленности, обладает хорошей помехозащищенностью и позволяет управлять одновременно несколькими устройствами. При согласовании линии связи длина кабеля может достигать 1200 м. Вследствие малого информационного обмена между блоками выбрана довольно низкая скорость передачи данных 9600 бод, что позволяет улучшить помехозащищенность.

Линия связи подключается к ПК через преобразователь RS485-USB, который отображается в списке устройств ПК как виртуальный COM-порт. Такое решение позволяет использовать для управления системой различные терминальные программы, поддерживающие работу с COM-портом, либо специально разработанное программное обеспечение.

Алгоритм системы команд и ответов разработан с учетом возможного подключения нескольких устройств. Команда состоит из пяти байт:

- первый – имя устройства, которому адресована данная инструкция,
- второй – непосредственно действие,
- остальные – параметры.

Для передачи параметров применяется десятичная или строковая запись. Питание для плат управления обоих устройств подается отдельно, что позволяет организовать полную перезагрузку устройств в случае их некорректной работы.

В механических частях координатных устройств используются шаговые двигатели с моментом удержания 5,6 кгс·см и с угловым перемещением 1,8°/шаг (200 шагов/оборот). Драйверы ШД работают в режиме половинного шага, таким образом, для совершения одного оборота ходового вала на драйвер необходимо подать 400 импульсов, что позволяет, при необходимости, перемещаться объекту с более мелким шагом.

МЕХАНИКА ОДНО-КООРДИНАТНОГО УСТРОЙСТВА

На рис. 1 схематически изображена конструкция одно-координатного устройства. Станиной (2) данного устройства служит длинный металлический уголок. На одном конце, которого расположен шаговый двигатель (1), посередине и в конце стойки с шарикоподшипниками (4,7) между которыми расположен ходовой винт (5). Для перемещения выбрана винтовая передача, состоящая из каретки (6) и ходового винта. Небольшие нагрузки позволили обойтись без применения специальной резьбы и использовать метрическую резьбу М8 с треугольным профилем и шагом 1,25 мм. Каретка одновременно является и ходовой гайкой (резьба нарезана непосредственно в ее теле). Стеклая пластина (9) крепится к каретке.

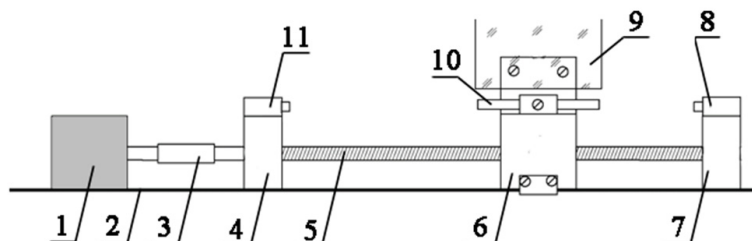


Рис. 1. Схема одно-координатного устройства

1 – шаговый двигатель; 2 – станина; 3 – упругая муфта; 4,7 – стойки с подшипниками; 5 – ходовой винт; 6 – каретка; 8,11 – концевые выключатели; 9 – стеклянная пластина; 10 – регулируемые упоры.

При вращении ходового винта с резьбой каретка едет либо в одну, либо в другую сторону, соответственно она перемещается вдоль одной координаты. Для предотвращения вращения образца каретка сделана в форме параллелепипеда и своей поверхностью скользит по внутренней поверхности станины. Также предусмотрены дополнительные меры предотвращения её поворота. Длина перемещения каретки 400 мм. Ходовой винт соединен с валом двигателя упругой муфтой (3), что позволяет избежать разрушения устройства в случае несрабатывания концевых выключателей, и снижает требования, накладываемые на соосность вала двигателя и ходового винта.

Рядом с подшипниками расположены концевые выключатели “home” и “limit” (8 и 11), на которые нажимают специальные регулируемые упоры (10), расположенные на каретке. При нажатии на них регулируемые упоры, расположенные на каретке, двигатель останавливается. Так же выключатель “home” служит для определения начальной координаты. В этом случае каретка медленно движется до его срабатывания. В момент срабатывания двигатель отключается, текущая координата считается нулевой.

МЕХАНИКА ДВУХ-КООРДИНАТНОГО УСТРОЙСТВА

При разработке механической части двух-координатного устройства использовалась информация по компоновке и созданию станков с числовым программным управлением, как наиболее близких к разработанному устройству по конструкции [9,10]. В данном случае, выбрана типовая схема портала, а также использовались типовые решения для других узлов, например: использование упругих муфт и конструкции подшипниковых узлов с регулируемым предварительным натяжением.

На рис. 2 схематически изображена конструкция двух-координатного устройства.

В механической части двух-координатного устройства использованы два шаговых двигателя с моментом удержания 5,6 кгс·см с угловым перемещением 1,8°/шаг (200 шагов/оборот). Шаговый двигатель по оси X (8) через упругую муфту (7) передает вращение на ходовой винт (2) диаметром 10 мм и шагом 1,5 мм. Винт закреплен в двух опорах с шарикоподшипниками, причем конструкция одной из них позволяет выбрать люфт в подшипниках. Гайка, сидящая на винте, закреплена на каретке (3), свободно-катящейся на шарикоподшипниках (4) вдоль горизонтальных направляющих (1). На каретке расположен второй набор направляющих (13), шаговый двигатель (6), упругая муфта (5) и винт (9), который через гайку (10) перемещает вертикальный шток (11) с закрепленным на нем детектором гамма-излучения (12). Вынос детектора на штоке позволяет снизить дозу облучений устройства. Использование упругих муфт позволяет избежать разрушения устройства в случае несрабатывания концевых выключателей и снижает требования, накладываемые на соосность вала двигателя и ходового винта.

На каждой паре направляющих расположены свои концевые выключатели “home” и “limit”, срабатывающие при достижении кареткой минимального и максимального положения соответственно.

Устройство позволяет перемещать детектор на 300 мм по горизонтали и 200 мм по вертикали. В ходе испытаний на стенде точность и повторяемость положения детектора, измеренные индикатором часового типа ИЧ-5, были не хуже 0,5 мм.

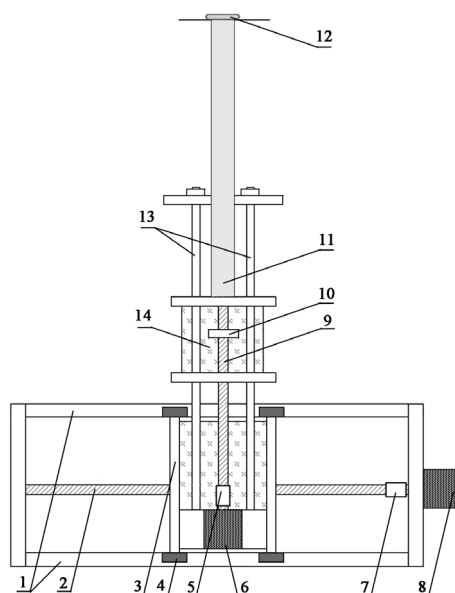


Рис. 2. Схематический вид двух-координатного устройства

1 – горизонтальные направляющие; 2 – ходовой винт оси X; 3 – каретка, движущаяся вдоль оси X; 4 – шарикоподшипники; 5 – упругая муфта оси Y; 6 – шаговый двигатель оси Y; 7 – упругая муфта оси X; 8 – шаговый двигатель оси X; 9 – ходовой винт оси Y; 10 – ходовая гайка оси Y; 11 – шток; 12 – детектор гамма-излучения; 13 – вертикальные направляющие; 14 – каретка, движущаяся вдоль оси Y.

ЭКСПЕРИМЕНТ НА ЛУ-40

Проведено физическое испытание работоспособности двух-координатного устройства на пучке электронов ЛУ-40 ННЦ ХФТИ в условиях высокого радиационного фона. Схема эксперимента приведена на рис. 3.

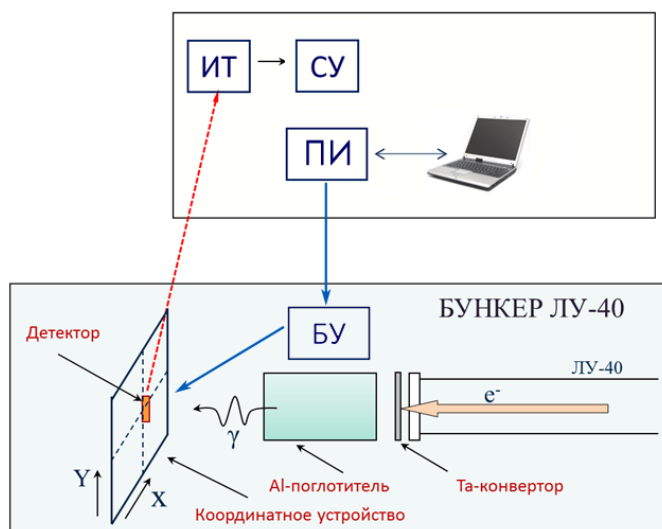


Рис. 3. Схема эксперимента на ЛУ-40 ННЦ ХФТИ

В эксперименте детектор γ -квантов перемещался с помощью двух-координатного устройства в плоскости перпендикулярной оси электронного пучка с шагом 20 мм по координатам X и Y. При этом была измерена относительная плотность распределения тормозных γ -квантов, образующихся при облучении Та-мишени толщиной 1,05 мм пучком ускоренных электронов с энергией $E_e = 46$ МэВ и средним током $I_e = 3,36$ мкА. Для очистки пучка γ -квантов от электронов использовался цилиндрический Al-замедлитель диаметром 10 см и толщиной 10 см.

Управление движением детектора γ -квантов проводилось через ПК, расположенного на расстоянии 50 м, путем выдачи соответствующих команд на блок управления (БУ). Линия связи подключалась к ПК через преобразователь интерфейсов (ПИ) RS485 – USB. В качестве детектора тормозных γ -квантов использовался счетчик Гейгера, сигналы с которого передавались на интегратор тока (ИТ) и затем на счетное устройство (СУ).

В процессе проведения ядерно-физических экспериментов на пучке электронов ЛУ-40 ННЦ ХФТИ двух-координатное устройство показало устойчивую и надежную работу.

На рис. 4 изображен результат проведенных измерений – профиль относительного распределения плотности потока тормозных γ -квантов. Диапазон измерений по оси X составил 240 мм, по оси Y - 180 мм. Интенсивность отсчетов детектора тормозных γ -квантов отложена по вертикальной оси. Как видно из рис. 4 распределение тормозных γ -квантов носит симметричный характер. Оно определяется в основном низкоэнергетической составляющей тормозного спектра γ -квантов.

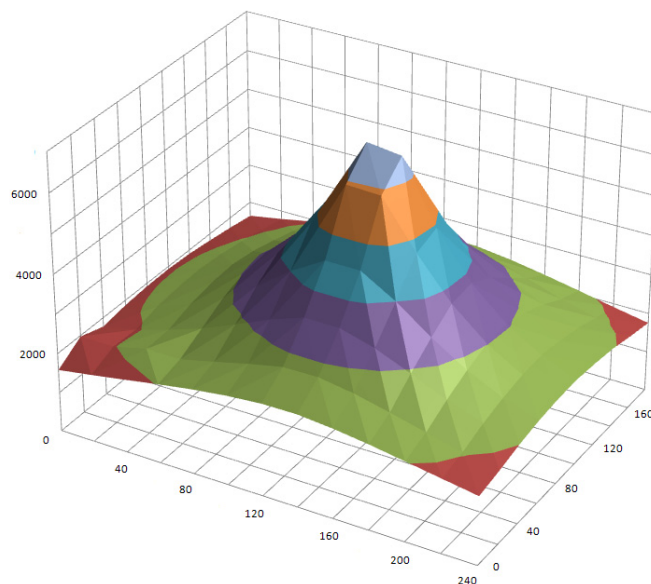


Рис. 4. Плотность распределения тормозных γ -квантов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны одно- и двух-координатные устройства для перемещения образцов в условиях высокого радиационного фона. Каждое устройство состоит из механической части и электронного блока управления. Механическая часть устройств позволяет передвигать объекты массой до 100 г с точностью не хуже 0,5 мм. Двух-координатное устройство использовалось в экспериментах на пучке электронов ускорителя ЛУ-40 ННЦ ХФТИ для измерения относительной плотности распределения потоков тормозных γ -квантов. Во время проведения этих измерений оба устройства показали устойчивую и безотказную работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.focus-nuclear.com/pdf/TP_AUMA.pdf.
2. <http://www.zpa-pecky.cz/electric-actuators/multi-turn/moa-oc.htm?lang=en>.
3. <http://www.bernardcontrols.com/en/valve-actuator-market/nuclear-energy/>.
4. Vodin A.N., Olejnik S.N., Tuller G.Je., Tertichnyj A.V. Dvuh-koordinatnaja sistema dlja peremeshhenija datchika izmerenija plotnosti potoka γ -kvantov // Tezisy dokladov na HI Konferencii po fizike vysokih energij, jadernoj fizike i uskoriteljam, Har'kov, 11-15 marta 2013 g. – S.116.
5. Ayzatskiy M.I., Borts B.V., Vodin A.N. at all. NSC KIPT Neutron Source // Problems of Atomic Science and Technology, series Nuclear Physics Investigations. – 2012. – No.3(79). – P.3-9.
6. L297 Stepper Motor Controller Datasheet <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00000063.pdf>
7. L298 Dual Full Bridge Driver Datasheet http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/fragment/website_building_block/site_media/icon/pdf_icon_large.jpg
8. Pic16f7x 28/40-pin, 8-bit Cmos Flash Microcontrollers DataSheet <http://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30325b.pdf>
9. Lovygin A.A., Teverovskij L.V. Sovremennyj stanok s ChPU i CAD/CAM-sistema. – DMK-Press, 2012. – 279s.
10. Pabla B.S., Adithan M. CNC Machines. – New Age International, 1994. – 107p.