



# СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЧКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ПРОВОЛОЧНОГО СКАНЕРА

Р.М. Нажмудинов<sup>1,2,\*</sup>, А.А. Кубанкина<sup>1</sup>, И.А. Кищин<sup>1,2</sup>,  
А.С. Кубанкин<sup>1,2</sup>, Е.В. Болотов<sup>1</sup>

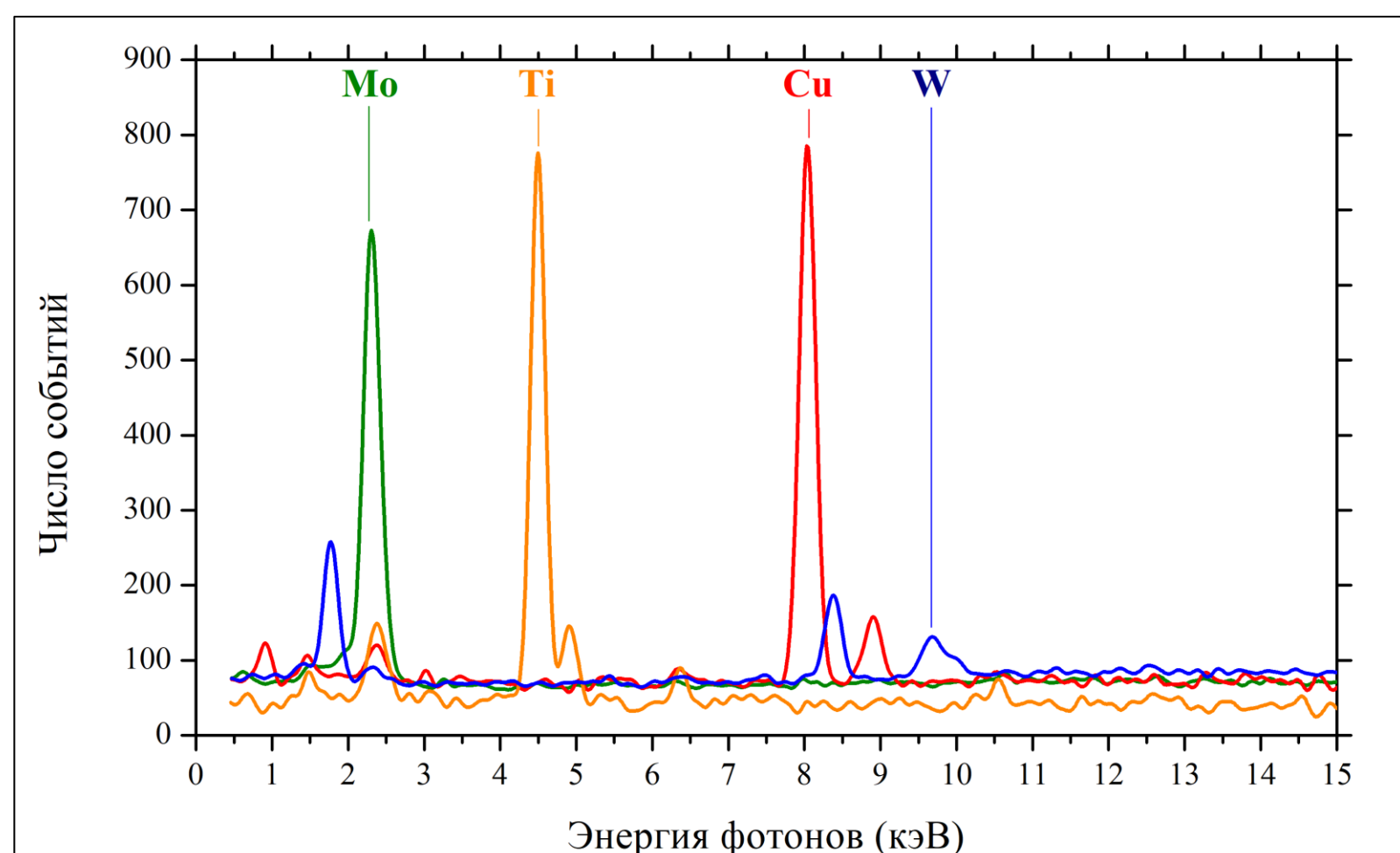
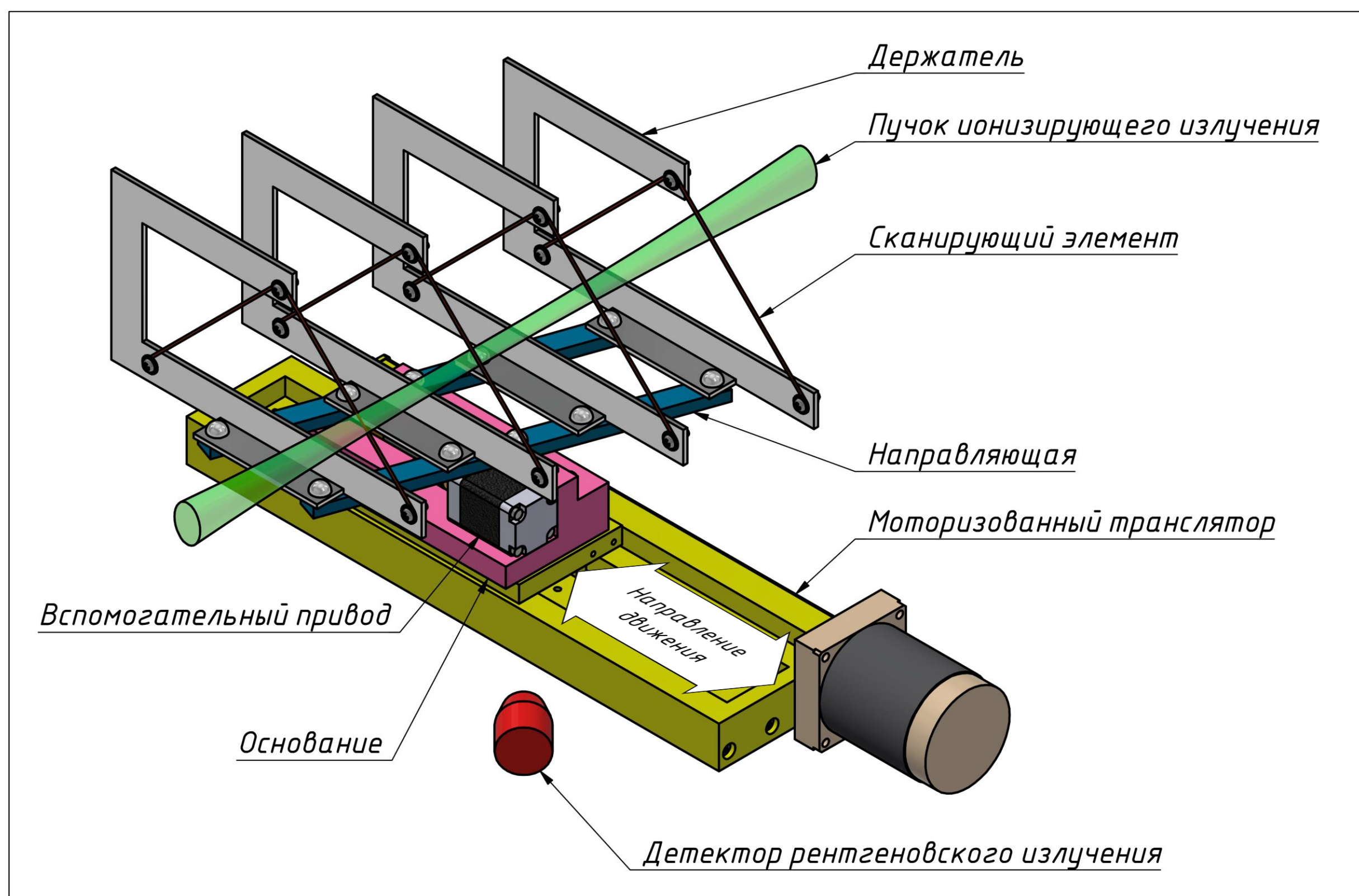
<sup>1</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

<sup>2</sup> Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

\* Nazhmudinov@bsu.edu.ru

Не смотря на то, что проволочные сканеры поперечных профилей пучков заряженных частиц появились еще в ранний период развития ускорительной техники, благодаря простоте конструкции, низкой стоимости и высокому разрешению они продолжают активно использоваться для измерения положения, поперечных размеров, профилей, расходимости, а также эмиттанса пучков низких и высоких энергий. Во время сканирования тонкая проволочка пересекает пучок частиц в перпендикулярном его оси направлении, что сопровождается образованием тормозного излучения и вторичной электронной эмиссией. Для определения поперечного профиля достаточно построить зависимость интенсивности излучения или тока вторичной эмиссии от положения проволочки.

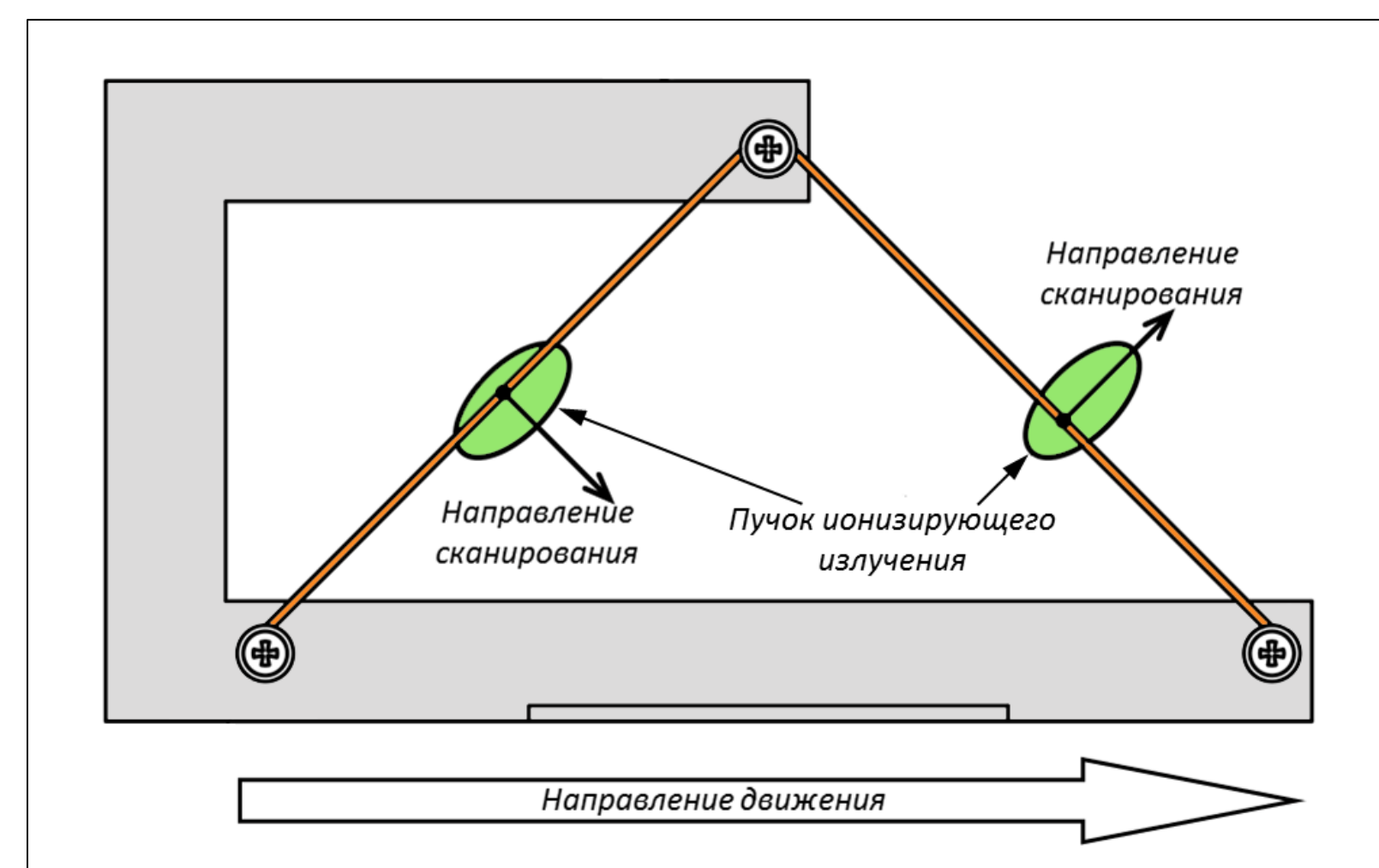
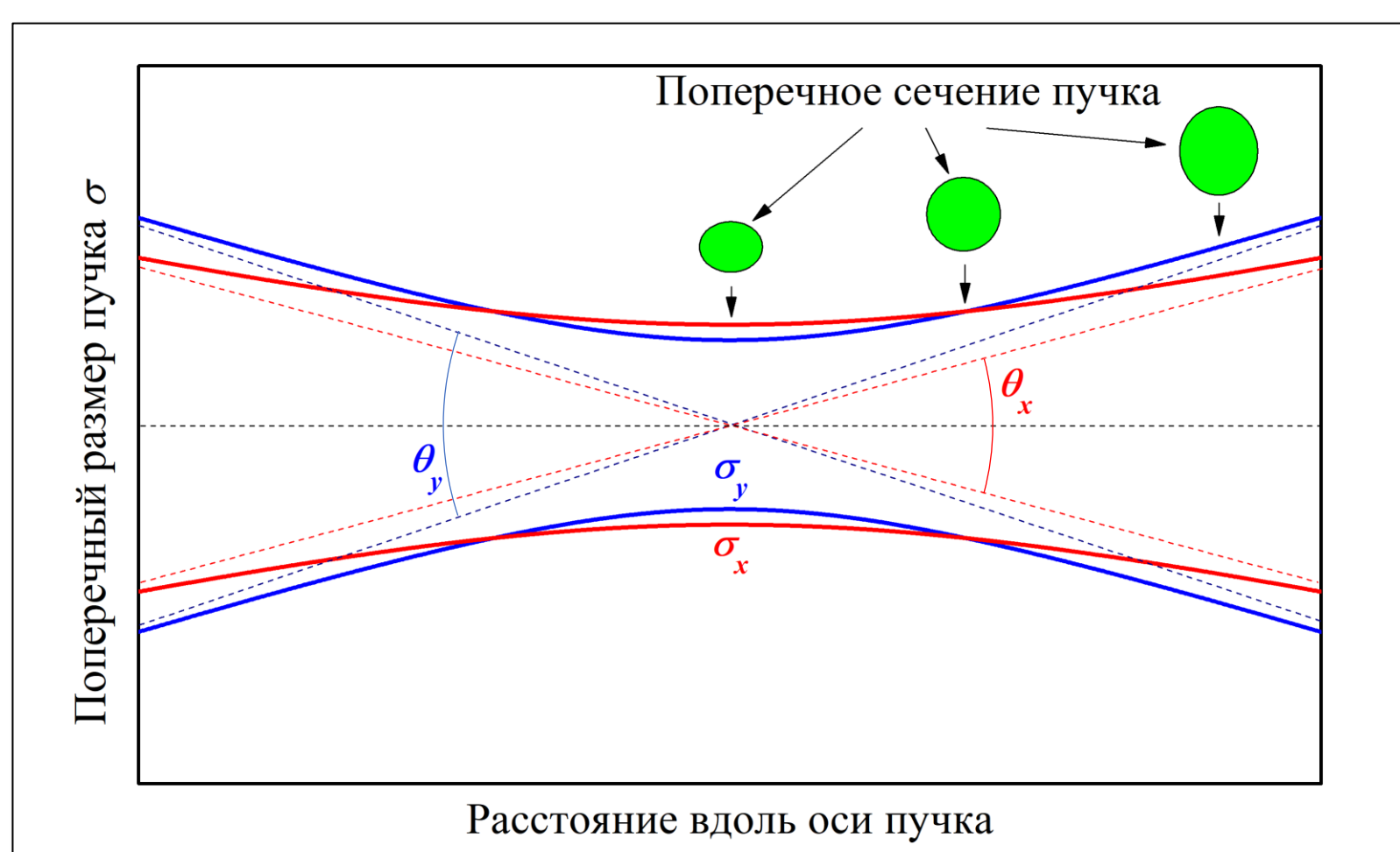
Предлагаемый сканер содержит множество сканирующих элементов – тонких проволочек Г-образной формы, изготовленных из разных материалов. Сканирующие элементы могут одновременно перемещаться в перпендикулярном к оси пучка направлении при помощи моторизованного транслятора. Пара направляющих и вспомогательный привод позволяют изменять расстояние между сканирующими элементами, сохраняя их параллельность друг другу. Такая особенность при наличии всего одной «рабочей» степени свободы позволяет выполнить одновременное измерение поперечных профилей в нескольких точках, расположенных вдоль оси пучка.



Под действием пучка ионизирующих излучений проволочки становятся источниками характеристического рентгеновского излучения (ХРИ), распространяющегося изотропно (во всех направлениях), что позволяет расположить детектор излучения под любым углом к оси пучка (в отличие от, например, тормозного излучения, распространяющегося преимущественно вдоль скорости релятивистских заряженных частиц). Спектр ХРИ содержит узкие пики, энергия которых определяется материалом, из которого изготовлены сканирующие элементы. Использование энергодисперсионного рентгеновского детектора позволяет разделить сигналы от разных проволочек при их одновременном облучении пучком заряженных частиц или фотонов.

Г-образная форма проволочек и конструкция держателя делают возможным измерение поперечных профилей в месте расположения каждого сканирующего элемента в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, не изменяя направления движения всей конструкции (аналогично работам [Cutler R.I. et al. IEEE Trans. Nucl. Sci. 1983 NS-30\(4\)2213–2215](#) и [Ross M.C. et al. Conference Record of the 1991 IEEE Particle Accelerator Conference 1991 2 1201–1203](#)).

Измеренные поперечные профили позволяют определить, как вдоль оси изменяются размеры пучка ( $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ ), и вычислить соответствующие расходимости ( $\theta_x$  и  $\theta_y$ ) и значения эмиттансов ( $\epsilon_x$  и  $\epsilon_y$ ).



Представленная конструкция является результатом модернизации проволочного сканера, подробное описание и результаты испытаний которого представлены в:  
– научной статье [Nazhmudinov R.M. et al. JINST 2018 13 P12012](#),  
– патенте РФ [RU182076U1](#), 21.05.2018,  
– заявке на патент РФ № 2021105367, 02.03.2021.

Работа выполнена при финансовой поддержке конкурсной части госзадания по созданию и развитию лабораторий, проект № FZWG-2020-0032 (2019-1569).