

ИЗМЕРЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ВОДНОГО ФАНТОМА PTW BEAMSCAN

THE DOSIMETRIC CHARACTERISTICS MEASURING OF A LINEAR ACCELERATOR USING THE WATER PHANTOM PTW BEAMSCAN

Е. В. Кемеш^{1,2}, С. К. Семковский^{1,3}

E. Kemesh^{1,2}, S. Semkovsky^{1,3}

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Беларусь

²Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии
им. Н.Н. Александрова, Минский район, Республика Беларусь

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

³Минский городской клинический онкологический центр
Минск, Беларусь

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

²State Institution «N. N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus», Minsk region, Republic of Belarus
kemesh.jenya@gmail.com

³Minsk City Clinical Cancer Center
Minsk, Republic of Belarus

В статье описана работа по измерению дозиметрических характеристик линейного ускорителя с помощью водного фантома PTW BEAMSCAN для задачи ввода данных пучка фотонного излучения в планирующую систему.

The article describes the work on measuring the dosimetric characteristics of a linear accelerator using a PTW BEAMSCAN water phantom for the task of inputting photon beam data into a planning system..

Ключевые слова: лучевая терапия, линейный ускоритель, дозиметрия, планирующая система, PTW BEAMSCAN.

Keywords: radiation therapy, linear accelerator, dosimetry, planning system, PTW BEAMSCAN.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-1-329-332>

Лучевая терапия – безболезненная процедура с применением ионизирующего излучения, в качестве которого обычно используют низко и высокоэнергичные пучки фотонов и/или электронов. Целью данного метода лечения является разрушение опухолевой ткани либо облучение для профилактики рецидива болезни [1].

Одним из устройств для проведения процедуры облучения является медицинский линейный ускоритель заряженных частиц. Он используется для проведения дистанционной радиотерапии при злокачественных новообразованиях любых тканей и органов [1]. Пучки фотонов генерируются медицинским ускорителем в диапазоне энергий 4–25 МВ. Лечение пациентов на ускорителях проводится по специально создаваемым так называемым лечебным планом лучевой терапии. По сути, это есть набор технических параметров линейного ускорителя, при которых генерируемое излучение и, как следствие, подводимая доза облучения, будет соответствовать клиническим критериям каждого конкретного курса лучевой терапии. Вся работа проводится в единой программной оболочке (планирующая система), которая и делает возможным эффективно работать на всем оборудовании.

Важной составляющей цепочки «лечебный план → линейный ускоритель», является практически полное соответствие расчетных алгоритмов станций планирования с реальным радиационным выходом и дозовым распределением в облучаемом объеме. Ключевым моментом создания новой модели пучка линейного ускорителя в планирующей системе – это корректное измерение всех необходимых дозиметрических характеристик медицинского оборудования.

Для задач измерения дозиметрических характеристик, таких как дозовые профили, глубинное распределение дозы, измерение абсолютной дозы, факторов выхода и др. используются водные фантомы. В данной работе будет описан опыт работы измерения дозиметрических характеристик линейного ускорителя с помощью последней модели водного фантома производства PTW: BEAMSCAN [2].

РАБОТА С PTW BEAMSCAN

Стоит отметить, что водные фантомы являются неотъемлемой частью обеспечения лучевой терапии не только на этапе ввода в эксплуатацию новых ускорителей, но и для проведения контроля качества аппаратов при пла-

новых контролях качества, а также после поломок линейных ускорителей, касающихся качества терапевтического пучка. В таких случаях скорость работы с дозиметрическим оборудованием напрямую влияет на время, которое может быть потрачено на работу ускорителя в лечебных целях.

Будучи первым по-настоящему автоматизированным беспроводным трехмерным водным фантомом, BEAMSCAN (рисунок 1) сочетает в себе скорость и точность. Благодаря автоматизированным функциям и более высокой скорости сканирования время ввода в эксплуатацию сокращается без ущерба для качества и точности данных [2].

Благодаря тому, что вся электроника и кабели встроены непосредственно в систему, универсальный BEAMSCAN готов к использованию прямо из коробки. Необходим лишь шнура питания. Никаких дополнительных кабелей и никаких внешних устройств для установки не требуется [2].

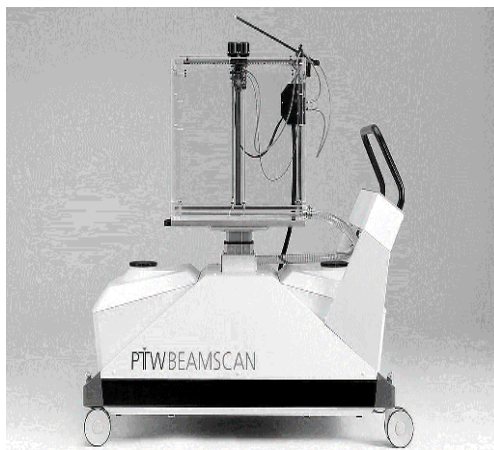


Рисунок 1 – PTW BEAMSCAN

Установку фантома BEAMSCAN можно условно разделить на 4 шага.

ШАГ 1: Подключение фантома.

Перед началом измерения необходимых данных, нужно переместить фантом в процедурный кабинет, выровнять его положение по перекрестию коллиматора ускорителя, подключить кабель питания. Дальнейшие действия будут выполняться с приложения в телефоне за счет беспроводного подключения BEAMSCAN к сети Wi-Fi.

На данном этапе работы экономия времени заключается в компактности оборудования и отсутствии большого количества проводов. В предыдущих версиях данного фантома блоки коммуникации компьютер-фантом и электрометр находились отдельно, что требовало дополнительного места и времени на подключение всех необходимых коннекторов и проводов питания.

ШАГ 2: Настройка системы BEAMSCAN в приложении.

Далее работа с фантомом продолжается в приложении BEAMSCAN на мобильном устройстве. Благодаря пошаговой работе приложения происходит настройка системы фантома в процедурном кабинете. В приложении BEAMSCAN заложено автоматическое выполнение следующих задач [2]:

- Эталонный прогон.
- Нулевое позиционирование.
- Заполнение водой.
- Виртуальное выравнивание (TRULEVEL).

Этот шаг включает сразу три ключевых действия, которые, при работе с классическими водными фантомами, занимают большую часть времени: проверка работоспособности всех механизмов и задание пределов движения колодки крепления ионизационной камеры; автоматический контроль заполнения водой рабочего объема фантома, виртуальное выравнивание.

BEAMSCAN использует уникальное запатентованное полностью автоматическое виртуальное выравнивание резервуара, которое помогает устранить типичные источники ошибок при выравнивании резервуара. Основываясь на трехточечном измерении и передовых математических расчетах, TRULEVEL выравнивает оси сканирования практически по поверхности воды без физического перемещения резервуара или сканирующих рычагов.

ШАГ 3: Выравнивание по SSD и установка детекторов.

В BEAMSCAN используется новая система крепления на подвижной колодке. Все необходимые инструменты можно закрепить и снять одной рукой за счет механизма «нажми-фиксируй». Для выравнивания фантома по source-skin distance (SSD), используется инструмент настройки SSD «нажми-фиксируй». Затем можно быстро подключить эталонный и полевой детекторы с помощью простого «защелкивания» системы TRUFIX (рисунок 2). TRUFIX — это уникальная запатентованная система позиционирования детекторов, предназначенная для быстрой, удобной установки и превосходной точности позиционирования детекторов PTW [2].

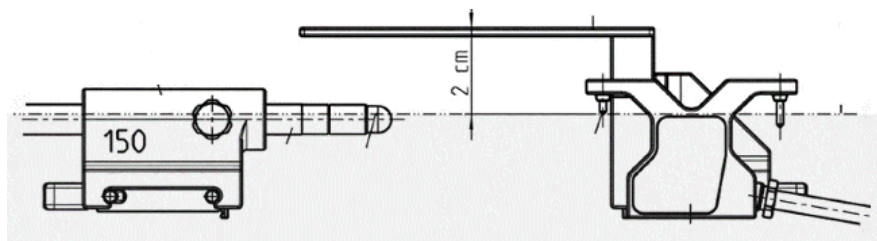


Рисунок 2 – Система позиционирования детекторов TRUFIX

Система «нажми – зафиксируй» действительно ускоряет и упрощает установку ионизационных камер. Также система TRUFIX позволяет ускорить работу с оборудованием при работе с различными ионизационными камерами и твердотельными детекторами, поскольку в системе уже заложено позиционирование камер в их эффективном центре с точностью $\pm 0,1$ мм [2].

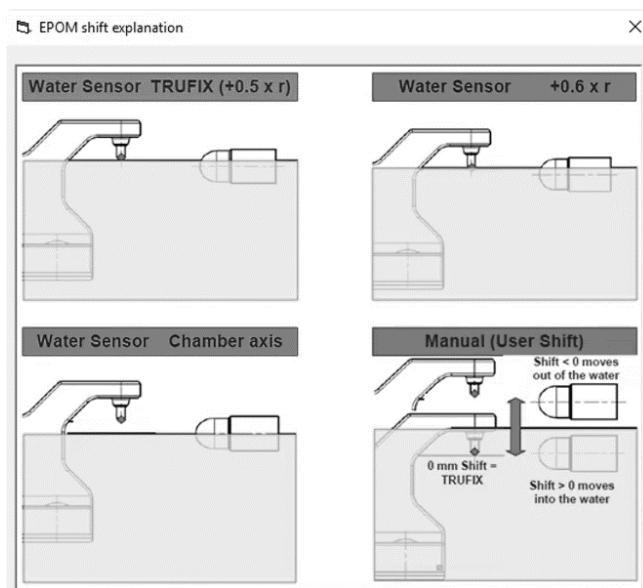


Рисунок 3 – Автоматический выбор позиционирования камер/детекторов в программном обеспечении BEAMSCAN

Для абсолютной дозиметрии изменение положения установленной камеры или детектора возможно произвести в программном обеспечении (рисунок 3).

ШАГ 4: Завершить автоматическую настройку BEAMSCAN в диспетчерской.

Дальнейшая работа с оборудованием происходит в диспетчерской. Необходимо запустить программу BEAMSCAN, чтобы обнулить электрометр, и выполнить оставшиеся шаги автоматической настройки BEAMSCAN, требующие излучения:

- Регулировка центра луча.
- Автоматическое выравнивание полей.

После подачи излучения в рабочий объем резервуара с водой, подключенный «полевой» детектор по заданному алгоритму определяет границы профиля пучка ионизирующего излучения в поле 10×10 см и определяет истинное положение центра излучения. Фантом готов к работе.

Описанные шаги занимают около 15 минут [2], что значительно меньше, по сравнению с предыдущим поколением классических трехмерных водонаполненных дозовых анализаторов.

Сборка водного фантома PTW BEAMSCAN происходит также очень просто и быстро. После завершения измерений достаточно слить воду нажатием одной кнопки и отключить кабель питания. Фантом готов к транспортировке в место хранения.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ BEAMSCAN

При вводе в эксплуатацию новых линейных ускорителей необходимо измерить большое количество параметров пучка. С целью экономии времени и дополнительного удобства для пользователей, существует дополнительная функция создания списка задач. Список задач можно создать как с нуля, так и использовать заранее сохраненные шаблоны.

При длительных измерениях дозиметрических параметров линейных ускорителей существует проблема уменьшения уровня воды в фантоме, которая влечет за собой изменение расстояния SSD, а также неправильному позиционированию измерительной камеры/детектора. Поскольку BEAMSCAN оснащен датчиком уровня воды,

больше не нужно лишний раз заходить в процедурное помещение и тратить время на ручную проверку уровня воды. В программном обеспечении есть функция проверки уровня воды, которая при несовпадении первоначальных данных наполненности фантома с текущими, позволит автоматически восстановить заданный уровень воды.

После всех необходимых измерений данные можно сохранить в формате тсс, для просмотров данных в приложении BEAMSCAN. программное обеспечение позволяет перекодировать полученные данные для ввода данных в такие планирующие системы как Eclipse, Monaco, Pinnacle, Masterplan, Cyberknife, Tomo Therapy.

В заключении хотелось отметить положительный опыт использования автоматизированного беспроводного трехмерного водного фантома BEAMSCAN. Точность и скорость работы нового поколения водного фантома от компании PTW действительно позволяют улучшить рабочий процесс измерений дозиметрических параметров линейных ускорителей как при вводе в эксплуатацию нового оборудования, так и при контроле качества аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лучевая терапия [Электронный ресурс] / Минский городской клинический онкологический диспансер, 2023. – Режим доступа: <http://www.mgkod.by/uslygy/2-general/394-luchevaya-terapiya> – Дата доступа: 04.02.2023.
2. Beamscan water phantom [Электронный ресурс] / PTW, 2023. – Режим доступа: <https://www.ptwdosimetry.com/en/products/beamscan-water-phantom/> – Дата доступа: 15.02.2023.