

**ВЕРИФИКАЦИЯ РОТАЦИОННЫХ МЕТОДИК ОБЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛОСКИХ  
И ОБЪЕМНЫХ МАТРИЧНЫХ ДЕТЕКТОРОВ**

М.Г. Двуреченский, Е.С. Сухих

Научный руководитель: старший преподаватель, к. ф-м. н., Е.С. Сухих  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: [whitediabl@gmail.com](mailto:whitediabl@gmail.com)

**VERIFICATION OF ROTATION METHODS OF IRRADIATION BASED ON FLATS  
AND VOLUME MATRIX DETECTORS**

M.G. Dvurechenskiy, E.S. Sukhikh

Scientific Supervisor: senior lecturer, PhD, E.S. Sukhikh  
National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: [whitediabl@gmail.com](mailto:whitediabl@gmail.com)

***Abstract.** The results of a comparison of planar and bulk matrix detectors are presented in this paper to test irradiation techniques with intensity modulation. Verification was performed on two and three-dimensional matrix detectors MatriXX, Ocravius and ArcCHECK. And it was evaluated with gamma-indeksa*

**Введение.** Система планирования лучевой терапии Мопасо предназначена для создания планов лучевой терапии для пациентов с онкологическими заболеваниями, которым назначена дистанционная лучевая терапия. Система позволяет рассчитать и представить (на экране или в виде распечатки) значения распределения дозы облучения внутри тела пациента для заданных параметров плана лучевой терапии (в двумерном или трехмерном режиме).

Для проверки планов, используют двух или трехмерные матричные детекторы. И оцениваются при помощи гамма-индекса. Результаты гамма-индекса используется для количественной оценки совпадения между расчетами распределения поглощенной дозы в системе дозиметрического планирования и измеренными распределениями поглощенной дозы с помощью фантомных детекторов.

**Актуальность.** Необходимость верификация дозиметрический планов с высокой степенью модуляции флюенса пучка (т.е. сравнение рассчитанных с измеренными результатами) заключается в том, что не всегда рассчитанный план может быть воспроизведен полностью правильно, поскольку система планирования используется определенные алгоритмы, которые имеют свои ограничения по точности распределения дозы в гетерогенной и однородной среде.

**Цель работы:** определить, наиболее эффективное оборудование по верификации ротационной методики путем сравнения результатов с двумерных матричных детекторов MatriXX, OCTAVIUS 1500 и трехмерного детектора ArcCHECK.

**Материалы и методы исследования.** ArcCHECK является 4D детекторной матрицей. Имеет уникальную форму цилиндрического детектора, близкую к изотропной, не зависящую от угла гантри.

Детекторы ArcCHECK и угол падения остается когерентным подаваемому пучку независимо от его угла. Геометрия детектора BEV не изменяется при изменении угла. Детекторы располагаются на HeliGrid™, которая увеличивает скорость регистрации и снижает пересечение и затенение детекторов с

видом со стороны пучка (BEV), сравнимые с 2D системами. (Рисунок 1). Центральное поле 10x10 см ArcCHECK содержит 221 детектор. Измеряются дозы на входе и выходе, по сути удваивая плотность детекторов в измеряемом поле. ArcCHECK производит измерения при каждом импульсе и записывает данные с интервалом 50мс. Ограничения на измеряемую дозу отсутствуют, а дискретность измерения выше 0,2% при ротационной подаче при низкой скорости облучения [1].

**Детекторы MATRIXX.** MatriXX 2D-детекторная матрица состоит из 1020 пиксельных камер, равномерно распределенных между площадью 24 x 24 см<sup>2</sup> при 100 см SDD. (Рисунок 2). Расстояние между отдельными детекторами составляет 7,6 мм (от центра к центру). Параллельное считывание всех 1020 детекторов с минимальной частотой дискретизации 20 мсек позволяет получать как отдельные сегменты IMRT, так и общую интегрированную дозируемую дозу. MatriXX легко настраивается и выравнивается. Его можно использовать в тканеэквивалентном фантоме или в держателе гантри, прикрепленном к головке LINAC [2].

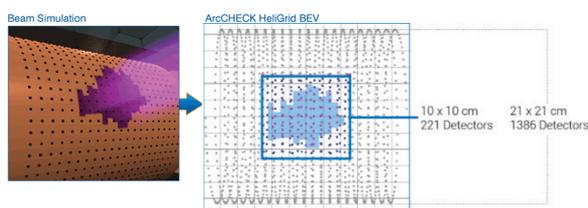


Рис. 1 Схема детектор ArcCHECK

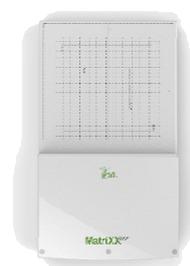


Рис. 2 – детектор Matrixx

**Детекторы OCTAVIUS.** OCTAVIUS Detector 1500 MR Представляет собой концепцию матрицы ионной камеры в плоскости для проверки IMRT и контроля качества в лучевой терапии. Использование ионных камер позволяет избежать радиационных дефектов, что является главным недостатком твердотельных детекторов. Вентилируемые плоскопараллельные ионные камеры имеют размер 4,4 мм x 4,4 мм x 3 мм, а расстояние между центрами составляет 7,1 мм. Всего в матрице расположено 1405 ионных камер, обеспечивающих максимальный размер поля 27 см x 27 см (рисунок 3).

**Фантом OCTAVIUS** имеет круглую форму в своем поперечном сечении и предназначен для обеспечения комплексной поверки планетарного IMRT-плана. Фантом сделан из полистирола, который имеет физическую плотность 1,06 г/см<sup>3</sup>. Его размеры составляют 32 см в ширину, 34,3 см в длину, 32 см в высоту и имеет центральную полость 30 x 30 x 2,2 см<sup>3</sup> для размещения матрицы детектора. Фантом использует инклинометр, который прикреплен к гантри линейного ускорителя, чтобы обеспечить синхронное вращение OCTAVIUS 4D с помощью инклинометра, (Рисунок 4). В этой ситуации матрица детекторов всегда перпендикулярна лучу излучения [3].

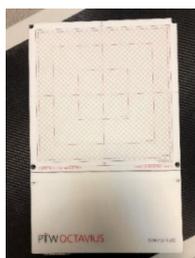


Рис. 3 – матрица OCTAVIUS 1500



Рис. 4- Фантомная установка OCTAVIUS4D на Elekta Infinite в ЛРЦ г. Москва

Для исследования, предварительная проверка была выполнена для 20 планов VMAT, области лечения которых соответствовали HN (голова-шея) и раку предстательной железы. Подача лучей производилась на линейном ускорителе Varian с 6-MB и 10-MB. Дозовые распределения всех планов VMAT были получены матрицей MatriXX 2D, Phantom Octavius и трёхмерной диодной матрицей ArcCHECK.

**Результаты исследований.** Полученные распределения дозы оценивались с помощью гамма-индекса, а программное обеспечение 3DVH обеспечивало трёхмерный гамма-индекс (3DVH (3D)). В таблице 1 показаны гамма-индексы и стандартные отклонения. Средняя степень совпадения по гамма-индексу была выше 95% для критерия 3% / 3 мм. В случаях рака области голова-шея средний гамма-индекс MatriXX оценивался ниже, чем у Octavius и ArcCHECK с критериями 2% / 2 мм.

Таблица 1

Сравнение Гамма-индекс и стандартное отклонение ( $\Sigma$ ) при разных локализациях,  
2-х и 3-х мерных детекторов

		3mm/3%	$\Sigma$	2mm/2%	$\Sigma$
NH – Голова шея	Octavius	98.51	1	93.44	2.8
	MatriXX	98.35	1.1	84.64	8
	ArcCHECK	98.79	2.4	94.8	8.1
Prostate	Octavius	98	1.9	89.57	3.9
	MatriXX	94.85	1.4	86.66	4
	ArcCHECK	97.5	0.7	91.74	2

**Заключение.** Разница в процентной дозе при критерии 3%/3мм дает схожий результат. Средний гамма-индекс для области предстательной железы, дает сходный результат при критерии 2%/2мм. Гамма-индекс для области голова-шея у Octavius и ArcCHECK был оценен выше, чем у MatriXX при критерии 2%/2мм. ArcCHECK дает более точный результат, из-за спирального положения детектора расположенных с двух сторон, что дает расстояние между детекторами 1мм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ArcCHECK® & 3DVH® The Benchmark for 3D VMAT QA [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.sunnuclear.com/solutions/patientqa/arccheck3dvh>. – 1.03.2018
2. Ji Hoon Park, Tae Gyu Kim<sup>1</sup>, Soon Ki Min and Byung Do Park. Comparison of 3DVH Software with Two-dimensional Array Systems on Pretreatment Verification for Volumetric-modulated Arc Therapy // Nuclear Medicine & Radiation Therapy. – 2016. Т. 7. – №2. С. 2-3
3. Ann Van Esch, Katarzyna Basta, Marie Evrard, Michel Ghislain, Francois Sergent, and Dominique P. Huyskens. The Octavius1500 2D ion chamber array and its associated phantoms: Dosimetric characterization of a new prototype // Medical Physics. – 2014. – Т. 41. – № 9. С. 4-7