

**СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОННЫХ И ФОТОННЫХ ПУЧКОВ ЛИНЕЙНОГО  
УСКОРИТЕЛЯ ELEKTA SYNERGY В СИСТЕМЕ ПЛАНИРОВАНИЯ PLUNC**

Я.Н. Сутыгина, Е.С. Сухих

Научный руководитель: старший преподаватель каф. ПФ, к.ф.-м.н. Е.С. Сухих

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [yana.sutygina@mail.ru](mailto:yana.sutygina@mail.ru)

**MODELING OF ELECTRONS AND PHOTONS BEAMS OF LINEAR (PLANAR)  
ACCELERATOR ELEKTA SYNERGY IN MODELLING SYSTEM PLUNC**

Y.N. Sutygina, E.S. Sukhikh,

Scientific Supervisor: PhD, E.S. Sukhikh,

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [yana.sutygina@mail.ru](mailto:yana.sutygina@mail.ru)

***Abstract.** The article presents the experience of creating a model of beam in the non-commercial 3D Plan-UNC radiation treatment planning system (PLUNC). The results of dosimetry for electron and photon beams of the Elekta Synergy linear accelerator are presented.*

**Введение.** Сегодня лучевая терапия является одним из основных методов лечения различных видов онкологических заболеваний и применяется не менее чем у 80 % пациентов. Первостепенной задачей лучевой терапии является соблюдение основного радиотерапевтического принципа: максимальное повреждающее действие на опухоль и уменьшение лучевой нагрузки на окружающие здоровые ткани. Для оптимального лечения доза излучения должна доставляться с высокой точностью и как можно более равномерно (не ниже -5% и не выше +7%), однако это требование не всегда выполнимо по техническим причинам. Т.к. все процедуры для введения в эксплуатацию ускорителя и других радиотерапевтических аппаратов должны выполняться с точностью лучше, чем 5% [1]. В связи с этим, расчет планов облучения осуществляется с использованием специальных программ планирования лучевой терапии.

Томский политехнический университет и Томский областной онкологический диспансер занимаются подготовкой магистров медицинской физики в области клинической лучевой терапии. Одной из основных обязанностей медицинских физиков в отделениях лучевой терапии является дозиметрическое планирование и гарантия качества различных видов лучевой терапии. Студентам для отработки навыков планирования, сравнения методик и оптимизации планов лучевой терапии необходимо использовать специальные планирующие системы. Большинство программ для планирования лучевой терапии являются коммерческими (XiO и Monaco, Eclipse и т.д). Стоимость коммерческих программных продуктов очень высока, даже в отделениях лучевой терапии имеется лишь несколько рабочих станций. Однако, основным недостатком большинства коммерческих систем является не только высокая стоимость, но и ограничение в доступе к исходному коду программирования, что приводит к значительно ограниченной клинической и технологической гибкости, имеющей важное

значение для образовательных и исследовательских учреждений. В данной работе использована образовательная система планирования PLUNC. Данная система позволяет проводить планирование конвенциональной лучевой терапии с использованием блоков и клиньев, 3D-конформную лучевую терапию, а также IMRT фотонными пучками энергией 6 МэВ и 15 МэВ. PLUNC является программным обеспечением, разработанным усилиями специалистов института Северной Каролины (США) с открытым, адаптируемым и расширяемым кодом, что позволяет создавать модели фотонных и электронных пучков излучения линейных ускорителей, на основе измеренных дозиметрических данных [2]. Целью данной работы является создание модели электронных и фотонных пучков линейного ускорителя Elekta Synergy, установленного в Томском областном онкологическом диспансере, в системе планирования PLUNC.

**Материалы и методы исследования.** Высокоэнергетический линейный ускоритель Elekta Synergy разработан для подачи лечебных фотонных пучков с энергией 6МВ,10МВ,15МВ и электронных пучков с энергией 6-18 МэВ для широкого диапазона стандартных и новейших методов лучевой терапии. Создание модели пучка в системе планирования PLUNC осуществляется путем ввода характеристик терапевтической установки, а также дозиметрических данных пучка в систему в соответствии с рекомендациями, описанными в руководстве пользователя системы.

Проведена клиническая дозиметрия фотонных и электронных пучков линейного ускорителя Elekta Synergy в рамках международных дозиметрических протоколов по клинической дозиметрии TRS-398, TG-51, TG-25 и рекомендаций, прилагаемых к системе PLUNC. Измерения проведены для фотонов с энергий 6 и 10 МэВ и для электронов с энергией 6 и 9 МэВ при помощи анализатора дозного поля IBA Blue phantom. С помощью анализатора дозного поля определяется пространственное распределение дозного поля в поглощающей среде - воде, близкой по своим характеристикам к тканям тела человека, при разных режимах работы терапевтического аппарата. Внутри водного фантома находится подвижный механизм для трехмерного сканирования, т.е. перемещения детектора излучения в пределах измеряемого объема в режимах непрерывного и пошагового сканирования. Управление механизмом осуществляется специализированным блоком управления с двухканальным электрометром Dose1, через соединительный кабель управления. Измерения проведены для фотонов при помощи цилиндрических ионизационных камер CC13, CC01 и FC65-G, а для электронного пучка при помощи ионизационной камеры PPC40 [3].

**Результаты исследований.** Для создания модели пучка проведены измерения поперечных и продольных профилей пучка для размера полей от 2x2 до 40x40 см<sup>2</sup> на различных глубинах  $d_{max}$  и глубинное распределение дозы на оси пучка (PDD). Так же для моделирования клиновидных фильтров проведены измерения поперечных профилей и глубинных распределений дозы на оси фотонного пучка для ряда комбинаций полей (5x5, 10x10 и 20x20 см<sup>2</sup>) и углов клина (15°, 30°, 45° и 60°).

На рисунках 1 и 3 представлены кривые глубинного распределения относительной поглощённой дозы электронного и фотонного пучка линейного ускорителя с энергией 6 МэВ для ряда полей. На рисунках 2 и 4 представлены продольные кривые распределения относительной поглощённой дозы электронов и фотонов с энергией 6 МэВ ускорителя Elekta Synergy для поля 20×20 см на различной глубине.

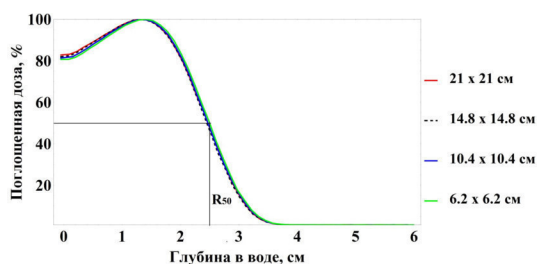


Рис. 1. Кривые глубинного распределения относительной поглощённой дозы электронов с энергией 6 МэВ ускорителя Elekta Synergy для ряда полей

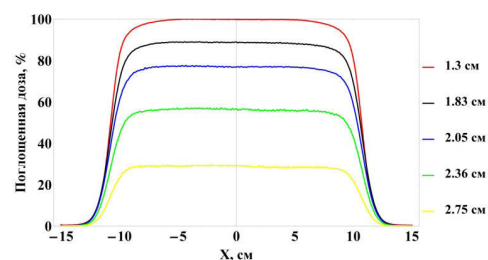


Рис. 2. Кривые распределения относительной поглощённой дозы электронов с энергией 6 МэВ ускорителя Elekta Synergy для поля 21×21 см на различной глубине

По полученным данным результатам проведена оценка плоскостности и симметричности полей на глубинах максимальной дозы и на уровне 80% дозы, значения плоскостности и симметрии не выходят за рамки допустимой погрешности.

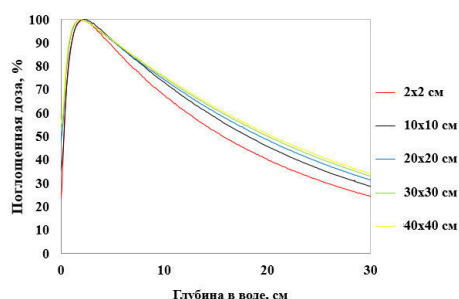


Рис. 3. Кривые глубинного распределения относительной поглощённой дозы фотонов с энергией 6 МэВ ускорителя Elekta Synergy для ряда полей

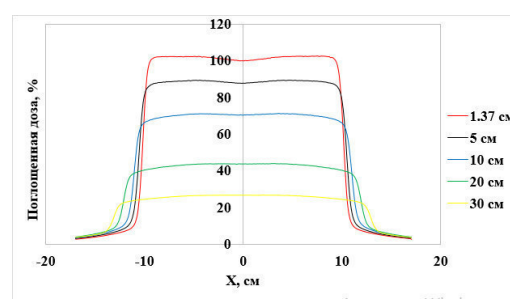


Рис. 4. Кривые распределения относительной поглощённой дозы фотонов с энергией 6 МэВ ускорителя Elekta Synergy для поля 20×20 см на различной глубине

Для создания моделей электронных и фотонных пучков линейного ускорителя Elekta Synergy в системе планирования PLUNC проведено форматирование типа и загрузка полученных в результате эксперимента дозиметрических данных в код программы. Осуществлен ввод данных характеристик терапевтической установки, оптимизация полученной модели.

**Заключение.** Таким образом, проведено измерение дозиметрических данных фотонных и электронных пучков линейного ускорителя Elekta Synergy. Создана виртуальная модель фотонных и электронных пучков в системе планирования PLUNC. В дальнейшем планируется проведение верификации полученных моделей и сравнение полученных результатов с коммерческими системами дозиметрического планирования XIO и Monaco.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Труды 103 МКРЗ / Под ред. М.Ф. Киселёва и Н.К.Шандалы.. – М.: ООО ПКФ «Алана», 2009. – 67 с.
2. Tewell M.A., Adams R. The PLUNC 3D treatment planning system: a dynamic alternative to commercially available systems // Med. Dosim. no. 29(2), (2004), p. 134-138.
3. Определение поглощённой дозы при дистанционной лучевой терапии: Международные практические рекомендации по дозиметрии, основанные на эталонах единицы поглощённой дозы в воде, №398. - Вена, 2004. - стр. 54-63.