

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОЛЛИМАТОРОВ СТАНДАРТНЫМ МЕТОДОМ И МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ

С.В. Мельченко, И.А. Милойчикова, А.А. Красных

Научный руководитель: к.ф.-м.н. С.Г. Стучебров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: annigilus@mail.ru

COLLIMATORS MANUFACTURING USING CONVENTIONAL METHODS AND 3D-PRINTING

S.V. Melchenko, I.A. Miloichikova, A.A. Krasnykh

Scientific Supervisor: PhD, S.G. Stuchebrov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30, 634050

E-mail: annigilus@mail.ru

***Abstract.** In this study, we compare apertures of metal and plastic collimators manufactured by conventional melting method and 3D-printing respectively. As it is shown, the accuracy of collimator manufacturing by 3D-printing based on data calculated using dosimetry planning system is significantly higher, that allows to minimize radiation dose absorbed by healthy tissues.*

Введение. Одним из методов лечения онкологических заболеваний является дистанционная лучевая терапия электронными пучками [1]. Для облучения очага злокачественного образования применяются линейные ускорители, бетатроны, микротроны, с допустимым рабочим диапазоном энергий 1–45 МэВ [2].

При облучении злокачественных образований неправильной формы требуются коллиматоры индивидуальной формы, используемые для ограничения воздействия излучения на здоровые ткани [2]. На сегодняшний день в медицинской практике преобладает производство коллиматоров путем металлической отливки. В состав таких изделий входят свинец и висмут, пары которых в процессе изготовления коллиматоров могут нанести вред здоровью персонала [3].

Авторами работы [4] предложен способ изготовления пластиковых коллиматоров с помощью применения технологии послойного наплавления. Показано, что такой альтернативный подход позволяет сформировать электронное поле облучения заданной конфигурации.

Для изучения применимости предложенного способа в медицинских целях необходимо в первую очередь создать 3D модели коллиматоров, пригодных для изготовления изделий методами трехмерной печати, для реальных клинических случаев. Затем напечатать пластиковые образцы. После чего провести сравнение со стандартными металлическими изделиями.

Таким образом, целью данного исследования является сравнение формы коллимационного отверстия пластиковых и металлических изделий, изготовленных на основе данных системы дозиметрического планирования.

Материалы и методы исследования. Технологический процесс изготовления стандартных металлических коллиматоров для формирования электронного поля облучения включает в себя

несколько этапов. В системе дозиметрического планирования XiO создается форма коллимационного отверстия в соответствии с условиями облучения и конфигурацией опухолевого очага [5]. После чего файл данных с координатами коллимационного отверстия в разрешении .dat передается на станцию изготовления пенополистиролового макета. Данный макет помещается в специальную печь для выплавки металлического коллиматора.

В качестве альтернативы металлическим изделиям предлагается использовать пластиковые коллиматоры, изготовленные методом 3D-печати. Их изготовление намного менее трудоемкое и затратное, по сравнению со стандартным методом и не несет какого-либо риска здоровью персонала в процессе их изготовления [4].

Файл, формируемый в системе дозиметрического планирования, содержит необходимую информацию для построения 3D-модели пластикового коллиматора. Информация представлена в числовом виде, где числа – координаты линии коллимационного отверстия. По данным координатам, в работе проводилось построение сначала 2D эскиза, а затем 3D-модели в системе автоматического проектирования (САП) SolidWorks [6].

В качестве материала изготовления в работе передано использовать PLA-пластик, исходя из его физико-механических свойств и ценовых характеристик [7]. Для изготовления пластикового коллиматора был использован принтер Picaso3D DESIGNER X [8].

Результаты и обсуждения. В рамках работы проводилось сравнение формы коллимационного отверстия пластиковых и металлических коллиматоров, изготовленных на основе данных системы дозиметрического планирования. Внешний вид изделий представлен на рисунке 1.

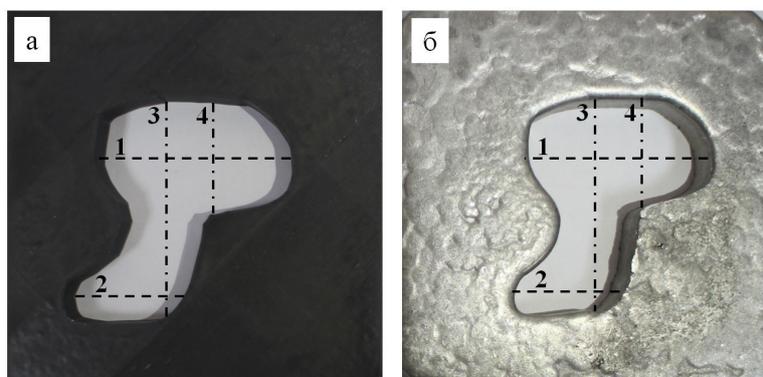


Рис. 1. Внешний вид а – пластикового и б – металлического коллиматоров

При изготовлении коллиматоров как с помощью 3D-принтера так и стандартным методом выплавки невозможно избежать погрешности в размерах коллимационного отверстия. Данная погрешность будет искажать результаты лучевой терапии при использовании коллиматора: облучение патологических тканей может оказаться недостаточным, а здоровых – избыточным.

Для оценки соответствия формы коллимационного отверстия готовых изделий данным системы планирования было проведено сравнение линейных размеров отверстия заданных программой с размерами изделий, полученными с помощью 3D-печати и стандартным методом. Направления измерений представлены на рисунке 1 пунктирными линиями. Было определено, что изменение линейных размеров коллимационного отверстия в сравнении с программными данными для пластикового изделия составили для направления 1 – 3,2%, 2 – 1,4%, 3 – 1,3%, 4 – 1,6% (рисунок 1, а);

для металлического образца отклонения по соответствующим направлениям составили – 11,5%, 17,9%, 8,5%, 10,4% (рисунок 1, б).

Из полученных данных видно, что изготовление коллиматора методом 3D-печати позволяет на порядок уменьшить отклонение линейных размеров отверстия по сравнению со стандартным методом изготовления. Это происходит за счет того, что метод 3D-печати не искажает форму коллимационного отверстия при изготовлении. Изменение линейных размеров с максимальной погрешностью до 17,9% характерное для металлических коллиматоров, объясняется особенностью их изготовления. Нагретый металл при заливке сдавливает пенополистироловую форму, тем самым уменьшая размеры коллимационного отверстия по сравнению с данными системы планирования. Данный факт учитывается при планировании путем создания дополнительного отступа от облучаемого объема. Однако деформация границ по периметру отверстия при выплавке происходит неравномерно, что приводит к увеличению области облучения здоровых тканей. В свою очередь пластиковые коллиматоры, изготовленные методами 3D-печати, соответствуют данным системы планирования с максимальным отклонением в 3,2%, что позволит избежать необходимости наличия дополнительных отступов при планировании, и как следствие переоблучения здоровых тканей.

Заключение. В ходе проведенного исследования было выявлено, что применение трехмерной печати для изготовления пластиковых коллиматоров, используемых для создания клинических полей облучения электронными пучками, позволяет достичь большего соответствия формы коллимационного окна данным системы дозиметрического планирования, чем при применении стандартного подхода по выплавке металлических изделий.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10052).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Garibaldi C. et al. Recent advances in radiation oncology // *Ecancermedicalscience*. – 2017. – V. 11. – Article number: 785.
2. Hogstrom K. R., Almond P. R. Review of electron beam therapy physics // *Physics in Medicine & Biology*. – 2006. – M. 51. – №. 13. – P. R455.
3. Workstation for melting and casting alloy. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.parscientific.com/Workstation.html>.
4. Милойчикова И. А. и др. Применение пластиковых формирующих элементов для проведения лучевой терапии пучками электронов // *Актуальные вопросы фундаментальной и клинической онкологии*. – 2017. – С. 81-83.
5. XiO Comprehensive RTP system [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elekta.com/dam/jcr:12b6794c-a8e8-4672-805a-94b964f4ac7a/XiO%C2%AE%20Brochure.pdf>.
6. Tran P. (2018) *SolidWorks 2018: Basic Tools*. SDC Publications.
7. PLA-пластик для 3D-печати [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://3dtoday.ru/wiki/PLA_plastic.
8. Picaso3D DESIGNER X [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://picaso-3d.com/ru/products/printers/designer-x>.