

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ИНДЕКСОВ ХАУНСФИЛДА ОБЪЕКТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ
МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ С РАЗНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПЕЧАТИ**

А.А. Исмаилова, М.С. Шкурूपий, Ю.М. Черепенников

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: aai40@tpu.ru

**HOUNSFIELD UNITS DETERMINATION OF THE OBJECTS PRODUCED BY FUSED
DEPOSITION MODELING WITH DIFFERENT PRINTING PARAMETERS**

A.A. Ismailova, M.S. Shkurupii, Yu.M. Cherepennikov

Scientific Supervisor: PhD S.G. Stuchebrov

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

E-mail: aai40@tpu.ru

***Abstract.** The results of the Hounsfield units determination for the objects produced by fused deposition modeling with different printing parameters were presented. The samples of cubic shape were made of SBS plastic with different polymer filling factors. The parameters of the samples were investigated with the help of medical CT scanner.*

Введение. Аддитивные технологии [1] в особенности использующие методы послойного наплавления пластиков [2] нашли применение во многих сферах человеческой деятельности. В число таких направлений вошла медицина. Авторами ведется исследование, направленное на разработку метода проведения экспериментального планирования лучевой терапии, основанного на применении фантомов, имитирующих соответствующие плотности органов и тканей человеческого тела [3]. В данной работе исследуются значения индексов Хаунсфилда объектов, изготовленных методом послойного наплавления с разными параметрами печати. Для этого из СБС пластика были изготовлены 10 объектов кубической формы с разными коэффициентами наполнения полимера (10-100%). С целью определения характеристик полученных образцов, они были исследованы на медицинском компьютерном томографе.

Материалы и методы. В процессе работы 3D-принтера формируются нити расплавленного пластика с заданной толщиной, которые наносятся в форме слоя объекта (Рис. 1). После этого печатающий элемент принтера смещается относительно изготавливаемого объекта вверх на заданное расстояние и создается следующий слой. Печать осуществляется таким образом, что бы направление нанесения нитей в ближайших слоях было перпендикулярно друг другу. Расстояние между центрами нитей в слое d (см. Рис. 1) определяет коэффициент наполнения изготавливаемого объекта пластиком. С увеличением параметра d нити образуют сетку с большими воздушными пустотами.

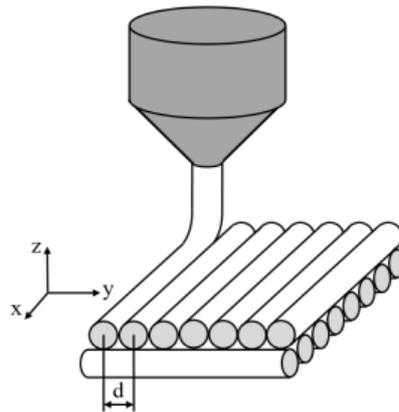


Рис.1. Процесс изготовления изделий методом послойного наплавления

В рамках данной работы были изготовлены образцы кубической формы размером 20x20x20 мм с помощью принтера UP-Plus2 [4]. Толщина нити была равна 0,6 мм, высота слоя – 0,4 мм.

Созданные объекты были исследованы на медицинском компьютерном томографе Siemens Somatom Emotion [5]. Полученные данные были обработаны с помощью программного обеспечения «eFilm».

Результаты и обсуждения. В программе «eFilm» полученные томограммы были представлены в виде контрастных черно-белых изображений. Каждому оттенку серого присваивалось числовое значение, которое соответствовало определенному значению по шкале Хаунсфилда (Hounsfield unit, HU). Томографические исследования проводились при разных ориентациях образцов: ось Y перпендикулярна плоскости реконструкции – ориентация XZ, ось Z перпендикулярна плоскости реконструкции – ориентация XY (см. Рис. 1).

На рисунке 2 представлен пример обработки томографических данных. При помощи встроенного в программное обеспечение инструментария проводилась оценка разброса значений HU в заданных областях.

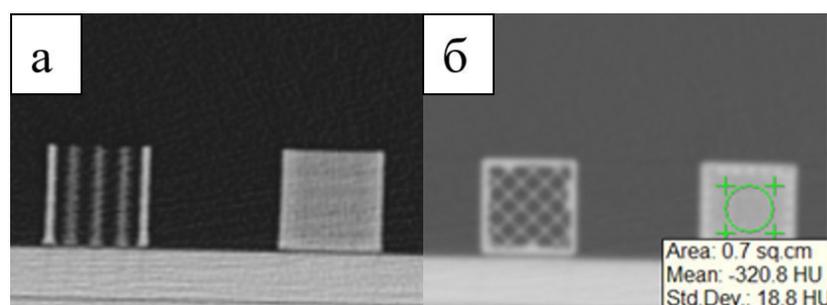


Рис. 2. Процесс обработки данных в программном обеспечении «eFilm»

а – ориентация XZ; б – ориентация XY

На основе обработанных данных была получена зависимость индексов Хаунсфилда от коэффициента наполнения материалом образца. Результаты представлены на рисунке 3. На графики нанесены значения индексов и их разброса.

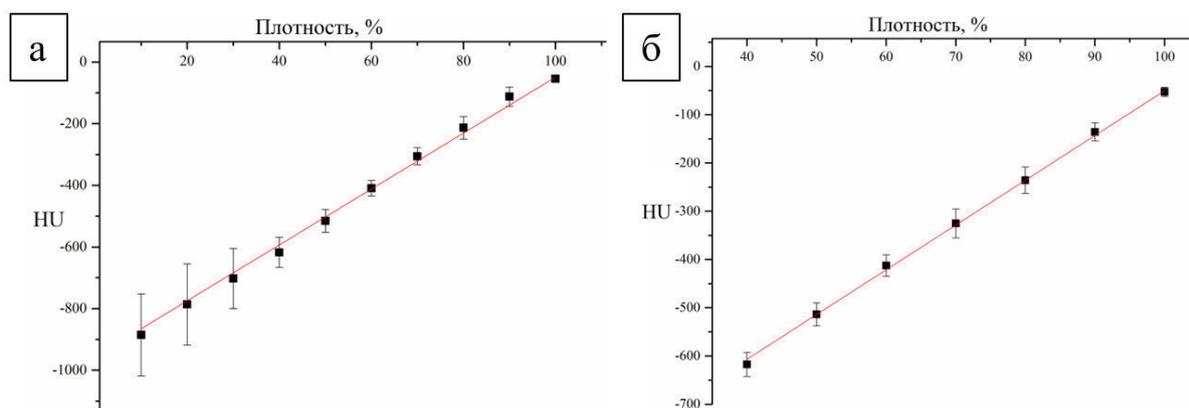


Рис. 3. Зависимость HU-индексов от коэффициента наполнения материалом образца

а – ориентация XZ; *б* – ориентация XY

Зависимости имеют линейный характер. Видно, что от ориентации образца зависит значение разброса индексов. Это обуславливается разным количеством воздушных зазоров, попадающих в плоскость томографического исследования (см. Рис. 2).

Заключение. В рамках данной работы были получены зависимости значений индексов Хаунсфилда от коэффициента наполнения материалом при трехмерной печати, а также измерены разбросы этих значений для разных ориентаций образцов относительно плоскости томографического сканирования. Полученные результаты показывают, что при помощи используемого в данной работе СБС пластика можно имитировать различные мягкие ткани с плотностью до 0 по шкале Хаунсфилда. Полученные зависимости позволяют точно определить необходимый коэффициент наполнения материалом для получения конкретного значения индекса Хаунсфилда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баева Л.С., Маринин А.А. Современные технологии аддитивного изготовления объектов. Вестник Мурманского государственного технического университета // 2014. – Т. 17. – № 1. – С. 7–13.
2. Зотов О.Ю., Фролов Д. А. Особенности метода изготовления изделий путем послойного наплавления материала // Ученый XXI века. – 2016. – №. 1.
3. Данилова И.Б., Красных А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г. Моделирование взаимодействия гамма-излучения и АБС-пластика с различными металлическими примесями // Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ. – 2017 – Т. 6 – №. 1. – С. 78-82
4. 3D принтер UP! Plus 2 [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://3dtoday.ru/3d-printers/pp3dp/up-plus-2/>. 12.02.2018.
5. SOMATOM Emotion 16 eco [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.healthcare.siemens.ru/refurbished-systems-medical-imaging-and-therapy/ecoline-refurbished-systems/computed-tomography-ecoline/somatom-emotion-eco>. 12.02.2018.