



Рисунок 2 – Пример изделия из шоколада и формы для его производства [3]

с высоким процентом какао, в составе которого присутствуют натуральные компоненты. Иначе материал будет плохо плавиться, изделие получится жестким, слоистым, с возможными дефектами по геометрии и поверхности.

использованием простых полимеров с невысокой температурой экструзии (например, PLA), низкими эксплуатационными затратами, с одной стороны. Достаточно высокой производительностью, низкими эксплуатационными затратами при производстве изделий из шоколада с использованием силиконовых форм, с другой стороны.

В качестве рекомендаций по печати мастер-модели следует устанавливать соответствующее значение высоты слоя, исходя из того, что чем это значение меньше, тем выше качество поверхности модели и, следовательно, формы.

Также, как отмечают, следует отдавать предпочтение шоколаду высокого качества

#### Список использованных источников

1. Рыбченко, У. Ф. Применение технологии моделирования избирательным наплавлением для изготовления оснастки при производстве изделий из шоколада / У. Ф. Рыбченко, Д. В. Мурашко, А. Л. Климентьев // Материалы докладов 56-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов; УО «Витебский государственный технологический университет». В 2 х т. Т. 2. – Витебск, 2023. – С. 491–493.
2. Как сделать силиконовую форму для шоколада / Silikoni UA; youtube.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=puHX4ACSkWE>. – Дата доступа: 06.04.2024.
3. 3D-печать литейных форм: зачем это нужно и когда это выгодно / ООО «РЭК» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rec3d.ru/rec-wiki/3d-pechat-liteynykh-form-zachem-eto-nuzhno-i-kogda-eto-vygodno>. – Дата доступа: 06.04.2024.
4. Силиконовый молд 3D-Мишка геометрический [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://condishop.ru/product/silikonovyj-mold-3d-mishka-6-7-6-7-sm>. – Дата доступа: 06.04.2024.

УДК 621.7

## ПРИМЕНЕНИЕ FFF-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАНЮЛИ ПЕРЕХОДНОЙ ДЛЯ ИГЛЫ КУЛИКОВСКОГО И ШПРИЦА ТИПА «ЛУЕР»

**Климентьев А.Л.<sup>1</sup>, ст. преп., Климентьева Е.А.<sup>2</sup>, врач-оториноларинголог**

<sup>1</sup>Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Лепельская центральная районная больница, г. Лепель, Республика Беларусь

**Реферат.** Рассмотрена возможность применения технологии производства наплавлением волокна (FFF; fused filament fabrication) для решения задач оперативного изготовления изделий медицинского назначения на примере канюли переходной для иглы Куликовского и шприца однократного применения типа «Луер».

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, производство наплавлением волокна, FFF-технология, канюля переходная, игла Куликовского, шприц типа «Луер».

В настоящее время одной из наиболее доступных и распространенных аддитивных технологий является технология производства наплавлением волокна (FFF; fused filament fabrication). Эта технология подразумевает избирательное наплавление пластикового волокна (филамента) в соответствии с контуром сечения изделия, при этом реализуя послойную стратегию получения изделия. Следует отметить, что сам термин FFF, Fused Filament Fabrication является равнозначным терминам FDM, Fused Deposition Modeling, являющимися торговыми марками компании Stratasys, и был введен участниками проекта RepRap для обхода возможных юридических ограничений.

Доступность и распространенность FFF-технологии вкупе с низкой стоимостью входа в нее и низкой себестоимостью используемых материалов делает привлекательной идею ее применения для нужд оперативного изготовления различных компонентов, расходных и ремонтных частей непосредственно в условиях конкретных предприятий и учреждений, в том числе для оперативного изготовления изделий медицинского назначения.

Одним из примеров подобных компонентов медицинского назначения может служить переходная канюля, которая используется для установки иглы Куликовского на шприцы однократного применения типа «Луер».

Игла Куликовского, представленная на рисунке 1 (Г. Г. Куликовский – известный советский оториноларинголог, доктор медицинских наук, профессор, генерал-майор медицинской службы) относится к пункционным иглам и представляет собой изогнутую трубчатую иглу с канюлей, предназначенную для прокола и промывания верхнечелюстной пазухи (прокола гайморовой пазухи) (рис. 2.).

Для проведения пункции игла Куликовского с помощью переходной канюли устанавливается на шприц многократного применения. При этом конструкция самой иглы и конструкция комплектной переходной канюли не позволяют использовать иглу Куликовского с наиболее распространенными в настоящее время шприцами однократного применения (одноразовыми шприцами).



Рисунок 1 – Игла Куликовского [1]

Крепление иглы одноразовых шприцов можно разделить на три типа [2]: «Луер» или «Луер Слип» (Luer или Luer Slip), «Луер–Лок» (Luer–Lock) и несъемный с интегрированной в корпус цилиндра шприца иглой. Наиболее распространенным типом крепления иглы является тип «Луер», при котором игла устанавливается на выступающую часть цилиндра шприца. При этом игла удерживается в соединении за счет сил трения на посадочных поверхностях, имеющих коническую форму (рис. 3).

Существуют переходные канюли, позволяющие установить иглу Куликовского на шприц однократного применения типа «Луер», которые представляют собой тело вращения с цилиндрической и конической частью и ступенчатым отверстием в нем (рис. 4).

Целью работы является оценка возможности применения технологии производства наплавлением волокна (FFF/FDM-технологии) для оперативного изготовления переходной канюли для иглы Куликовского и шприца однократного применения типа «Луер». В рамках данной цели также решалась задача разработки 3D-модели переходной канюли, выбор ориентации модели в рабочем пространстве установки и подбор рациональных значений параметров изготовления.

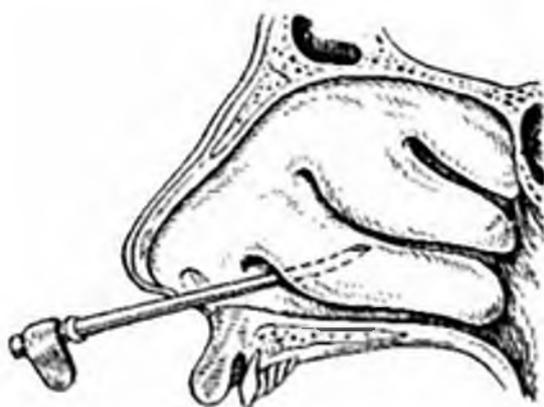


Рисунок 2 – Техника проведения пункции верхнечелюстной пазухи [1]



Рисунок 3 – Шприц типа «Луер» с иглой  
однократного применения



Рисунок 4 – 3D-модель переходной  
канюли для иглы Куликовского

Собственно, геометрическая форма канюли особых сложностей для разработки 3D-модели не представляет. При этом необходимо для ступенчатого отверстия выполнить переходной участок таким образом, чтобы с одной стороны не создавать препятствия течению жидкости, а с другой стороны не приводить к сложности при изготовлении канюли. С учетом изложенного переходной участок ступенчатого отверстия выполнен конической формы с углом наклона образующей  $60^\circ$  (рис. 5). Такая форма и размеры отвечают указанным требованиям и позволяют при вертикальной ориентации модели в рабочем пространстве установки избежать необходимости использования поддержек.

Для изготовления опытных образцов переходной канюли в качестве материала выбран полилактид (ПЛА, PLA,  $(C_3H_4O_2)_n$ ), представляющий собой биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота. Выбор полилактида обусловлен широким распространением его в качестве материала для 3D-печати, невысокой стоимостью и хорошими технологическими свойствами. Кроме того, ввиду своей биосовместимости, полилактид широко применяется в медицине. Партия опытных образцов переходной канюли изготавливалась на 3D-принтере Ender-3 Creality.

Следует отметить, что в большинстве профилей для 3D-принтера в программах-слайсерах для значения критического угла наклона поверхности, при превышении которого требуется

использование поддержек, в качестве значения по умолчанию установлено значение  $50^\circ$ . Предварительная серия экспериментов по определению критического значения угла наклона позволила выявить допустимость не использовать поддержки в процессе печати вплоть до значений в  $65^\circ$ .

При изготовлении опытного образца (рис. 6) выбрана вертикальная ориентация модели в рабочем пространстве, поскольку только эта ориентация позволяет отказаться от поддержек в отверстии. Рабочие температуры для сопла экструдера и стола выбраны в соответствии с рекомендациями для полилактидов и составили  $200^\circ\text{C}$  для сопла и  $60^\circ\text{C}$  для стола.

Поскольку к переходной канюле не предъявляется особых требований по прочности при изготовлении можно использовать достаточно низкие значения плотности заполнения

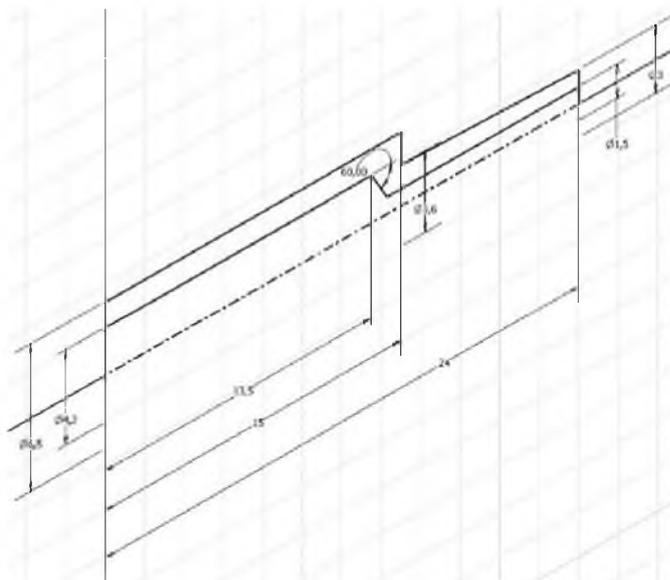


Рисунок 5 – Базовый эскиз модели переходной  
канюли с исполнительными размерами



Рисунок 6 – Опытный образец переходной канюли для иглы Куликовского и шприца однократного применения типа «Луер»

медицинского применения, в частности канюли переходной для иглы Куликовского и шприца однократного применения типа «Луер». При этом доступность и распространенность как самой технологии, так и материалов (конкретно, полилактида) позволяет реализовать оперативное изготовление подобных компонентов непосредственно в организациях-потребителях. В качестве нерешенных задач следует отметить возможно необходимую сертификацию материалов, которые могут применяться для изготовления изделий медицинского назначения, а также доступность электронных моделей компонентов в форматах пригодных для изготовления с помощью аддитивных технологий.

#### Список использованных источников

1. Операции верхнечелюстной пазухи / lorlor.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lorlor.ru/wiki/operacii-verh-pazuhi/>. – Дата доступа: 01.04.2024.
2. Одноразовые шприцы: виды и особенности конструкции / polymery.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.polymery.ru/letter.php?n\\_id=3900&cat\\_id=&page\\_id=2](https://www.polymery.ru/letter.php?n_id=3900&cat_id=&page_id=2). – Дата доступа: 01.04.2024.