

УДК 664.7

**Ермаков А.И., кандидат технических наук, Чайко С.В., Шарамета А.Э., Мелешеня Е.П.**  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

## **ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПРИНТЕРА ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ШОКОЛАДА**

В настоящее время во всем мире и в нашей стране кондитеры стараются производить изделия необычной привлекательной, эксклюзивной формы. Примером являются изделия ChocoArt – сеть бутиков шоколадных комплиментов, г. Минск, а также сувенирные изделия кондитерских фабрик «Спартак» и «Коммунарка». Технология формования данных изделий связана с определенными сложностями, что делает такие изделия достаточно дорогостоящими. В данной работе предложен современный подход к производству и формования кондитерских изделий индивидуальной формы, который позволяет снизить себестоимость этого вида продукции и расширить ее ассортимент [1].

Аддитивные технологии или технологии послойного синтеза – это одно из наиболее динамично развивающихся направлений производства. За 10–15 лет их применение стало возможным в различных отраслях промышленности, начиная с машиностроения и заканчивая медициной [2–3].

В Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) также вплотную занимаются проблемой развития и внедрения аддитивных технологий в различные сферы отечественной промышленности, образования и науки. Так на базе БНТУ создан научный коллектив из сотрудников факультета маркетинга, менеджмента и предпринимательства, факультета информационных технологий и робототехники, а также Технопарка БНТУ «Политехник». Перед коллективом поставлены задачи: разработать, запустить в серийное производство, а также обеспечить сбыт линейки 3D-принтеров различного назначения. В частности запланирован выпуск трех видов принтеров: общепромышленного, печатающего АВС-пластиком (акрилонитрилбутадиенстирол); пищевого, печатающего пищевыми материалами (шоколадом и др); строительного, для печати малых архитектурных форм (высотой до 1 метра) из бетона.

Рассмотрим более подробно возможность применения 3D-принтеров в условиях небольших кондитерских, кафе и кондитерских фабрик.

Во всем мире и в нашей стране кондитеры стараются производить изделия необычной привлекательной, эксклюзивной формы. Большинство подобных изделий изготавливают по классической технологии, отливкой в формы. Технология изготовления форм состоит из нескольких этапов: по уже готовой модели из разогретого пластикового листа на вакуумном станке получают форму. При этом основная проблема возникает при изготовлении модели, которую изготавливают вручную из дерева или металла на предприятиях машиностроения. Модель (штамп) является очень дорогостоящей и трудоемкой деталью, но при условии наличия различных моделей выпуск изделий не представляет никаких трудностей.

В таком случае встает вопрос создания действительно эксклюзивные изделия. Предприятие не пойдет на изготовление модели (штампа) и формы для выпуска одного изделия, т.к. оно будет слишком дорогим и выпуск затянется на несколько недель. Именно здесь и пригодится технология 3D-печати.

Анализ существующих принтеров для 3D-печати показал, что большинство существующих пищевых принтеров печатают только несколько слоев и только не застывающими шоколадными пастами, другие модели способные к печати пространственных изделий, являются достаточно дорогостоящими и сложными в эксплуатации. Основной сложностью при печати шоколадом является поддержание необходимого температурного режима, иначе нанесенные слои не успевают остывать и начинают деформироваться под весом свеженанесенного материала. Так же у шоколада много фазовых переходов и каждый переход сопровождается изменением вязкости. Свойства шоколада зависят от температуры настолько сильно, что если в одном месте вдруг произойдет падение температуры на 2–3 градуса, то шоколад кристаллизуется по всей длине что приводит к сбою печати.

Не следует забывать и о проблеме низкой скорости печати. В настоящее время у большинства известных принтеров скорость печати не превышает 20 мм/сек, что делает не возможным использование в общественном питании и кондитерском производстве.

Таким образом, к существенным недостаткам даже дорогостоящих шоколадных принтеров можно отнести: просматриваемая слоистая структура изделий, что придает изделию не привлекательный вид; низкая скорость печати. Основное преимущество – производства изделий, которые не возможно сформовать отливкой [4].

Проведенный анализ конструкций технологического оборудования, позволяет сделать вывод, что в настоящее время в Республике Беларусь не существует в эксплуатации машин, позволяющих достаточно эффективно формовать шоколадные изделия индивидуальной формы, что подтверждает необходимость проведения исследований, направленных на создание отечественных высокоэффективных машин для формования шоколадных изделий индивидуальной формы.

Для проведения экспериментальных исследований была создана конструкция 3D-принтера, базовой моделью для которой стала конструкция Prusa Mendel. От своих предшественников из семейства Prusa этот

3D-принтер отличается жестким стальным корпусом, увеличенной областью печати, в котором стандартный экструдер был изменен и адаптирован для печати шоколадом. Так же конструкция была усовершенствована добавлением системы охлаждения печатаемого изделия методом воздушного охлаждения, для чего был установлен вентилятор диаметром 40 мм и система подачи воздуха на печатаемое изделие.

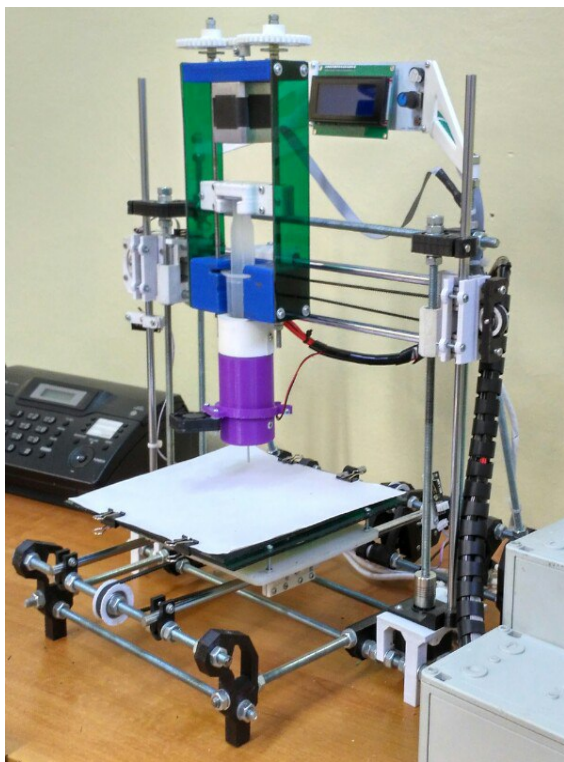


Рисунок 1 – Лабораторный 3D-принтер, печатающий шоколадом

исследований, имели слоистую структуру и низкие органолептические качества.

Поэтому нами предложены следующие рекомендации для кондитерских, занимающихся выпуском шоколадных изделий, которые позволят существенно расширить ассортимент продукции и удешевить ее стоимость:

- использовать для изготовления моделей (штампов) общепромышленные 3D-принтеры, печатающие ABS-пластиком (рисунок 2);

- использовать 3D-принтеры, формирующие шоколад для производства эксклюзивных изделий, когда изготовление их способом отливки невозможно, а также устанавливать их в витринах предприятий и торговых залах для рекламы и привлечения посетителей [5].

### Список использованной литературы

1. Ермаков, А.И. Разработка конструкции 3d-принтера, печатающего пищевыми материалами / А.И. Ермаков, С.В. Чайко // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 13-го междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 15-й между. Научно-технической конференции «Наука–образованию производству, экономике, Минск, 26–28 января 2017 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2017. – С. 255–256.
2. Шоколадные фигурки в беларуси. [электронный ресурс] – 2016. – режим доступа: [www.pulscen.by/price/400802-shokoladnye-figurki](http://www.pulscen.by/price/400802-shokoladnye-figurki) – дата доступа: 21.03.2016.
3. 3d принтер, печатающий шоколадом. [электронный ресурс] – 2016. – режим доступа: <http://www.chocolatier.ru/forum/thread1190.html> – дата доступа: 23.03.2016.
4. Заико, А.Ф. Использование 3D-принтера на выставке / Заико А.Ф., Чайко С.В. // Материалы 71-й научно-технической конференции Белорусского национального технического университета, – г. Минск, 2015, – С. 314 – 315.
5. Ермаков, А.И. Применение аддитивных технологий при формировании изделий из шоколада / Ермаков А.И., Чайко С.В., Маркин К.В. // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции. – г. Гродно, 2016, с 246–247.

Общий вид, разработанного 3D-принтера представлен на рисунке 1.

Шоколад сложный продукт для формования. В зависимости от состава шоколада сильно варьируются теплофизические характеристики. В результате формования на качество готовой продукции влияет не только начальные теплофизические характеристики шоколада, но и скорость его охлаждения. Отметим, что различные виды шоколада могут кристаллизоваться в диапазоне температур от 16 до 37°C. Для исследования процесса 3D-печати был использован шоколад «Шоколадово» молочный СТБ 1202.

При проведении исследований диаметр сопла головки составлял 0,9мм, температура плавления шоколада в экструдере 37 °С, температура окружающей среды 20–21 °С, скорость печати варьировалась от 30 до 50 мм/сек.

Следует отметить, что изделия, полученные в ходе

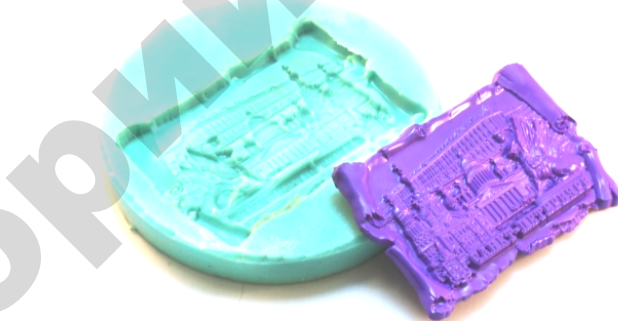


Рисунок 2 – Получение формы для отливки шоколада из силикона на основе модели из ABS-пластика, распечатанной на 3D-принтере