

Г.Н. Дьякова, ассист.;  
Е.И. Кордикова, канд. техн. наук, доц.;  
В.Б. Ходер, асп.; В.Е. Смян, студ.  
(БГТУ, г. Минск)

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕЧАТИ НА СВОЙСТВА ФОТОПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Практическое применение аддитивных технологий в настоящее время находится на стадии роста как количественного (увеличение масштабов деятельности), так и качественного (совершенствование оборудования, материалов и способов формообразования, повышение точности, конструктивной сложности изделий, производительности труда, снижение себестоимости продукции) [1].

Параметры, выбираемые перед печатью, влияют на повышение качества получаемого изделия, в том числе на физико-механические характеристики конечного продукта. Одними из таких параметров являются угол печати и расположение изделий на платформе.

Изучали влияние расположения при печати в области построения на свойства при растяжении напечатанных изделий из фотополимерного материала. Исследование проводили на примере инженерной высоко-температурной смолы *High Temp RS-F2-НТАМ-01* от *Formlabs* (США).

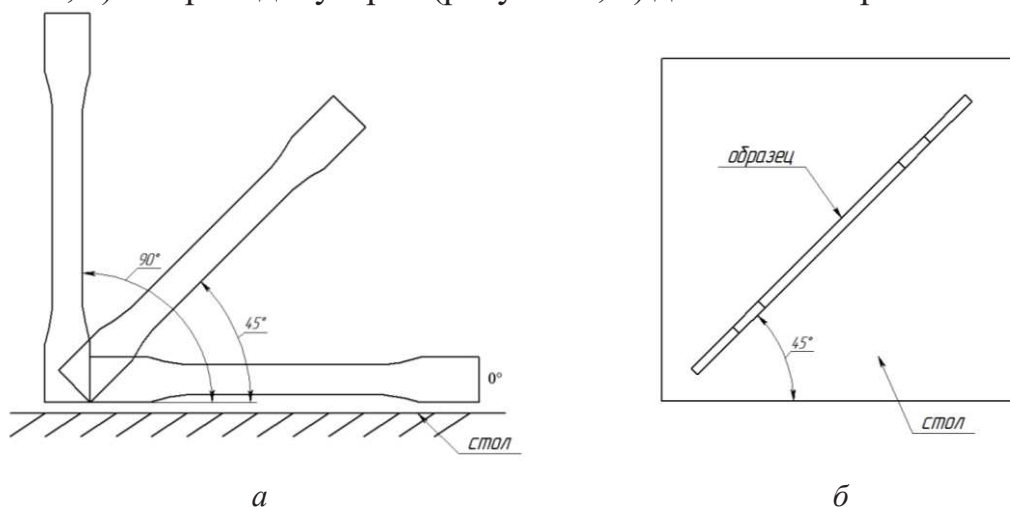
Определение основных показателей прочности и упругости при растяжении производили в соответствии с ASTM D638-10 на образцах рекомендованной формы и размеров на испытательной машине *MTS Criterion 43* с автоматической записью диаграмм деформирования.

Печать образцов осуществляли на принтере *Form 2* компании *Formlabs*, реализующем процесс лазерной стереолитографии при температуре 34°C с толщиной слоя 0,1 мм. Очистку напечатанных образцов от остатков жидкой композиции производили в машине *Form-Wash* с использованием изопропилового спирта в течении 15 минут, по завершению удаляли поддержки механически, сушку и доотверждение осуществляли в *Form Cure* при 60 °C в течении 60 минут [5].

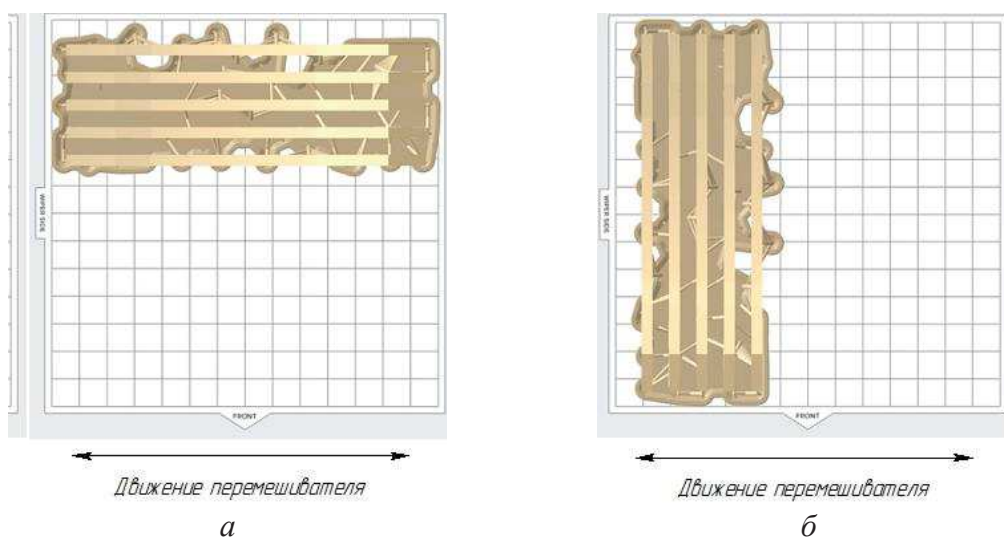
Для исследования влияния расположения образцов в пространстве выбраны углы печати 0°, 45°, 90° (рисунок 1, а). При этом все образцы размещаются на платформе по диагонали, то есть под углом 45°, так как при горизонтальном или вертикальном расположении во время печати может произойти сдвиг или смещение из-за перемещения перемешивателя (рисунок 1, б).

Для исследования влияния размещения образцов на платформе на механические характеристики выбраны положения параллельно (рису-

нок 2, *а*) и перпендикулярно (рисунок 2, *б*) движению перемешивателя.



*а* – углы наклона относительно поверхности столика,  
*б* – расположение в плоскости столика  
**Рисунок 1 – Расположение образцов при печати**



*а* – параллельно движению, *б* – перпендикулярно движению

**Рисунок 2 – Расположение образцов на платформе относительно движения перемешивателя**

При изменении угла печати от 0 до 90° наблюдается увеличение показателя прочности на 66,7%, модуль упругости не проявляет тенденцию к изменению величины (см. таблицу).

Значения прочности и модуля упругости при растяжении не проявляют зависимости от расположения относительно движения перемешивателя. Незначительные колебания средних значений величин входят в ошибку эксперимента (см. таблицу).

При расположении образцов на платформе по диагонали показа-

тели получают более стабильными, коэффициент вариации не превышает 3%.

**Таблица – Механические свойства фотополимерной композиции**

Определяемые показатели		Модуль упругости при растяжении, ГПа	Прочность при растяжении, МПа
Направление печати, °	0	2,96	27,98
	45	3,01	38,69
	90	3,07	44,64
Расположение относительно перемешивателя, °	0	3,07	39,68
	45	3,01	38,69
	90	2,93	37,01

Помимо превосходства по механическим показателям, достоинство такого размещения при печати – минимальное количество поддержек, а, соответственно, экономия материала. Единственный недостаток – длительное время печати.

В результате испытаний установлено, что на свойства материала большее влияние оказывает угол печати, чем расположение на платформе. Причем изменение угла от 0° до 90° повышает характеристики материала.

Рекомендуется размещать изделия по диагонали платформы, так как при горизонтальном или вертикальном расположении во время печати может произойти сдвиг или смещение из-за перемешивателя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аддитивные технологический процесс [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ekonomika.snauka.ru> – дата доступа 13.12.2021.
2. Фотополимерные смолы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://3dradar.ru> – дата доступа 13.12.2021.
3. Виды фотополимерных смол [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://formlabs.com> – дата доступа 13.12.2021.
4. Расположение моделей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://3dtoday.ru> – дата доступа 13.12.2021.
5. Night Temp RS-F2-НТАМ-01 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://archive-media.formlabs.com> – дата доступа 13.12.2021.