

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ КОСМОСА

А.А. Елисеев, А.Н. Иванов, Т.А. Калашникова, А.А. Пожарницкий  
Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. А.В. Колубаев  
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,  
Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, 634055  
E-mail: [alan@ispms.ru](mailto:alan@ispms.ru)

Дальнейшее развитие космонавтики требует совершенствования существующих и создания принципиально новых подходов к производству космической техники. На настоящий момент вся техника и изделия, используемые в космосе, производятся на Земле и транспортируются на орбиту. Это накладывает определенные ограничения на конструкцию и используемые материалы, а также является неэкономичным и небезопасным.

Перспективным вариантом повышения эффективности освоения космоса является производство техники и изделий космического назначения из полимерных материалов непосредственно в космосе при помощи аддитивных технологий. Такой подход позволит существенно снизить расход материала, сократить трудозатраты и прочие расходы на производство и транспортировку изделий и техники, снизить время на производство, ограничить влияние человеческого фактора на качество изготавливаемой продукции.

Целью настоящей работы является создание технологии и оборудования 3D-печати в условиях микрогравитации для работы на МКС. К задачам относятся:

- Разработка 3D-принтера для создания и отработки технологии получения образцов изделий из полимерных материалов на борту МКС.
- Исследование влияния микрогравитации на технологический процесс 3D-печати и изменения свойств образцов, полученных на МКС, по сравнению с образцами, полученными на Земле.
- Выработка критериев необходимости изменения и разработка алгоритмов коррекции параметров технологических режимов, использующихся при 3D-печати на Земле, для использования скорректированных режимов в условиях микрогравитации.

На данный момент разработан рабочий прототип 3D-принтера, использующий метод послойного наложения расплавленной нити, который отличается простотой и надежностью [1]. Также проведены испытания образцов изделий, полученных с одно- и разнонаправленными векторами силы тяжести и экструзии филамента в наземных условиях, что влияет на свойства образцов [2, 3]. Основные характеристики 3D-принтера на данном этапе представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики космического 3D-принтера

№ п/п	Параметр, единица измерения	Значение параметра
1	Габариты принтера (длина × ширина × высота), мм, не более	500 × 500 × 350
2	Габариты изготавливаемых образцов и деталей (длина × ширина × высота), мм, не более	100 × 100 × 200
3	Материал изготавливаемых образцов и деталей	ABS, PLA
4	Температура внешней поверхности корпуса 3D-принтера в процессе изготовления образцов и деталей, °С, не более	40
5	Скорость печати, мм <sup>3</sup> /с, не менее	3
6	Потребляемая мощность в режиме изготовления образцов и деталей, Вт, не более	200
7	Масса, кг, не более	35±0,1

Комбинированное решение задач повышения точности позиционирования, жесткости и надежности печатающей системы достигается применением модульной компоновочной схемы [4]. Схема характеризуется сниженными массогабаритными показателями, поскольку линейные направляющие являются, одновременно, и несущими элементами конструкции. Для повышения жесткости печатающей системы перемещение по осям X и Z осуществляется при помощи парных направляющих (Рис. 1).

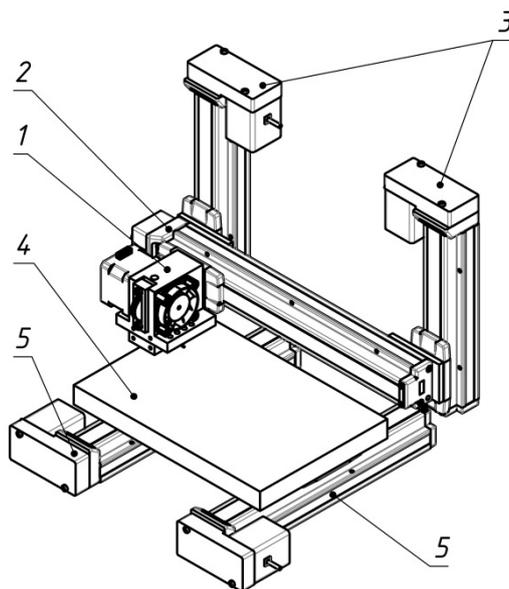


Рис. 1. Компоновочная схема печатающей системы изделия: 1 - экструдер; 2- линейная направляющая по оси Y; 3- парные линейные направляющие по оси Z; 4 - подогреваемый стол; 5 - парные линейные направляющие по оси X

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wong K. V., Hernandez A. A Review of Additive Manufacturing // ISRN Mechanical Engineering. – 2012 – Vol. 2012. - p. 1-10.
2. Thrimurthulu K., Pandey P.M., Reddy N.V. Optimum part deposition orientation in fused deposition modeling // International Journal of Machine Tools and Manufacture. - 2004. - Vol. 44. - issue 6. - p. 585-594.
3. Karim K.F., Hazry D., Zulkifli A.H., Faiz Ahmed S., Kamran Joyo M., Razlan Z.M., Wan K., Bakar S.A. Feature-based support generation for optimum part deposition orientation in FDM // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2014. - Vol. 9. - issue 12. - p. 2460-2466.
4. Зеньков Е.В., Леонович Д.С. Разработка конструкции 3d принтера на модульном принципе // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сборник статей всероссийской молодежной научно-практической конференции. – Иркутск, 2016. – С. 214-217.
5. Москвитин В.Н., Зеньков Е.В. модульный принцип построения 3D-принтеров дельта конструкции // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): материалы докладов VI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Иркутск, 2016. – С. 333-336.