

*А. Н. Малеева<sup>1\*</sup>, А. А. Шаранов<sup>1</sup>*

## **Разработка трехмерной модели поисково-спасательного дрона с применением технологии 5D-печати**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий,  
г. Новосибирск, Российская Федерация  
\*e-mail: mlrvch@bk.ru

**Аннотация.** В данной статье представлен подробный обзор разработки трехмерной модели поисково-спасательного дрона с применением технологии 5D-печати. Выполнен анализ способов разработки трехмерной модели и технологии печати. Моделирование дрона, сборка и экспорт модели в формат STL проводились в программном обеспечении T-FLEX CAD 17. Перед печатью изделий был выбран пластик REC RELAX на основе материала PET-G. Через программное обеспечение STE Slicer каждый файл сгенерирован в G-code и передан на принтер через STE APP. Разработанная модель позволит реализовать модульность и снизить затраты на замену поврежденных деталей.

**Ключевые слова:** моделирование, дрон, поисково-спасательные операции, T-FLEX CAD 17, STL, Stereotech Hybrid 530, STE Slicer, G-code, STE APP, 3D-печать, 5D-печать

*A. N. Maleeva<sup>1\*</sup>, A. A. Sharapov<sup>1</sup>*

## **Development of a Three-dimensional Model of a Search and Rescue Drone Using 5D-printing Technology**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\*e-mail: mlrvch@bk.ru

**Annotation.** This article provides a detailed overview of the development of a 3D model of a search and rescue drone using 5D printing technology. An analysis of methods for developing a three-dimensional model and printing technology was carried out. Drone modeling, assembly and export of the model to STL format were carried out in T-FLEX CAD 17 software. Before printing the products, REC RELAX plastic based on PET-G material was selected. Through the STE Slicer software, each file is generated in G-code and transferred to the printer via the STE APP. The developed model will make it possible to implement modularity and reduce the cost of replacing damaged parts.

**Keywords:** modeling, drone, search and rescue operations, T-FLEX CAD 17, STL, Stereotech Hybrid 530, STE Slicer, G-code, STE APP, 3D-printing, 5D-printing

### *Введение*

В современном мире, где человечество сталкивается с различными чрезвычайными ситуациями, поисково-спасательные операции играют важную роль в спасении жизней людей и минимизации ущерба. Вследствие чего появились различные инновационные решения, направленные на улучшение эффективности поисково-спасательных операций. Одним из таких решений является применение дронов. Однако, существующие дроны имеют сложности в производстве и

высокие затраты на изготовление, что снижает их доступность для широкого использования. В условиях поисково-спасательных операций возникает потребность в замене поврежденных деталей дронов, а традиционные методы производства не всегда позволяют реализовать модульность и обеспечить быструю замену компонентов.

Применение технологии 5D-печати для разработки поисково-спасательных дронов представляет собой перспективный подход, который позволит сократить время и затраты на изготовление, а также обеспечить модульность и возможность быстрой замены поврежденных компонентов.

### ***Способы разработки трехмерной модели и технологии печати***

В качестве программного обеспечения для разработки трехмерной модели дрона выбран T-FLEX CAD 17, поскольку он имеет ряд преимуществ в сравнении с другими системами: поддержка параметрического моделирования, легкое внесение изменений, возможность работы со сборками и широкий спектр инструментов для проведения структурного анализа [4].

Спроектированы две основные платформы: нижняя, к которой крепится подвес для камеры, и верхняя, на которой будет располагаться GPS и полетный контроллер. Между этими платформами будет размещен аккумулятор, обеспечивающий питание всех систем дрона. Для лучей предусмотрены боковина и боковые стенки, а также несколько ребер, позволяющие сделать модель дрона более закрытой. Каждый элемент модели разрабатывался с учетом его взаимодействия с другими компонентами и общей структурной целостностью.

Для изготовления компонентов поисково-спасательного дрона применялся пятиосевой принтер Stereotech HYBRID 530 v2, работающий путем создания объектов при помощи послойного нанесения расплавленного материала (FDM), обеспечивающий высокую точность и качество печати [1]. Технология 5D-печати представляет собой передовой метод аддитивного производства, который добавляет две дополнительные степени свободы к традиционной 3D-печати. Это позволяет экструдеру двигаться не только в трех осях (X, Y и Z), но и вращаться вокруг двух дополнительных осей, что предоставляет возможность печатать объекты с более сложной геометрией и улучшенной точностью. Особенность этой печати заключается в использовании полимеров с армированными волокнами, которые наносятся под различными углами. За счет переплетения волоконных нитей, значительно улучшаются прочностные характеристики изделий до 400%.

Построение изделия с применением технологии 3D-печати осуществляется путем выдавливания расплава через сопло, которое движется по рассчитанной траектории в горизонтальной плоскости. При использовании технологии 5D-печати вместо опускающегося стола, установлен модуль, который может наклоняться и вращать заготовку внутри своей оси, что создает структуру, устойчивую к расслоению даже под самыми жесткими нагрузками.

## Подготовка файлов к печати

Перед тем как приступить к печати трехмерной модели, необходимо было подготовить модель, экспортировав ее в подходящий формат по заданным настройкам. Формат STL представляет собой файл, содержащий информацию об объекте в виде множества маленьких треугольников (тесселяции).

Динамический просмотр (рис. 1) позволяет обнаружить возможные ошибки, такие как тонкие стены, острые углы, неподдерживаемые перекрытия или даже небольшие элементы, которые могут быть некорректно воспроизведены при печати. Данный параметр помогает определить, требуются ли доработки модели перед началом работы.

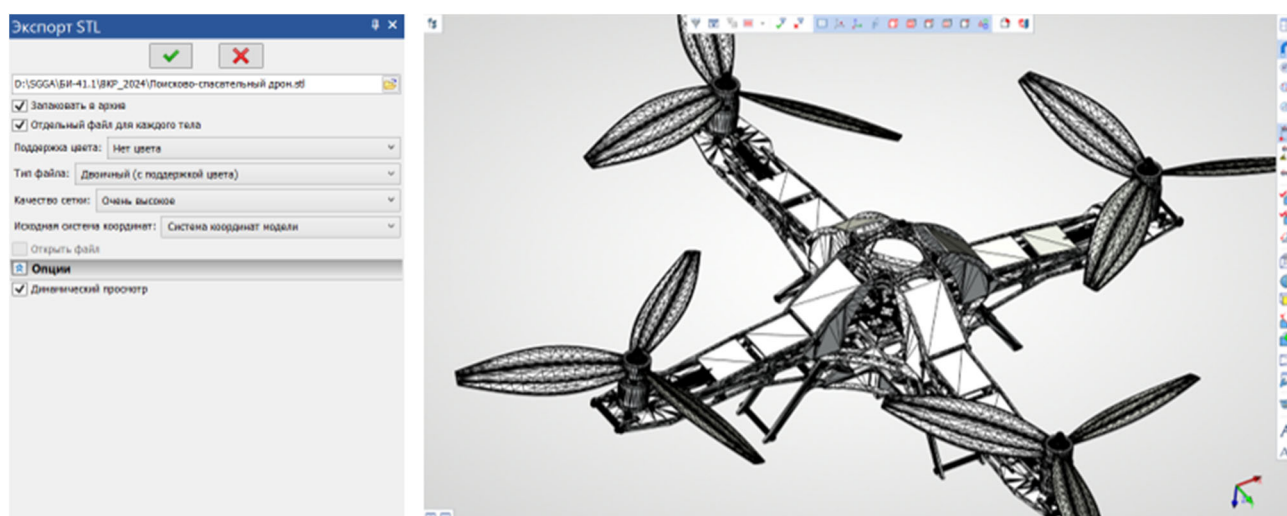


Рис. 1. Динамический просмотр модели при экспорте в STL

Важным аспектом перед печатью деталей модели дрона является выбор подходящего материала, который должен соответствовать требованиям к ударопрочности, стабильности, химической и термической устойчивости, а также быть подходящим для использования в различных условиях эксплуатации. Вследствие чего выбран пластик REC RELAX на основе материала PET-G.

После установки пластика в принтер, ранее подготовленные файлы в формате STL, загружаются в STE Slicer. STE Slicer – программное обеспечение, позволяющее преобразовывать модель в специализированный G-code, распознаваемый любыми 3D и 5D принтерами [3]. В данной программе устанавливаются такие параметры как: режим печати, качество, ограждение, заполнение, материал, скорость, охлаждение, поддержки и тип прилипания к столу (рис. 2). Перед сохранением готового G-code, предоставляется возможность посмотреть приблизительное время, затрачиваемое на изготовление детали, ее стоимость, вес и размеры.

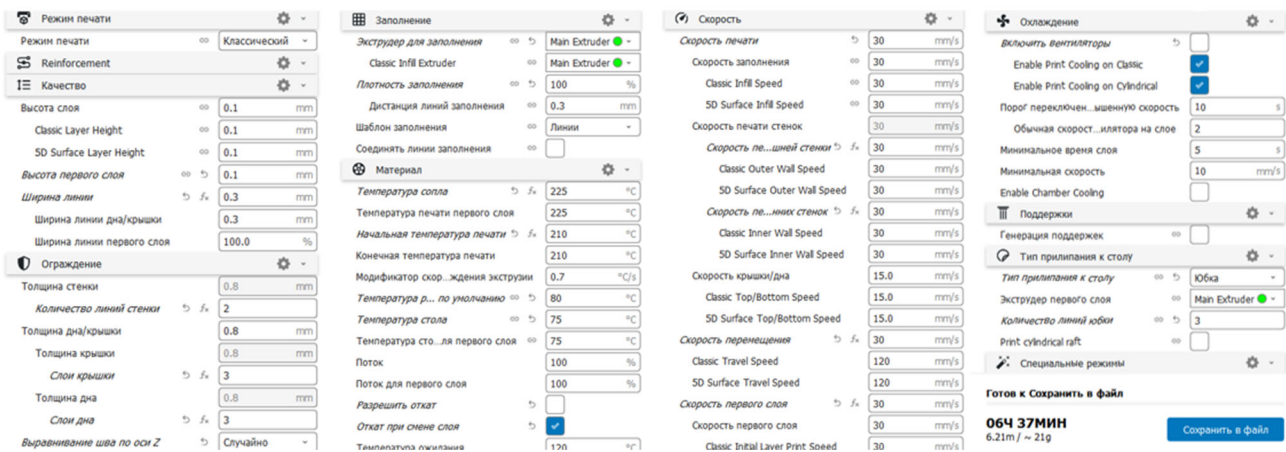


Рис. 2. Настройка всех параметров печати под выбранный материал

После передачи данных на принтер и калибровки нужного модуля, начинается сам процесс печати. Программное обеспечение STE APP позволяет не только наблюдать за процессом, но и вносить корректировки при необходимости [2]. Например, приостанавливать и возобновлять печать, изменять параметры (температуру экструдера, скорость печати, сдвиг осей и т.д.), адаптируя процесс к текущим потребностям и обстоятельствам.

### Результат

Таким образом, всего было спроектировано и изготовлено 52 изделия: общее время непрерывной печати составляет 87 ч. 3 мин., а стоимость затрачиваемого материала – 2 201 руб. Выполнена сборка напечатанных деталей в готовую модель дрона (рис. 3).

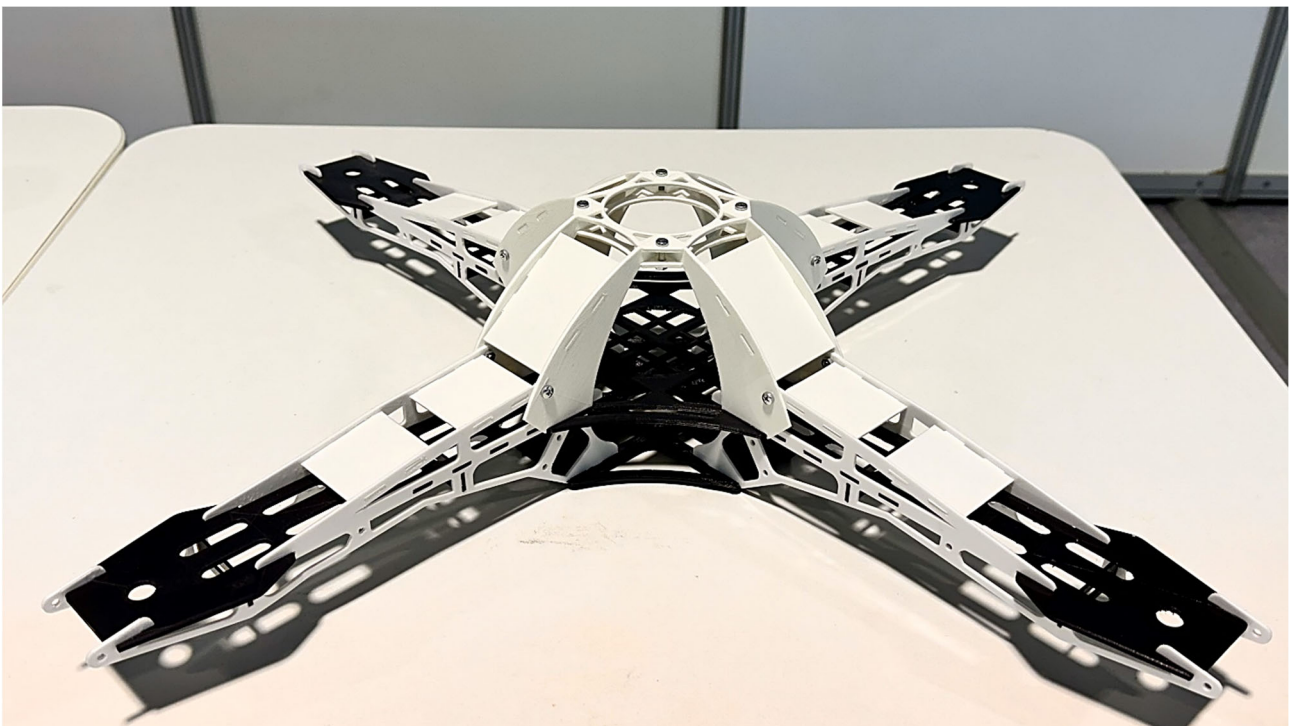


Рис. 3. Разработанная модель поисково-спасательного дрона в сборке

## *Заключение*

Результатом выполненной работы является разработанная трехмерная модель поисково-спасательного дрона, полностью напечатанная на пятиосевом принтере Stereotech HYBRID 530 v2 с применением технологии 5D-печати. Моделирование каждой детали по отдельности позволит значительно ускорить процесс восстановления дрона после поломок или повреждений, что критически важно в условиях поисково-спасательных операций. Применение технологии 5D-печати позволит не только снизить затраты на изготовление дрона, но и значительно повысить его модульность и адаптивность к различным условиям эксплуатации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 5D принтер Stereotech 530 Hybrid. – URL: <https://5dtech.pro/printers/hybrid> (дата обращения: 01.05.2024). – Режим доступа: свободный – Текст: электронный.
2. STE APP. – URL: <https://wiki.stereotech.org/steapp> (дата обращения: 05.05.2024). – Режим доступа: свободный – Текст: электронный.
3. Слайсер для 5D принтеров Stereotech. – URL: <https://5dtech.pro/software> (дата обращения: 05.05.2024). – Режим доступа: свободный – Текст: электронный.
4. Тюльпинова, Н. В. Проектирование в T-FLEX CAD в задачах и примерах / Н. В. Тюльпинова. – Санкт-Петербург: БХВ, 2024. – 656 с.

© А. Н. Малеева, А. А. Шаранов, 2024