

УДК 681.25

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ  
В ФОТОПОЛИМЕРНЫХ 3D-ПРИНТЕРАХ****И. В. СУДЬКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)*

В статье рассмотрены проблемы, возникающие при использовании фотополимерной технологии 3D-печати. Уделяется внимание проблемам, связанным с отделением изделия от печатной платформы во время печати и контролем уровня фотополимерной смолы в ёмкости для печати. Рассмотрена возможность использования тензометрических датчиков для решения данных задач. Создана система, контроля на основе микроконтроллера, способная в реальном времени отслеживать необходимые параметры.

**Ключевые слова:** датчики, автоматизация, 3D-печать.

Фотополимерная 3D-печать является одной из наиболее перспективных технологий аддитивного производства, которая широко используется в различных отраслях промышленности. Фотополимерная печать использует фотополимерные смолы, которые затвердевают под воздействием ультрафиолетового света. Основным механизмом печати заключается в послойном отверждении смолы с помощью ультрафиолетового излучения. Каждый слой фотополимера твердеет в соответствии с цифровой 3D-моделью. Основное преимущество данного метода заключается в высокой точности и детализации печатаемых моделей.

Фотополимерная печать имеет ряд проблем, с которыми сталкиваются пользователи, особенно при производстве сложных и больших объектов. Одной из ключевых сложностей является отделение готового изделия от печатной платформы, особенно при использовании эластичных фотополимеров. Отделившаяся деталь может повредить FEP пленку в емкости для печати или же повредить матрицу, что приведет к дорогостоящему ремонту. Так же отдельно можно выделить проблему контроля уровня фотополимерной смолы в ёмкости для печати. Если уровень смолы снизится до минимального уровня, то деталь может деформироваться или не пропечататься.

Решить данные проблемы можно при помощи установки тензорезисторов. Тензорезисторы — это прибор, сопротивление которого изменяется в зависимости от его деформации.

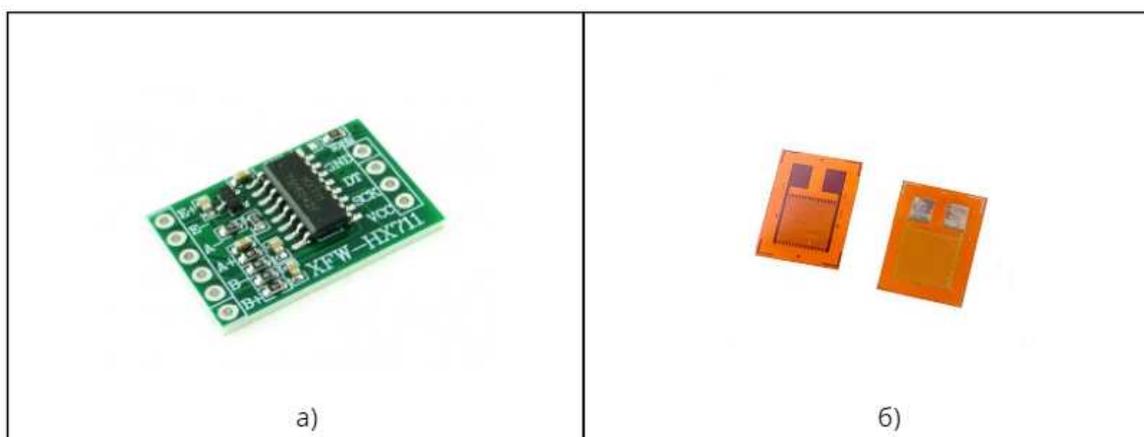
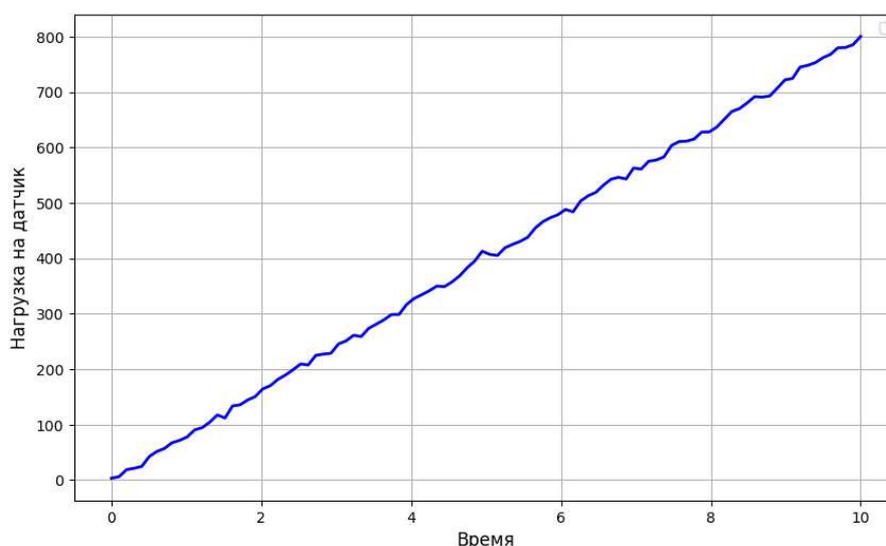


Рисунок 1. – а – АЦП HX711; б – тензорезистор

С помощью тензорезисторов можно измерять деформации механически связанных с ними элементов. Данные элементы обладают высокой чувствительностью и малыми габаритами, что позволяет легко встраивать в различные приборы и механизмы. Тензорезисторы могут быть установлены в резервуаре с фотополимерной смолой для контроля объема и веса смолы. По мере расхода материала изменяется нагрузка на тензорезисторы. С помощью микроконтроллера можно фиксировать изменение показателя

ний тензорезисторов, обрабатывать данные и узнавать уровень смолы в резервуаре. Это позволит системе управления 3D-принтера вовремя обнаружить снижение уровня смолы и автоматически остановить печать или предложить долить материал. Так же можно фиксировать отделение печатаемого изделия от рабочей платформы. Отделившаяся деталь упадет в резервуар для смолы, вследствие чего можно будет зафиксировать сильное изменение в показаниях тензорезисторов. 3D-принтер может автоматически приостановить печать и уведомить о проблеме. Это предотвращает траты смолы и время на печать дефектного изделия, а также снижает риск повреждения оборудования.

В процессе разработки системы были использованы тензорезисторы BF350 для получения данных о нагрузках, а также модуль АЦП HX711, который усиливает и оцифровывает полученный сигнал, позволяя микроконтроллеру 3D-принтера работать с данными от тензорезисторов. Конструкция системы представляла собой резервуар для фотополимерной смолы с установленными по углам под FEP пленкой тензорезисторами, а также отладочную плату на основе микроконтроллера ESP32-WROOM32, которая была установлена за пределами 3D-принтера. Был написан программный код, который отслеживает изменение данных тензорезисторов и строит график зависимости нагрузки от времени.



**Рисунок 2. – График зависимости средней нагрузки от времени, при заполнении резервуара фотополимерной смолой**

Тензометрические датчики имеют большой потенциал, и при развитии данной технологии они способны конкурировать с существующими датчиками. Данные датчики обладают высокой чувствительностью, что позволяет точно определять различные параметры в процессе печати. Интеграция тензорезисторов в фотополимерные 3D-принтеры представляет собой перспективный путь к решению текущих проблем в аддитивном производстве. Это не только увеличит качество и надежность печати, но и обеспечит новые возможности для автоматизации процессов, что в итоге приведет к значительному снижению затрат и времени на производство.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Костиков К., Йозеф Ч. Тензометрические датчики силы //Компоненты и технологии. – 2010. – №. 102. – С. 16-18.
2. Исупов В. В. Способ калибровки стола 3D-принтера. – 2018.
3. Трошин А. А., Захаров О. В. Обзор технологических возможностей FDM-3D принтеров //Современные материалы, техника и технологии. – 2020. – №. 1 (28). – С. 61-65.
4. Управление 3D принтером с дополнительными степенями свободы / А. А. Швец, А. В. Дроботов, И. А. Гущин, А. Р. Авдеев // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2017. – № 9(204). – С. 74-77.
5. Холодилов А. А., Пузынина М. В. Проблемы, возникающие при трехмерной печати объектов с использованием технологии FDM //НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ИННОВАЦИИ: АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ. – 2017. – С. 199-204.