

## 4.6 Технология машиностроения

УДК658.512

### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ 3D-ПРИНТЕРА В ЗАДАЧЕ БАЗИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Беляков Н.В., к.т.н., доц., Яснев Д.А., студ., Эбако М.Э., студ.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье для решения задач базирования моделей деталей машин в аддитивном производстве предлагается определять параллельность перемещений слоеобразующего элемента 3D-принтера либо с помощью измерений параметров образцовой детали, либо с помощью специального индикаторного приспособления.

Ключевые слова: геометрическая точность, взаимное расположение, индикаторное приспособление, 3D-принтер, базирование, аддитивное производство.

На машиностроительных предприятиях 3D-принтеры нашли применение для: 1) прототипирования изделий (оценка эргономических качеств изделия; проверка собираемости и правильности компоновочных решений; гидроаэродинамические и другие испытания; предварительная проверка функциональности; дизайнерские модели с различными нюансами в конфигурации, цветовой гамме раскраски и т.д.); 2) литейного производства (создание литейных моделей, литейных форм и другой модельной оснастки); 3) производстве деталей машин.

Важнейшими параметрами качества деталей машин являются точность размеров и допусков взаимного расположения поверхностей. В аддитивном производстве при 3D-печати точностные параметры деталей обуславливаются рядом факторов таких как: 1) технология печати; 2) толщина слоя печати (разрешение); 3) применяемым для печати материал; 4) конструкция поддержек; 5) температурные деформации материала в процессе затвердения; 6) компоновочная схема принтера; 7) жесткость и точность изготовления деталей принтера; 8) качество сборки, калибровки и юстировки принтера; 9) конструкция и точность механических передач и приводов (точность перемещения слоеформирующих элементов); 10) конструкция и ориентация направляющих; 11) ориентация модели детали при печати и др. [1-4].

Неперпендикулярность направляющих 3D-принтера оказывает особое влияние на взаимное расположение слоев при печати и, как следствие, на обеспечение точности допусков взаимного расположения поверхностей. Если допуски взаимного расположения не обеспечены, то деталь неизбежно перейдет в неустранимый брак.

Задача обеспечения перпендикулярности направляющих решается за счет конструктивных особенностей рамы, направляющих, креплений узлов принтера; точности изготовления деталей; качества сборки принтера, а также его калибровки и юстировки. В последнее время распространение получают методики устранения влияния неперпендикулярности направляющих на точность печати на этапе юстировки программным способом. Для этого в «прошивку» принтера встраивается модуль (например, Bed skew compensation для Marlin), который на основе ввода данных об измерениях диагоналей распечатанных прямоугольных образцов, расположенных в различных плоскостях, регулирует работу двигателей.

Однако, опыт использования подобных модулей, а также анализ отзывов о результатах реализации указанной методики, показывает что погрешность взаимного расположения поверхностей напечатанных деталей остается критичной для качества.

Обеспечение точности допусков взаимного расположения поверхностей деталей машин в аддитивном производстве должно осуществляться уже на этапе базирования (ориентации) модели детали в рабочей зоне принтера с помощью программ-слайсеров за счет правильного выбора баз с учетом геометрической точности принтера после процедур его сборки, настройки, калибровки и юстировки [5-6].

Для определения геометрической точности 3D-принтера в задаче базирования

предлагается оценить параллельность перемещений слоеобразующего элемента по трем осям в двух направлениях для каждой оси: для оси  $X$  – в плоскостях  $XZ$  и  $XY$ ; для  $Y$  – в плоскостях  $YZ$  и  $YX$ , для  $Z$  – в плоскостях  $ZY$  и  $ZX$  (рис. 1).

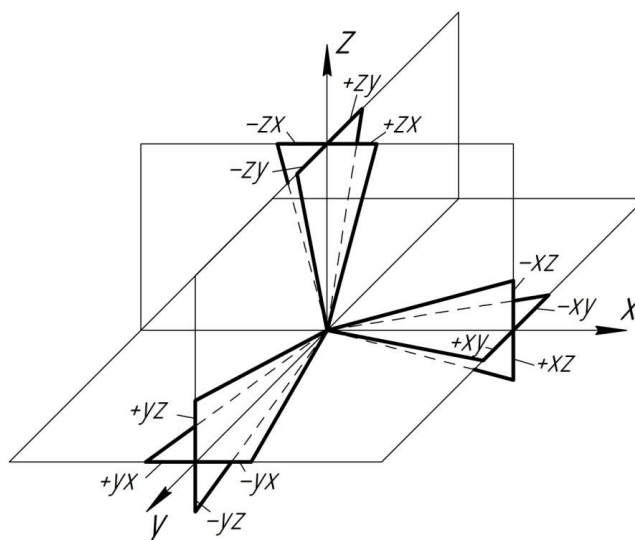


Рисунок 1 – Схема для оценки параллельности перемещений слоеобразующего элемента 3D-принтера

Указанная процедура может быть реализована тремя способами:

- по паспортным данным 3D-принтера (анализ паспортных данных показывает, что исследования геометрической точности практически не производятся);
- печать на 3D-принтере опытных деталей, измерение на координатно-измерительной машине соответствующих параметров по трем осям в двух направлениях и пересчет на габариты рабочей зоны;
- с помощью индикаторного приспособления по методике, разработанной на основе ГОСТ 22267 «Станки металлорежущие. Схемы и способы измерения геометрических параметров» (рис. 2). При этом предлагается индикаторную головку устанавливать на место слоеобразующего элемента.

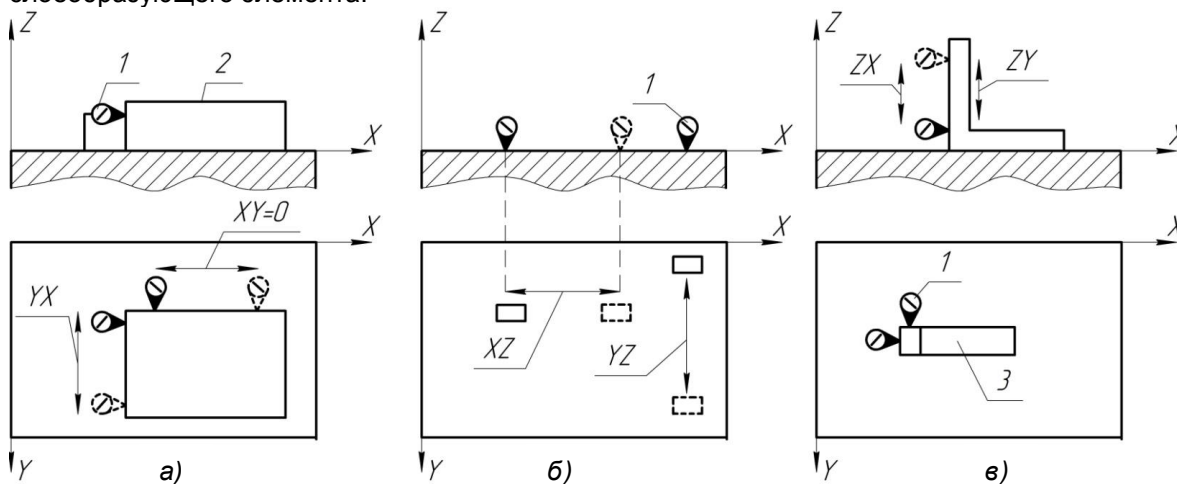


Рисунок 2 – Схемы методики измерения параллельности перемещений слоеобразующего элемента: а – для осей  $X$  и  $Y$  в плоскости  $XY$ ; б – для осей  $X$  и  $Y$  в плоскостях  $YZ$  и  $XZ$ ; в – для оси  $Z$  в плоскостях  $ZY$  и  $XZ$ ; 1 – индикаторная головка, 2 – концевая мера, 3 – поверочный угольник

Недостатками второго способа является косвенность измерения, необходимость использования дорогостоящих средств измерения и расходование материалов.

Недостатками третьего способа является невозможность учета влияния температурных деформаций и других свойств материалов, а также (в случае отсутствия паспортных данных

по геометрической точности 3D-принтера) необходимость изготовления специальной оснастки для крепления и ориентации индикатора.

Для реализации третьего способа спроектировано и изготовлено соответствующее индикаторное приспособление (рис. 3). Методика прошла опытную апробацию в Центре аддитивных технологий РИУП «Научно-технологический парк ВГТУ» и показала свою работоспособность.

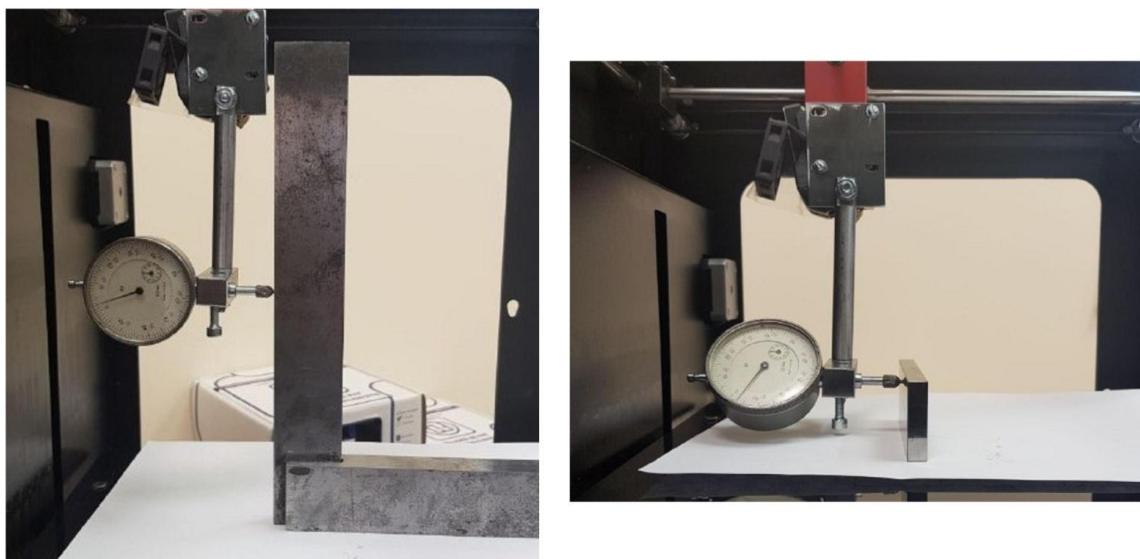


Рисунок 3 – Апробация методики

#### Список использованных источников

1. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш. – Москва : ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.
2. Гусев, Д. В. Повышение показателей качества изготавливаемых изделий при использовании технологии быстрого прототипирования : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Гусев Денис Витальевич ; ФГБОУ ВО «УлГТУ». – Ульяновск, 2019. – 17 с.
3. 3D Today [Электронный ресурс] : О «правильном» и «неправильном» расположении моделей при печати на фотополимерном принтере / Сайт производителя. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа : <https://3dtoday.ru/blogs/pl32/o-pravilnom-i-nepravilnom-raspolozhenii-modelei-pri-pecati-na-fotopolimernom-printere>. – Дата доступа : 7.04.2022.
4. Зверовщиков, А. Е. Исследование точности размеров, обеспечиваемых технологией 3D-печати / А. Е. Зверовщиков, Д. А. Шелахаев, С. А. Нестеров // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2019. – №1 (49). – С. 66–78.
5. Попок, Н. Н. Система поддержки принятия решений по базированию моделей деталей машин в рабочей зоне 3D-принтеров / Н. Н. Попок, Н. В. Беляков, Д. А. Яснев // Вестник ПГУ. – 2022. – № 3, Серия В. Промышленность. Прикладные науки. Машиноведение и машиностроение. – С. 9–20.
6. Попок, Н. Н. Технологическое обеспечение допусков взаимного расположения поверхностей при печати деталей машин на 3D-принтерах / Н. Н. Попок, Н. В. Беляков, Д. А. Яснев, Е. М. Тихон // Менеджмент качества производственных, социально-экономических и технических систем : развитие и совершенствование. Сборник научных трудов / под редакцией А. П. Симкина, Т. П. Можяевой. – Брянск : БГТУ, 2022. – С. 80–87.