

# ОЦЕНКА ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СЛОЕОБРАЗУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА 3D-ПРИНТЕРА В ЗАДАЧЕ БАЗИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Беляков Николай Владимирович, канд. техн. наук, доц.

Яснев Данила Андреевич, студент

Эбако Максим Элисович, студент

E-Mail: [nikolay\\_belyakov@mail.ru](mailto:nikolay_belyakov@mail.ru)

Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье описана область применения 3D-принтеров на машиностроительных предприятиях, перечислен ряд факторов, обуславливающих параметры точности деталей машин (допуски линейных и угловых размеров, формы, взаимного расположения и т.д.) в аддитивном производстве. Особое влияние на обеспечение допусков взаимного расположения напечатанных деталей оказывает неперпендикулярность направляющих 3D-принтера, а также ориентация (базирование) модели детали в рабочей зоне принтера. Для решения задач базирования моделей деталей машин в аддитивном производстве предлагается после процедур сборки, настройки, калибровки и юстировки 3D-принтера оценивать параллельность перемещений слоеобразующего элемента по трем осям в двух направлениях для каждой оси. Оценку предлагается производить либо с помощью измерений на координатно-измерительной машине параметров напечатанной образцовой детали, либо с помощью специального индикаторного приспособления. Указанные методики имеют свои достоинства и недостатки. Для реализации одной из методик спроектировано и изготовлено соответствующее индикаторное приспособление. Методика оценки с помощью индикаторного приспособления прошла опытную апробацию в Центре аддитивных технологий Республиканского инновационного унитарного предприятия «Научно-технологический парк Витебского государственного технологического университета» и доказала свою работоспособность.

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

На машиностроительных предприятиях 3D-принтеры нашли применение для: прототипирования изделий, литейного производства, а также производства 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. материал для печати; 3. толщина слоя (разрешение); 4. конструкция поддержек для печати; 5. температурные деформации в процессе охлаждения и затвердения; 6. компоновочная схема принтера; 7. жесткость и точность изготовления деталей принтера; 8. качество сборки, калибровки и юстировки принтера; 9. конструкция и точность механических приводов и передач (точность перемещения слоеобразующих элементов); 10. конструкция и ориентация направляющих; 11. ориентация (базирование) модели детали при печати и др.

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 изготовле-

ния 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 [1-2].

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).

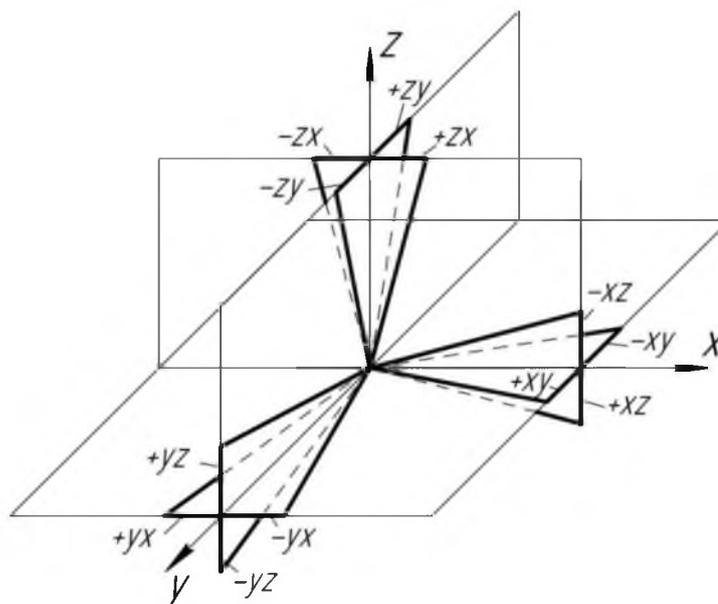


Рис. 1. Схема для оценки параллельности перемещений слоеобразующего элемента 3D-принтера

Указанная процедура может быть реализована тремя способами:

- по паспортным данным 3-D 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.

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 паспорт-

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

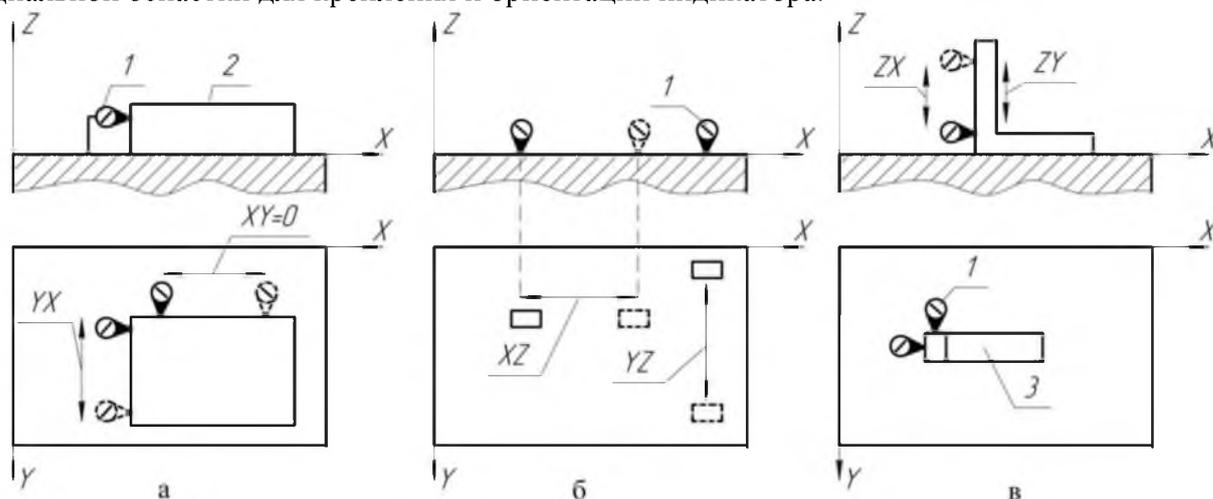


Рис. 2. Схемы методики измерения параллельности перемещений слоеобразующего элемента:  
 а – для осей X и Y в плоскости XY; б – для осей X и Y в плоскостях YZ и XZ;  
 в – для оси Z в плоскостях YZ и XZ; 1 – индикаторная головка, 2 – концевая мера,  
 3 – поверочный угольник

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.

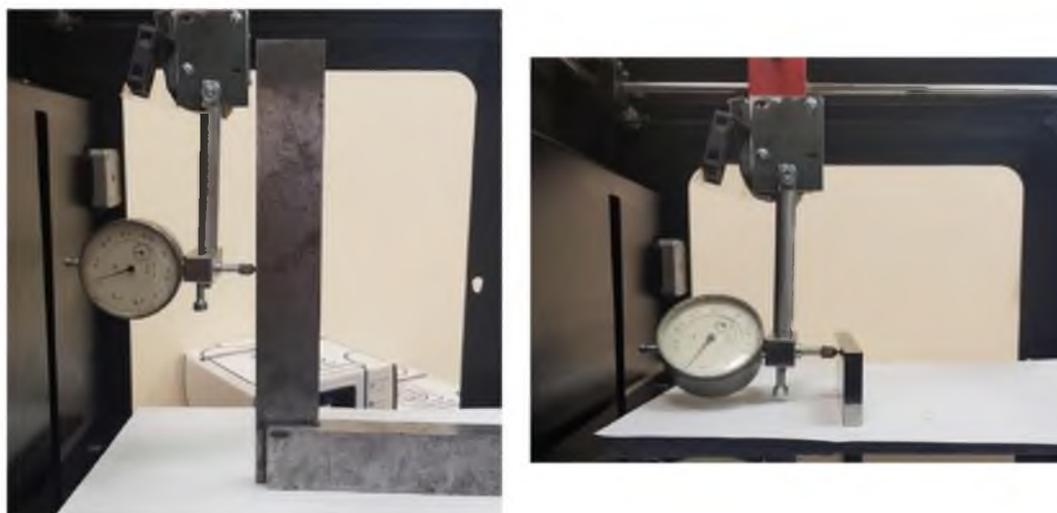


Рис. 3. Апробация методики

#### Библиографический список

1. 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.
2. 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 [и др.] // Менеджмент качества производственных, социально-экономических и технических систем : развитие и совершенствование : сборник научных трудов. – Брянск : БГТУ, 2022. – С. 80–87.