

5. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
6. Алямовский, А. А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. / А. А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.
7. Лагерев, А. В. Динамико-прочностной анализ гидравлических крано-манипуляторных установок мобильных машин. / А. В. Лагерев, А. А. Мильто, И. А. Лагерев. – Брянск: Издательство БГУ, 2015. – 186 с.
8. Лагерев, И. А. Динамика трехзвенных гидравлических кранов-манипуляторов / И. А. Лагерев, А. В. Лагерев. – Брянск : Изд-во БГТУ, 2012. – 196 с.
9. Лагерев, И. А. Оптимальное проектирование подъемно-транспортных машин / И. А. Лагерев, А. В. Лагерев – Брянск : Издательство БГТУ, 2013. – 228 с.

УДК 621.9.07

## ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR

**Володько А.М., маг., Махаринский Ю.Е., доц., Окунев Р.В., асс.**

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

Реферат. В статье рассмотрены способы определения погрешности закрепления: экспериментальный, расчетный, табличный и моделированием в среде autodesk inventor.

Ключевые слова: расчет приспособлений на точность, погрешность закрепления, 3D-модель, имитация деформаций под действием силы зажима.

При проектировании технологической оснастки важным этапом является определение точности изготовления приспособления, первичных погрешностей, влияющих на точность обработки заготовки, в частности – погрешности закрепления. В.А. Горохов предлагает таблицы для определения погрешности закрепления в зависимости от поперечных размеров заготовки и вида опор [1]. Б.Н. Вардашкин приводит расчетную методику определения погрешности закрепления заготовки в приспособлении [2]. Для экспериментального определения погрешности закрепления была разработана и изготовлена установка, показанная на рисунке 1.

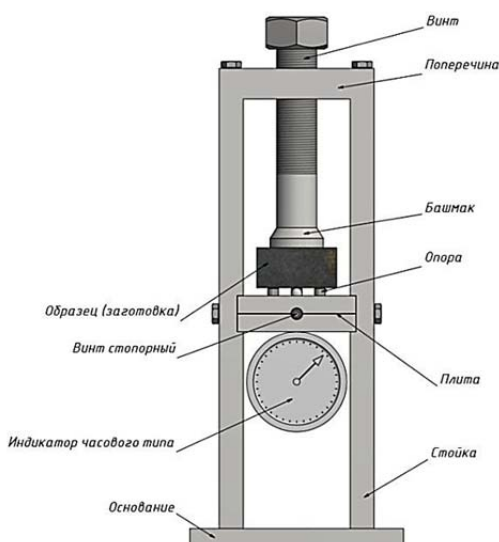


Рисунок 1 – Установка для определения погрешности закрепления заготовок

Были получены расчетные и экспериментальные данные смещения конструкторской базы при зажиме заготовки. Для проведения исследований в виртуальной среде Autodesk Inventor 2017 разработана 3D-модель установки и проведено моделирование ее поведения под действием силы зажима заготовки.

Как видно на рисунке 2, сила направлена верно и смещение конструкторской базы по

вертикальной оси реально отследить. На рисунке 3 отключена видимость некоторых элементов установки и увеличена величина коррективы для большей наглядности смещения конструкторской базы заготовки под действием силы зажима.

На рисунке 4 наглядно видна деформация в геометрическом центре корпусной детали, что приводит к смещению индикатора и неверным результатам определения смещения конструкторской базы в эксперименте. Так как в этой точке фиксируется направляющая втулка индикатора, экспериментально мы определяем смещение конструкторской базы относительно ее.

При моделировании в виртуальной среде, датчик находится именно на плоскости конструкторской базы и не подвержен деформациям. Поэтому отображается максимально правильное значение при условии, что все размеры, материалы и усилия заданы правильно.

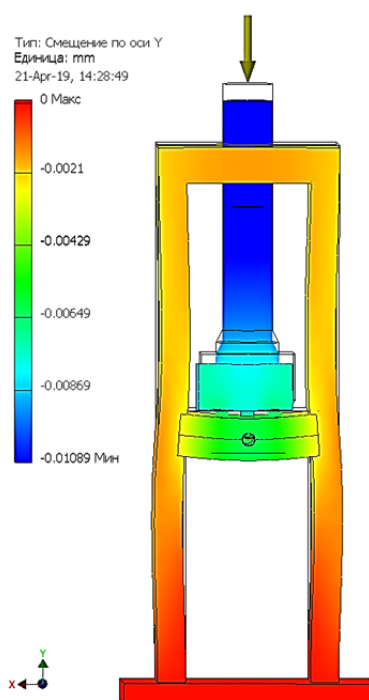


Рисунок 2 – Результаты моделирования

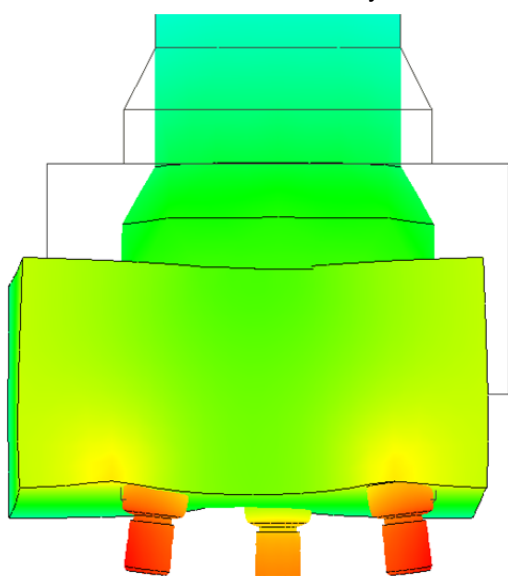


Рисунок 3 – Смещение конструкторской базы

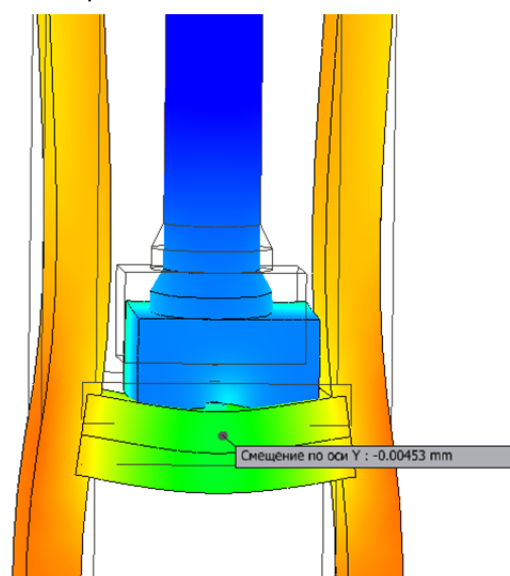


Рисунок 4 – Деформация корпусной детали под действием прижимающей силы

В таблице 1 отображены расчетные, табличные и экспериментальные данные, а также данные при моделировании. Заготовка из конструкционной стали со шлифованной базовой поверхностью устанавливается на три точечных опоры с плоской рабочей поверхностью.

Таблица 1 – Расчетные, табличные, экспериментальные данные и данные при моделировании

<b>Опора с плоской головкой</b>						
Сила, Н	Смещение (мкм)					
	Моделирование	Расчётные	Экспериментальные			Табличные
			Изм. 1	Изм. 2	Изм. 3	
4500	6.91	9.204	10	11	10	100
4750	7.3	9.33				100
5000	7.68	9.454	12	12	13	100
5250	8.06	9.572				100
5500	8.45	9.685	13	13	14	100

Как можно заметить, расчетные данные и данные моделирования близки, но не сходятся. Погрешность расчетов составляет в среднем 20 %. Поэтому для повышения точности определения погрешности закрепления следует рассчитанную величину по методике [2] умножить на корректировочный коэффициент равный 0,833 .

Также, во время исследования было обнаружено, что измеренная величина складывается из погрешности закрепления и смещения индикатора из-за деформации корпуса. С учетом этого погрешность моделирования лежит в пределах точности измерительного индикатора.

Табличные значения [1] очень сильно отличаются от реальных деформаций. Поэтому использовать их в расчетах приспособления на точность не рекомендуется.

#### Список использованных источников

1. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учеб. Пособие / В. А. Горохов. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 238 с.
2. Станочные приспособления: справочник : В 2 т. / Ред. совет Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984 / Под ред. Б.Н. Вардашкина. – 1984. – 592 с.

УДК 621.831.002.2

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС МЕТОДОМ КОПИРОВАНИЯ**

**Шаевуров М.В., маг., Махаринский Ю.Е., доц., Латушкин Д.Г. ст. преп.**

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

Реферат. В статье рассмотрены результаты имитационного моделирования неравномерности припуска при шлифовании зубьев методом копирования.

Ключевые слова: неравномерность припуска, зубошлифование методом копирования, математические модели.

Целью данной работы является получение математических моделей неравномерности припуска, что поможет корректировать профиль правки шлифовального круга и сократить временные и материальные затраты на изготовление зубчатого колеса.

Программа, в которой проводилось имитационное моделирование, была написана на языке программирования Object Pascal в среде разработки Delphi, что позволяет значительно экономить время на осуществление имитационного моделирования. Дальнейшая обработка полученных в ходе моделирования данных проводилась в среде для разработки проектной документации Excel, что в свою очередь существенно сократило время на систематизацию и анализ полученных в ходе эксперимента данных.