

Анализ необходимости модернизации современных систем моделирования процессов формообразования резанием с точки зрения повышения адекватности полученных результатов

А.И. Каняфин<sup>1</sup>, О.Ю. Бочаров<sup>1</sup>, И.В. Григорьев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Набережночелнинский институт КФУ, г. Набережные Челны, Россия

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ, г. Набережные Челны, Россия

*Аннотация:* Рассматриваются вопросы значимости имитационного моделирования при анализе процессов резания. Дается оценка эффективности моделирования с точки зрения оценки итоговых показателей точности детали. Анализ ведется для партии детали. Выбирается методика, позволяющая построить модель формообразования с учетом любых возмущающих факторов. Основной упор стоит делать на учет взаимного положения заготовки и режущего инструмента.

*Ключевые слова:* Моделирование процессов формообразования, наружное цилиндрическое точение, станочная система.

Одним из основных методов исследования, используемых в настоящее время, можно считать моделирование [1]. При этом имитационное (компьютерное) моделирование занимает всё более значимое место [2]. Компьютерные модели строятся на основе математических моделей. Само математическое моделирование достаточно универсально, вполне скоротечно, позволяет ставить «идеальный» эксперимент с «идеальными» исходными данными, при этом обладает инструментом для управления и поиска оптимальных параметров [3]. Как дополнительные преимущества математического моделирования хочется отметить минимум потребляемых материалов и низкую стоимость большого количества экспериментов.

Для систематического повышения точности технологю, на этапе проектирования, важно заранее прогнозировать конечный результат обработки на имеющемся оборудовании с известными характеристиками точности, а в процессе выпуска продукции проследить и анализировать изменения величин отклонений на основе систематических измерений [4] [1]. Следовательно, резко возрастает объём обрабатываемой информации, и без автоматической системы управления эта задача не может быть решена [5].

Эффективность применения моделирования процессов формообразования, позволяет рассчитать значения отклонений точности при воздействии комплекса технологических факторов, создать для них методы автоматизированного формирования исходных данных, а также методы автоматизированного планирования действий по повышению точности выпускаемых деталей.

Такая модель позволит заранее определить параметр качества партии деталей и при необходимости внести изменения в процесс для достижения лучших результатов.

Одной из основных целей математического моделирования [6] технологических систем является прогнозирование на этапе их проектирования основных характеристик и особенностей их функционирования в реальных условиях промышленного производства, исключить затраты на исправление выявленных ошибок, за счет обнаружения их на этапе проектирования.

На сегодняшний день имеется множество методик, позволяющих моделировать процесс формообразования поверхности детали [7], но все они основаны на классической теории формообразования, которая учитывает, в основном перемещение инструмента по определенной траектории, а положение самой заготовки не учитывается [8] либо учитывается в недостаточной форме, и это недостаточно для определения адекватной модели поверхности детали. Например, работы В.Э. Пуша, основаны на моделях ручного счета, адаптированных к ключевым возможностям компьютеров. Несомненно, огромное, по сравнению с человеком, количество вычисляемых операций в минуту позволяет значительно ускорить и процесс моделирования. В то же время вы можете значительно увеличить детализацию модели. Но большинство методов расчета, созданных с использованием ручного учета, значительно упрощаются, а точность (адекватность) результатов снижается. Но нет смысла увеличивать детализацию расчетов с низкой точностью моделирования изначально.

Пуш В.Э. несколько расширил возможности ручных подсчетов, заметно адаптировал их для использования на компьютерах, но основа моделирования осталась с эпохи ручного подсчета. Логика человеческого мышления заметно отличается от логики принятия компьютерных решений, вследствие чего невозможно без существенных упрощений реализовать человеческие идеи. В результате современные вычислительные системы требуют новых методов и подходов для полного раскрытия своих возможностей.

Или работы Искра Д. Е. закладывают в основу для моделирования понятие - геометрического образа обрабатываемой поверхности. Основой геометрического изображения является либо его аналитическое описание методами аналитической геометрии, либо аналитическое описание, основанное на кинематических движениях формообразования, либо набор точек, полученных на основе имитационных алгоритмов, имитирующих движения экспериментальных алгоритмов [9]. Но здесь непонятно, как учитывать влияние воздействий, определяющих взаимное положение заготовки и инструмента (например: температурные расширения, вибрации, адгезия в зоне резания и др.). Основной упор в работе, по-видимому, делается на кинематическую точность. Очевидно, что колебательные составляющие в сочетании с температурными расширениями, а также износ элементов кинематической пары могут совершать значительные отклонения. Сама работа Искра Д. Е. рекомендует опираться на экспериментальные данные, что не совсем возможно при “чистом” имитационном моделировании.

Сама работа по определению геометрического образа поверхности заготовки требует определения кинематической схемы, объединяющей все кинематические отношения станка. В то же время, очевидно, что положение инструмента и заготовки также влияет на точность сопряжения основных элементов системы станка. Непонятно, как это учесть в предлагаемой системе при изолировании от реальных измерений, хотя работа предполагает измерения реального станка, что будет включать неточности статических интерфейсов.

Методики, созданные для ручного счета, просто перенесли в компьютер и так как они упрощенные, существует ряд недостатков. Во-первых, они не учитывают факторы, влияющие на профиль итоговой поверхности: неточности настройки и износа режущего инструмента, упругих деформаций технологической системы СПИД (станок, приспособление, инструмент, деталь), температурных деформаций узлов станка, заготовки и инструмента, вызывающих изменение величины, направления и точки приложения сил резания [9].

Таким образом, проблема повышения адекватности моделирования на основе двухполюсной схемы формообразования, за счет формирования единой методики определения полюсов и определения правил обработки кромкой инструмента является актуальной и требует скорейшего решения. Также стоит обратить внимание на выработку правил моделирования на основе двухполюсной схемы формообразования и адаптация их к другим видам обработок, таким как: фрезерование, сверление, токарно-фасонное точение.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Савин И.А.

#### Библиографический список

1. Балабанов И.П. Анализ связей между функциональными и точностными показателями качества//Наука и практика. Диалоги нового века Материалы конференции. 2003. С. 13-14.

2. Разработка системы моделирования формирования отклонений совокупности показателей точности для токарных операций / Балабанов И.П. // Курск, Из-во ЗАО «Университетская книга», 2019. 193 с.

3. Актуальные вопросы математического моделирования: идеи. методы. решения: монография/Балабанов И.П., Симонова Л.А., Зиятдинов Р.Р., Романовский Э.А., Браун В.С., Заморский В.В.//Под редакцией Балабанова И.П. Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», -2016. 210 с.

4. Балабанов И.П., Симонова Л.А. Моделирование точности процессов формообразования на основе идентификации показателей качества партии заготовок//Труды III Международной научно-практической конференции "АВТОМОБИЛЬ И ТЕХНОСФЕРА", Казань, 17-20 июня. -Казань: Издательство Казанского государственного технологического университета, 2003. С. 202-212.

5. Balabanov I P, Balabanova O N, Groshev A V, Formation of initial data of the workpiece batch in simulation modeling precision forming, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 86, Issue 1, 26 June 2015

6. Балабанов И.П. Автоматизированная система управления формообразованием на основе моделирования процесса формирования отклонений комплекса показателей точности (на примере токарных операций)//диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Набережные Челны, 2006

7. Балабанов И.П. Прогнозирование точности формообразования партии деталей с использованием информационной модели состояния партии//проектирование и исследование технических систем. Межвузовский научный сборник. . Набережные Челны, 2004. С. 45-50.

8. Чермянин А.А., Балабанов И.П. Анализ систем моделирования станочных систем // ИТОГИ 2015 ГОДА: ИДЕИ, ДОСТИЖЕНИЯ сборник материалов II Региональной студенческой научно-практической конференции с всероссийским участием. 2015. С. 205-208.

9. Savin I.A. Determination of the effectiveness of the use of robotic systems in mechanical engineering//European Journal of Natural History. 2016. № 3. С. 94-97