

УДК 621:658.512.4:004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗМЕРНО-ТОЧНОСТНОГО АНАЛИЗА В СИСТЕМАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Тимофеев М.К. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Помпеев К.П.
(ИТМО)

Введение. При проектировании технологических процессов изготовления деталей типа тел вращения важную роль играет размерно-точностной анализ. В частности, размерно-точностной анализ по элементам вращения позволяет проверить возможность выполнения требований взаимного расположения поверхностей и обосновать величину припусков на обработку. В условиях применения дорогостоящих конструкционных материалов (титановые сплавы, жаропрочные и прецизионные стали) ошибки, допущенные на данном этапе, приводят не только к снижению точности поверхностей, но и к существенному перерасходу сырья.

Построение схем биений относится к наиболее трудоёмким и слабо формализованным процессам размерно-точностного анализа. На практике данный этап выполняется преимущественно вручную, что обуславливает зависимость результатов от квалификации технолога и снижает воспроизводимость проектных решений. Повышение требований к точности изготовления и интенсификация производственных процессов определяют актуальность разработки методов автоматизации формирования схем биений и последующего расчёта припусков и промежуточных диаметральных размеров.

Основная часть. Проведённый анализ существующих программных средств автоматизации размерно-точностного анализа позволил выделить несколько основных групп решений:

1. САД-модули анализа допусков. К данной группе относятся модули, интегрированные в САД-системы, среди которых стоит отметить следующие: TolAnalyst в SolidWorks, CETOL 6σ, NX Tolerance Stackup Validation в Siemens NX, а также библиотека размерных цепей КОМПАС-3D. Указанные инструменты ориентированы преимущественно на этап проектирования изделия и обеспечивают анализ собираемости на основе трёхмерных моделей. Основным достоинством является тесная связь с геометрической моделью изделия. Вместе с тем данные решения не учитывают маршрутно-операционную структуру технологического процесса и не предназначены для формирования технологических схем биений, расчёта промежуточных диаметральных размеров и анализа влияния базирования на результирующую точность.

2. Специализированные системы технологического размерного анализа. К данной группе относятся системы АСТРА, NORMAL и РТП2000, ориентированные на автоматизацию расчёта технологических размерных цепей на основе табличного описания процесса обработки. Для указанных решений характерны высокая трудоёмкость подготовки исходных данных, преимущественно табличное представление результатов, отсутствие развитых средств графической визуализации схем биений и ограниченная поддержка сложной геометрии тел вращения. Кроме того, данные системы не обеспечивают сквозного цикла анализа, включающего формирование схемы биений, расчёт биений поверхностей и проверку требований взаимного расположения в рамках единой информационной модели.

3. САПР ТП с элементами размерно-точностного анализа. К данной группе относятся системы проектирования технологических процессов, в которых отдельные элементы размерно-точностного анализа используются как критерии формирования структуры ТП. Примерами являются ВЕРТИКАЛЬ, ТехноПро и Sprut-TP. В данных системах размерно-точностной анализ, как правило, реализован в виде отдельных расчётных процедур либо проверок, не связанных напрямую с геометрической моделью детали. Специализированные средства построения схем биений отсутствуют, а анализ выполняется опосредованно, без наглядного представления технологических цепочек.

Обобщение результатов анализа показывает, что существующие программные средства характеризуются системными ограничениями: ориентацией на табличные модели представления информации, отсутствием графически ориентированного построения схем биений, разрывом между геометрией детали и маршрутно-операционной структурой технологического процесса, а также отсутствием единого цикла «схема биений — расчёт биений — проверка требований взаимного расположения». Указанные ограничения существенно затрудняют применение рассмотренных решений при проектировании технологических процессов изготовления высокоточных деталей типа тел вращения.

С целью устранения выявленных ограничений разработан программный комплекс, обеспечивающий автоматизированное построение схем биений на основе графической модели технологического процесса. В отличие от существующих систем предложенный комплекс реализует интерактивное связывание операций, установов и поверхностей с эскизом детали и обеспечивает автоматическое формирование схем биений с последующим расчётом биений по технологическим цепочкам и проверкой выполнения требований взаимного расположения.

Выводы. Проведён сравнительный анализ существующих средств автоматизации размерно-точностного анализа, показавший, что САД-модули, специализированные системы технологического размерного анализа и САПР ТП с элементами анализа не обеспечивают комплексной поддержки построения схем биений в контексте технологического процесса изготовления деталей типа тел вращения.

Разработанный программный комплекс устраняет выявленные ограничения за счёт интеграции графического представления схем биений с расчётными алгоритмами и маршрутно-операционной структурой обработки, что позволяет реализовать сквозной цикл размерно-точностного анализа.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения комплекса на этапе технологической подготовки производства для обоснования величины припусков, выбора заготовки и проверки достижимости требований взаимного расположения без изготовления опытных партий.

Список использованных источников:

1. Валетов В.А., Помпеев К.П. Технология приборостроения. Учеб. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 234 с.
2. Зелинский А.Н., Зинченко А.М., Стародубов С.Ю. Размерный анализ технологических процессов механической обработки. Учеб. пособие. – Москва.: Инфа-Инженерия, 2023. – 272 с.

Автор _____ Тимофеев М.К.

Научный руководитель _____ Помпеев К.П.