

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ

М.В. Янюкина, М.А. Болотов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) (СГАУ), Самара, Россия)

Разработан алгоритм решения задачи определения геометрических параметров в сборочной единице с учётом взаимосвязанных размерных цепей.

Ключевые слова: взаимосвязанные размерные цепи, турбина, производственная погрешность, сборка, расчётная модель.

Введение

Расчёт взаимосвязанных размерных цепей является актуальной проблемой при проектировании и производстве аэрокосмической техники. Обзор существующих работ в исследуемой тематике показал отсутствие единой методики, позволяющей решать проектные и проверочные задачи при решении размерных цепей. При решении таких задач допускают упрощения, что приводит к существенным неточностям и ошибкам в расчётах. Сложность расчёта взаимосвязанных размерных цепей, заключается в необходимости учёта силовых факторов. Традиционный подход, заключающийся в использовании аппарата теории вероятностей и математической статистики, решающий задачу суммирования случайных величин, не позволяет точно решать взаимосвязанные размерные цепи. Для решения таких размерных цепей необходимо разработать методику и математическую модель расчёта, учитывающую вероятностный характер размерно-точностных параметров и влияние силового фактора.

Одним из актуальных примеров сборочной единицы, в которой присутствует взаимосвязанная размерная цепь, является рабочее колесо турбины ГТД. Размерная цепь колеса турбины ГТД формируется геометрическими параметрами рабочего колеса и множества лопаток. Взаимосвязанность размерной цепи заключается в формировании двух цепей. Первая цепь формируется размерами, определяющими расположение пазов под установку лопаток, а также размерами замков лопаток. Вторая размерная цепь формируется размерами бандажных полок лопаток. Взаимосвязанность размерной цепи колеса турбины заключается во взаимозависимости первой и второй цепи посредством силовых контуров, образующихся множеством средних частей лопаток турбины.

Актуальность расчёта размерной цепи рабочего колеса турбины заключается в необходимости совершенствования технологии сборки этой сборочной единицы. На производстве при осуществлении сборочной операции ротора турбины ГТД по бандажному диаметру может возникать процесс заклинивания соседних лопаток. Величина натяга, проявляющаяся в ходе заклинивания по рабочим поверхностям, может превышать допустимое значение, заданное в конструкторской документации. Превышение величины натяга может привести к частичному разрушению контактирующих поверхностей бандажных

полок в ходе работы сборочной единицы. Такая проблема возникает как следствие широких диапазонов допусков на размеры лопатки. Разрешить ее возможно посредством назначения корректирующих мероприятий.

Целью работы является разработка общего алгоритма расчёта взаимосвязанных размерных цепей.

Алгоритм решения задачи

Общая постановка задачи решения взаимосвязанных размерных цепей приведена на рисунке 1.

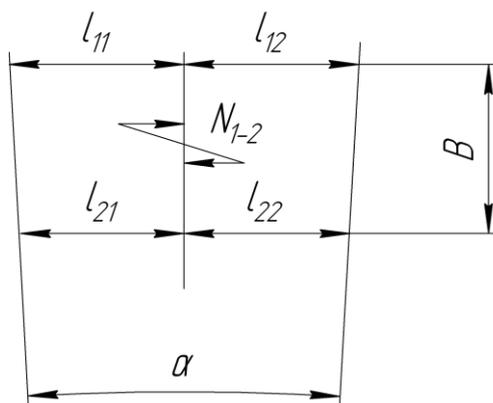


Рис.1. Упрощённая расчётная схема взаимосвязанной размерной цепи

Приведенная взаимосвязанная размерная цепь включает в себя две цепи, которые зависят между собой. Первая цепь проходит по бандажному диаметру лопаток, вторая – по диаметру замка. Большое значение при сборке колеса турбины уделяется соблюдению рекомендованного техническими требованиями натяга по рабочим поверхностям лопаток. Как было сказано ранее, при сборке имеет место процесс заклинивания лопаток. В этом случае угол клина может быть рассчитан по формуле (1):

$$\alpha = \arctg \left(\frac{\left| \sum_{i=1}^n l_{1i} - \sum_{j=1}^m l_{2j} \right|}{B} \right), \quad (1)$$

где B – высота лопатки,

l_{1i} – длина лопатки по бандажному венцу,

l_{2j} – длина лопатки по замковой полке.

Поставленная задача содержит в себе геометрическую и математическую составляющие, поэтому ее решение можно осуществить, следуя алгоритму:

1. исследование и анализ производственных погрешностей по геометрическим параметрам;

2. разработка параметрической модели в САД-системе;
3. создание множества САД-моделей деталей с учётом фактических или обобщённых распределений погрешностей геометрических параметров;
4. расчётная модель в САЕ-системе, загрузка различных сочетаний моделей деталей;
5. накопление статистики и анализ.

Согласно алгоритму первым этапом являются исследование и анализ производственных погрешностей по геометрическим параметрам, что предполагает проработку выборки одноимённых деталей: их измерение на специализированном оборудовании и анализ полученных данных.

После сбора информации о производственной погрешности разрабатывается параметрическая модель детали в САД-системе. Затем используя средства прикладных программ для решения задач технических вычислений (например, Matlab) генерируется множество САД-моделей детали с учётом фактических или обобщённых распределений погрешностей геометрических параметров.

Расчётная стадия алгоритма решения осуществляется в САЕ-системе, где происходит расчёт различных сочетаний моделей деталей. Полученные результаты составляют статистику для дальнейшего анализа.

Заключение

Расчёт взаимосвязанных размерных цепей при сборке рабочего колеса турбины является сложной задачей и требует тщательной проработки. Дальнейшее исследование предполагает проверку и отладку представленного алгоритма решения.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы». Уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57815X0131.