



Рисунок 3 – Схема изменения выходного параметра

в) прогнозирование времени сохранения ресурса станка T по точности обработки при допустимом отклонении от прямолинейности перемещения инструмента (заготовки), измеренные в любом промежутке времени Δt .

Заключение. Использование компьютерной техники, активных методов и средств контроля обеспечивают возможность не только определять текущее состояние узлов путем измерения параметров траекторий движения формообразующих узлов, но и прогнозировать на основе их анализа остаточный ресурс узлов и деталей. При этом планируются сроки проведения и объемы ремонтных работ только необходимых агрегатов и узлов. Преимуществом такого планирования является снижение объемов ремонтных работ и увеличение за

GORBUNOV V.P., GRIGORIEV V.F., DAKALA Y.A. Prediction of a resource of NC-machining technique on the parameters of accuracy indices

Preservation of precision and safe operation during the entire period of operation is provided with the system of technical maintenance and repair. The technique of diagnosing a condition of processing equipment with the CNC by measurement of parameters of trajectories of the movement of form-building nodes with the subsequent forecasting of a resource on processing accuracy had offered. According to the monitoring plans of technical maintenance and repair are corrected. As a result volumes of repair work decrease and the service life increases.

УДК 621.91.002

Медведев О.А.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧНОСТИ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЗВЕНЬЕВ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ДОПУСТИМОЙ ДОЛЕ БРАКОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Введение. Проектирование надежных и точных машин, эффективных техпроцессов сборки и механической обработки их деталей невозможно без комплексного размерного анализа объектов проектирования на основе выявления и решения конструкторских и технологических размерных цепей. На основе проектных расчетов размерных цепей можно определить технически обоснованные требования к точности размеров комплектующих деталей, исходя из требуемой точности важных функциональных геометрических параметров машины, формирующихся при ее сборке.

Методика проектных расчетов линейных размерных цепей достаточно подробно разработана и описана в учебной и специальной технической литературе [2 и др.]. В то же время, вопросам выявления и решения угловых размерных цепей уделяется неоправданно мало внимания, несмотря на ряд объективных факторов, определяющих их важность:

- в большинстве случаев требуемый уровень точности размеров, определяющих угловые положения поверхностей деталей и сборочных единиц (отклонение от перпендикулярности, параллельности, наклона поверхностей, торцевого биения и др.), зна-

счёт мониторинговых испытаний ресурса по сравнению с межремонтным периодом согласно ППР.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проников, А.С. Надежность машин. – Москва : Машиностроение, 1978. – 592 с.
2. Проников, А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков. – Москва : Машиностроение, 1985. – 288 с.
3. Типовая схема технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования / Минстанкомпром СССР, ЭНИМС. – Москва : Машиностроение, 1988. – 672 с.
4. Анцева, Н.В. Управление системой планово-предупредительного ремонта металлорежущих станков по критерию эксплуатационной технологичности / Н.В. Анцева, А.Н. Иноземцев // Известия ТулГУ. – Технические науки. – 2013. – Вып. 12 (41). – С. 21–30.
5. Анисеева, О.В. Автоматизация диагностирования и прогнозирования состояния металлорежущих станков на промышленных предприятиях / О.В. Анисеева, А.Н. Афонин, А.Г. Ивахненко // Известия Юг.-Зап. ГУ. – 2012. – № 1(40). – С. 103–107.
6. Утенков, В.М. Прогнозирование потери точности металлорежущих станков / В.М. Утенков // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – № 5. DOI:10.7463/0513.0574593. – 10 с.
7. Васильев, Г.Н. Обеспечение технологической надежности токарных станков мониторингом параметров траекторий перемещения суппортных узлов / Г.Н. Васильев, А.Г. Ягопольский // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Машиностроение. – 2010. – № 2. – С. 91–105.

Материал поступил в редакцию 22.11.2017

чительно выше уровня точности линейных размеров, связывающих указанные поверхности. В соответствии с ГОСТ 24643-81, допуски формы и расположения не должны превышать определенной доли допуска соответствующего линейного размера (от 25 до 60%);

- для достижения высокой точности угловых замыкающих размеров при сборке технически затруднительно использовать методы пригонки, регулирования, селективной сборки. Эта точность обычно достигается методами полной и неполной взаимозаменяемости, что предполагает достаточно высокую точность получения угловых размеров при изготовлении деталей;
- точность углового положения поверхностей деталей при механической обработке так же обеспечивается методами полной и неполной взаимозаменяемости и зависит от точности угловых положений элементов станков, приспособлений, инструментов, так как на большинстве металлорежущих станков отсутствуют механизмы точной регулировки угловых положений рабочих органов.

Таким образом, во многих случаях проектные расчеты угловых размерных цепей имеют приоритетное значение для обеспечения

Медведев Олег Анатольевич, к.т.н., доцент кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

точности сборки машин и изготовления деталей.

Несмотря на то, что основные положения теории линейных размерных цепей приемлемы и для угловых размерных цепей, расчеты последних не находят широкого применения в практике проектирования машин и техпроцессов. Это объясняется трудностями выявления, восприятия и изображения схем угловых размерных цепей, своеобразием построения системы допусков угловых размеров и отсутствием методики проектных расчетов, пригодных для практики.

Основой проектного расчета любой размерной цепи является способ распределения допуска замыкающего звена на составляющие звенья. По аналогии с линейными размерными цепями для угловых цепей целесообразно использовать способ равноточных допусков, то есть допуски всех составляющих звеньев принимать по одной степени точности. Используемые на практике способ подбора составляющих допусков и способ равных допусков имеют существенные недостатки. Бессистемный подбор допусков углов требует больших затрат времени. Принимая равные допуски на угловые размеры при разной длине границ углов, можно установить для углов с длинными сторонами неприемлемо высокий уровень точности. Более рационально допуск на составляющий угловой размер определять с учетом длин его границ, так же как допуски на составляющие звенья линейных цепей определяют с учетом их номиналов, ограничивая разнообразие допусков одним качеством.

Метод равноточных допусков может быть реализован для угловых размерных цепей при условии, что правила построения стандартной системы угловых допусков позволяют получить выражение для расчета номера степени точности (одинаковой для всех составляющих звеньев) в зависимости от допуска замыкающего звена, длин границ углов и параметров системы допусков.

Несмотря на то, что система допусков параллельности, перпендикулярности, наклона, торцевого биения и система допусков углов регламентируются разными стандартами (ГОСТ 24643-81 и ГОСТ 8908-81 соответственно), они построены по единым принципам, имеют одинаковые интервалы длин, набор степеней точности и значений допусков (при выражении допусков углов в линейных единицах в виде катета). Это позволяет использовать метод равноточных допусков для решения размерных цепей, имеющих в качестве составляющих звеньев как углы, так и отклонения от перпендикулярности, параллельности, торцевого биения и наклона.

Расчет стандартных системных допусков углов. Анализ принципов построения указанных систем стандартных допусков позволил составить математическое выражение для расчета любого стандартного допуска углового размера в пределах ограничений систем допусков. Значения стандартных угловых допусков изменяются в пределах одной степени точности, в зависимости от значения длин меньшей стороны угла по ряду предпочтительных чисел Ra10 с коэффициентом геометрической прогрессии $\lambda = \sqrt[10]{10} \approx 1,25$. В пределах одного интервала длин допуски изменяются в зависимости от степени точности по ряду предпочтительных чисел Ra5 с коэффициентом геометрической прогрессии $\varphi = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$ [1, 2].

Поэтому любое значение стандартного допуска j -го составляющего звена угловой цепи можно выразить формулой

$$AT_j = AT_1 \cdot \varphi^{n-1} \cdot \lambda^{m-1}, \quad (1)$$

где $AT_1=0,4$ мкм – исходный минимальный допуск для первой степени точности и первого интервала длин [1, 2];

n – номер степени точности допуска;

m – номер интервала минимальной длины стороны нормируемого угла.

В то же время границы интервалов длин в системах стандартных угловых допусков сами являются членами геометрической прогрессии с коэффициентом $\varepsilon = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$ в зависимости от номера интервала [1]. Тогда верхняя граница любого интервала длин может быть определена по формуле

$$L_j = L_1 \cdot \varepsilon^{m-1}, \quad (2)$$

где L_1 – верхняя граница первого интервала длин.

После логарифмирования уравнения (2) найдем выражение для $m-1$

$$\ln L_j = \ln L_1 + (m-1) \cdot \ln \varepsilon; \quad m-1 = \frac{\ln L_j}{\ln \varepsilon} - \frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}.$$

Заменив в (1) степень $m-1$ ее значением, после преобразования получим математическое выражение для расчета любого системного углового допуска, который может быть назначен для j -го звена угловой цепи

$$AT_j = AT_1 \cdot \gamma^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \cdot \left(\gamma^{\sqrt[5]{10}} \right)^{\ln L_j} \cdot \varphi^{n-1} = B \cdot C^{\ln L_j} \cdot \varphi^{n-1}, \quad (3)$$

где $AT_1=0,4$ мкм – исходный минимальный допуск для первой степени точности и первого интервала длин меньшей стороны угла; $\gamma = \sqrt[10]{10} \approx 1,25$ – коэффициент геометрической прогрессии, членами которой являются системные угловые допуски для разных интервалов длин границ нормируемых углов в пределах одной степени точности; $\varepsilon = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$ – коэффициент геометрической прогрессии, членами которой являются границы интервалов длин в системе угловых допусков; L_1 – верхняя граница первого интервала длин сторон углов; L_j – верхняя граница интервала длин, к которому относится верхняя граница нормируемого j -го звена угловой цепи; $\varphi = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$ – коэффициент геометрической прогрессии, членами которой являются системные угловые допуски для разных степеней точности в пределах одного интервала длин сторон углов; n – номер степени точности назначаемого допуска.

Для упрощения формулы (3) приняты обозначения постоянных множителей, не зависящих от j :

$$B = AT_1 \cdot \gamma^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}} \quad \text{и} \quad C = \left(\gamma^{\sqrt[5]{10}} \right).$$

Теоретико-вероятностный расчет степени точности угловых составляющих звеньев. Достижение точности сборки замыкающих звеньев размерных цепей методом неполной взаимозаменяемости позволяет уменьшить требования к точности размеров деталей, входящих в размерные цепи, при сохранении основных преимуществ полной взаимозаменяемости. На составляющие звенья назначаются расширенные допуски, поэтому у некоторой части изделий замыкающее звено может выйти за пределы заданного допуска. Если доля таких бракованных изделий невелика, то сумма затрат на изготовление неточных деталей и дополнительных затрат на исправление брака будет значительно меньше расходов на точные детали, необходимые для метода полной взаимозаменяемости. В таком случае неполная взаимозаменяемость предпочтительнее. Так как размеры деталей после мехобработки подчиняются законам распределения, при которых их крайние значения маловероятны, то для замыкающего звена (суммы таких размеров), указанный характер распределения выражен еще сильнее. Благодаря этому часто удается получать незначительные доли брака при существенном расширении допусков составляющих звеньев.

При составлении уравнения для расчета номера степени точности n угловых составляющих звеньев с учетом допустимой доли брака при сборке, полей рассеяния и параметров распределения звеньев будем использовать выражение (4), применяемое для теоретико-вероятностных расчетов линейных размерных цепей [3, 4]

$$\omega_{\Delta}^2 = t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^p \omega_j^2 \cdot \lambda_j^2, \quad (4)$$

где ω_{Δ} – поле рассеяния замыкающего звена; ω_j – поле рассеяния j -го составляющего звена; t_{Δ} – коэффициент риска для замыкающего звена; λ_j – коэффициент относительного рассеяния j -го составляющего звена; p – число составляющих звеньев цепи.

При использовании формулы (4) для расчета угловых размеров цепей в качестве ω_{Δ} и ω_j необходимо использовать соответствующие поля рассеяния углов, приведенные к одинаковой базовой длине. Для упрощения последующих выражений принимаем значение базовой длины 1 мм. Тогда приведенное значение поля рассеяния каждого углового звена получится делением его поля рассеяния на длину его меньшей стороны.

Распределение замыкающего звена, как суммы большого числа независимых случайных величин можно считать нормальным и, используя таблицу функции Лапласа, определять коэффициент t_{Δ} в зависимости от экономически приемлемой доли бракованных изделий. В соответствии с рекомендациями [3,4] для составляющих звеньев в виде положительных отклонений расположения поверхностей деталей от параллельности, от перпендикулярности, от соосности, целесообразно принимать распределение по закону Релея с коэффициентом относительного рассеяния $\lambda^2_j = 0,1337$.

При наличии в угловой цепи звеньев, поля рассеяния ω_{jcm} (допуски) которых регламентируются стандартами, степень точности следует определить только для остальных составляющих звеньев. Поэтому в правой части уравнения (4) запишем отдельно сумму приведенных стандартных и сумму приведенных нестандартных полей рассеяния и подставим во вторую сумму в качестве ω_j выражение (3) для TA_j :

$$\begin{aligned} \omega_{\Delta}^2 &= t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{P_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2 + t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{P_n} \omega_j^2 \cdot \lambda_j^2 = \\ &= t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{P_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2 + t_{\Delta}^2 \cdot B^2 \cdot \varphi^{2(n-1)} \cdot \sum_{j=1}^{P_n} \frac{C^{2 \ln L_j}}{L_j^2} \cdot \lambda_j^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Преобразуем уравнение (5) так, чтобы в левой части равенства оказался множитель, содержащий степень точности n , одинаковую для всех нестандартных звеньев

$$\varphi^{2(n-1)} = \frac{\omega_{\Delta}^2 - t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{P_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2}{t_{\Delta}^2 \cdot B^2 \cdot \sum_{j=1}^{P_n} \frac{C^{2 \ln L_j}}{L_j^2} \cdot \lambda_j^2}. \quad (6)$$

После логарифмирования (6) и выделения в левой части равенства степени точности n , получим

$$n = \frac{1}{2 \ln \varphi} \cdot \left[\ln \left(\omega_{\Delta}^2 - t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{P_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2 \right) - \ln \left(t_{\Delta}^2 \cdot B^2 \cdot \sum_{j=1}^{P_n} \frac{C^{2 \ln L_j}}{L_j^2} \cdot \lambda_j^2 \right) \right] + 1. \quad (7)$$

Рассчитанное значение n следует округлять до ближайшего меньшего целого и использовать для назначения полей рассеяния составляющих угловых звеньев по таблицам допусков (ГОСТ 8908-81 или ГОСТ 24643-81). Сумма назначенных допусков, приведенных к единой базовой длине 1 мм, не должна превышать приведенного к той же базовой длине допуска замыкающего звена.

Выражение, полученное для расчета номера степени точности, может быть полезно инженерам-конструкторам для обоснованного определения допусков угловых размеров деталей машин, обеспечивающих при их неполной взаимозаменяемости требуемую точность важных угловых функциональных геометрических параметров машин при приемлемой доле брака собранных изделий.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: справочник в 2 т. – Москва : Издательство стандартов, 1989. – Т.1. – 220 с.
2. Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник / Под общ. ред. А.К. Кутая. – Москва : Машиностроение, 1983. – 367 с.
3. Солонин, И.С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И.С. Солонин, С.И. Солонин – Москва : Машиностроение, 1980. – 110 с.
4. Бородачев, Н.А. Анализ качества и точности производства. – Москва : Машгиз, 1946. – 252 с.

Материал поступил в редакцию 13.11.2017

MEDVEDEV O.A. How to determine the accuracy of the constituent parts of the angular dimension chains when permissible percentage of defective products

Article is devoted to the development of the original project methodology for calculating angular dimensional chains. It allows you to determine the degree of accuracy of the constituent parts, which ensures their incomplete interchangeability. Application of methods allows to reduce labour input determine tolerances of angular constituent links.

УДК 621.794.61:539.23

Онысько С.Р., Хвусевич В.М., Чекан Н.М., Пушко Н.Н.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПУАНСОНОВ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Введение. Многообразие встречающихся форм и размеров штампуемых деталей приводит к появлению различных типов штампов и штампового инструмента. Несмотря на устоявшиеся технологии их изготовления, существует необходимость в модификации и оптимизации некоторых элементов оборудования, в связи с появлением новых материалов, скоростных методов их обработки, а также предъявляемых требований к качеству обрабатываемых изделий. Это приводит к тому, что нужно наиболее рационально подобрать

комплекующие детали для процесса штамповки.

Как правило, при изготовлении штамповой оснастки, работающей в условиях интенсивных ударных нагрузок, применяются высокохромистые стали марок X12M и X12MФ. Анализ литературных источников [1–5] показывает, что предельным состоянием рабочих деталей штампового оборудования является сочетание двух разрушающих процессов – износа и усталости, в основе которых лежит многократная деформация поверхностного слоя, вызывающая постепенное нараста-

Онысько Сергей Романович, старший преподаватель кафедры прикладной механики Брестского государственного технического университета.

Хвусевич Виталий Михайлович, к.т.н., профессор кафедры прикладной механики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Чекан Николай Михайлович, к.-физ.-м.н., заместитель начальника НИЦ «Плазмотек» Физико-технического института НАН Беларуси.

Беларусь, г. Минск, улица Академика Купревича, 10.

Пушко Николай Николаевич, инженер-технолог инструм. участка 1-й категории ОАО «Брестмаш».

Беларусь, г. Брест, ул. Суворова, 21В.