

© Даценко Т.А., Смирнов И.П.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗМЕРОВ С УЧЕТОМ ЗАКОНА ИЗМЕНЕНИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Постановка проблемы

Проблемы качества изготовления деталей всё более выходят на первый план при изготовлении и эксплуатации изделий в подъемно-транспортном машиностроении.

Подъемно-транспортное машиностроение, как правило, относится к мелко- и среднесерийному типам производства, для которых характерным является использование станков с ЧПУ, позволяющих минимизировать время на переналадку оборудования.

Обработка на станках с ЧПУ также позволяет оперативно вносить корректировки в процессе обработки.

Вероятность прогнозирования размеров деталей машин и проведение анализа изменения законов систематических и случайных погрешностей становятся ещё более актуальными и целесообразными для повышения качества.

Общепринятый расчет влияния случайных погрешностей, описанный в литературе [1, 2], не всегда дает удовлетворительный результат.

Гипотеза

По предлагаемой методике учет закона изменения систематических составляющих в общей погрешности изготовления приведет к уменьшению влияния случайных факторов на размер детали и более точному прогнозированию размера следующей детали, что позволит вовремя внести соответствующие корректировки в режимы обработки.

Анализ последних достижений

В соответствии с [1, 2] общепринятый расчёт систематических погрешностей не всегда дает удовлетворительный прогнозируемый результат и поэтому может оказаться недостаточным. Однако во многих случаях можно уменьшить влияние случайных погрешностей путем определения закона изменения систематической погрешности, тем самым уменьшая влияние случайных факторов на конечный результат, то есть прогнозирование по предложенной методике становится более точным.

Основное содержание

Общепринято, что при многократных измерениях одной и той же неизменной физической величины при постоянных условиях погрешности измерений представляются в виде двух слагаемых, которые по-разному проявляются от измерения к измерению [1, 2, 4]:

- систематическая погрешность – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при проведении повторных измерений одной и той же величины. В зависимости от характера изменения систематические погрешности подразделяются на: постоянные, прогрессирующие, периодические, изменяющиеся по сложному закону.
- случайная погрешность – составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях одной и той же величины, проведенных с одинаковой тщательностью.

Влияние систематических погрешностей устраняется внесением соответствующих поправок при изготовлении детали, влияние же случайных погрешностей учесть довольно сложно.

Очевидно, что перевод части погрешностей из разряда случайных в разряд систематических позволит повысить точность изготовления деталей машин.

При изготовлении деталей машин невозможно получить абсолютно точно заданный размер, так как на процесс изготовления детали влияют многочисленные технологические факторы, которые носят вероятностный характер и влияют в

различной степени на точность обработки [3, 4]. Основными источниками появления погрешностей от заданных размеров и формы деталей является: неточность оборудования, приборов и режущих инструментов, их износ; неоднородность заготовки для деталей по размерам, форме, механическим свойствам; неточность базирования заготовки в приспособлении; температурные колебания, оказывающие влияние на размеры детали; упругие деформации; отклонения от установленных режимов обработки и так далее.

Каждый из этих факторов изменяется по какому-то закону, учесть которые по отдельности не представляется возможным, но современные средства (использование ПК) позволяют определить совокупный закон их влияния на конечный результат.

При устойчивом процессе обработки деталей на настроенных станках и при постоянных условиях обработки действительные размеры деталей подчиняются закону нормального распределения (закону Гаусса), так как результирующая погрешность обработки представляет собой сумму большого числа погрешностей, зависящих от станка, приспособления, инструмента и заготовки, т.е. факторов перечисленных выше.

Положение кривой нормального распределения и ее форма определяются двумя параметрами: средним арифметическим значением \bar{X} и среднеквадратическим отклонением σ . Для практического использования закона нормального распределения зона рассеивания случайной величины X_i ограничена конечными пределами: $\bar{X} \pm 3\sigma$.

Учет не только совокупности размеров, но и последовательности их получения позволяет определить закон изменения систематических погрешностей. Данный закон не принимается постоянным, а уточняется после изготовления каждой последующей детали. Для проверки гипотезы мы ограничились линейной аппроксимацией закона изменения систематических погрешностей.

Для уточнения гипотезы по прогнозированию размеров при учете изменения закона систематических погрешностей на АО «ХАРП» была произведена обработка наружных колец подшипника 46118А.01 согласно действующему на предприятии

технологическому процессу. Кольца в количестве 50 шт. были пронумерованы, и при пооперационной обработке поверхностей подшипника соблюдалась последовательность обработки каждого пронумерованного кольца. После каждой технологической операции (с целью сокращения объема в работе приведены результаты только после токарной обработки наружного диаметра) был произведен контроль геометрических параметров наружных колец подшипника 46118А.01 согласно действующему технологическому процессу.

Используя ПК и программное обеспечение Excel, нам удалось уменьшить влияние случайных факторов на процесс изготовления детали.

Для каждой совокупности отклонений X_i выводилось уравнение линейной зависимости $X_{i+1 \text{ ожид}} = A_i * i + B_i$, и прогнозировалось получение размера следующего кольца подшипника. При этом данный прогнозируемый результат принимался за центр группирования отклонений $X_{i \text{ ожид}}$. После измерения следующей детали закон линейной зависимости уточнялся с учетом уже $i + 1$ измерения и прогнозировался результат $X_{i+2 \text{ ожид}}$.

Произведя замер X_{i+1} детали, определялась фактическая ошибка прогноза: $|X_{i+1} - X_{i+1 \text{ ожид}}|$, которая сравнивалась с фактической ошибкой $|\bar{X}_{i+1} - X_{i+1}|$, полученной традиционным расчетом.

где \bar{X}_{i+1} - среднее арифметическое значение $i+1$ измерений.

Анализ кривых рассеивания, построенных на основании измерений геометрических параметров колец подшипника, дал возможность установить предполагаемый закон изменения систематических погрешностей и уменьшить влияние случайных.

Среднеквадратическое отклонение от ожидаемого $\sigma_{i \text{ ожид}}$ определялось как разность между фактическим размером и спрогнозированным результатом по общепринятой методике.

Результаты обработки проведенных измерений при черновом точении наружного диаметра $\varnothing 140,5_{-0,1}$ кольца подшипника (50 шт.) приведен на рис. 1

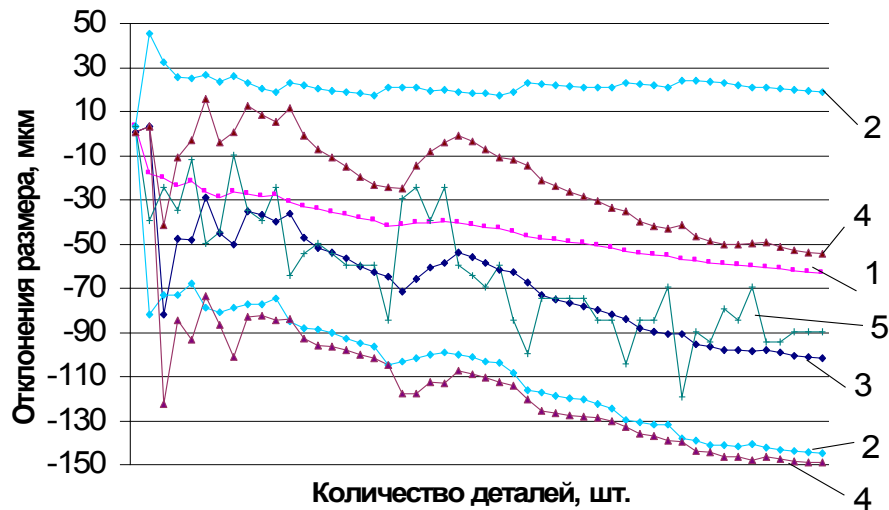


Рис.1 - График прогнозирования размеров

- 1 - среднее арифметическое значение по i измерениям;
- 2 - область прогнозируемого результата измерения по традиционной методике ($\pm 3\sigma_{\text{трад}}$);
- 3 - центр группирования отклонений ($X_{i\text{ожид}}$);
- 4 - область прогнозируемого результата по предложенной методике ($\pm 3\sigma_{\text{ожид}}$);
- 5 - фактическое распределение отклонений детали (X_i).

На графике за величину отклонения от ожидаемого результата (кривая 3) принято $\pm 3\sigma_{i\text{ожид}}$ (кривая 4).

Там же для сравнения приведена кривая изменения среднеарифметических значений (кривая 1) и область рассеивания $\pm 3\sigma_{i\text{трад}}$, полученная по традиционной методике (кривая 2).

Абсолютная величина поля рассеивания по предлагаемой методике, т.е. разность между средним квадратичным отклонением традиционного метода и средним квадратичным отклонением предлагаемого метода, определялась по формуле:

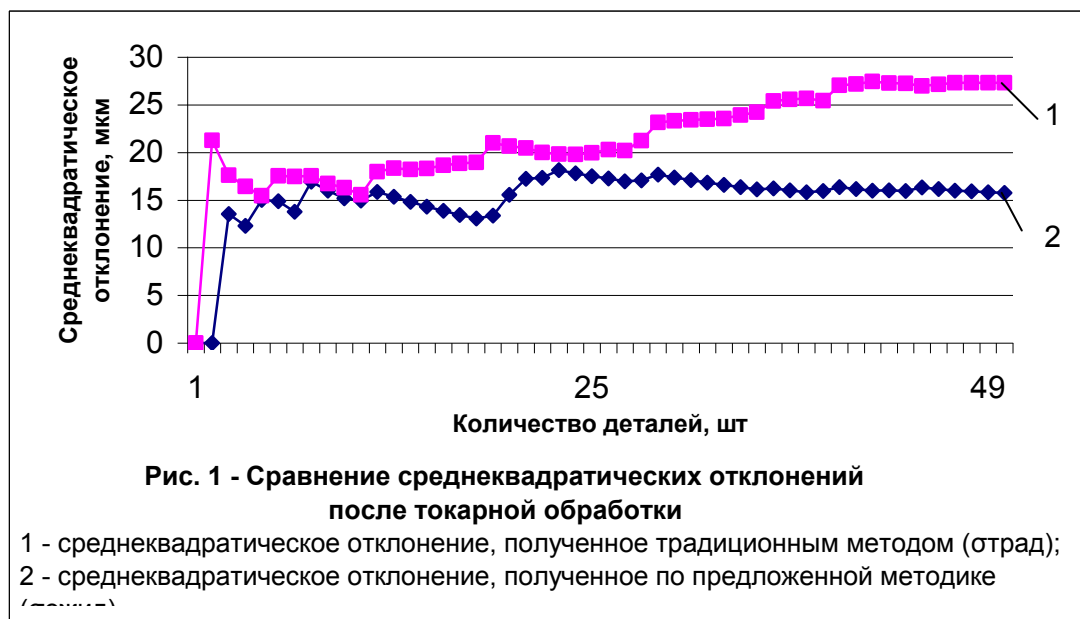
$$\xi = \sigma_{\text{трад}} - \sigma_{\text{ожид}}$$

Также вычислялась вероятность улучшения прогноза размеров подшипника по предложенной методике:

$$P_{\text{улучш}} = \frac{\xi}{\sigma_{\text{трад}}} \cdot 100\%$$

Таким образом, предложенная методика позволила уменьшить влияние случайных погрешностей в среднем на 8,23%, при чем с увеличением количества исходных данных влияние случайных погрешностей существенно уменьшается, что наглядно видно из приведенного на рис. 2 сравнения среднеквадратических

отклонений, полученных по традиционной $\sigma_{трад}$ (кривая 1) и предложенной методике $\sigma_{ожид}$ (кривая 2).



Следует отметить, что использование в качестве закона изменения систематических погрешностей нелинейной функции позволит уменьшить влияние случайных погрешностей еще больше.

Выводы

Предложенная методика прогнозирования размеров позволяет учитывать закон изменения систематических погрешностей, тем самым, уменьшая влияние случайных погрешностей на конечный результат, что, в конечном итоге, приведет к повышению надежности и безотказности при эксплуатации ПТМ.

Список использованных источников

- 1 Солонин И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения / И. С. Солонин. – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.
- 2 Колкер Я. Д. Математический анализ точности механической обработки деталей / Я. Д. Колкер. – К. : Техника, 1976. – 200 с.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя : В 2-х т. Т. 1 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2003. – 912 с.; ил.

- 4 Егоров М. Е. Технология машиностроения : учеб. для машиностроит. вузов и фак. / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев ; под общ. ред. М. Е. Егорова – 2-е изд., доп. – М. : Высш. шк., 1976. – 534 с. ; ил.

Даценко Т.А., Смирнов И.П. «Прогнозирование размеров с учетом закона изменения систематических факторов при производстве подъемно-транспортных машин»

Предложенная методика прогнозирования получения размеров при обработке на металлообрабатывающем оборудовании позволила уменьшить влияние случайных погрешностей за счет учета закона изменения систематических погрешностей, тем самым улучшить качество изготовления детали и изделия, а также повысить уровень надежности ПТМ.

Даценко Т.О., Смирнов И.П. «Прогнозування розмірів з урахуванням закону зміни систематичних факторів при виробництві підйомно-транспортних машин»

Запропонована методика прогнозування одержання розмірів при обробці на металевооброблюваному устаткуванні дозволила зменшити вплив випадкових похибок за рахунок обліку закону зміни систематичних похибок, тим самим поліпшити якість виготовлення деталі і виробу, а також підвищити рівень надійності ПТМ.

Datsenko T.A., Smirnov I.P. «Forecasting of the sizes according to the law of changing systematic factors during production of hoisting-and-transport machines»

The offered technique of forecasting of reception of the sizes at processing on the metal cutting equipment has allowed to reduce influence of casual errors due to the account of the law of change of regular errors, that to improve quality of manufacturing of a detail and a product, and also to raise a level of reliability of hoisting-and-transport machines.