

**АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ  
ОБРАБОТКИ С ЦЕЛЬЮ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ****С. А. Щербаков, М. П. Кульгейко***Гомельский государственный технический университет  
им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Одной из основных задач проектирования технологического процесса является обеспечение заданной точности обработки детали, или обеспечение величины суммарной погрешности обработки ( $\Delta_{\Sigma}$ ), не превышающей заданный допуск. Формулы для предварительного определения суммарной погрешности можно найти в изданиях разных авторов. Проведенный обзор работ по данной проблеме за несколько десятилетий выявил наличие нескольких разновидностей формул и принципиальных подходов. Кроме этого имеются различия в составе влияющих факторов (первичных погрешностей), методах их суммирования, нормативных данных. Среди учебной и справочной литературы, подвергнутой анализу по названной проблеме, лишь в [1] дана учебная методика расчета суммарной погрешности обработки с довольно представительной нормативной базой для учебных целей. Однако в учебном пособии [1] использовали нормативные данные для определения первичных погрешностей, выраженных в единицах и обозначениях устаревшей системы стандартов. Поэтому в связи с переходом на новую систему стандартизации это учебное пособие, как и третье издание справочника технолога-машиностроителя, редко используется студентами.

Методики определения суммарной погрешности, представленные в третьем издании справочника технолога-машиностроителя и в четвертом издании этого же справочника [2] трудно использовать на практике из-за: недостаточности пояснений состава и правил суммирования первичных погрешностей; неполноты табличных данных, наличия противоречий между формулами и нормативными данными. Поэтому очевидна необходимость формализации и синтеза на основе известных ранее разработок этой проблемы методики определения суммарной погрешности обработки вручную с последующим созданием автоматизированного варианта в виде проблемной программы обучающего типа.

Проведенный анализ показал, что существует два принципиальных подхода к определению суммарной погрешности обработки, которые в [3] названы статистическим и расчетно-аналитическим.

При статистическом подходе, варианты которого можно найти у многих авторов, суммарная погрешность обработки  $\Delta_{\Sigma}$  определяется по формулам, подобным приведенной

$$\Delta_{\Sigma} = 1,2 \cdot \sqrt{(6 \cdot \sigma)^2 + \mathcal{E}^2 + \Delta_{\eta}^2} + \Delta_{\eta} + \Sigma \Delta_m + \Sigma \Delta_{\phi}, \quad (1)$$

где  $6 \cdot \sigma$  – предельный разброс фактических размеров при обработке ( $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение генеральной совокупности фактических размеров от математического ожидания), выборочная оценка среднего квадратического отклонения  $\sigma$ ,  $\sigma'$  определяется по формуле:

$$\sigma' = \sqrt{\sum_{i=1}^m (R_i - R_{cp}')^2 / m}, \quad (2)$$

где  $R_i$  – фактическое значение размера при обработке;  $R_{cp}'$  – оценка математического ожидания всех размеров обработки;

$$R'_{cp} = \sum_{i=1}^m R_i / m, \quad (3)$$

где  $m$  – объем выборки для определения оценок  $\sigma$  и  $R_{cp}$ ;  $\varepsilon$  – погрешность установки заготовки при обработке, в общем случае определяется по формуле:

$$\varepsilon = 1,2 \cdot \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2 + \varepsilon_{инд}^2}, \quad (4)$$

где  $\varepsilon_{\delta}$  – погрешность базирования;  $\varepsilon_3$  – погрешность закрепления;  $\varepsilon_{np}$  – погрешность приспособления;  $\varepsilon_{инд}$  – погрешность индексации при многопозиционной обработке;  $\Delta_n$  – погрешность настройки, определяемая по формулам:  
– при динамической настройке

$$\Delta_n = 1,2 \cdot \sqrt{\varepsilon_{рег}^2 + \varepsilon_{изм}^2}, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_{рег}$  – погрешность регулирования режущего инструмента на станке;  $\varepsilon_{изм}$  – погрешность измерения пробных деталей;  
при статической настройке

$$\Delta_n = 1,2 \cdot \sqrt{\varepsilon_{эт}^2 + \varepsilon_{щ}^2 + \varepsilon_{у.и.}^2}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_{эт}$  – погрешность изготовления и установки эталона или элемента, направляющего режущий инструмент на станке;  $\varepsilon_{щ}$  – погрешность изготовления щупа;  $\varepsilon_{у.и.}$  – погрешность установки инструмента по эталону или по щупу;  
– при использовании мерного режущего инструмента

$$\Delta_n = 1,2 \cdot \sqrt{\varepsilon_{ин}^2 + \varepsilon_{у.м.и.}^2}, \quad (7)$$

где  $\varepsilon_{ин}$  – погрешность изготовления мерного режущего инструмента (допуск на изготовление по исполнительному размеру);  $\varepsilon_{у.м.и.}$  – погрешность установки инструмента (допустимое биение);  $\Delta_n$  – переменная систематическая погрешность, вызываемая износом режущего инструмента, определение не всегда требуется, т.к. часть ее задается при настройке станков, исходя из необходимого периода работы станка между его поднастройками;  $\Sigma\Delta_m$  – погрешности, вызываемые тепловыми деформациями технологической системы, обычно имеют знак, противоположный погрешностям, обусловленным износом инструмента, и в период тепловых деформаций способны уменьшить влияние этого износа;  $\Sigma\Delta_{\phi}$  – погрешности формы, вызываемые геометрическими неточностями станка и деформациями заготовки при ее закреплении и обработке.

При расчетно-аналитическом подходе определения суммарной погрешности  $\Delta_{\Sigma}$ , у которого тоже большое количество сторонников, используется несколько вариантов суммирования элементарных погрешностей, которые приводятся в справочнике [2]:  
– алгебраическое суммирование предельных значений

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_y + \varepsilon + \Delta_n + \Delta_u + \Sigma\Delta_m + \Sigma\Delta_{ct} + \Sigma\Delta_{\phi}, \quad (8)$$

где  $\Delta_y$  – погрешность, вызываемая упругими деформациями системы под влиянием нестабильных нагрузок, действующих в системе переменной жесткости;  $\sum \Delta_{cm}$  – геометрические погрешности станка, влияющие на выдерживаемый размер с учетом износа станка;  
– вероятностное суммирование

$$\Delta_{\Sigma} = K \times \sqrt{(K_1 \Delta_y)^2 + (K_2 \varepsilon)^2 + (K_3 \Delta_n)^2 + (K_4 \Delta_u)^2 + (K_5 \sum \Delta_m)^2 + (K_6 \sum \Delta_{cm})^2} + \sum \Delta_{\phi},$$

где  $K$  – коэффициент, корректирующий суммарную погрешность для заданной надежности оценки  $P$ , при  $P = 0,9973$  для диаметральных размеров  $K = 2$ , а для линейных размеров  $K = 1$ ;  $K_i$  – коэффициенты, зависящие от вида законов распределения элементарных погрешностей, для нормального закона распределения погрешностей  $\Delta_y$ ,  $\varepsilon$  и  $\Delta_n$   $K_1 = K_2 = K_3 = 1$ , а для закона равной вероятности  $\Delta_u$ ,  $\Delta_m$ ,  $\Delta_{cm}$ ,  $K_4 = K_5 = K_6 = \sqrt{3}$ , поэтому последнюю формулу можно переписать в виде

$$\Delta_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{\Delta_y^2 + \varepsilon^2 + \Delta_n^2 + 3\Delta_u^2 + 3\sum \Delta_m^2 + 3\sum \Delta_{cm}^2} + \sum \Delta_{\phi}; \quad (9)$$

– смешанное суммирование  $\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta_i + K \sqrt{\sum_{i=n+1}^m (K_i \cdot \Delta_i)^2}$ , (10)

где  $\Delta_i$  – элементарная погрешность.

Как видно из формул (1) и (8) различие в подходах заключается лишь в том, что в статистическом предельный разброс фактических размеров включает в себя все случайные погрешности среди которых и погрешности, обусловленные упругими деформациями технологической системы и геометрическими погрешностями станка. А в расчетно-аналитическом эти погрешности пытаются рассчитать для включения тем или иным способом суммирования в  $\Delta_{\Sigma}$ . Как при одном, так и при другом подходе имеются препятствия для чисто теоретического (расчетного) определения суммарной погрешности обработки. Но с нашей точки зрения, более предпочтительным является статистический подход, представленный формулой (1), который и следует положить в основу методики автоматизированного определения суммарной погрешности обработки.

#### Литература

1. Дипломное проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов / В.В. Бабук, П.А. Горезко, К.П. Забродин и др.; Под общ. ред. В.В. Бабука. – Мн.: Высш. школа, 1979. – 464с., ил.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. – Т. 1. /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
3. Ящерицын П.И. Основы технологии механической обработки и сборки в машиностроении. – Минск: Высшэйшая школа, 1974. – 607 с.

### МЕТОДИКА РАСЧЁТА РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ РАБОТЕ МОБИЛЬНЫХ КОЛЁСНЫХ МАШИН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С УЧЁТОМ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ

А. М. Щемелёв, Т. А. Около-Кулак, А. С. Шибeko

Могилёвский машиностроительный институт, Республика Беларусь

Доля стоимости топлива в себестоимости продукции при работе колесных машин в строительстве постоянно растет и имеет тенденцию к дальнейшему повышению. Поэтому качественный и количественный анализ факторов, определяющих расход топлива при эксплуатации машин, является важным при стоимостной оценке работы машин.