

- Библиотеки слайдов позволяют более рационально обращаться с большими объемами графической информации, систематизировать и структурировать созданные базы слайдов.

- Создаваемые на базе предварительно созданных слайдов фильмы позволяют визуализировать ход решения графических задач, улучшить восприятие материала, дают возможность более акцентированного самостоятельного обучения графическим дисциплинам.

- Используемый в настоящей работе подход в освоении графических дисциплин может быть использован как в процессе обучения слушателей на стационаре, так и быть весьма эффективным при дистанционном обучении, а также применим для самообразования.

УДК 621.7/9+681.3

ГЕРЖА С. Н.

*Научный руководитель: доцент Монтик С. В.*

### ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ АНАЛИЗЕ СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В технологии машиностроения погрешности обработки по характеру их образования подразделяются на систематические и случайные. Первые в свою очередь делятся на постоянные и переменные.

Постоянные систематические, или постоянные, погрешности обработки возникают вследствие неточности настройки режущего инструмента на размер детали, неточности изготовления станка, приспособления и мерного режущего инструмента.

Переменные систематические, или переменные, погрешности обработки возникают вследствие температурных деформаций станка и режущего инструмента при резании, изнашивания режущего инструмента. Все эти погрешности зависят от времени обработки. Погрешности от размерного износа режущего инструмента и его температурных деформаций являются доминирующими причинами образования переменных погрешностей. Общая погрешность от этих причин (алгебраическая сумма указанных погрешностей) может изменяться во времени в зависимости от вида инструмента, продолжительности его работы, перерывов и других факторов.

Случайные погрешности обработки обусловлены многими причинами, но главными из них являются упругие деформации системы СПИД и наличие зазоров в отдельных узлах станка. Под действием переменной силы резания, а также толчков, вибраций происходят неравномерные деформации элементов системы СПИД, а также неодинаковый по величине и направлению выбор зазоров станка, что производит к изменению размера обрабатываемой детали. Значение силы резания изменяется главным образом из-за неравномерного припуска на обработку и различной твердости материала на обрабатываемых заготовках.

Случайные погрешности появляются также в результате неустойчивости процесса резания, образования и срывов наростов на лезвии режущего инструмента, упругих деформаций деталей при изменении сил зажима, тепловых деформаций элементов технологической системы (ТС), погрешностей базирования детали, перераспределения нап-

ряжений в материале заготовки при её обработке и ряда других причин. Все перечисленные факторы обычно действуют одновременно, и обусловленные ими случайные погрешности обработки суммируются, образуя результирующую случайную погрешность обработки данной детали.

Статистическая оценка стабильности технологического процесса производится по результатам измерений показателей качества в мгновенных выборках.

Нестабильность технологического процесса может проявиться в существенном изменении дисперсии мгновенного распределения контролируемого параметра  $S^2$  и его среднего арифметического  $\bar{x}$  за межнастрочный период. Для проверки наличия указанных изменений и оценки их достоверности применяют ряд показателей и различные методы проверки их значимости.

Основными показателями стабильности технологического процесса являются:

коэффициент межнастрочной стабильности, характеризующей изменение рассеивания размеров деталей в течение межнастрочного периода,

$$K_{m.c.} = s_m / s_1, \quad (1)$$

где  $S_1$ ,  $S_m$  — средние квадратические отклонения контролируемого параметра соответственно в первой и последней мгновенной выборках;

коэффициент смещения центра поля рассеивания; обусловленного влиянием переменной систематической погрешности обработки,

$$K_u = (\bar{x}_m - \bar{x}_1) / \delta, \quad (2)$$

где  $\bar{x}_1$ ,  $\bar{x}_m$  — средние значения контролируемого параметра в первой после предыдущей настройки и последней перед новой настройкой мгновенных выборок.

Оценка существенности расхождения между  $S_1^2$  и  $S_m^2$  производится с помощью F-критерия Фишера.

Оценка стабильности технологического процесса производится по результатам измерений показателей качества в мгновенных выборках. Объём мгновенной выборки составляет обычно от 5 до 20 деталей, получаемой последовательной их обработкой на одном станке. Объём объединённой выборки составляет 10 или более мгновенных, т. е. от 50 до 200 деталей.

Как видно из вышеуказанного, проведение статистической оценки стабильности технологического процесса требует больших затрат материальных ресурсов и времени, что не всегда возможно и целесообразно при проведении учебного процесса. Более целесообразно проведение вычислительного эксперимента и математическое моделирование погрешностей механической обработки с использованием ЭВМ.

Рассмотрим возможность моделирования результатов измерений и их статистической обработки при оценке стабильности технологического процесса с помощью табличного процессора MS Excel 2000.

Для анализа точности обработки проф. Н. А. Бородачёвым был развит метод точностных диаграмм. Точностная диаграмма позволяет оценить характер изменения точности обработки во времени и определить все слагаемые суммарной погрешности обработки [1].

В процессе обработки деталей на настроенных станках фактические размеры деталей под влиянием переменных погрешностей будут изменяться. При этом, если процесс устойчив, среднее значение «мгновенных» совокупностей характеристик качества будет изменяться во времени по закону, близкому к линейному, а рассеивание «мгновенных» совокупностей, вызванное случайными погрешностями, будет оставаться практически постоянным в каждый момент времени работы станка.

В данной работе моделируется процесс обработки резанием, для которого характерна диаграмма I типа. Диаграмма типа I (рис. 1) характерна для случаев, когда обработка производится доведённым резцом с охлаждением, т. е. отсутствуют его начальный износ и деформации от нагрева. Этот тип диаграмм возможен и при работе доведённым резцом без охлаждения при условии, что продолжительность перерывов будет не меньше продолжительности работы резца.

Принятые упрощения: изменение переменных погрешностей обработки происходит по линейному закону, а рассеивание случайных погрешностей постоянно во времени. На диаграммах  $\Delta - \tau$  по оси абсцисс откладывается время работы станка (обычно в минутах) с момента его пуска, а по оси ординат — отклонения действительных размеров деталей (обычно в микрометрах) от номинальных. Линии 1, параллельные оси абсцисс, определяют постоянные погрешности; линии 2 и 4 — пределы рассеивания случайных погрешностей, а линии 3 характеризуют изменение среднего значения суммарной погрешности обработки в зависимости от переменной систематической её составляющей. Точка  $\tau_0$  на оси абсцисс соответствует моменту пуска станка,  $\tau_1$  — моменту наступления стабилизации температуры резца (деформаций его от нагрева) и окончания приработки резца (его ускоренного первичного изнашивания),  $\tau_k$  — моменту окончания работы станка в связи с необходимостью его подналадки.

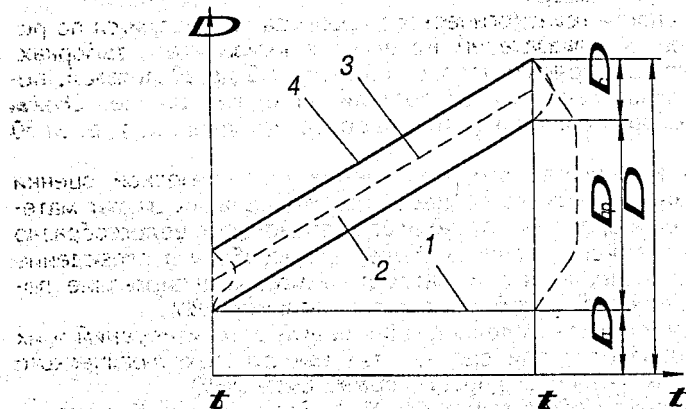


Рис. 1. Теоретическая диаграмма точности обработки наружных цилиндрических поверхностей деталей на настроенных станках

Для генерации результатов измерений размеров детали использовалась следующая модель. Переменная систематическая погрешность изменялась по линейному закону (см. рис. 2):

$$y = k \cdot n + c, \quad (3)$$

где  $y$  — минимальное значение размера в мгновенной  $n$ -ой выборке;  $n$  — номер мгновенной выборки;  $c$  — постоянный коэффициент, равный постоянной погрешности  $\Delta p$ ;  $k$  — постоянный коэффициент, учитывающий скорость изменения переменной систематической погрешности.

Случайная погрешность  $\Delta c$  в мгновенных выборках моделировалась с помощью генератора случайных чисел. При этом величина (максимальный разброс) случайной погрешности определялся интервалом  $\Delta L$  (см. рис. 2).

С учётом переменной, постоянной и случайной погрешностей обработки выражения для генерации размера детали имеет вид:

$$Y_i = k \cdot n + c + \text{СЛЧИС}(\ ) \cdot \Delta L, \quad (4)$$

где  $Y_i$  — размер  $i$ -ой детали;  $n$  — номер мгновенной выборки;  $c$  — значения постоянной погрешности;  $\Delta L$  — значение случайной погрешности; СЛЧИС( ) — функция Excel, которая генерирует случайное число в интервале от 0 до 1.

Полученные в результате моделирования размеры деталей обрабатывались по формулам (1), (2).

Используемые выражения для моделирования и анализа были запрограммированы в виде электронной таблицы Excel.

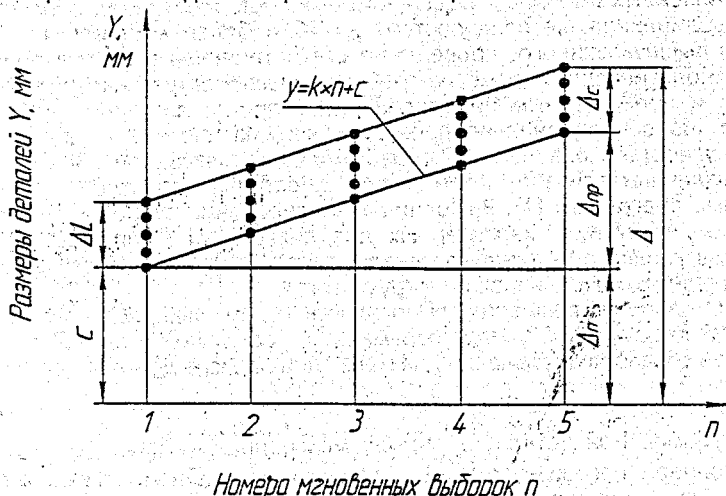


Рис. 2. Модель для описания погрешностей механической обработки

Применение данной модели и прикладной программы в виде электронной таблицы MS Excel 2000 позволяет сократить время анализа стабильности технологического процесса, полностью сократить материальные ресурсы, требуемые для проведения реального эксперимента, так

как проводится вычислительный эксперимент, и может быть рекомендовано для изучения погрешностей механической обработки и методики анализа стабильности технологического процесса в учебном процессе.

#### Литературы

1. Кане М. М. Основы научных исследований в технологии машиностроения - Мн.: Высш. шк., 1987.

УДК 621.7/9+681.3

ГЕРЖА С. Н.

*Научный руководитель: доцент Монтик С. В.*

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА EXCEL

Применение статистических методов при анализе точности и стабильности механической обработки позволяет определить возможный процент бракованных изделий, наметить мероприятия по повышению точности технологического процесса.

В силу изменчивости переменных систематических и случайных погрешностей суммарная погрешность обработки одной детали будет отличаться от суммарной погрешности другой детали. В результате имеет место рассеивание погрешностей для партии деталей, обработанных при одной настройке станка.

Для оценки стабильности технологического процесса с помощью статистических методов используют результаты измерений размеров деталей в мгновенных выборках, объем которых составляет от 5 до 20 деталей. Объединенная выборка состоит из 10 и более мгновенных. Как видно из вышеуказанного, проведение статистической оценки стабильности технологического процесса требует больших затрат материальных ресурсов и времени, что нецелесообразно при проведении учебного процесса. Более рационально проводить математическое моделирование погрешностей механической обработки с использованием ЭВМ.

Для различных случаев механической обработки характерны разные точностные диаграммы [1]. Выполним моделирование погрешностей механической обработки, характерных для диаграммы I типа. Для этой диаграммы характерно линейное увеличение переменной систематической погрешности из-за износа инструмента.

Моделирование погрешностей выполнялось с помощью табличного процессора MS Excel 2000. С учётом переменной, постоянной и случайной погрешностей обработки выражения для генерации размера детали имеет вид:

$$Y_i = k \cdot n + c + \text{СЛЧИС}() \cdot \Delta L, \quad (1)$$

где  $Y_i$  — размер  $i$ -ой детали;  $n$  — номер мгновенной выборки;  $c$  — значения постоянной погрешности;  $\Delta L$  — значение случайной погрешности;  $\text{СЛЧИС}()$  — функция Excel, которая генерирует случайное число в интервале от 0 до 1.

Данное выражение и расчет основных показателей стабильности технологического процесса — коэффициента межнастроечной стабильности (характеризующей изменение рассеивания размеров деталей в течение межнастроечного периода) и коэффициента смещения центра поля рассеива-