

Анализ распределения и точности обработки сгенерированных по модели размеров деталей выполняется по методике, изложенной в [1]. По данной методике разрабатывается математическая модель для генерации размеров деталей, распределенных по нормальному закону. Для реализации данной модели, анализа точности технологического процесса и закона распределения размеров деталей разработана программа на базе табличного процессора Excel. Данная программа может быть использована для выполнения лабораторных работ по дисциплине "Исследования и изобретательство в машиностроении".

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Кане М. М. Основы научных исследований в технологии машиностроения – Мн. : Высш. шк., 1987.
2. Кучур С. С, Болбас М. М. Научные исследования и решение инженерных задач: учебное пособие

УДК У621.002 К19

**РЫБЬЯКОВ Н.А.**

*Научный руководитель: Монтик С.В., доцент, к. т. н.*

#### АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В технологии машиностроения погрешности обработки по характеру их образования подразделяются на систематические и случайные. Первые в свою очередь делятся на постоянные и переменные. Систематической погрешностью называется составляющая погрешности производства, при неизменных условиях сохраняющая или принимающая закономерно изменяющиеся модуль и (или) знак. Постоянная систематическая погрешность – это погрешность, сохраняющая модуль и знак, а переменная систематическая погрешность – погрешность, закономерно изменяющаяся по модулю и (или) знаку. Случайная составляющая погрешности производства случайным образом принимает при неизменных условиях различные модуль и (или) знак.

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. Причем, если изнашивание инструмента носит непрерывный характер, то температурные деформации станка могут через определенное время стабилизироваться, а погрешность, возникающая по этой причине, приобретает постоянный характер.

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 приводит 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 нестабильности процесса резания, образования и срывов наростов на лезвии режущего инструмента, упругих деформаций деталей при изменении сил зажима, тепловых деформаций элементов ТС, погрешностей базирования детали, перераспределения напряжений в материале заготовки при ее 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.

Результирующая (суммарная) погрешность обработки — это сумма систематической (постоянной и переменной) и случайной погрешностей. 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.

В соответствии с ГОСТ 23853 – 79 целью статистического анализа точности и стабильности технологических процессов и качества продукции на стадии разработки, производства и эксплуатации продукции является:

- выявление совместного влияния случайных и систематических факторов, приводящих к появлению брака;
- выявление резервов производства и технологии;
- определение фактических показателей точности и стабильности технологического процесса, оборудования или качества продукции;
- обоснование технических норм и допусков на характеристики качества продукции;
- обоснование выбора технологического оборудования и средств измерения;
- установление соответствия качества продукции требованиям технической документации;
- проверка соблюдения технологической дисциплины;
- выявление возможности внедрения статистических методов регулирования и контроля.

Оценку точности технологического процесса производят по точности его элементов с учетом их взаимосвязи или по точности изготавливаемой продукции. Статистическая оценка точности производится обычно по ступенчатому методу (в объединенную выборку включают только часть деталей, обработанных в период между поднастройками станка).

Основными показателями точности технологической системы по контролируемому параметру являются:

- 1) коэффициент точности

$$K_T = \frac{\omega}{\delta},$$

где  $\omega$  - поле рассеивания контролируемого параметра или разность максимального и минимального его значений за установленную наработку ТС;

$\delta$  - допуск на контролируемый параметр;

- 2) коэффициент мгновенного рассеивания

$$K_p(t) = \frac{\omega(t)}{\delta},$$

где  $\omega(t)$  – поле рассеивания контролируемого параметра в момент времени  $t$ ;

- 3) коэффициент смещения

$$K_c = \frac{\bar{\Delta}(t)}{\delta},$$

где  $\bar{\Delta}(t)$  - среднее значение отклонения контролируемого параметра относительно середины поля допуска в момент времени  $t$ :  $\bar{\Delta} = |\bar{x}(t) - x_0|$ ;

$\bar{x}(t)$  - среднее значение контролируемого параметра;

$x_0$  – значение параметра, соответствующее середине поля допуска (при симметричном поле допуска значение  $x_0$  совпадает с номинальным значением параметра  $x_{ном}$ );

- 4) коэффициент запаса точности

$$K_3(t) = 0.5 - K_C(t) - 0.5 \cdot K_p(t).$$

Для характеристики точности обработки используют также такие показатели, как коэффициент точности  $T_n$  ( $T_n = 1/K_C \delta / \omega$ ) и суммарная вероятностная доля брака  $q$  (в процентах).

Поле рассеивания контролируемого параметра в технических расчетах с доверительной вероятностью  $\gamma$  определяется как

$$\omega = l(\gamma) \cdot s,$$

где  $l(\gamma)$  – коэффициент, зависящий от закона распределения контролируемого параметра и значения  $\gamma$ ;

$s$  – среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра.

Коэффициент  $K_T$  (или  $T_n$ ) характеризует влияние на точность обработки главным образом случайных факторов, вызывающих разброс, рассеивание размеров деталей, коэффициент  $K_C$  – влияние систематических погрешностей (погрешностей настройки станка, износа инструмента и др.) на смещение поля рассеивания размеров обработки относительно  $x_0$ .

Различают фактическое  $K_C$  ф и допустимое  $K_C$  доп значения коэффициента смещения  $K_C$ . Если в первом приближении допустимая погрешность настройки станка  $\Delta_{н. доп} = \pm(\delta - 6\sigma)/2$ , то  $K_{C. доп} = |\delta - 6\sigma|/(2\delta)$ . При уточненных расчетах значение  $\Delta_{н. доп}$  можно принимать в соответствии с ГОСТ 16.308-75 "Управление технологическими процессами. Контроль точности технологических процессов. Методы расчета допусков на настройку".

При распределении параметра качества по однопараметрическому закону значение  $K_C$  не определяется.

Если  $K_C ф < K_C доп$  (при  $K_T < 1$  или  $T_n > 1$ ), смещение середины поля рассеивания размеров деталей относительно середины поля допуска находится в допустимых пределах, что обеспечивает получение только годных деталей. При  $K_C ф > K_C доп$  (при  $K_T < 1$  или  $T_n > 1$ ) смещение центра настройки выходит за допустимые пределы и появляются бракованные детали.

Технологическая система обеспечивает достаточную точность обработки при соблюдении условий:

$$K_T = K_{T.0} < 1 \text{ (или } T_n > 1);$$

$$K_3(t) > 0 \text{ (или } K_C ф < K_C доп),$$

где  $K_{T.0}$  – нормативное (предельное, технически обоснованное) значение  $K_T$ .

**При фактических значениях  $T_n$  и  $K_C$  возможная доля бракованных деталей  $q$  в генеральной совокупности может быть определена для различных законов распределения контролируемого параметра по данным, приведенным в [1].**

Основными этапами статистической оценки точности технологического процесса являются:

- 1) планирование испытаний, включающее выбор показателей точности и измерительных средств, определение условий и порядка отбора выборок деталей, объема выборки;
- 2) отбор выборок, измерение размеров деталей;
- 3) вычисление статистических характеристик мгновенных и объединенных выборок, а также доверительных интервалов для значений  $\bar{x}$  и  $s$ ;
- 4) анализ закона распределения изучаемого показателя точности с учетом рекомендаций, приведенных в [1];
- 5) расчет показателей точности процесса по методике, описанной в [1];
- 6) определение типа точности изучаемого процесса;
- 7) определение общей погрешности обработки и ее составляющих, оценка технологического допуска  $\delta_T$ , при котором возможная доля брака не превысит заданного значения;
- 8) анализ полученных результатов и разработка (при необходимости) мероприятий по повышению точности обработки.

Оценка точности и стабильности технологического процесса производится по результатам измерений размеров деталей в мгновенных выборках. Объем мгновенных выбо-

рок составляет от 5 до 20 деталей. Объем объединенной выборки составляет 10 или более мгновенных, т. е. От 50 до 200 деталей.

Как видно из вышесказанного, проведение анализа точности 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 на ЭВМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

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

УДК 681.3.32

**ИЛЬШЕВИЧ Д.А.**

*Научный руководитель: Костюк Д.А., доцент, к.т.н.*

#### МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ЭЛЕКТРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ НА ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИВЫХ

Целью настоящей работы является рассмотрение различных реализаций стандартного алгоритма электронной цифровой подписи (ЭЦП) на эллиптических кривых (ЭК) – ГОСТ Р 34.10-2001. На основе рассмотренных вариантов реализации делается вывод о качестве стандартной реализации протокола, неэффективности отдельных его этапов. В работе обсуждается проблема, которая может возникнуть перед разработчиком в выборе алгоритмов, эффективных по скорости и удовлетворительных по показателям стойкости.

Синтез криптографических конструкций на ЭК, удовлетворяющих показателям стойкости, требует, в первую очередь, выбора следующих параметров:

- вида конечного поля;
- характеристики поля и (или) его расширения;
- уравнения ЭК;
- порядка циклической подгруппы точек ЭК;
- генератора подгруппы точек ЭК.

От выбора данных параметров существенно зависит стойкость криптографических конструкций и безопасность протоколов на ЭК. Одним из главных условий является то, что подгруппа группы точек выбранной кривой должна быть циклической с точкой, играющей роль примитивного элемента (генератора) подгруппы. Если порядок группы – простое число, тогда любой элемент группы может служить ее генератором.

Для синтеза криптографических конструкций необходимо использовать ЭК над полем большой простой характеристики  $p - GF(p)$  (кольцом целых чисел  $Z_p$ ), либо над расширениями полей с характеристиками два, три –  $GF(2^k)$ ,  $GF(3^k)$ . Правильно выбранный порядок группы обеспечивает высокую стойкость криптографических конструкций к различным методам анализа.

ЭЦП на основе использования операций группы точек ЭК, определенной над конечным полем, является новым стандартом на ЭЦП в РФ ГОСТ Р 34.10-2001 [1]. Криптографическая стойкость схемы ЭЦП основывается на сложности решения задачи дискретного логарифмирования в группе точек ЭК, а также на стойкости используемой хэш-функции (ГОСТ Р 34.11-94).

При формировании цифровой подписи используются следующие параметры:

- простое число  $p > 2^{256}$  – модуль ЭК;
- ЭК  $E$ , задаваемая коэффициентами  $a, b \in GF(p)$  или инвариантом  $J(E)$ ;
- целое число  $m = \#e(GF(p))$  – порядок группы точек ЭК;