

УДК 658.562.012.7

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОМУ КРИТЕРИЮ

Картавец Иван Сергеевич

Магистрант 2 года

кафедра «Автоматизированные станочные системы»,

Тулский государственный университет

Научный руководитель: Пасько Н.И.,

доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные станочные системы»

Качество продукции (работ, услуг) является определяющим в общественной оценке результатов деятельности каждого трудового коллектива. Качество – понятие многоплановое, его обеспечение требует объединения творческого потенциала и практического опыта многих специалистов.

Важную роль в решении проблемы обеспечения заданного качества продукции играют контрольные карты (КК), применение которых, а так же альтернативных статистических методов контроля и управления на всех стадиях жизненного цикла выпускаемой продукции – от разработки до его эксплуатации, позволяет достигнуть максимальной идентичности однотипных изделий и обеспечить заданный уровень качества при изготовлении каждого отдельного изделия [2], а внедрение в современное производство адаптивной системы определения и оптимизации параметров контрольной карты (АСО и ОПКК), в сочетании с высокой скоростью работы, производительностью и точностью современных систем управления делает задачу разработки алгоритма определения и оптимизации параметров КК, и создания на его основе АСО и ОПКК современной и актуальной научной проблемой.

Достижение поставленной задачи невозможно без проведения предварительного статистического исследования контролируемого процесса позволяющего определить математическую модель изменения контролируемого параметра качества от параметров процесса. Проводя подобное исследование на современном станочном оборудовании, использующем системы числового программного управления (ЧПУ), с целью повышения качества выпускаемой продукции, необходимо нахождение зависимости рассматриваемого показателя качества (размерной настройки станка) от номера детали, изготавливаемой после подналадки оборудования. Обычно эта зависимость стохастическая, поэтому следует воспользоваться одним из методов регрессивного анализа, например, методом наименьших квадратов или наибольшего правдоподобия, для получения функции тренда (регрессионной зависимости) показателя качества и меры его разброса.

Чтобы построить отмеченные функции регрессии, необходимо собрать и проанализировать некоторое первоначальное количество данных контроля, чтобы с их помощью в дальнейшем определить значения параметров контрольных карт, а именно: положение начальной линии и контрольных (сигнальных) границ. Такие данные могут быть получены в результате сплошного контроля в течение некоторого времени после подналадки. Важно, чтобы в течение этого периода сбора данных процесс был достаточно стабилен, т.е. он не должен подвергаться особым внешним влияниям, таким как изменения в подаче материалов, режимах работы оборудования, обслуживающем персонале и т.п.

На основании анализа и обработки собранной статистической информации строится количественная модель поведения показателя качества от номера обрабатываемой детали.

В самом общем случае она может быть выражена в виде нелинейной модели с изменяющейся скоростью роста показателя качества:

$$X(t) = C \cdot \varphi(t) + \Delta(t)$$

где $\varphi(t)$ – неубывающая функция, равная 0 при $t=0$, характеризующая в среднем изменение показателя качества в зависимости от номера детали t с момента подналадки; $\Delta(t)$ – случайная компонента, зависящая от наработки по определенному закону; C – коэффициент, изменяющийся случайно после подналадки.

Функция $\varphi(t)$ может быть представлена в виде полинома соответствующей степени, то есть:

$$\varphi(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_m t^m$$

где a_1, \dots, a_m – коэффициенты полинома, оцениваемые по опытным данным, например, по методу наименьших квадратов в результате обработки собранной предварительной статистической информации; m – степень полинома;

Если разброс тоже изменяется с наработкой, то необходимо оценить по опытным данным и зависимость $\sigma^2(t)$, например, так же в виде полинома, то есть:

$$\sigma^2(t) = b_0^2 + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_k t^k$$

где b_1, \dots, b_k – коэффициенты полинома, k – степень полинома.

Анализируя экспериментальные данные можно прийти к закономерному выводу, что одну и ту же выборку экспериментальных данных можно описать различными моделями – линейной $X_1=f_1(t)$ и полиномиальной моделями $X_2=f_2(t)$ (рис. 1), поэтому для выбора оптимальной модели адекватно описывающей экспериментальные данные необходимо определение квадратичного отклонения (σ) для каждой рассматриваемой модели динамики показателей качества, их сравнение и выявление модели у которой квадратичное отклонение будет минимальным, т.е. $\sigma \rightarrow 0$.

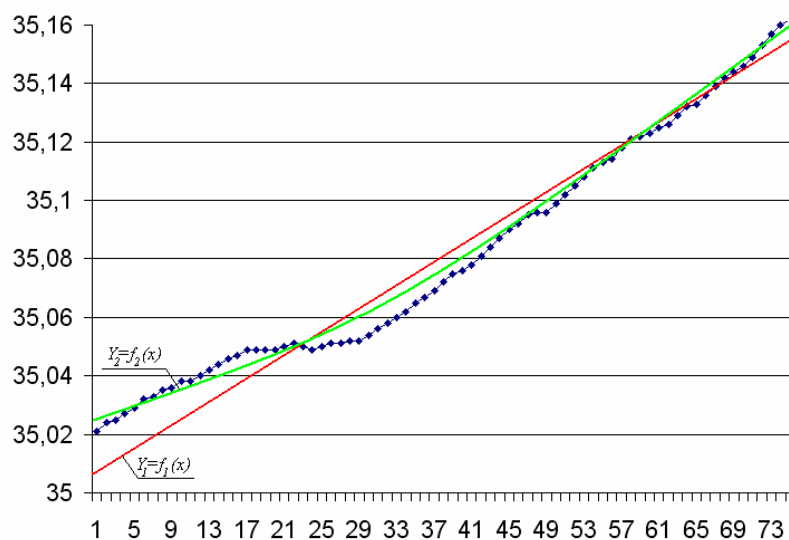


Рис. 1 Изменение контролируемого параметра (диаметрального размера $35^{+0,16}$) в зависимости от номера обрабатываемой детали.

После определения закона изменения показателя качества от номера детали, изготавливаемой после подналадки оборудования необходимо определение закона изменения разброса значений контролируемого параметра (меры разброса). Для этого можно использовать статистику разности между экспериментальными данными и

данными, полученными по модели показателя качества взятой по абсолютной величине:

$$dX(t) = |\Delta X| = |X(t) - X^*(t)|$$

где $X^*(t)$ – экспериментальные значения контролируемого параметра.

Среднее значение отклонений $dX(t) = \sigma(t)$ можно получить аналогично функции $X(t)$, но при этом используется статистика отклонений $\Delta X(t)$.

Вместе найденные функции $X(t)$, $\sigma(t)$ определяют математическую модель процесса изменения показателя качества в зависимости от номера обработанного изделия после произведенной подналадки оборудования.

Для более точного статистического моделирования необходимо определение закона распределения величины $\Delta(t)$. Обычно принимают, что $\Delta(t)$ как случайная величина имеет нормальное распределение с плотностью:

$$f(\delta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}\right)$$

где δ – математическое ожидание случайной составляющей функции тренда.

Принятие нормального закона распределения случайной величины тренда показателя качества является следствием предположения, что действительный размер детали, изготавливаемой в процессе обработки заготовки на станке, является результатом совместного действия многих независимых, переменных во времени систематически и случайно действующих факторов: неточности установки заготовки, неоднородности размеров, состава и свойств обрабатываемой заготовки, силовых и тепловых деформаций технологической системы, износа деталей технологической системы и др.

Однако наряду с данными факторами, вызывающими рассеяние, возможно присутствие доминирующего систематического фактора, непрерывно и равномерно изменяющего во времени положение центра группирования размеров обработанных деталей – износ обрабатывающего инструмента, что может привести к распределению параметров качества процесса по закону отличному от нормального [1].

Возможность управления негауссовыми процессами с помощью ККШ рассчитанных на основании ГОСТ Р 50779.42–99 (ISO 8258–91), освещается в ряде литературных источников по исследованиям в области статистического управления процессами, таких как О.И. Илларионов, М.И. Розно, И.В. Никифоров, Н.Ж. Mittag, поэтому требуется определение закона распределения случайной величины тренда показателя качества для его использования в дальнейшем процессе моделирования и оптимизации параметров КК.

Для определения закона распределения величины Δ требуется проверить близость теоретического распределения к статистическому (определенному по экспериментальным данным).

Известно несколько критериев определения близости теоретического распределения к статистическому, построенному по данным выборки X_1, X_2, \dots, X_N , но на практике чаще всего в качестве меры отмеченного отклонения используется критерий Пирсона [4].

Анализируя математические показатели законов распределения случайной величины Δ чаще всего встречающихся на практике [1,3] можно утверждать, что:

1) При нормальном распределении $\Delta(t)$ квадратичное отклонение $\sigma(x)$ определяется через $dX(t)$ по следующей формуле:

$$\sigma(t) = dX(t) \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$

2) При распределении $\Delta(t)$ по гамма закону параметры распределения ρ и α связаны с математическим ожиданием a и коэффициентом вариации ν формулами:

$$a = \gamma \cdot \rho \quad v = \frac{1}{\sqrt{\gamma}}$$

3) При распределении $\Delta(x)$ по закону Вейбулла-Гнеденко параметры распределения ρ и α связаны с математическим ожиданием a и коэффициентом вариации v формулам:

$$a = \rho \cdot \Gamma(1 + 1/\alpha) \quad v = \sqrt{\frac{\Gamma(1 + 2/\alpha)}{\Gamma^2(1 + 1/\alpha)} - 1}$$

При этом математическое ожидание случайной, a следовательно и величины d $X(t)$ составляющей ровно 0 , а коэффициент вариации определяется по экспериментальным данным.

После определения закона изменения показателя качества и закона изменения разброса значений контролируемого параметра необходимо правильно назначить параметры контрольной карты.

Для этого необходимо учитывать величины затрат: на контроль выпускаемой продукции, на подналадку оборудования в случае выхода контролируемого параметра за допустимые границы и величину затрат на исправление брака первого и второго рода. Исходя из этого, необходимо достижение минимума выражения [3]:

$$Z = C_o + Z_k + Z_{\delta 1} + Z_{\delta 2} + Z_n$$

где C_o – себестоимость обработки детали; Z_k – себестоимость контроля изделия; $Z_{\delta 1}$ – себестоимость исправления брака первого рода; $Z_{\delta 2}$ – себестоимость исправления брака второго рода; Z_n – себестоимость подналадки станка.

Дальнейший процесс определения параметров КК предпочтительно осуществлять путем многократной итерации [2] с различными значениями объема выборки (n) и периодичности ее взятия (N), расчета параметров распределения результатов процесса (стандартного отклонения σ и поля рассеяния), индекса возможностей процесса, частоты подналадок, вероятности появления брака и последующего выбора оптимального варианта с учетом конкретных производственных условий.

Данный алгоритм позволяет обоснованно определить, в зависимости от особенностей конкретного процесса, результаты использования КК и на этой основе оптимизировать значения параметров карты (объем выборки, периодичность ее взятия). Это дает возможность начинать реальную работу по управлению процессом с помощью ККШ, уже имея определенный багаж знаний относительно параметров карты, что существенно снижает издержки по статистическому управлению, особенно в начальный период использования контрольной карты.

Для экспериментальной проверки разработанного алгоритма было проведено статистическое исследование размерной настройки токарного станка ЧПУ на обработку диаметрального размера $35^{+0,16}$ детали “Вал тихоходный” 10.5.1-А.001 (длина обработки резцом $L \approx 40$ мм), выполняемое чистовым резцом, со сменной твердосплавной пластинкой из сплава ВК8 ГОСТ 25413-82.

После проведения различных выборок и обработки экспериментальных данных результирующая модель показателя качества имела вид:

$$X(t) = 35,024 + 0,00125 \cdot t - 1,5 \cdot 10^{-7} t^2 + 9,97 \cdot 10^{-8} t^3 + \Delta(t)$$

Используя данную модель в АСО и ОПКК, структурная схема которой представлена на рис.2 были получены оптимальные значения параметров КК обеспечивающие минимум затрат на текущий контроль и производство продукции.

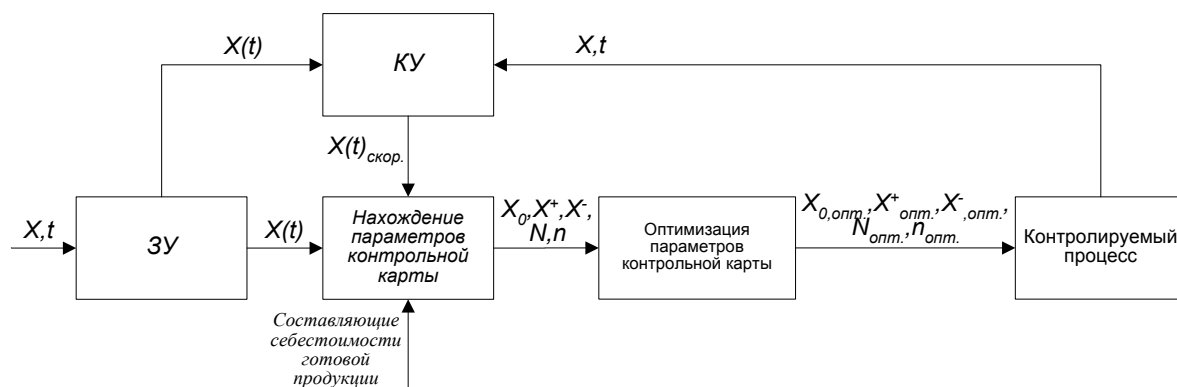


Рис. 2 Структурная схема АСО и ОКК.

где КУ – корректирующее устройство, производящее корректировку тренда показателя качества контролируемого процесса; ЗУ – задающее устройство, производящее первоначальное определение тренда показателя качества на основе обработки первой партии деталей.

После нахождения оптимальных параметров КК, в процессе производства готовой продукции, существует возможность корректировки тренда показателя качества по вновь полученным данным, что автоматически приведет к изменению параметров КК и нахождения более близкого к глобальному локального минимума функции Z .

Литература

1. Глудкин О.П. Всеобщее управление качеством: учебник для вузов под ред. Глудкина О.П. – М.: Горячая линия, – 2001. – 702 с.
2. Кендалл М.Д., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. – М.: Наука, 1973. – 900 с.
3. Миттаг Х.Й. Статистические методы обеспечения качества. / Миттаг Х.Й., Ринне Х.; пер. с нем. – М.: Машиностроение, – 1995. – 616 с.
4. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: Наука. – 1965. – 512 с.
5. ГОСТ Р 50779.40-96 Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение – М.: Издательство стандартов, – 1996. – 20 с.