

Применение активного контроля для повышения точности обработки

10, октябрь 2015

Барбашов Н. Н.¹, Терентьева А. Д.^{1,*}

УДК 517.977.5

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

* TerentyevaAD@gmail.com

Введение

Важной задачей современной математической статистики, методы которой опираются на теорию вероятностей, является научная оценка результатов измерений. Это позволяет по известным свойствам некоторого подмножества объектов, взятого из совокупности, судить о неизвестных свойствах остальных объектов, принадлежащих данной совокупности.

Статистическое регулирование качества – это текущий контроль за производством и предупреждение брака путём своевременного вмешательства в технологический процесс [16].

При контроле имеют место определенные затраты, а при неэффективном контроле, когда потребителю попадает некачественная продукция эти затраты существенно возрастают за счет возврата брака. Поэтому задача формирования рациональных методик контроля, позволяющих обеспечивать как некоторый заданный выходной уровень качества, так и его повышение, остаётся актуальной.

В области управления технологическим процессом при помощи приборов активного контроля задача повышения точности может быть конкретизирована, а затем и решена путем выбора рационального алгоритма управления [11, 13, 15].

Для решения поставленной задачи необходимо разработать методы управления точностью [4, 5, 8, 9, 12, 16] при активном контроле путем введения соответствующих корректировок. Методы, основанные на управлении по скользящей средней, представляются наиболее перспективными для управления точностью, поскольку они включают в себя информацию об изменении нескольких последних измеренных значений контролируемого параметра, что позволит улучшить качество продукции и повысить скорость производства. [6, 7, 10, 14]

Данная работа является продолжением исследований, изложенных в работе [1], применяются те же методы и программное обеспечение. Все обозначения соответствуют принятым в работе [1].

В работе [1] было показано, что введение адаптивного управления в активном контроле с использованием предлагаемой формулы для массива основных отклонений измеряемой величины с полем допуска 30 мкм, распределенной по нормальному закону, дает положительный эффект регулирования. Коэффициент увеличения точности при введении корректировки по формуле $k \cdot \bar{x}$ при любом количестве измерений $\psi_T^{\text{формула}} < 1$, что говорит о положительном эффекте регулирования, и с увеличением количества измерений постепенно возрастает. Кроме того, в работе [1] показано, что корректировка по скользящей средней, рекомендуемая ГОСТ, при любом количестве измерений неэффективна.

В качестве основного результата предшествующих исследований, кроме того, представляющего наибольшее удобство для сравнения получаемых результатов, представляется наиболее разумным напомнить диаграмму сравнения коэффициентов увеличения точности ψ_T при введении корректировки по ГОСТ и по формуле $k \cdot \bar{x}$ для нормального закона на распределения при многократных измерениях (рисунок 1).

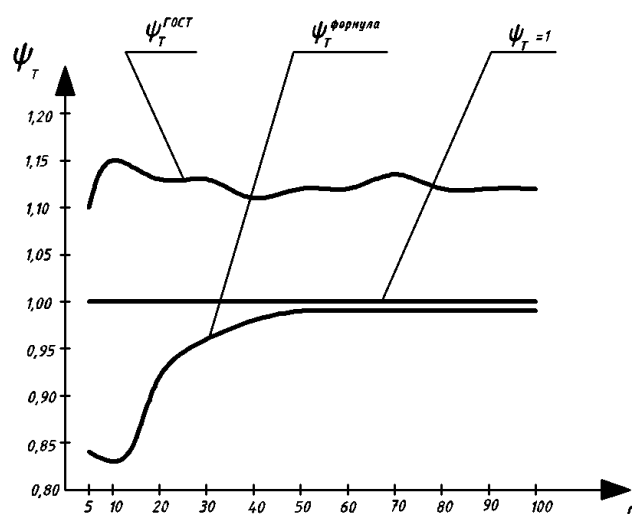


Рис. 1. Сравнение коэффициентов увеличения точности ψ_T при введении корректировки по ГОСТ и по формуле $k \cdot \bar{x}$ для нормального закона распределения при многократных измерениях

Следует доказать возможность применения выбранной модели адаптивного управления и ее эффективность и для других законов распределения. В серии стандартов ГОСТ Р 50779 упомянуты всего два закона распределения: нормальный закон распределения, который описан в ГОСТ Р 50779.21-2004 [2], и распределение Вейбулла, которое описано в ГОСТ Р 50779.27-2007 [3].

Эффективность введения адаптивного управления для измеряемой величины, распределенной по нормальному закону, уже была доказана ранее [1], теперь следует исследовать распределение Вейбулла.

Проведение экспериментов для распределения Вейбулла осуществляется в полной мере по описанной в работе [1] методике для нормального закона. Чтобы определить достаточность или недостаточность 100 повторений перед проведением всего комплекса многократных измерений необходимо провести тестовые измерения. В качестве коэффициента увеличения точности ψ_T и коэффициента k_1 представлены средние значения по 100 повторениям. Результаты трех многократных измерений по 100 повторений для количества измерений 5 при корректировке по формуле $k_1 \cdot \bar{x}_i$ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты тестовых многократных измерений по 100 повторений для количества измерений 5 при корректировке по формуле $k \cdot \bar{x}$

№ п/п	Корректировка по ГОСТ	Корректировка по формуле	Коэффициент
	ψ_T	ψ_T	k_1
1	1,61	0,79	-0,3
2	1,32	0,76	0,3
3	2,29	0,83	0,2

Полученные данные, представленные в таблице 1, между собой схожи, по этой причине предлагаемая методика проведения экспериментов для распределения Вейбулла признается годной.

Итак, как и в предыдущих случаях, эксперимент проведен в том же самом поле допуска, что и аттестация программы. Для каждой формулы проведены эксперименты при минимальном выбранном количестве измерений, при 10, 20, и так далее с шагом 10 до 100 измерений. Измерения проводятся многократные по 100 повторений. Параметр масштаба принят $\lambda = 6$. Параметр формы $\delta = 1$, поскольку условия измерений предполагаются уже в рабочей области, а не в областях приработки или износа.

Результаты измерений с введением корректировок по предлагаемой формуле $k_1 \cdot \bar{x}$ представлены в таблице 2. Как уже было отмечено, в качестве коэффициента увеличения точности ψ_T и коэффициента k_1 представлены средние значения по 100 повторениям. Кроме того, для наглядности, полученные результаты представлены графически на рисунке 2. На диаграмме помимо линий зависимости коэффициента увеличения точности при корректировке по ГОСТ $\psi_T^{ГОСТ}$ и коэффициента увеличения точности при корректировке по формуле $\psi_T^{формула}$ в зависимости от количества измерений n , также введена еще линия коэффициента увеличения точности $\psi_T = 1$, которая позволяет легко визуально определить эффективность или неэффективность адаптивного управления в каждом конкретном случае.

Таблица 2. Сравнение коэффициентов увеличения точности ψ_T при введении корректировки по ГОСТ и по формуле $k_1 \cdot \bar{x}$ для закона распределения Вейбулла при многократных измерениях

Количество измерений	Корректировка по ГОСТ	Корректировка по формуле	Коэффициент
	ψ_T	ψ_T	k_1
5	2,08	0,87	0,06
10	1,36	0,97	0,11
20	1,22	0,99	0,07
30	1,18	1,00	0,08
40	1,16	1,00	0,06
50	1,15	1,00	0,05
60	1,15	1,00	0,06
70	1,14	1,00	0,05
80	1,13	1,00	0,04
90	1,13	1,00	0,06
100	1,13	1,00	0,05

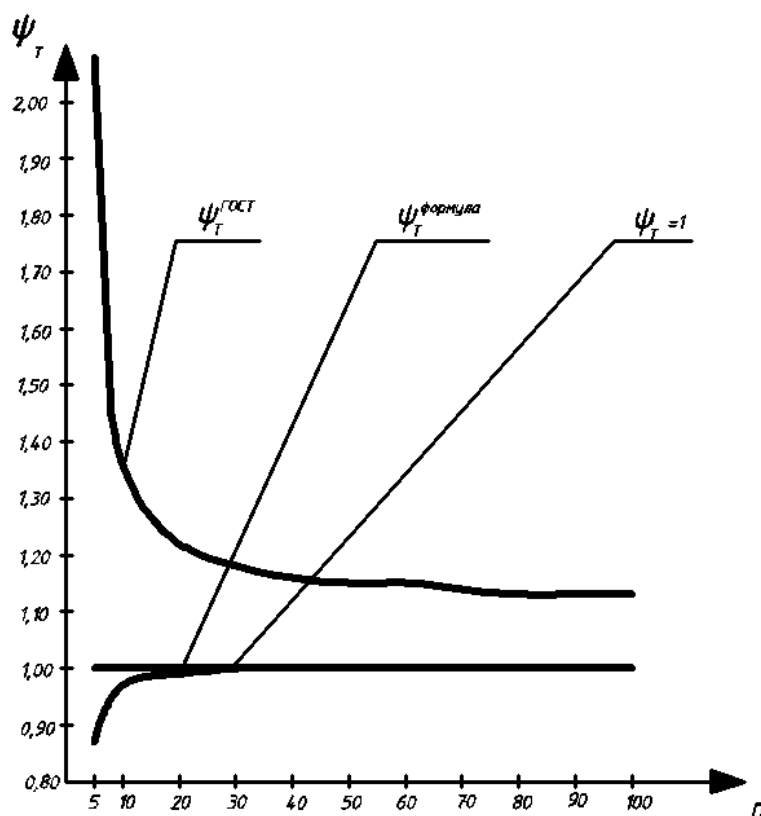


Рис. 2. Сравнение коэффициентов увеличения точности ψ_T при введении корректировки по ГОСТ и по формуле $k_1 \cdot \bar{x}$ для закона распределения Вейбулла при многократных измерениях

Заключение

Как видно из представленной диаграммы, введение адаптивного управления в активном контроле с использованием предлагаемой формулы $k_1 \cdot \bar{x}$ для массива основных отклонений измеряемой величины, распределенной по закону Вейбулла, как и в случае с нормальным законом распределения, дает положительный эффект регулирования. Коэффициент увеличения точности при введении корректировки по формуле при небольшом количестве измерений $\psi_T^{\text{формула}} < 1$, что говорит о положительном эффекте регулирования, и с увеличением количества измерений постепенно возрастает, достигая $\psi_T = 1$ при количестве измерений $n = 30$. Кроме того, из представленной диаграммы можно сделать еще один вывод: корректировка по скользящей средней, рекомендуемая для любого закона распределения, регламентируемого серией стандартов ГОСТ Р 50779, при любом количестве измерений неэффективна.

Итак, теперь рассмотрены законы распределения случайной величины, регламентируемые серией стандартов ГОСТ Р 50779. Таким образом, показана эффективность предлагаемой методики для случаев, регламентируемых существующими ГОСТ.

Список литературы

- [1]. Барбашов Н.Н., Терентьева А.Д. Управление точностью обработки деталей с применением активного контроля // Инженерный вестник: электронный научно-технический журнал МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. № 09. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/801150.html> (дата обращения 18.09.2015)
- [2]. ГОСТ Р 50779.21-2004. Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение. Введ. 2004-01-12. № 3 ст. М.: Госстандарт России. 2004. 47 с.
- [3]. ГОСТ Р 50779.27-2007 (МЭК 61649:1997). Статистические методы. Критерий согласия и доверительные интервалы для распределения Вейбулла. Введ. 2007-11-14. № 303 ст. М.: Стандартиформ. 2008. 16 с.
- [4]. Зайцев Г.Н. Управление качеством. Технологические методы управления качеством изделий: учеб. пособие для вузов / Зайцев Г.Н. СПб.: Питер. 2014. 266 с.
- [5]. Ким Д.П. Теория автоматического управления: учебное пособие для вузов. В 2-х т. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. М.: Физматлит. 2004. 463 с.
- [6]. Лиморенко А.Д., Шачнев Ю.А. Исследование возможности повышения точности обработки деталей за счет применения алгоритма управления // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. 2012. № 11. С.273 – 300. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/483097.html> (дата обращения 06.10.2015)
- [7]. Лобунина И.И. Разработка и исследование корреляционных методов анализа и повышения точности обработки на шлифовальных станках с приборами активного контроля: автореф. ... дис. канд. техн. наук. Л.: Сев-Зап. Политехн. ин-т. 1970. 17 с.
- [8]. Мельников В.П., Смоленцев В.П., Схиртладзе А.Г. Управление качеством: учебник для вузов / Мельников В.П., Смоленцев В.П., Схиртладзе А.Г.; ред. Мельников В.П. 3-е изд., стер. М.: Академия. 2007. 345 с.
- [9]. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами / Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. СПб.: Наука. 2000. 548 с.
- [10]. Невельсон М.С. Автоматическое управление точностью обработки на металлорежущих станках. Л.: Машиностроение. 1982. 184 с.
- [11]. Рахматуллин А.И., Моисеев В.С. Математические модели и методы оптимизации нестационарных систем обслуживания: монография / Рахматуллин А.И., Моисеев В.С. (Серия Современная прикладная математика и информатика). Казань: Изд-во Школа. 2006. 211 с.
- [12]. Рубан А.И. Методы анализа данных: учеб. пособие / Рубан А.И. 2-е изд., испр. и доп. Красноярск: ИПЦ КГТУ. 2004. 319 с.
- [13]. Филонов И.П., Медведев А.И. Вероятностно-статистические методы оценки качества в машиностроении: учеб. пособие для вузов / Филонов И.П., Медведев А.И. Минск: Тесей. 2000. 127 с.

- [14]. Шачнев Ю.А. Оптимальное позиционное управление точностью процесса обработки // Труды МВТУ № 369. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. / Под ред. А.Д. Никифорова. М.: Типография МВТУ. 1981. С. 98-115.
- [15]. Шишмарев В.Ю. Технические измерения и приборы: учебник для вузов / Шишмарев В.Ю. 2-е изд., испр. М.: Академия. 2012. 383 с.
- [16]. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества: пер. с англ. М.: Мир. 1970. 368 с.