

УДК 53.088.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ С НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Юлия Олеговна Грабатьюк⁽¹⁾, Юрий Алексеевич Шачнев⁽²⁾

Магистр 1 года⁽¹⁾, кандидат технических наук, доцент⁽²⁾

кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Ю.А. Шачнев,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»

На современном этапе развития производства регулирование технологических процессов базируется на статистических методах контроля. В серийном и массовом производстве существует задача управления точностью обработки. В данном случае на одном и том же оборудовании, на одних и тех же режимах, то есть в условиях повторяемости, получается множество реализаций. В результате обработки получается отклонение размера от номинального значения. Это отклонение состоит из случайной и систематической составляющих.

Рассмотрим регулирование точностью процессов обработки с хорошо выделяемой и доминирующей систематической составляющей типа $y=kx_i+b$ или $y=b$, где x – i случайное отклонение. При неизменных k и b нет необходимости получать измерительную информацию при обработке каждого x_i , т.е. каждой детали. Такие систематические составляющие характерны для технологических процессов относительно невысокой точности. Существенно более сложная задача возникает при регулировании процессов, моделями которых являются последовательности с нечетко выраженной систематической составляющей и (или) изменение значения систематической составляющей соизмеримо с диапазоном рассеивания случайной составляющей. Регулирование таких процессов трудно построить без измерения каждой детали. Поэтому считаем целесообразным в таких случаях использовать скользящую среднюю. Но, к сожалению, при управлении по скользящей средней есть недостаток, который заключается в том, что средняя отстает от управления.

Известна работа [1], в которой управление, в отличие от рекомендуемых по стандарту ГОСТ Р ИСО 50799, выбрано в виде $u=kx_{cp}(n)$. Очевидно, что в этом случае коэффициент k уменьшал эффект запаздывания. Значение k было получено для конкретного производства и принято постоянным.

В работе [2] представлены более сложные структуры управлений и показана их сравнительная эффективность. Но алгоритм регулирования основан на скользящей средней следующего типа (например, для $n=3$):

$$X_{1cp}(3)=(X_1+X_2+X_3)/3$$

$$X_{2cp}(3)=(X_2+X_3+X_4)/3$$

и т.д.

Т.е. в средних, начиная со второго, не учитываются изменения, связанные с регулированием процесса. Такие задачи имеют место, но для обычных технологических процессов такое регулирование неудобно.

В настоящей работе предлагается рассмотреть эффективность управлений, построенных на скользящей средней, учитывающей изменения от регулирования, т.е. (для $n=3$):

$$X_{1cp}(3)=(X_1+X_2+X_3)/3$$

$$X_{2cp}(3)=(X_2+X_3+X'_4)/3,$$

где X_4' -значение, в котором уже отражено управляющее воздействие на предыдущем шаге.

Кроме того, анализ выполненных работ показывает, что необходимо исследовать влияние объема партии, исследуемой для определения оптимальных значений n и k_i .

В связи с этим, в данной работе рассматривается решение следующих задач.

Во - первых, исследование эффективности разных по структуре управлений:

$$1) u = k_1 x_{cp}, \text{ где } x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} - \text{среднее, а } n - \text{число обрабатываемых результатов};$$

$$2) u = k_1 x_{cp} + k_2 (x_{cp} + x_{2cp}), \text{ где } x_{2cp} = \frac{x_2 + x_3 + \dots + x_{n+1}}{n};$$

$$3) u = k_1 (x_{2cp} - x_{cp});$$

$$4) u = k_1 (x_{2cp} - x_{cp}) + k_2 (x_{2cp} - x_{cp})^2.$$

Здесь x_i - реализация отклонения на i -м шаге дискретного процесса,

k_i - коэффициенты регулирования.

Вторая задача – это оценка влияния объема партии на эффективность управления. А также оценка влияния колебаний оптимальных k и n на снижение эффективности управления.

Заметим, что управление по структурам, указанным выше, требует сложного технического решения. В то же время известны работы, например [3], в которых предлагалось и экспериментально опробовано построение двухступенчатой системы активного контроля. Вторая ступень – это измерение детали вне станка и использование результатов этого измерения для подстройки УАК. Т.е. на второй ступени можно выстраивать управление первой ступени по указанным структурам управления, что и обеспечит регулирование точности всей последовательности.

Ниже под объемом партии (N) будем понимать количество последовательно изготовленных изделий (1, 2, ..., N). При этом, в качестве модели партии примем реализацию случайной величины в форме случайной последовательности.

Пример решения первой задачи показан на рис. 1, из которого видно, что наиболее эффективным является второй вид управления. Для него и будем проводить дальнейшие исследования.

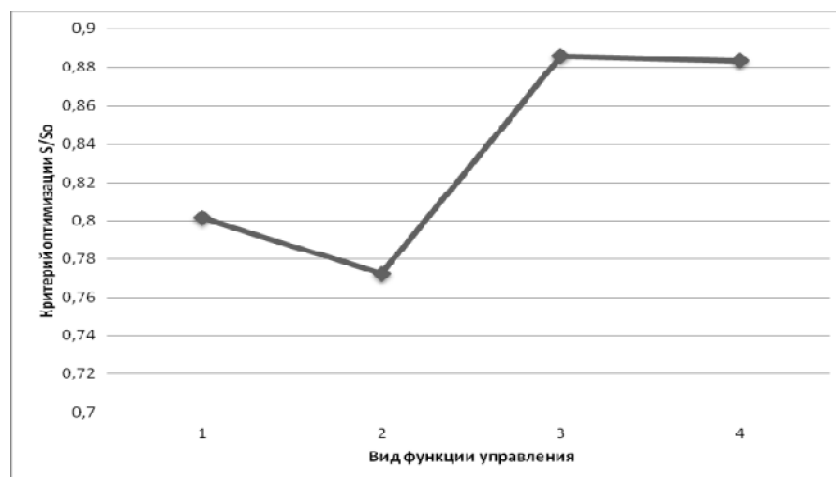


Рис. 1. Зависимость критерия оптимизации от вида функции управления (Объем исследуемой партии $N=30$; $\sigma=0,4$; диапазон рассеивания=2)

На рис. 2 показана стабильность эффективности каждого управления. В качестве критерия эффективности выбрано СКО параметра оптимизации.

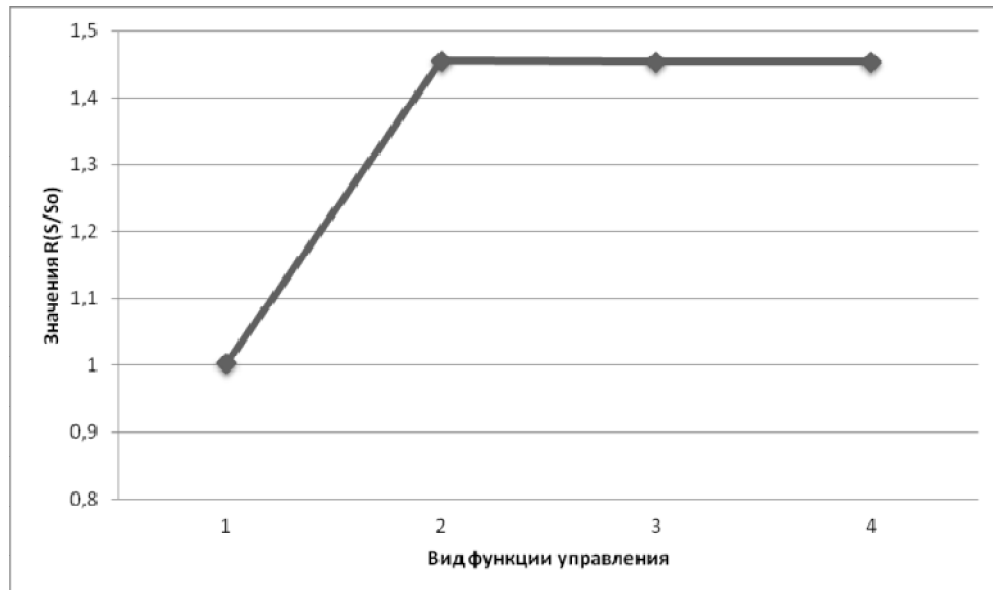


Рис. 2. Зависимость разброса критерия оптимизации от вида функции управления (Объем исследуемой партии $N=30$; $\sigma=0,4$; диапазон рассеивания=2)

Интересно, что стабильность эффективности с изменением объема партии меняется. На рис. 3 представлены те же зависимости, но для $N=10$.

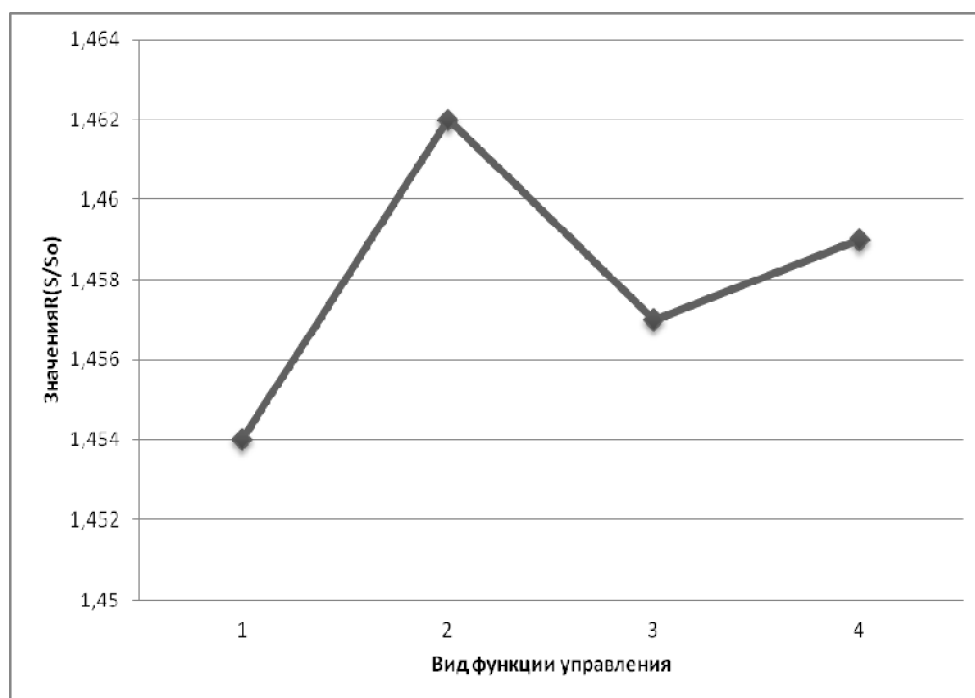


Рис. 3. Зависимость разброса критерия оптимизации от вида функции управления (Объем исследуемой партии $N=10$; $\sigma=0,4$; диапазон рассеивания=2)

Влияние объема партии на эффективность на примере второго управления показано на рис. 4.

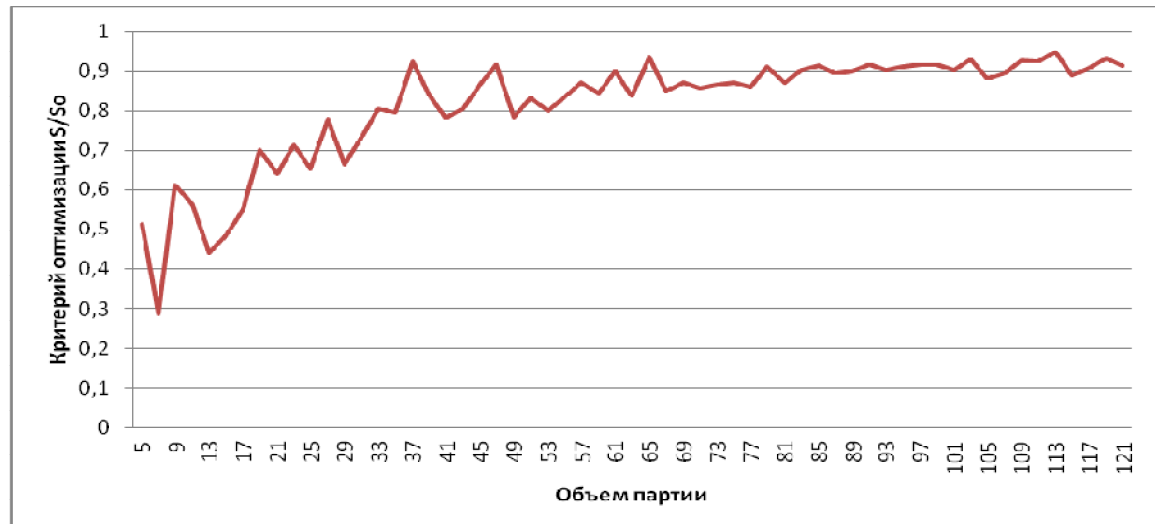


Рис. 4. Зависимость критерия оптимизации от объема партии (Начальные условия: $\sigma=0,4$; диапазон рассеивания=2)

Принятые для исследования процессы в данной работе моделируются случайной последовательностью и естественно было ожидать относительно невысокую эффективность регулирования. Однако, достаточно устойчивая зависимость среднеквадратического отклонения процесса, полученного в результате регулирования показывает, что эффект регулирования может быть достаточно заметным.

Можно предположить, что положительный эффект (т.е. уменьшение среднего квадратического отклонения) определяется тем, что случайная величина при относительно небольших объемах ее реализации не полностью проявляет свои свойства. Т.е. при малых объемах партии конкретная реализация (в нашем случае в форме последовательности значений случайной величины) образует некую последовательность, в которой проявляются некоторые закономерности, т.е. появляется систематическая составляющая, исправления которой и обеспечивают эффект регулирования. На это же указывает зависимость среднего квадратического отклонения исходной последовательности (рис. 5).

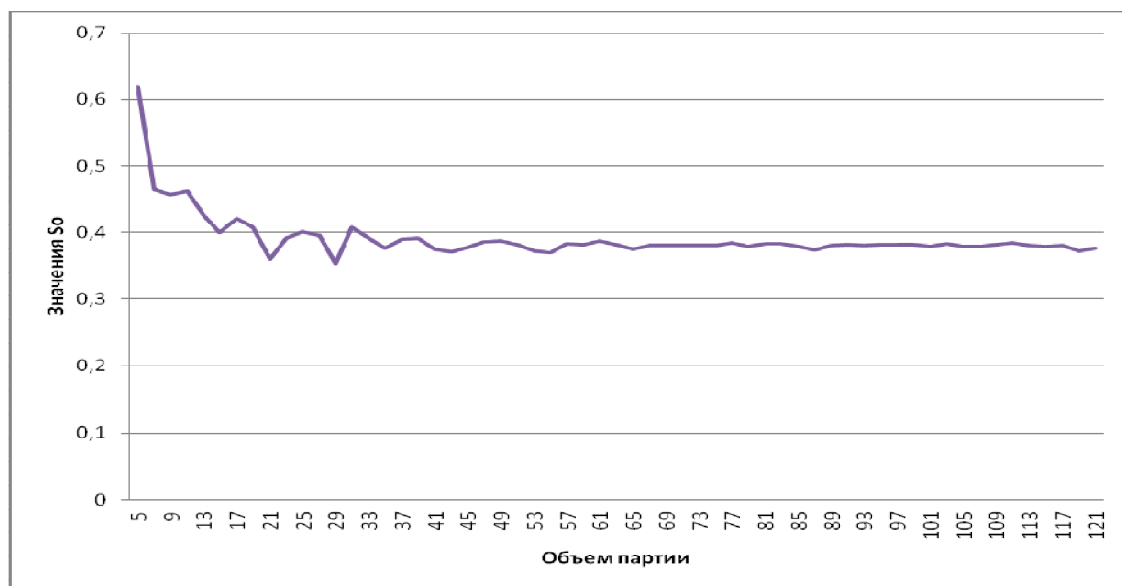


Рис.5. Зависимость среднего квадратического отклонения до регулирования от объема партии (Начальные условия: $\sigma=0,4$; диапазон рассеивания=2)

Отметим, что среднее квадратическое отклонение (S_0) исходной последовательности снижается при увеличении объема партии, причем существенно при относительно малых объемах.

На рис.6 показана зависимость среднего квадратического отклонения после регулирования.

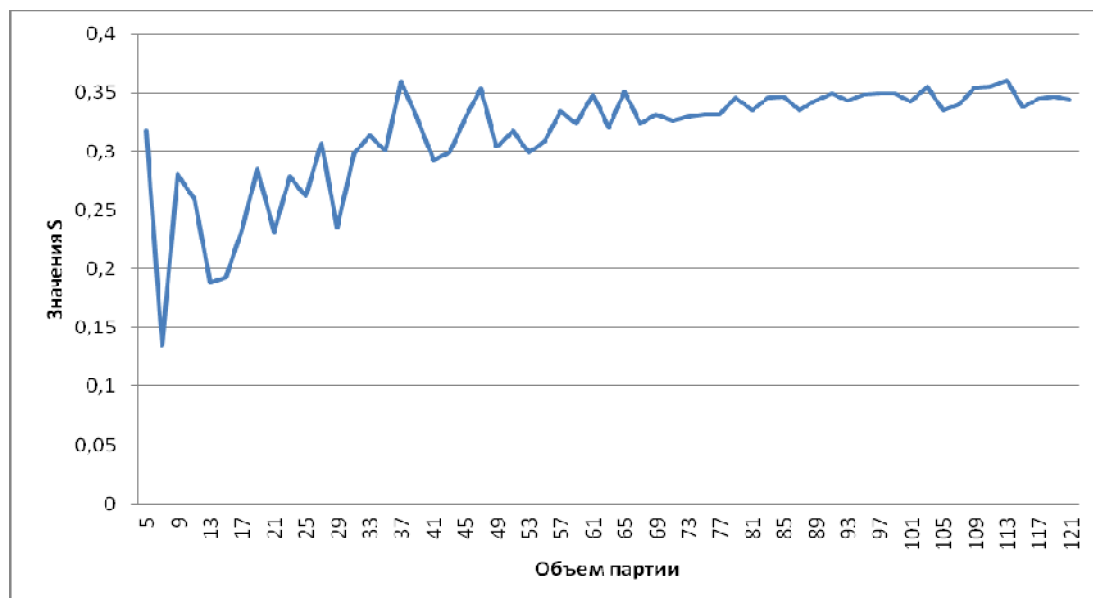


Рис.6. Зависимость среднего квадратического отклонения после регулирования от объема партии (Начальные условия: $B=0,4$; диапазон рассеивания=2)

Сравнивая две зависимости $S_0(n)$ (рис. 5) и $S(n)$ (рис. 6) можно сделать вывод о том, что эффект регулирования может быть различным, если не отождествлять объем партии исходной последовательности, выбранный для определения оптимальных значений выборки (n) и коэффициентов (k_i). Обозначим этот объем N_1 и объем произведенной партии изделий (N). Определим возможную эффективность для примера: объем производимой партии $N=100$ штук – объем партии, принятой при определении оптимальных значений n и k_i , причем $N_1=27$. Из графика (рис.5) видно, что для произведенной без регулирования партии ($N=100$) среднее квадратическое отклонение $S_0=0,38$ (см. рис. 5 для $N=100$).

В то же время, при регулировании по скользящей средней, используя управление (2) с оптимальным значением параметров, обеспечивается среднее квадратическое отклонение регулируемого процесса $S=0,27$. Т.е. в этом случае рассеивание в обработанной партии будет в 2 раза меньше, чем обработка без регулирования. Соответственно, коэффициент регулирования будет $S/S_0=0,71$.

Таким образом, если же полный объем обрабатываемой партии (N) будет равен объему партии (N_1), на основе которой определялись дополнительные значения параметров управления, то эффективность управления определяется по графику изменения критерия оптимальности (рис. 4) и составляет 0,7 (для $N=100$).

Зависимость оптимального объема выборки (n) от объема партии (N) не стабилизируется и при $N=120$ (рис. 7). Это указывает на то, что свойства случайной составляющей все еще полностью не проявляются. Также, при $N=120$ хотя и слабо, но продолжает изменяться S_0 (см. рис.5).



Рис. 7. Зависимость объема выборки от объема партии (Начальные условия: $\sigma=0,4$; диапазон рассеивания=2)

Представленные результаты исследований различных структур управления указывают и на различное влияние на эффективность составляющих функции управления, а это значит и на возможность построения управлений, обеспечивающих большую эффективность. При этом, следует учитывать различия в алгоритме управления партиями с $N > 100$ и партиями с $N < 50$, если использовать для определения оптимальных значений часть партии. При малых объемах партии (N_1) увеличивается колебание оптимальных значений n и k_i от реализации случайной последовательности, что может снизить экономический эффект от реализации регулирования.

Таким образом, проведенные исследования доказывают возможность эффективного управления точностью процессов. При этом с достаточно хорошей стабильностью. Влияние объема партии на эффективность управления показывает, что наиболее эффективно управление именно при малых объемах, т.е. тогда, когда свойства случайной величины полностью не проявляются. Это доказывается, в том числе и тем, что эта зависимость определялась для случайной последовательности без учета систематической. Добавление систематической погрешности в последовательность, естественно, увеличит эффективность управления.

Литература

1. Невельсон М.С. Автоматическое управление точностью металлообработки. – Л.: Машиностроение, 1973. – 176 с.
2. 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. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/483097.html>
3. Воронцов Л.Н., Корндорф С.Ф. Приборы автоматического контроля размеров в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.