

УДК 621.9

РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МЕХАНООБРАБОТКИ

© 2019 С.И. Клейменов¹, А.В. Заятров², В.Н. Козловский¹, В.И. Санчугов³

¹ Самарский государственный технический университет

² Тольяттинский государственный университет

³ Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

Статья поступила в редакцию 23.04.2019

В работе представлены результаты разработки и реализации перспективной системы активного контроля качества продукции на операциях механообработки в условиях массового производства автомобильной техники.

Ключевые слова: прибор активного контроля, прибор послеоперационного контроля, круглое шлифование, статистические характеристики, адаптивные средства контроля, качество, автомобилестроение.

Типовая структурная схема системы активного контроля для управления технологическим процессом шлифования, представленная на рис. 1, состоит из самого прибора активного контроля (ПАК), датчика, отслеживающего величину текущего припуска у обрабатываемой детали (D_1), шлифовального станка. Наличие ПАК не гарантирует постоянство размеров выпускаемой продукции в процессе обработки ввиду наличия большого количества возмущающих факторов, влияющих на систему, образуемую прибором активного контроля с датчиком, станком и обрабатываемой деталью [5-7]. К этим факторам относится колебание температуры обрабатываемой детали, окружающего воздуха и СОЖ, припуска заготовок и свойств материала заготовок, постепенный износ измерительных наконечников (кроме случаев использования бесконтактных датчиков) [10-11]. Попытки учёта и компенсации максимально возможного числа возмущающих факторов в ПАК приводили лишь к значительному усложнению конструкции и удорожанию самого средства контроля, необходимости привлечения для её обслуживания высококвалифицированных специалистов, а также снижению надёжности самого прибора.

В этой связи подобные самонастраивающиеся системы не нашли широкого распространения в промышленности [1-3]. В дополнении к ПАК зачастую используется прибор послеоперационного контроля (ППК) с датчиком (D_2). В зависимости от сложности контролируемой детали и предъявляемых требований к качеству подобные приборы также бывают самых различных модификаций от простых ручных скоб, до сложных стандов или полуавтоматов. ППК используют для того, чтобы получить объективные результаты измерений обработанной детали, по причине наличия возмущающих факторов. По результатам контроля детали на ППК оператор станка может скорректировать текущий уровень настройки ПАК при необходимости. Таким образом, подобную структуру организации активного контроля можно назвать двухконтурной. Первый контур образован ПАК, датчиком контроля текущего припуска и шлифовальным станком, а второй контур составляю ППК с датчиком контроля текущего размера. Обратная связь по результатам контроля осуществляется при подобной организации только через оператора станка [4].

Обработка детали выполняется на шлифовальном станке. Скорость подачи V_c шлифовального круга меняется в соответствии с этапом обработки по заданному алгоритму. Размер детали L_1 с помощью датчика D_1 преобразуется в электрический сигнал U_{L1} и поступает в ПАК. В ПАК выполняется сравнение текущего сигнала U_{L1} с пороговыми значениями, используемыми в алгоритме управления. В результате формируется управляющие сигналы U_y , определяющие этапы цикла обработки (а, следовательно, и смену скорости подачи шлифовального круга), а также

Клейменов Сергей Иванович, соискатель ученой степени кандидата технических наук.

Заятров Алексей Викторович, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела НИО-14 «Электронные средства контроля».

Козловский Владимир Николаевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Теоретическая и общая электротехника». E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru
Санчугов Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматические системы энергетических установок».

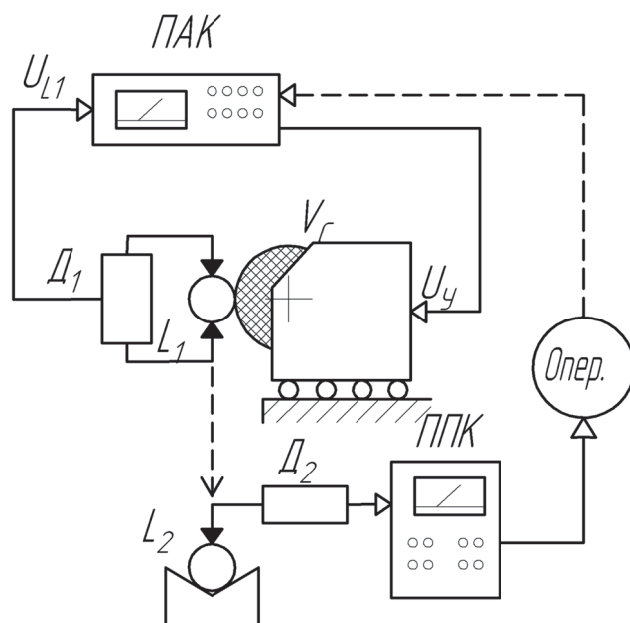


Рис. 1. Типовая структурная схема организации активного контроля для технологического процесса круглого шлифования

момент отвода шлифовального круга от детали. По окончании обработки оператор контролирует деталь на ППК, получая объективный размер детали L_2 . В случае большого отклонения размера L_2 от номинального значения оператор может внести поправку в ПАК. Однако для того, чтобы повысить эффективность от средств контроля, не достаточно иметь достаточно точный прибор или комплекс, который отображал бы результат контроля детали, например, на аналоговой шкале, или на цифровом индикаторе, необходимо реализовывать возможность дополнительной обработки измерительной информации.

Традиционно совершенствование средств контроля при описанной выше организации рабочего места оператора станка велось за счёт улучшения средств послеоперационного контроля. Внедрялись электронные средства контроля, в том числе и многоканальные системы, обеспечивающие оператора станка информацией обо всех геометрических параметрах детали, которые необходимо было проконтролировать одновременно [8-9]. Также актуален вопрос формирования базы данных, в которой хранится весь массив проконтролированных замеров, с сохранением времени и даты их проведения. Формирование базы данных позволяет отслеживать динамику изменения состояния технологического процесса, что особенно удобно при проведении улучшений технологического процесса, например, таких как использование новых материалов, обрабатывающих инструментов или режимов обработки. При грамотно реализуемом плане проведения контрольных операций с чёткой периодичностью их проведения значительно облегчается задача по обнаружению момента возникновения «особой»

причины изменчивости, выводящей процесс из устойчивого состояния. При этом для удобства использования целесообразно не просто отображать результаты в текстовом формате, а предоставить возможность графического представления информации, с помощью контрольных карт средних и размахов $\bar{X} - R$ или средних и стандартных отклонений $\bar{X} - S$ [3-4].

В настоящее время обычной практикой для фирм производителей контрольно-измерительной техники является возможность удалённого доступа к конкретному прибору, например по локальной сети с возможностью просмотра накопленных замеров. В зависимости от размещения оборудования (компактность или сильная рассредоточенность средств контроля), технических и экономических возможностей предприятия используются три вида канала передачи данных: проводная линия, например, по каналу связи «Ethernet»; специальная электронная карточка или Flash-карта; радиоканал.

Организация канала связи с помощью проводной линии в локальную сеть хоть и обладает высокой стоимостью при её первичной установке, однако компенсируется низкими затратами на обслуживание и является оптимальным вариантом при компактном размещении контрольного оборудования. Бывают ситуации что одно или несколько рабочих мест удалено от общей совокупности приборов, в этом случае передача данных может быть реализована посредством Flash-карты, с последующим переносом полученных данных в централизованную базу данных. В зависимости от условий производства и используемого оборудования, так же как и при компактном расположении средств контроля,

локальная сеть может быть реализована через радиоканал.

Подключение прибора послеоперационного контроля к корпоративной сети производственного участка зачастую реализуется по каналу связи «Ethernet», что обеспечивает передачу данных на скорости до 100 Мбит/с. В этом случае каждому прибору присваивается уникальный IP-адрес (или реже сетевое имя прибора, что характерно для небольших производств, когда число приборов невелико) в сетевом окружении. Благодаря этому появляется возможность оперативно проанализировать «течение» технологического процесса на конкретном рабочем месте, тем самым выявив «узкие» места и своевременно ввести корректирующие мероприятия.

При таком подходе появилась возможность отслеживать медленноменяющиеся во времени тенденции благодаря проведению глубокой статистической обработки с использованием дисперсионного, регрессионного анализа. Дальнейшее развитие средств послеоперационного контроля выполнялось, в основном за счёт совершенствования компьютерных технологий и развития используемого программного обеспечения. Это позволило непосредственно на рабочем месте оператора станка выполнять простейшую статистическую обработку проведённых замеров. При этом структура системы контроля совершенствуется за счёт увеличения количества используемых обратных связей, как это представлено на рис. 2.

Как показывает практика для эффективной реализации преимуществ статистического анализа необходимо минимизировать дополнительные трудозатраты со стороны обслуживающего персонала – оператора станка, контролёра или наладчика. Традиционное ведение бумажных контрольных карт с введением проконтролированных параметров вручную с последующим проведением простейших вычислений продемонстрировала свою нежизнеспособность. В этой связи только автоматизация самого процесса сбора и построения контрольных карт может дать положительный эффект. Всё это в совокупности позволило предоставлять всем заинтересованным участникам технологического процесса объективную информацию о качестве выпускаемой продукции на основе которой можно выработать координирующие действия, улучшающие и стабилизирующие весь процесс.

Вместе с тем средства активного контроля также совершенствовались, но независимо от послеоперационного контроля, за счёт совершенствования программного обеспечения, режимов обработки, за счёт установки дополнительных датчиков. Но при этом связь между средствами активного и послеоперационного контроля осуществлялась только через оператора станка. От оперативности введения корректировок (подналадки) которого в программу обработки во многом зависело качество получаемых деталей на станке. В этом заключён ос-

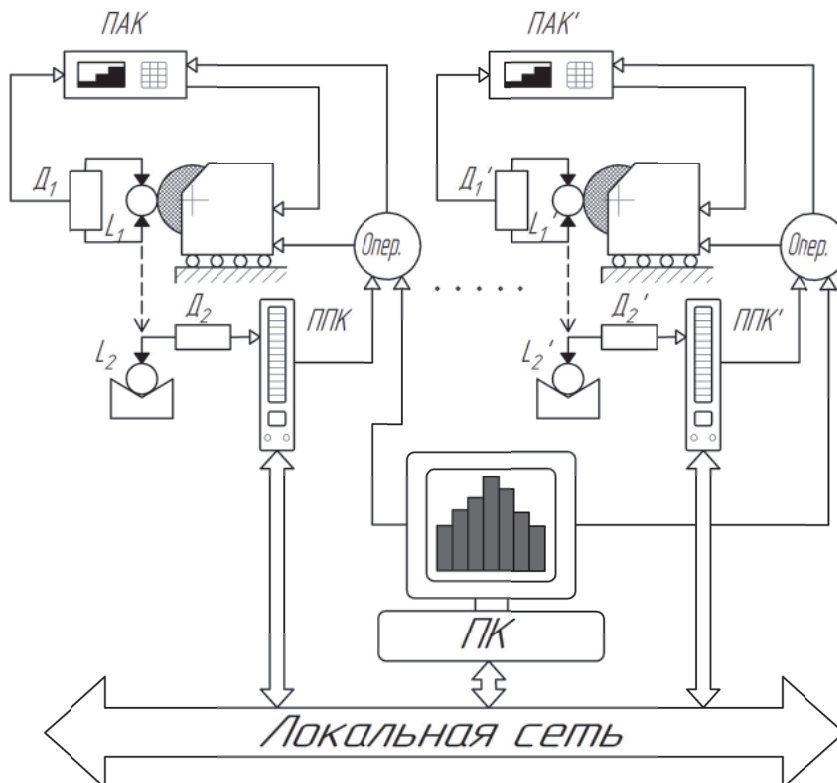


Рис. 2. Структурная схема системы активного контроля со статистической обработкой результатов контроля

новной недостаток подобной структуры средств контроля. Несмотря на положительный эффект от внедрения статистической обработки информации на этапе послеоперационного контроля, в рассмотрение поступает не весь объём информации, а только его часть, т.е. определённая выборка деталей. Поэтому от периодичности взятия выборок и их объёма во многом зависит эффективность вводимых корректировок. Причём частота взятия выборок должна быть тщательно регламентирована. С одной стороны для лучшего отслеживания состояния технологического процесса периодичность взятия выборок должна быть как можно чаще, с другой стороны сильно возрастает трудоёмкость процедуры контроля и время на её выполнение, особенно при контроле деталей сложной конфигурации.

Решение проблемы запаздывания информации, имеющей место при подобной организации, может быть достигнуто путём совершенствования средств активного и послеоперационного контроля на основе двухконтурной системы активного контроля. Основным достоинством данной структуры является отслеживание состояния технологического процесса непосредственно в темпе технологического процесса системой активного контроля. Современный уровень развития компьютерной техники позволяет формировать ПАК на базе промышленного компьютера, а благодаря развитому программному обеспечению появляется возможность получать информацию по каждой обработанной детали. Поскольку сбор информации о параметрах и условиях обработки детали, а также всей сопутствующей информации выполняется в цикле обработки детали, отсутствует потеря времени на контроль, причём сама процедура автоматизирована и не требует дополнительных действий со стороны оператора станка. При подобной организации отсутствует

запаздывание информации от своевременно необнаруженной причины, дестабилизирующей технологический процесс, поскольку учитывается динамический размер каждой обработанной детали, на основе которого и осуществляется управление циклом обработки. В результате можно сформировать карту динамических размеров деталей, что позволяет отображать информацию по всей совокупности деталей. В этом случае момент возникновения «особой» причины изменчивости, выводящий технологический процесс их стабильного состояния будет выявлен своевременно, тем самым предотвращён выпуск бракованной продукции. Всё это выполняется в ПАК, который образует первый или основной контур системы. ППК в этом случае образует второй или дополнительный контур системы. Структурная схема подобной организации активного контроля в этом случае представлена на рис. 3.

Дополнительный контур при этом используется для предоставления объективной информации о качестве обработанной детали, поскольку размер обработанной детали, получаемый в основном контуре по ряду причин (динамические измерения, наличие СОЖ в зоне контроля, колебания температуры, задержка отвода шлифовального круга и т.п.) имеет определённую погрешность. В результате размер детали в основном контуре требует определённой корректировки. Для этого полученные во втором контуре объективные данные используются для уточнения корректирующих коэффициентов основного контура. При этом корректировка с использованием дополнительного контура может осуществляться через более длительные временные интервалы, чем при традиционном подходе, особенно при стабильном технологическом процессе, что позволяет снизить трудоёмкость контроля со стороны обслуживающего

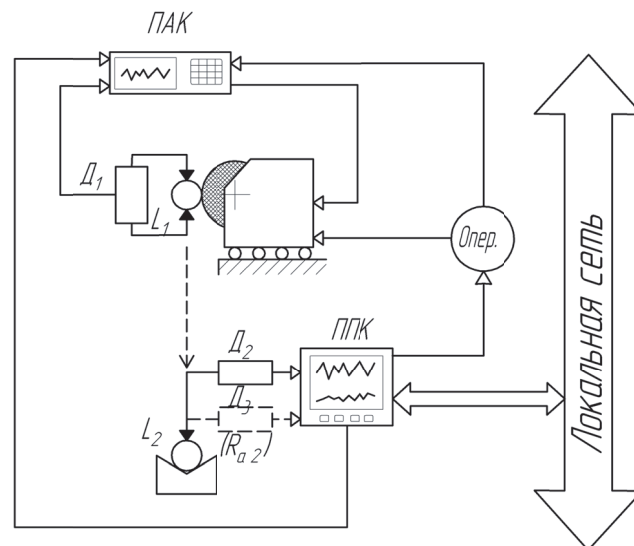


Рис. 3. Структурная схема двухконтурной системы активного контроля со статистической обработкой информации

персонала. С целью повышения достоверности результатов о контролируемом размере в основном контуре системы активного контроля целесообразно использование статистической обработки получаемых данных.

Таким образом, определение конечной скорости съёма припуска V_{MK} в момент окончания обработки и отвода шлифовального круга от детали в темпе технологического процесса позволит оперативно отслеживать текущую ситуацию и вводить корректирующие мероприятия. Полученные результаты при этом лучше визуализировать, например, с помощью контрольных карт средних и размахов, гистограмм распределения.

В результате статистические характеристики в принятых обозначениях в основном контуре системы активного контроля будут иметь вид:

среднее значение погрешности размера:

$$\Delta\bar{L} = C_1 \Delta\bar{V}_{MK} = \frac{C_1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{MKi} - V_{MK\text{НОМ}}) = C_1 (\bar{V}_{MK} - V_{MK\text{НОМ}}); \quad (1)$$

размах значений погрешности размера:

$$R_{\Delta L} = \Delta L_{\max} - \Delta L_{\min} = C_2 (V_{MK\max} - V_{MK\min}), \quad (2)$$

где n – количество деталей в выборке.

Непрерывное отслеживание показателей качества обрабатываемых деталей предотвращает не только запаздывание, но и потерю информации об изменении состояния технологического процесса во времени. Данное обстоятельство даёт возможность распознать ранние признаки появления особой причины изменчивости до момента появления бракованной продукции.

Дополнительный контур системы в этом случае используется для периодической идентификации коэффициентов C_1 и C_2 в используемой в основном контуре системы:

$$C_1 = \frac{\Delta\bar{L}_2}{\Delta\bar{V}_{MK}}; \quad (3)$$

$$C_2 = \frac{R_{\Delta L}}{V_{MK\max} - V_{MK\min}}, \quad (4)$$

где $\Delta\bar{L}_2$ – погрешность размера, полученная в дополнительном контуре.

На этом принципе строится двухконтурная система активного контроля, включающая в себя ПАК в качестве основного контура и ППК как дополнительный контур.

На рис. 4 проиллюстрирована реализация алгоритма контроля, реализуемого на основе раннего обнаружения момента разладки оборудования:

- точечная диаграмма величины отклонения размера от номинального значения, рассчитываемого на основе значений конечной скорости съёма припуска в момент окончания обработки косвенным путём в темпе технологического процесса в основном контуре системы активного контроля (рис. 4, а);

- контрольная карта средних и размахов ($\bar{X} - R$ карта), полученная путём статистической обработки точечной диаграммы по малым выборкам, формируется в основном контуре системы активного контроля (рис. 4, б);

- $\bar{X} - R$ карта для объективной оценки погрешности размеров, формируемая в статических условиях с использованием дополнительного контура (рис. 4, в).

Момент обнаружения «особой» причины обозначен на диаграмме линией $I-I$. Изначально, когда технологический процесс находится в устойчивом состоянии и отсутствует влияние преобладающего возмущающего фактора, либо оно незначительно, в этом случае значение конечной скорости съёма припуска можно считать оптимальным в рамках определённого диапазона. Динамическая точечная диаграмма (кривая 1) отображает величину погрешности размера для каждой обработанной детали. При этом в основном контуре системы также выполняется традиционная статистическая обработка методом малых выборок (в данном случае по 3 детали в выборке) через определённый интервал времени, в результате формируется динамическая $\bar{X} - R$ карта (кривые 2 и 3).

При этом моменты взятия выборок во втором контуре системы, для формирования статической $\bar{X} - R$ карты (кривые 4 и 5) выполняются реже, чем в основном контуре и определяются причинами долговременного характера. Как только обнаруживается действие возмущающего фактора, в данном случае это выражается приближением к границе статистического регулирования UCL на динамических диаграммах, как точечной (кривая 1), так и на картах средних и размахов (кривые 2 и 3). Начиная с этого момента, выполняется тщательный послеоперационный контроль в дополнительном контуре, на основе чего подтверждается наличие влияющего на технологический процесс возмущающего фактора, либо необходимость коррекции используемого алгоритма для раннего обнаружения причины изменчивости в основном контуре системы.

Тщательный послеоперационный контроль необходим в связи с тем, что отклонение размера, не сразу реагирует на действие возмущающего фактора [15, 17].

Подобным образом может осуществляться оценка качества микрогеометрии поверхности – шероховатости на основе определения конечной скорости съёма припуска в момент окончания обработки. Наиболее распространён качественный метод оценки шероховатости, например, сличение с образцом визуально или путём осязания. Реже, для особо ответственных деталей, применяются профилометры или про-

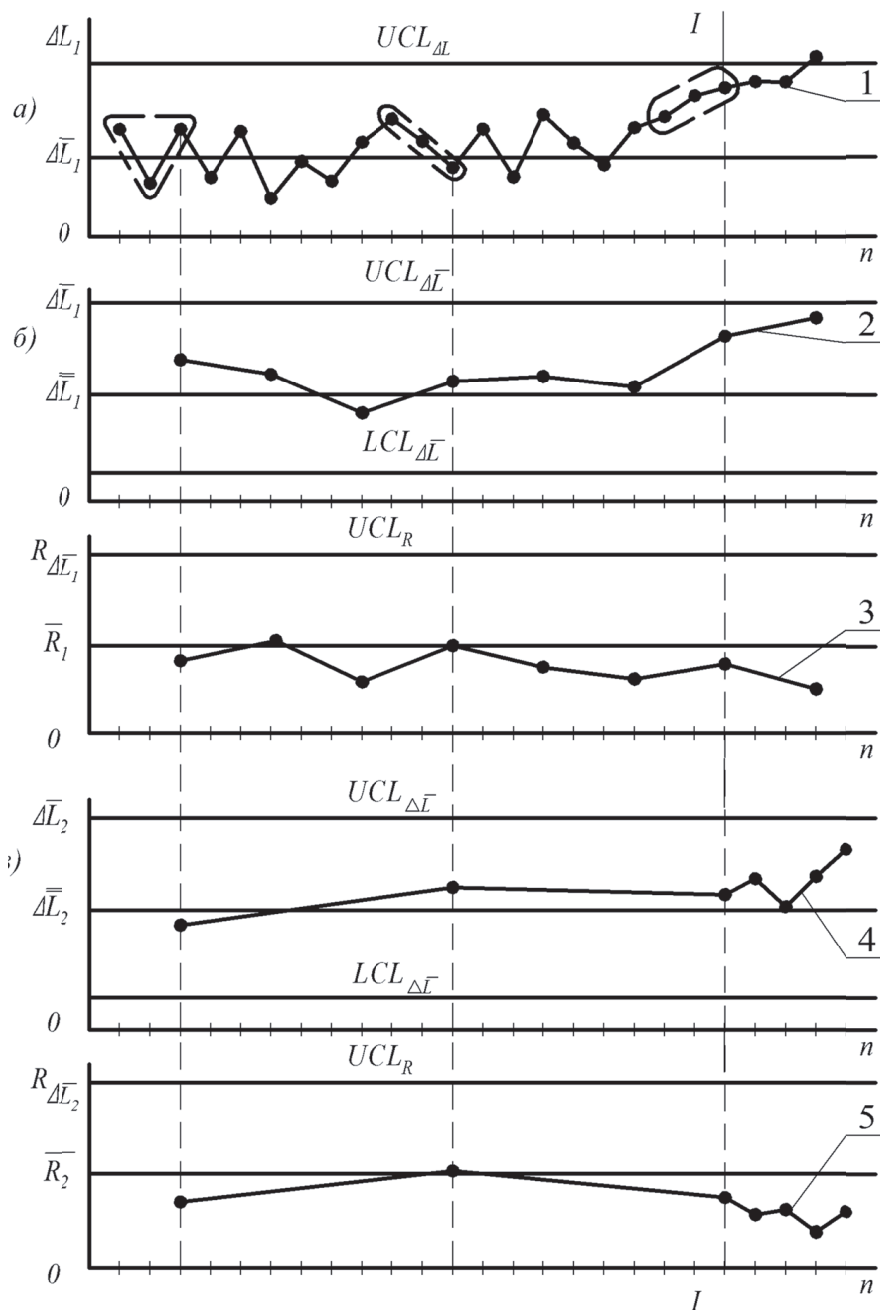


Рис. 4. Реализация алгоритма двухконтурной системы на основе раннего обнаружения «особой» причины изменчивости

филографы, поскольку они требуют аккуратного обращения для получения объективных результатов контроля и определённых профессиональных навыков.

Подобная структура двухконтурной системы активного контроля является универсальной и обладает рядом достоинств по отношению к традиционным средствам и в зависимости от задач конкретного производства способна реализовывать:

- программные, адаптивные или оптимальные алгоритмы управления;
- статистическое регулирование на основе контрольных карт средних и размахов, либо посредством динамической карты контроля.

В большинстве случаев на производстве чаще применяются программные средства активного контроля с ППК. Среди основных преимуществ выделяются простота эксплуатации и настройки при возможности обеспечивать приемлемые показатели качества обработки для условий массового машиностроения при допуске отклонения от номинального значения не более 20 мкм. В случаях с более жёсткими полями допусков в диапазоне от 5 до 10 мкм требуемых показателей можно достичь с использованием адаптивных (подстраивающихся или самонастраивающихся) средств контроля, которые способны компенсировать преобладающие по влиянию на технологический процесс возмущающие факторы.

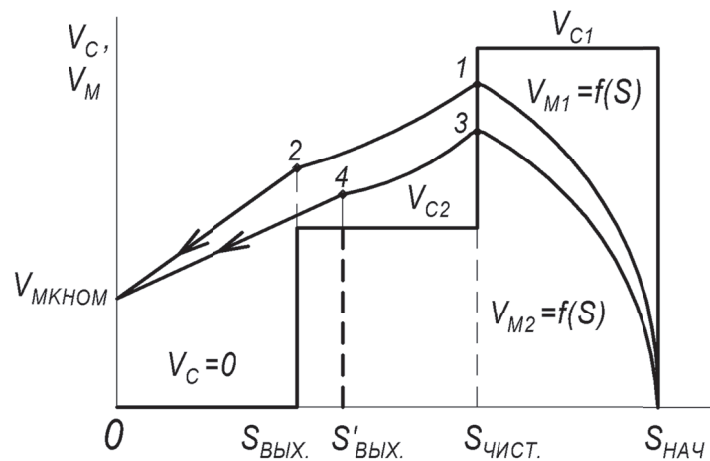


Рис. 5. Трёхинтервальный цикл обработки, реализуемый с использованием адаптивных средств контроля

Вариант реализации подобного алгоритма представлен на рис. 5. При стабильном состоянии технологического процесса, когда действие возмущающих факторов отсутствует или скомпенсировано, обработка детали осуществляется по следующей траектории:

$$S_{нач} \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow V_{МКНОМ}, \quad (5)$$

где $S_{нач}$ – величина начального припуска обрабатываемой детали; $V_{МКНОМ}$ – значение конечной скорости снятия припуска, при котором достигается номинальное значение размера обработанной детали.

При этом $S_{чист}$ и $S_{вых}$ значения величины припуска обрабатываемой детали при которых происходит переключение скорости подачи с черновой на чистовую и с чистовой на выхаживание соответственно в условиях стабильного состояния технологического процесса обработки. При обнаружении ПАК наличия возмущающего фактора, дестабилизирующего технологический процесс, автоматически выполняется переход на новую траекторию обработки:

$$S_{нач} \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow V_{МКНОМ}. \quad (6)$$

Для реализации траектории обработки по выражению (6) выполняется сдвиг момента срабатывания команды при переходе с чистовой обработки на выхаживание при новом значении припуска $S'_{вых}$. Итогом обработки по новой траектории является достижение номинального размера детали.

Таким образом, несмотря на ужесточение полей допусков на определённые геометрические параметры изготавливаемых деталей, раннее обнаружение причин разладки и попытка компенсации максимального числа возмущающих факторов проблемой остаётся невозможность получения деталей строго одного размера. В этой связи вводится сортировка проконтролированных деталей на классы точности, а в последующем выполняется селективная сборка. Стоит отметить, что для многих деталей ши-

рина класса достигает всего нескольких микрометров. В связи с тем, что зачастую участки механической обработки деталей и последующей их сборки часто разнесены друг относительно друга, изготовленные и проконтролированные детали необходимо маркировать. Маркировка помимо непосредственной задачи – передать значение проконтролированного параметра для конкретной детали на участок сборки для получения максимально возможного качества собранного узла позволяет вести учёт каждой изготовленной детали и отслеживать качество изготовления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Годлевский В.Е.* Статистические методы анализа качества. Самара: НВФ «Сенсоры. Модули. Системы», 1998. 103 с.
2. *Решетов А.Г., Заятров А.В., Конаш А.Б., Шелемтьев В.Д., Новиков С.Д.* Управление качеством продукции на операциях финишного шлифования. URL: <http://ascontrol-tlt.ru/stati> (дата обращения: 15.09.2018).
3. *Решетов А.Г., Шанин А.А., Ежелев А.В., Конаш А.Б., Заятров А.В.* Способ управления рабочим циклом поперечной подачи при шлифовании: патент на изобретение РФ №2490111; опубл. 20.08.2013.; бюл. №30.
4. *Заятров А.В.* Повышение качества продукции машиностроения за счёт двухконтурных систем активного контроля и статистического регулирования // *Современные наукоемкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров: Сборник статей междунар. науч.-практ. конф. (18-22 сентября 2014 г., г. Казань, Россия).* Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. С. 149-152.
5. *Заятров А.В.* Организация статистического контроля и регулирования качества продукции на основе двухконтурных систем активного контроля

- / Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке // Сборник материалов III Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием (22-23 апреля 2015 г., г. Ижевск, Россия). Ижевск: ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, ИННОВА, 2015. С. 169-173.
6. *Заятров А.В., Козловский В.Н.* Комплексная оценка качества и надёжности электрооборудования транспортных средств. Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2014. 176 с.
 7. *Заятров А.В., Козловский В.Н.* Анализ и оценка взаимосвязей между традиционными показателями надёжности и показателями используемыми ведущими производителями легковых автомобилей // *Электроника и электрооборудование транспорта*. 2012. № 1. С. 41-43.
 8. *Решетов А.Г.* Автоматизация шлифования и размерного контроля деталей. СПб.: Политехника, 2003. 193 с.
 9. *Панюков Д.И., Козловский В.Н.* Фундаментальные основы FMEA для автомобилестроения. Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2014. 150 с.
 10. *Гречников Ф.В., Яковичин А.С., Захаров О.В.* Минимизация объема измерений плоских поверхностей деталей при сборке // *Сборка в машиностроении, приборостроении*. 2018. № 2. С. 56-58.
 11. *Гречников Ф.В., Яковичин А.С., Захаров О.В.* Минимизация объема измерений при контроле цилиндрических поверхностей на основе статистического моделирования // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение*. 2017. Т. 19. № 4. С. 101-110.
 1. *Godlevskiy V.E.* Statisticheskie metody analiza kachestva [Statistical methods of quality analysis]. Samara: NVF «Sensory. Moduli. Sistemy», 1998. 103 P. (In Russ.)
 2. *Reshetov A.G., Zayatrov A.V., Konash A.B., Shelemetev V.D., Novikov S.D.* Upravlenie kachestvom produktsii na operatsiyakh finishnogo shlifovaniya [Product quality control in finishing grinding operations]. URL: <http://ascontrol-tlt.ru/stati> (accessed 15.09.2018). (In Russ.)
 3. *Reshetov A.G., Shanin A.A., Ezhelev A.V., Konash A.B., Zayatrov A.V.* Sposob upravleniya rabochim tsiklom poperechnoy podachi pri shlifovanii [The method of controlling the working cycle of the cross feed during grinding]. Patent RF, no. 2490111, 2013. (Publ. 20.08.2013, bull. no. 30) (In Russ.)
 4. *Zayatrov A.V.* Povyshenie kachestva produktsii mashinostroeniya za schet dvukhkonturnykh sistem aktivnogo kontrolya i statisticheskogo regulirovaniya [Improving the quality of engineering products through dual-circuit systems of active control and statistical regulation] // *Sovremennye naukoemkie tekhnologii priority razvitiya i podgotovka kadrov: Sbornik statey mezhdunar nauch.-prakt. konf.* (18-22 September 2014, Kazan, Russia). Kazan: Kazan. gos. tekhn. un-ta Publ., 2014. P. 149-152. (In Russ.)
 5. *Zayatrov A.V.* Organizatsiya statisticheskogo kontrolya i regulirovaniya kachestva produktsii na osnove dvukhkonturnykh sistem aktivnogo kontrolya [Organization of statistical control and regulation of product quality based on dual-circuit active control systems] // *Molodye uchenye uskoreniyu nauchno-tekhnicheskogo progressa v XXI veke: Sbornik materialov III Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii aspirantov magistrantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem* (22-23 April 2015, Izhevsk, Russia). Izhevsk: IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova, INNOVA Publ., 2015. P. 169-173. (In Russ.)
 6. *Zayatrov A.V., Kozlovskiy V.N.* Kompleksnaya otsenka kachestva i nadezhnosti elektrooborudovaniya transportnykh sredstv [Comprehensive assessment of the quality and reliability of vehicle electrical equipment]. Samara: SamNTS RAN Publ., 2014. 176 P. (In Russ.)
 7. *Zayatrov A.V., Kozlovskiy V.N.* Analiz i otsenka vzaimosvyazey mezhdu traditsionnymi pokazatelyami nadezhnosti i pokazatelyami ispolzuemymi vedushchimi proizvoditelyami legkovykh avtomobiley [Analysis and evaluation of the relationship between traditional indicators of reliability and indicators used by leading manufacturers of passenger cars] // *Elektronika i elektrooborudovanie transporta*. 2012. No. 1. P. 41-43 (In Russ.)
 8. *Reshetov A.G.* Avtomatizatsiya shlifovaniya i razmernogo kontrolya detaley [Automation of grinding and dimensional inspection of parts]. SPb: Politehnika Publ., 2003. 193 P. (In Russ.)
 9. *Panyukov D.I., Kozlovskiy V.N.* Fundamentalnye osnovy FMEA dlya avtomobilestroeniya [FMEA Fundamentals for the Automotive Industry]. Samara: SamNTS RAN Publ., 2014. 150 P. (In Russ.)
 10. *Grechnikov F.V., Yakovishin A.S., Zakharov O.V.* Minimizatsiya obema izmereniy ploskikh poverkhnostey detaley pri sborkе [Minimizing the measurement of flat surfaces of parts during assembly] // *Sborка v mashinostroenii priborostroenii*. 2018. No. 2. P. 56-58 (In Russ.)
 11. *Grechnikov F.V., Yakovishin A.S., Zakharov O.V.* Minimizatsiya obema izmereniy pri kontrole tsilindricheskikh poverkhnostey na osnove statisticheskogo modelirovaniya [Minimization of measurement volume when monitoring cylindrical surfaces based on statistical modeling] // *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mashinostroenie materialovedenie*. 2017. Vol. 19, No. 4. P. 101-110 (In Russ.)

REFERENCES

**DEVELOPMENT OF MEANS OF ACTIVE CONTROL TO IMPROVE EFFICIENCY
OF SOLVING PROBLEMS OF PRODUCT QUALITY MECHANICAL PROCESSING**

S.I. Kleymenov¹, A.V. Zayatrov², V.N. Kozlovskiy¹, V.I. Sanchugov³

¹Samara State Technical University

²Togliatti State University

³Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

The paper presents the results of the development and implementation of a promising system of active quality control of products for machining operations in the context of mass production of automotive vehicles.

Keywords: active control device, postoperative control device, round grinding, statistical characteristics, adaptive controls, quality, automotive.

Sergey Kleimenov, Applicant for a Scientific Degree of Candidate of Technical Sciences.

Alexey Zayatrov, Candidate of Technical Sciences, Researcher at the Department of Scientific Research, Department-14 «Electronic Control Means».

Vladimir Kozlovsky, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department «Theoretical and General Electrical Engineering». E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

Valery Sanchugov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department «Automatic Systems of Power Plants».