

М407/44

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования СССР
Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена
Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи
УДК 621:65.011.56

ШЛИКОВ Сергей Ефимович

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ТРЕБУЕМОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО
ДОЛГОСРОЧНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Специальность 05.02.07 - Автоматизация в машиностроении

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1983

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор ВОЛЧКОВИЧ Л.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
ЧЕРПАКОВ Б.И.

кандидат технических наук
ИВАНОВ В.И.

Ведущее предприятие - Государственный подшивниковый завод (ГПЗ-20)

Защита состоит
заседании спе
ции в машино
107005, Москва

ров на
атиза-

Отзыв на авто
печатью учреж
107005, г.Мос
секретаря спе

ной
тому

Автореферат р

Ученый с
специализиров
К.Т.Н.

M 407147

Подп. к печ. 12.04.85 Заказ № 573 Объем I п.л. Тираж 100 экз.

Типография МВТУ Л-99461 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5

Актуальность работы. Одной из важнейших задач, поставленных решениями XXVI съезда КПСС, является перевод экономики на интенсивный путь развития, в том числе путем комплексной механизации и автоматизации производства, создания автоматических систем машин и приборов, выпускающих конечную продукцию. Наиболее успешно решаются эти задачи в отраслях с массовым характером производства (автомобильной, тракторной, электротехнической, подшипниковой), где обработка изделий базируется на автоматических линиях или автоматизированных поточных линиях из машин-автоматов и полуавтоматов, реализующих сложные многооперационные технологические процессы.

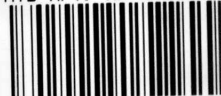
Чем сложнее и дороже автоматизированное оборудование, тем важнее задачи высокоэффективного его использования – обеспечения выпуска качественной продукции, полного использования потенциала действующего оборудования с наименьшими затратами. В условиях действующего производства поставленные задачи решаются исходя из конкретного состояния оборудования, квалификации работающих, уровня развития отдельных служб, экономических возможностей предприятия.

Разработанные к настоящему времени методы расчета и проектирования автоматизированных техпроцессов и оборудования позволяют обеспечить заданные показатели работоспособности – показатели качества и производительности – в начальный период работы. Однако в процессе длительной эксплуатации происходит изнашивание деталей и сопряжений, старение конструкционных материалов, коррозия, ржавление и т.д., что приводит к снижению жесткости узлов, точности позиционирования, виброустойчивости. В результате происходит монотонное ухудшение качества изделий, что лишь в известной степени локализуется системой ПНР. Если показатели качества выпускаемой продукции в процессе длительной эксплуатации оборудования перестают удовлетворять требованиям, в производственных условиях прибегают к занижению режимов, мелкому ремонту, подналадке механизмов и т.д. Однако это делается на основе только опыта и интуиции без каких-либо количественных расчетов и обоснований, без научных обобщений.

Такое положение обуславливает актуальность целенаправленного выбора наиболее эффективного варианта использования автоматизированного оборудования в течение периода его длительной эксплуатации.



НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1407147

Шликов С.Е. Научные основы

Работа выполнена на примере эксплуатации автоматизированного оборудования по производству наружных колец шарикоподшипников.

Цель работы. Разработка научно-обоснованных методов поддержания работоспособности автоматизированного оборудования в процессе его длительной эксплуатации путем целенаправленного воздействия на определяющие факторы.

В соответствии с этим в диссертации были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) оценка влияния качества выполнения начальных операций техпроцесса на качество изделий на завершающей операции (на примере желобошлифовальной операции);
- 2) анализ и количественная оценка взаимосвязи между показателями качества изделий и определяющими факторами – жесткостью системы СПИД, точностью позиционирования шпинделя изделия автомата, способами наладки, технологическими режимами – чистовой подачей, временем выхаживания и элементами наладочного пути;
- 3) анализ и количественная оценка зависимости производительности от определяющих факторов-параметров качества заготовок, техпроцесса и оборудования;
- 4) разработка научно-инженерной методики расчета необходимого изменения определяющих факторов (прежде всего технологических режимов), исходя из заданных показателей качества изделий на желобошлифовальной операции и производительности, с целью поддержания работоспособности оборудования.

Методы исследования. Применялся метод физического моделирования с использованием искусственных рандомизированных выборок с целью выявления факторов, определяющих параметры качества и производительности на завершающей операции техпроцесса изготовления кольца 209.01. Использованы основные положения теории производительности машин и труда. В разработке математических моделей использованы положения теории планируемого эксперимента, корреляционного и дисперсионного анализов. Экспериментальные исследования выполнены в производственных условиях ИПЗ-20.

Научная новизна. Разработаны математические модели взаимосвязи параметров работоспособности – производительности и качества обработки с определяющими факторами, позволившие в процессе эксплуатации оборудования определять какие параметры техпроцесса, машин и обрабатываемых материалов и на какую величину следу-

ет изменить для того, чтобы показатели качества изделий не выходили за допустимые пределы, т.е. работоспособность сохранялась.

Разработан алгоритм расчета оптимальных параметров наладки шлифовальных автоматов. Предложен и применен метод искусственных ранжированных выборок.

Практическая ценность. На основе разработанных математических моделей создана научно-производственная методика, позволяющая выявлять потенциал автоматизированного оборудования при гарантированном качестве обработки с учетом его конкретного состояния и производственных возможностей. Методика универсальна для различных по характеру производств. Разработанный алгоритм расчета параметров наладки шлифовальных автоматов обеспечивает максимальную эффективность использования автоматизированного оборудования по производительности в процессе его износа, а также сокращает время на разработку коррективов технологического процесса.

Метод искусственных ранжированных партий позволяет оценить мероприятия по изменению точности на начальных операциях конкурентно с изменениями параметров работоспособности на завершающей операции непосредственно в условиях текущего технологического процесса.

Реализация результатов. Созданная методика поддержания требуемых параметров работоспособности автоматизированного оборудования внедрена на заводе ПЗ-20 (г.Курск) с экономическим эффектом 73 тыс.рублей в год по наружным типам колец шарикоподшипников.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались:

1) На Курской областной научно-практической конференции "Прогрессивная технология - основа обеспечения высокого качества продукции". - г.Курск, 1979 г.

2) На Курской областной научно-технической конференции "Научно-техническая подготовка производства - основа обеспечения высокого качества продукции". - г.Курск, 1981 г.

3) На Всесоюзном научно-техническом семинаре "Комплексная механизация и автоматизация основного и вспомогательного производства". - г.Москва, 1981 г.

4) На научно-техническом семинаре (январь 1981 г., январь 1982 г.) и заседании кафедр "Металлорежущие станки и автоматы

механосборочного производства" и "Полупроводниковое и электровакуумное машиностроение" МВТУ им.Баумана (19.11.62).

Публикации. Основные материалы диссертации опубликованы в шести печатных работах.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и приложений. Содержит III страниц машинописного текста, 49 рисунков, 16 таблиц и список литературы из 120 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, дана общая характеристика работы.

В первой главе проведен анализ задач эксплуатации многооперационных автоматизированных систем (автоматических линий, автоматизированных поточных линий) и методов расчета точности технологических процессов.

В течении всего периода эксплуатации автоматизированного оборудования перед производством стоит важная задача – поддерживать необходимый уровень параметров качества обрабатываемых изделий при обеспечении заданной программы выпуска. Необходимость в указанном процессе обусловлена естественным и закономерным процессом ухудшения начальных характеристик точности используемых автоматов, что вызвано износом отдельных узлов оборудования, процессами коробления, старением конструкционных материалов и т.п. Процесс целенаправленного воздействия на определенные параметры автоматизированного оборудования наглядно иллюстрирован на рис.1. При неудовлетворительном качестве обработки необходимы коррективы определенных параметров (прежде всего технологических режимов), причем таким образом, чтобы потери в производительности были минимальны. Очевидно, что задача поддержания требуемых параметров работоспособности многовариантна. Каждый из вариантов характеризуется определенными технико-экономическими показателями.

В настоящей работе разработана методика рациональной наладки оборудования при полном использовании его потенциальных возможностей по производительности с учетом обеспечения требуемого качества обработки.

В качестве критерия рациональной эксплуатации автоматизированного оборудования принята максимальная производительность на выходе системы. Как правило, при фиксированной стоимости обо-
ру-

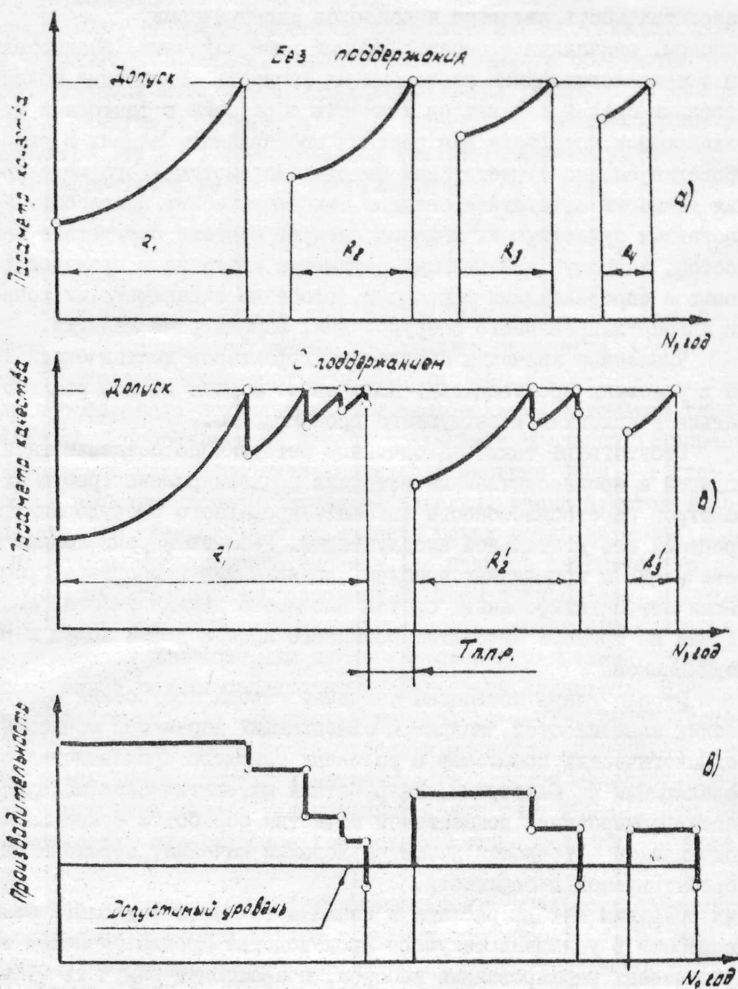


Рис. I. Схема поддержания требуемой работоспособности автоматизированного оборудования

дования технологические режимы, обеспечивающие максимальную производительность, являются и наиболее экономичными.

Вопросы, связанные с перечисленными выше задачами, взаимосвязаны с технологическими расчетами на точность. Выявление количественных связей параметров точности обработки с факторами их определяющими есть база для решения поставленных задач. В главе проведен анализ существующих методов математического моделирования точности автоматизированных технологических процессов. К недостаткам существующих методов следует отнести отсутствие зависимостей, напрямую связывающих параметры качества и производительность с определяющими факторами, особенно с параметрами точности автоматизированного оборудования, параметрами наладки.

Численные значения определяющих факторов должны определяться в условиях производства. Полученные модели должны реализовываться в условиях действующего производства.

Отсутствуют также законченные методики по созданию таких моделей и производственные методики по поддержанию требуемых параметров работоспособности автоматизированного оборудования в процессе его длительной эксплуатации. Решению перечисленных теоретических и прикладных проблем, возникающих в процессе эксплуатации автоматизированных систем посвящена данная работа, выполненная на примере автоматизированного производства колец шарикоподшипников.

Вторая глава посвящена созданию метода построения математических зависимостей, напрямую связывающих параметры точности технологических процессов в условиях текущего производства с определяющими их факторами. Разработана математическая модель процесса формирования показателей качества обработки колец шарикоподшипников — точности диаметра дорожки качения, шероховатости обрабатываемой поверхности.

Для создания метода расчета и анализа точности технологических процессов в условиях текущего производства предложен метод искусственных ранжированных выборок, позволяющий получать уравнения связи между погрешностью рассматриваемого параметра на входе и выходе технологической системы типа

$$\omega_{zji} = \omega_{0ji} + \alpha_{ji} \omega_{zji-1/i}, \quad (1)$$

где ω_{zji} — поле рассеяния контролируемого параметра детали на выходе системы; ω_{0ji} — постоянная составляющая для заданных условий обработки и конкретного состояния оборудования; $\omega_{zji-1/i}$ —

поле рассеяния контролируемого параметра на входе системы;

α_{ji} — коэффициент передачи исходной погрешности.

Величины ω_{ji} и α_{ji} являются функциями технологических режимов, параметров наладки, характеристик точности оборудования и обрабатываемых материалов. Физический смысл указанных величин состоит в следующем. Величина ω_{ji} определяет часть погрешности параметра ω_{ji} , обусловленной технологическими режимами x_{jm} и параметрами точности оборудования c_{jn} , т.е.

$$\omega_{ji} = f(c_{j1}, c_{j2}, c_{j3}, c_{jn}; x_{j1}, x_{j2}, x_{j3}, x_{jm}) \quad (2)$$

аналогично

$$\alpha_{ji} = f(c_{j1}, c_{j2}, c_{j3}, c_{jn}; x_{j1}, x_{j2}, x_{j3}, x_{jm}) \quad (3)$$

Величина α_{ji} определяет часть погрешности параметра ω_{ji} , вносимой исходной погрешностью заготовки $\omega_{(j-1)i}$.

Модель апробирована применительно к шлифовальным автоматам типа **SIAGE-50**, работающим по методу презания, и численно учитывает его точностные характеристики: жесткость системы СПИД; стабильность позиционирования шпинделя изделия, оценкой которой является среднее квадратичное отклонение точки останова — σ_A .

На основе проведенного анализа, на примере автомата типа **SIAGE-50**, установлены основные факторы техпроцесса, оборудования и заготовок, определяющие погрешность шлифуемого диаметра колец шарикоподшипников. Для цикла шлифования с правкой круга после черновой подачи определяющими факторами являются: τ — время выхаживания; S_v — чистовая подача; f — жесткость системы СПИД; σ_A^2 — дисперсия точки фиксации шпинделя изделия. Проведенные эксперименты показали незначимость влияния исходной погрешности диаметра желоба для наружных колец типа 209.01. Погрешность полностью определяется точностными возможностями оборудования.

На рис. 2 приведены экспериментальные зависимости изменения поля рассеяния диаметра желоба в партии объемом $N = 100$ шт. по каждому из этапов цикла. Как видно из рисунка, были обработаны четыре скомплектованные ранжированные выборки заготовок с рассеянием $\omega = 270, 180, 90, 0$ мкм. В конце цикла для партий с $\omega = 270, 180, 90$ мкм хорошо видно исправление исходной погрешности. В партии с полем рассеяния $\omega = 0$ произошло обратное изменение, что объясняется погрешностью работы самого оборудования.

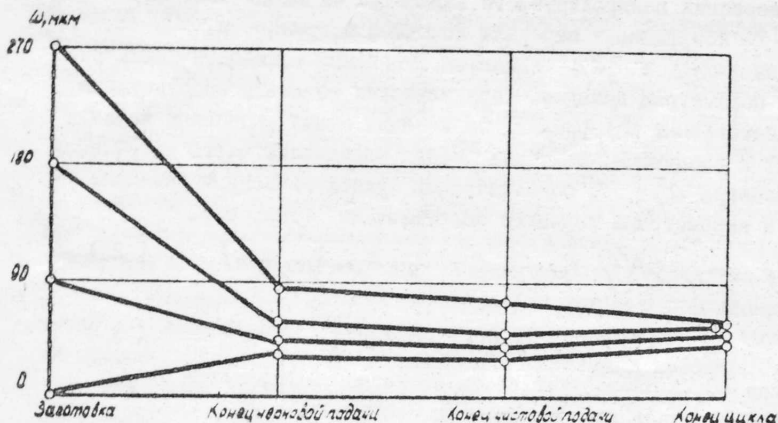


Рис.2. Изменение поля рассеяния диаметра желоба кольца 208.01 по этапам цикла шлифования

Для определения зависимости (2) был проведен планируемый эксперимент (реализована полуреплика типа 2^{4-1}) при генерирующем соотношении

$$X_4 = X_1 X_2 X_3$$

где X_4 - жесткость системы СПИД - $\ddot{f}$; X_1 - время выхаживания - ζ ; X_2 - чистовая подача - S_4 ; X_3 - среднеквадратическое отклонение позиционирования шпинделя изделия - σ_{Δ} . Так как особенность эксперимента заключалась в том, что целевой функцией является характеристика рассеяния размера в партии деталей - среднее квадратическое отклонение S_p ($\omega = 6\sigma$ для нормального закона), для получения результата по каждой строке матрицы обрабатывалась партия деталей объемом $n = 50$ шт. Интервалы варьирования факторов приведены в таблице I.

Таблица I

Интервалы варьирования факторов

Контролируемые факторы	Уровни			Интервал варьирования
	верхний	нижний	основной	
$\ddot{f}$, Н/мм	19600	4900	12250	14700
S_4 , мм/мин	1,1	0,2	0,65	0,9
σ_{Δ} , мкм	4,56	0,83	2,445	4,23
ζ , °	7,0	1,0	4,0	60

В результате обработки полученных результатов получена зависимость погрешности диаметра желоба от определяющих факторов:

$$\omega = 417,5 \tau^{0,027} S_v^{0,172} G_1^{0,223} j^{-0,225} \quad (4)$$

Аналогично получена зависимость шероховатости обрабатываемой поверхности от жесткости системы СТПУ, времени выхаживания и чистой подачи:

$$R_a = 1,02 S_v^{0,069} j^{-0,028} \tau^{-0,139} \quad (5)$$

Зависимость определена при реализации планируемого эксперимента - 2³ для следующих условий обработки: СОЖ-ИПМ-205; марка круга - 25АСМ26К5, подача алмаза при правке круга - $S_{\text{пр}} = 0,03$ мм/об; твердость обрабатываемых колец - 48С 61-65.

Установлено, что влияние исходных отклонений от круглости на отклонения от круглости шлифованного желоба практически отсутствует (коэффициент корреляции $r = 0,048$).

Полученные зависимости использованы при разработке методики поддержания требуемой работоспособности автоматизированного оборудования.

Третья глава посвящена анализу рабочего цикла шлифования и разработке математической модели производительности автоматизированного оборудования на завершающих операциях обработки. На основании теоретических и экспериментальных исследований установлено, что при определении режимов шлифования и параметров наладки автоматов важнейшим ограничением является эффективная мощность шлифования, обеспечивающая беспрерывное шлифование. Отсутствие прижогов является наиболее важным требованием к качеству обработанных колец, определяющим долговечность работы шарикоподшипника.

На основе анализа литературных данных и экспериментальных исследований для конкретных условий производства определена зависимость глубины дефектного олоя при шлифовании торсионных поверхностей:

$$\tau = 0,1392 d^{0,038} \Pi^{0,72} V^{0,5} S^{-0,7} \prod K_{K_i} - 13,7 \quad (6)$$

где d - диаметр обрабатываемой поверхности; Π - величина снимаемого припуска; V - скорость резания; S - поперечная подача; K_{K_i} - коэффициенты, учитывающие условия шлифования (при вводе зависимости (6) были использованы результаты исследований

В.Д.Зьянова).

Экспериментально определены значения безразмерного коэффициента

$$\alpha = K_{\text{рек}} f$$

где $K_{\text{рек}}$ - коэффициент, характеризующий режущую способность круга; f - жесткость системы СПИД. Числовые значения коэффициента составляют:

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,0654 & \text{для } f &= 4900 \text{ Н/мм;} \\ \alpha &= 0,1691 & \text{для } f &= 19600 \text{ Н/мм.} \end{aligned}$$

Полученные значения использованы при определении припусков, снимаемых на отдельных этапах шлифовального цикла.

Основой при назначении режимов шлифования и выборе параметров наладки явилось обеспечение требования - отсутствие прижогов.

Для "жесткого" цикла шлифования (управление осуществляется от копира) определена зависимость ожидаемой производительности от параметров качества заготовки, показателей ремонтпригодности и безотказности оборудования, точности позиционирования шпинделя изделия, жесткости системы СПИД:

$$Q = \frac{S_{\text{вр}} S_{\text{чер}} S_{\text{ч}} \eta_3}{[\tilde{S}_{\text{чер}} S_{\text{ч}} (\Delta + \ell_{\text{вр}}) + S_{\text{вр}} S_{\text{ч}} (R_x^2 + \beta_r + 0,5 \omega_{\text{ж}} + 0,5 \omega_{\text{с}} + \Delta \phi_{\text{л}} - \ell_{\text{вр}} - \ell_{\text{ч}} - \ell_{\text{т}} + S_{\text{вр}} S_{\text{чер}} \ell_{\text{ч}} + S_{\text{вр}} S_{\text{чер}} S_{\text{ч}} (\tilde{t} + t_{\text{х}} + t_{\text{сч}})] (1 + \beta)} \quad (7)$$

где $S_{\text{вр}}$, $S_{\text{чер}}$, $S_{\text{ч}}$ - соответственно врезная, черновая, чистовая поперечные подачи; η_3 - коэффициент загрузки; Δ - гарантированный зазор; $\ell_{\text{вр}}$, $\ell_{\text{ч}}$ - величины пути шлифования на врезной и чистовой подачах; R_x^2 - шероховатость поверхности после термообработки; β_r - некрутость поверхности после термообработки; $\omega_{\text{ж}}$ - поле рассеяния диаметра желоба заготовок; $\omega_{\text{с}}$ - допустимое поле рассеяния диаметра желоба при шлифовании; $\Delta \phi_{\text{л}}$ - увеличение припуска за счет погрешности его формы; $\tilde{t}$ - припуск, снимаемый на выхаживании; $\tilde{t}$ - время выхаживания; $t_{\text{х}}$ - время холостых ходов автомата в цикле; $t_{\text{сч}}$ - вспомогательное время; β - внецикловые потери, приходящиеся на единицу времени бесперебойной работы.

Определение численных значений внецикловых потерь β осуществлялось на основе данных хронометража за работой оборудования. Расчет проводился методом статистического моделирования на ЭМ "Искра - 1256".

В выражении (7) оценка стабильности позиционирования -

среднее квадратическое отклонение точки фиксации δ_A и жесткость системы СПИД- j учтены косвенно, т.к. выбор режимов шлифования и параметров наладки осуществляется с учетом конкретных значений δ_A и j с целью обеспечения требуемых параметров качества обработки.

На рис.3 показано изменение максимально возможной производительности для различных величин жесткости системы СПИД при ухудшении стабильности позиционирования шпинделя изделий. Какой из кривых соответствует определенный закон изменения величины чистовой рабочей подачи S_w (рис.4). Проведенный анализ показал, что при изменении режимов шлифования необходима перестройка цикла шлифования (изменение параметров наладки - ℓ_4 , ℓ_4 , S_{4sp} , ℓ_4 и т.д.), что делается с целью обеспечения минимальных потерь в производительности и требуемого качества обработки. Таким образом задача построения цикла шлифования многовариантна. Например, в таблице 2 приведены значения S_4 и ℓ_4 ,

обеспечивающие производительность $Q = 950$ шт/смен (наладочный путь $L_H = 0,2$ мм, $f = 15600$ Н/мм, $\delta_A = 0,33$ мкм).

Таблица 2

$S_4, \text{мм/мин}$	0,4	0,5	0,6	1,1
$\ell_4, \text{мм}$	0,03 0,05	0,025 0,075	0,0245 -	0,225 -

Результаты исследований, проведенных в главе, явились основой для создания методики поддержания требуемых параметров работоспособности автоматизированного оборудования в процессе его длительной эксплуатации.

Четвертая глава посвящена разработке методики поддержания требуемых параметров работоспособности автоматизированного оборудования на заданных операциях в процессе его длительной эксплуатации. Многовариантность в решении задачи поддержания требуемой производительности и качества обработки обусловила создание алгоритма расчета требуемых изменений технологических режимов и параметров наладки для конкретных условий производства. Расчет осуществлялся на ЭВМ типа ЕС ЭСЗ. Исходными для расчета данными явились: характеристики точности автоматизированного оборудования; параметры качества заготовок; преобразования к качест-

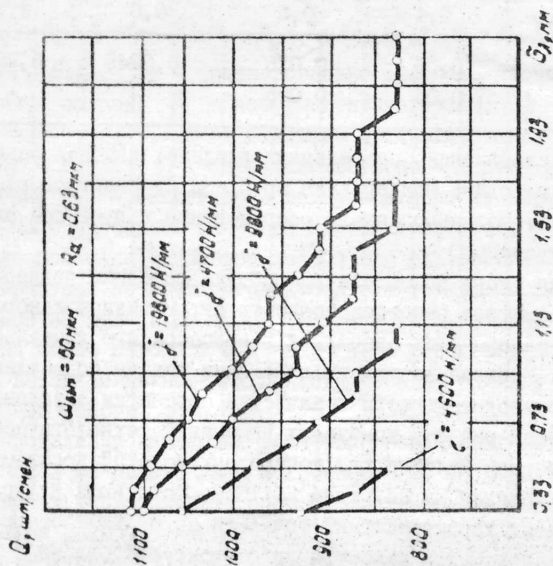


Рис. 3. Зависимость максимальной производительности автомата $\hat{Q}_{\max}$ от оценки стабильности позиционирования шпинделя изделия

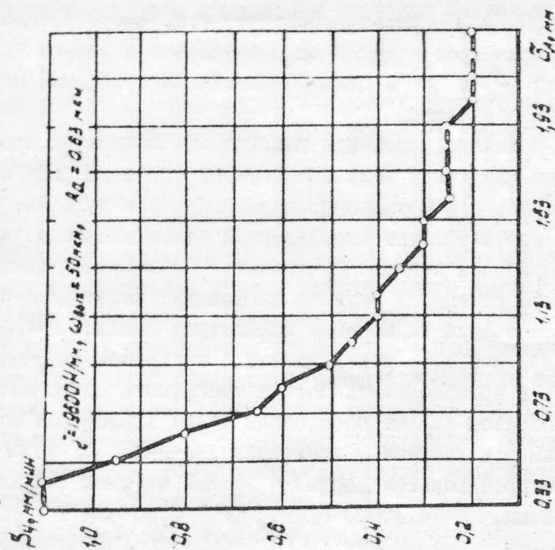
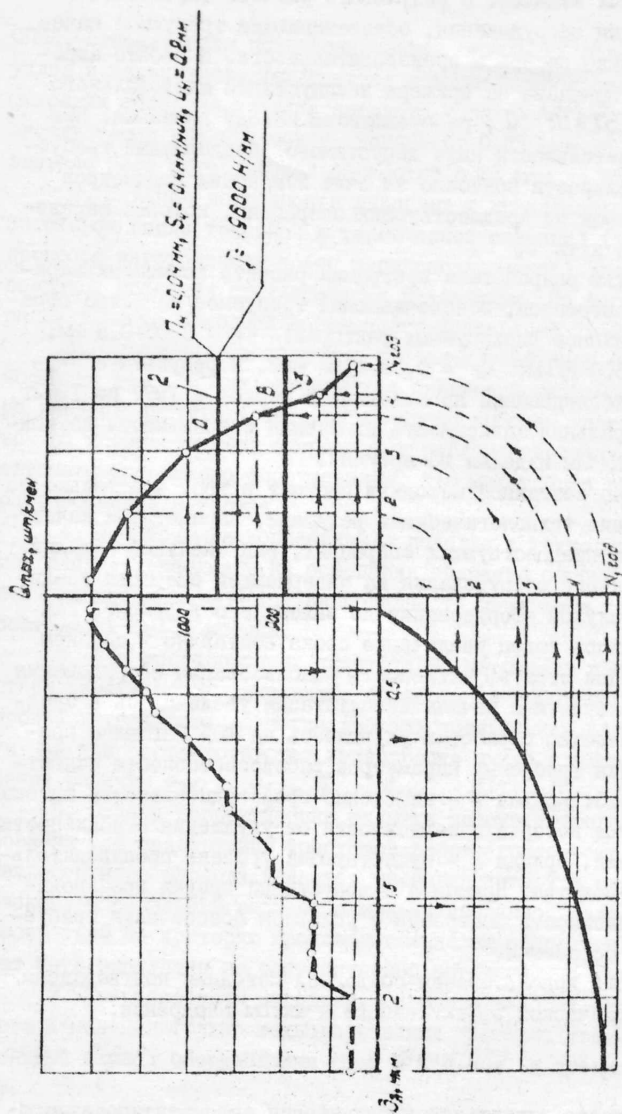


Рис. 4. Закон изменения чистовой подачи, обеспечивающей $\hat{Q}_{\max}$ в процессе эксплуатации автомата $SiAcf-50$



ву обрабатываемых изделий. В результате расчета определялись параметры наладки оборудования, обеспечивающие требуемое качество и минимальные потери в производительности. В работе апробация методики показана на примере эксплуатации шлифовального автомата типа *SLAG-50*, работающего по методу врезания. При уровне производительности ниже допустимого поддержание требуемой производительности возможно за счет изменения параметров качества заготовок на предстоящих операциях, которые определяют наладочный путь L_n .

С этой целью разработана программа расчета возможных вариантов наладки автоматов, обеспечивающих требуемое качество обработки для диапазонов варьируемых факторов: $L_n = 0,05-0,8$ мм; $f = 4900-19600$ Н/мм; $B_d = 0,33-4,56$ мм. В результате эксплуатационных исследований проведенных в период с 1977 по 1982г. получена интегральная зависимость изменения стабильности позиционирования шпинделя изделия во времени.

Достоинство созданной методики состоит в том, что только за счет варьирования технологическими режимами, параметрами качества заготовок на предстоящих операциях, рациональной наладки автоматизированного оборудования на завершающей операции увеличивается срок службы оборудования до выхода его в ремонт. Так для наружных типов колец увеличение срока составило в среднем 0,4-0,5 года. При этом эффективность использования оборудования по производительности с начала эксплуатации увеличилась в среднем на 25%, качество обработки улучшилось на 20%. Наглядно процесс поддержания требуемых параметров работоспособности иллюстрирован на рис.5. Кривая 1 - изменение производительности автомата (при минимуме потерь) в зависимости от ухудшения стабильности позиционирования. Прямая 2 - существующий уровень производительности на производстве. Прямая 3 - допустимый предел производительности. Зависимости построены с условием обеспечения требуемого качества обработки.

Целесообразность использования созданной методики подтверждена расчетом экономической эффективности и актом внедрения.

ВЫВОДЫ

I. В процессе длительной эксплуатации автоматизированного оборудования происходит монотонное ухудшение жесткости системы

СПД, стабильности позиционирования отдельных исполнительных узлов и механизмов. Так среднее квадратическое отклонение точки фиксации шпинделя изделия автомата типа *SL46F-50* за шесть лет эксплуатации увеличилось в среднем от 0,33 мм до 4,56 мм, что вызвало рост погрешностей обработки с 25 мкм до 65 мкм.

2. Влияние погрешности линейных и диаметральных размеров заготовок после токарной и термической операции (для типового процесса изготовления колец шарикоподшипников) для шлифовальных операций является статистически незначимым. На термической операции влияние исходной погрешности составляет 15-20%.

3. Сохранение в заданных пределах требуемой работоспособности на завершающих операциях и продление межремонтного периода следует достигать целенаправленным выбором качества заготовок на предшествующих операциях и регламентированной наладкой автоматизированного оборудования, что может быть выполнено по разработанной методике.

4. Необходимые коррективы в наладке и технологических режимах следует выполнять на основании значения оценки стабильности позиционирования - δ_p , периодичность измерения которой должна составлять 3-3,5 месяца.

5. Для исследованных конструкций автоматов при изменении стабильности позиционирования поддержание требуемого качества и производительности возможно достичь уменьшением наладочного пути L_n при соответствующей перестройке цикла шлифования - изменение величин $S_{\text{вс}}$, S_4 , τ , $\rho_{\text{вс}}$, ρ_4 , ρ_1 , $\rho_{\text{вс}}$.

6. Задача корректировки наладки автоматизированного оборудования для поддержания требуемой работоспособности и продления межремонтного периода является многовариантной и многопараметрической. Оптимальный вариант с скорректированной наладкой должен выбираться по критерию производительности оборудования, что может быть выполнено по разработанной методике.

7. Разработанная методика позволила за счет целенаправленного изменения только технологических факторов увеличить межремонтный период оборудования типа *SL46F-50* в среднем 0,4-0,5 года.

Годовой экономический эффект от внедрения полученных результатов в производстве ПЗ-20 составил 73 тыс.рублей, что подтверждено актом внедрения.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Лепихов В.Г., Шликов С.Е. Эксплуатационная точность шлифовальных станков. - ЭИ. Металлорежущие станки и автоматические линии, 1979, вып.4, с.19-22.

2. Лепихов В.Г., Шликов С.Е. Влияние термообработки на точность размеров деталей. Автомобильная промышленность, 1980, № 4, с.32-33.

3. Лепихов В.Г., Шликов С.Е. Определение технических возможностей шлифовальных станков. - ЭИ. Металлорежущие станки и автоматические линии, 1980, вып.11, с.11-14.

4. Лепихов В.Г., Шликов С.Е. Эффективность процесса врезного шлифования тороидальных поверхностей. - Технология производства, научная организация труда и управления, 1980, вып.2, с.12-13.

5. Лепихов В.Г., Шликов С.Е. Повышение точности обработки при врезном шлифовании. - Технология производства, научная организация труда и управления, 1980, вып.4, с.14-16.

6. Шликов С.Е. Точностная долговечность автоматов на завершающих операциях технологических процессов. - Комплексная механизация и автоматизация основного и вспомогательного производства: Материалы докл.Всесоюзного семинара. Москва, 1981, с.111-115.

li