

ИНС 2698

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

ШАПИРО Александр Яковлевич

УСТАНОВЛЕНИЕ ДОМИНИРУЮЩИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
СВЯЗЕЙ МЕЖДУ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ И НАДЕЖ -
НОСТЬЮ МЕХАНИЗМОВ СТАНКОВ В АВТОМАТИЗИ -
РОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОДШИПНИКОВ

Специальность 05.02.07

Автоматизация в машиностроении

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

Москва 1983

Работа выполнена на Московском ордена Трудового Красного
Знамени заводе автоматических линий имени 50-летия СССР и
в экспериментальном научно-исследовательском институте ме-
таллорежущих станков / ЭНИМС /

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Волчкович Л.И.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор Подураев В.Н.

кандидат технических
наук, доцент

Султан - Заде Н.М.

Ведущее предприятие - МСХБ АЛ и СС

Защита диссертации состоится "___" _____ 1983 г.
на заседании специализированного совета К0 53.15.01 в
Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана
по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ
имени Н.Э.Баумана.

Ваш отзыв в одном экземпляре
высылать по указанному адресу

Автореферат разослан "___" _____

Учёный секретарь совета,
к.т.н., доцент

Подп. к печ. 27.01.85 Заказ

1-99211 Ротопринт МВТУ 10

М 402648

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. XXVI съездом КПСС поставлены задачи: "всемерно ускорить комплексную механизацию и автоматизацию..., внедрять прогрессивную технологию." Внедрение прогрессивной технологии в машиностроении предполагает широкое использование новых методов получения изделий, резкое сокращение количества и длительности операций за счет повышения интенсивности и качества обработки.

Проектирование автоматических линий и комплексов /АЛ и АК/, построенных на принципиально новых методах получения изделий, связано с разработкой и внедрением технических решений, качественно отличающихся от традиционных. Правильность этих решений может быть проверена лишь при эксплуатации АК. Поэтому возникает задача: в ограниченные сроки, в условиях неустановившегося производства - период внедрения АК - установить и описать присущие процессу обработке доминирующие межоперационные связи и выдать обоснованные рекомендации по повышению эффективности использования созданного оборудования и оптимальному последующему проектированию.

19402648
Содержание диссертации обобщает опыт научных исследований и практических работ, выполненных при наладке и внедрении в эксплуатацию принципиально нового опытного автоматического производства шарикоподшипника 6-308 /ОАП 6-308/, спроектированного и изготовленного в соответствии с Постановлением ГИИТ Совета Министров СССР №409 от 24.09.71г. "О создании опытного автоматического производства подшипников качения на базе применения прогрессивных технологических процессов."

Цель работы. Разработка научных методов поиска эффективных путей повышения работоспособности АЛ и АК, построенных на принципиально новых методах получения изделий, на основе установления доминирующих функциональных связей.

Объект и методы исследования. Объект исследования - опытные автоматические линии, входящие в ОАП 6-308:

- для изготовления заготовок колец методом точной раскатки мод. Л-308А,



- для механической обработки колец методами силового шлифования и ультразвукового суперфиниширования мод. 6Л458, 6Л459, 6Л460, 6Л461,
- для контроля и сборки мод. 6Л462.

Исследования проведены при наладке и опытной эксплуатации ОАП на МосЗАИ им. 50-летия СССР и ГПЗ-1 в 1975-1981 гг.

Теоретические положения работы базируются на математическом аппарате теорий вероятностей, статистического моделирования, основах теорий производительности и надежности. Методика экспериментов разработана в соответствии с методами планирования экспериментов. Моделирование работы ОАП проводилось на ЭВМ.

Научная новизна. Сформулированы научные методы поиска эффективных путей повышения работоспособности АК, построенных на принципиально новых методах получения изделий, при их внедрении:

- разработан общий методологический подход к установлению функциональных связей, оказывающих доминирующее влияние на формирование качества изделий и работоспособность оборудования,
- разработаны модели для количественной оценки доминирующих функциональных связей в АК методом "от конечных операций - к начальным",
- раскрыты и описаны явления, характерные для технологических процессов автоматизированного производства с широким использованием принципиально новых методов получения изделий.

Практическая ценность. Получены количественные оценки установленных экспериментальным путем доминирующих функциональных связей между качеством изделий и работоспособностью оборудования ОАП 6-308.

Даны рекомендации по повышению эффективности использования ОАП за счет изменения последовательности выполнения технологических операций, регламентации межоперационных допусков на изделия и совершенствования конструкции оборудования.

Даны рекомендации МСКВ АЛИСС на проектирование новых АК с высокой интенсивностью механической обработки и высокой степенью концентрации операций.

Реализация результатов работы. По разработанной методике проведено комплексное исследование ОАП 6-308 в период наладки и внедрения в эксплуатацию на ПЗ-1. Плановая реализация выданных рекомендаций позволила:

- до 10 раз увеличить наработку на отказ силовых электрошпинделей,
- на 2-3 с сократить циклы обработки на лимитирующих операциях силового внутреннего шлифования,
- сократить брак на линиях шлифовальной обработки по параметрам "черноты", "шлифовочные риски", "прижог" на жёлобе на 8% от выпуска, повысить производительность АК механической обработки за счёт повышения безотказности и ремонтпригодности автоматов в среднем на 5%.

Результаты исследований использованы при разработке комплектов перспективных типовых технологических процессов автоматизированного производства деталей типа "кольцо" в МСКБ АЛ и СС.

Экономический эффект работы согласно акту 132339 рублей.
Апробация работы. Основные положения работы доложены и обсуждены на II Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемные вопросы автоматизации производства" /г.Краснодар, 1981/, на технических советах Московского завода автоматических линий им. 50-летия СССР, в МСКБ АлиСС, на экспертном совете в ЭНИМСе, на кафедрах МВТУ им. Н.Э.Баумана и ВЗМИ.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано семь печатных работ.

Объём работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка литературы из 70 наименований и трёх приложений, содержит 87 страниц машинописного текста, 41 рисунок, 14 таблиц.

Научный консультант - доктор технических наук Черпаков Б.И.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы диссертационной работы и направление исследований.

В первой главе проведён анализ технологических процессов автоматизированного производства подшипников качения и методов исследования комплексных АЛ. Вопросам исследования точнос-

ти обработки деталей, надежности и производительности оборудования в условиях автоматизированного производства посвящены работы И.И. Артоболевского, В.С. Балакшина, А.П. Владзиевского, Л.И. Волчкевича, А.М. Дальского, А.И. Даценко, Ф.С. Демьянчука, В.С. Корсакова, А.С. Проникова, Б.И. Черпакова, Г.А. Шаумяна, П.И. Яцендына и других ученых.

Существующие теоретические и методические основы исследования АИ разработаны для установившихся, типовых технологических процессов. При исследовании таких процессов решаются задачи количественного описания моментной и динамической точности, оценки производительности и надежности функционирования отдельных видов автоматизированного оборудования. В методиках, принятых для исследования параметров качества обработки, безотказности и производительности оборудования в расчет берутся только очевидные функциональные связи и не учитывается: 1/ влияние качества заготовок и полуфабрикатов на безотказность оборудования, 2/ пооперационная взаимосвязь параметров качества изделий и производительности оборудования. При изучении показателей качества многооперационного процесса лимитирующий параметр обрабатываемого изделия автоматически принимается доминирующим для всей цепи обработки. В результате исследование путей формирования выходного качества ведется через описание изменений лимитирующего параметра от операции к операции без учета технологических особенностей каждой операции.

Подобный подход недостаточен при оценке работоспособности в период внедрения АК с использованием принципиально новых процессов получения заготовки, механической и термической обработки. Неустановившееся производство периода внедрения характеризуется неустойчивой работой оборудования и низкой степенью "управляемости" технологическим процессом в связи с тем, что еще не выявлены даже доминирующие функциональные связи, формирующие качество готовых изделий и работоспособность оборудования.

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие задачи:

- разработка общего методологического подхода к установлению доминирующих функциональных связей в АК,

- разработка моделей для количественной оценки доминирующих функциональных связей в АК методом "от конечных операций - к начальным",

- проведение экспериментальных исследований показателей качества изделий, надежности и быстродействия оборудования ОАП 6-308, с установлением и количественной оценкой доминирующих функциональных связей,

- разработка и внедрение рекомендаций по повышению работоспособности ОАП 6-308.

Во второй главе изложены теоретические основы анализа работоспособности принципиально новых АК в период внедрения, с учетом отсутствия предшествующего опыта и достаточного объема информации. Анализ строится исходя из того, что на процесс функционирования АК оказывают влияние три основные группы факторов:

а/ технологические /способ получения изделия, последовательность выполнения операций, параметры наладки, свойства заготовок и полуфабрикатов и др./,

б/ конструктивные /конструктивное исполнение механизмов и устройств автоматов, надежность механической, гидравлической и других систем, места расположения и вместимости накопителей/,

в/ функциональные /быстродействие автоматов - технологическая и цикловая производительности, взаимосвязь автоматов между собой и с транспортными устройствами, осуществляемая через обрабатываемое изделие/.

Идея метода исследования состояла в том, что сначала оценивались качество готовых изделий и работоспособность автоматов и выделялись параметры, лимитирующие эффективность работы АК. Далее, с помощью метода "искусственных партий" пооперационно от лимитирующих операций к заготовительным прослеживались причинные связи, формирующие лимитирующие параметры. Тем самым устанавливались доминирующие функциональные связи между определяющими факторами на ранних стадиях комплексного технологического процесса и исследуемыми параметрами. После этого создавались математические модели, количественно отражающие доминирующие функциональные связи, и определялись возможности улучшения выходных параметров путем воздействия на определя-

щие факторы.

При этом: 1/ безотказность оборудования рассматривалась как функция совместного влияния технологических и конструктивных факторов, 2/ пооперационное формирование показателей качества обработки исследовалось на основе только партийных оценок.

Такой подход позволил: 1/ конкретизировать мероприятия по освоению АК отдельно для конструкторских и технологических коллективов, 2/ определить потенциальные возможности АК по качеству и производительности.

Имитационное моделирование работы АК на ЭВМ на основе полученных при исследованиях данных позволило определить расчетную производительность АК с учетом качества заготовок, вместимости накопителей, количества наладчиков.

Для анализа результатов исследования предложена схема взаимосвязей качества изделий, надежности механизмов и производительности АК /рис. I/. В схеме учтены характерные для многооперационных процессов связи, формирующие быстродействие, функциональную и параметрическую надежность автоматов. Поэтому ее использование эффективно как при освоении созданного АК, так и при новом проектировании.

На рис. I вертикальными линиями показана последовательность выполнения операций от заготовительной /I/ до суперфиниширования /10/. Для технологических, конструктивных и функциональных факторов отведены уровни в соответствующей последовательности сверху вниз.

На технологическом уровне P_T / моделирование процесса формирования качества изделий производилось путем изображения полей рассеяния доминирующих параметров заготовок и полуфабрикатов в партиях по последовательности операций. По вертикальной оси показаны текущие значения доминирующего параметра X_i , по горизонтальной - функции его распределения. Меньшее поле рассеяния параметра - максимально допустимое, при котором его влияние на протекание последующих операций еще не сказывается. Большее поле - критическое. При последующей обработке такой партии деталей обязательно произойдет отказ, функциональный или параметрический. Стрелки обозначают

доминирующие функциональные связи.

Поскольку доминирующими связями, как правило, являются связи между геометрическими параметрами с однопараметрическим законом распределения, то для моделирования связи параметрической и функциональной надежности предложен эмпирический график $\sigma - P_T$. На рис. 2, σ - среднеквадратическое отклонение лимитирующего по качеству и работоспособности оборудования параметра в партии полуфабрикатов, пришедших с предыдущей обработки, P_T - вероятность отсутствия функциональных отказов по технологическим причинам за определенное время работы T при заданной длительности цикла. График строится на уровне критического текущего значения параметра $/X_{кр}/$. При максимально допустимом рассеянии параметра $/\sigma_1/ - P_T \rightarrow 1$. При критическом рассеянии $\sigma_2 - P_T \rightarrow 0$.

Моделирование конструктивных факторов осуществлялось при допущении, что отказы систем станков подчиняются экспоненциальному закону распределения. Вероятность отсутствия отказов по конструктивным причинам $P_K = e^{-\lambda_K t}$ и изображалось в виде экспоненты с углом наклона λ_K /параметр потока отказов систем станка/. В схеме потоки отказов систем показаны дифференцировано.

Моделирование функциональных факторов осуществлялось на основании тех соображений, что отказы функционирования и по технологическим, и по конструктивным причинам прерывают работу оборудования. Полная вероятность его безотказной работы $P_n = P_T \cdot P_K$. При этом, для определенных времени работы T и поля рассеяния параметра σ в партии полуфабрикатов, P_T имеет фиксированное значение. Это позволяет учесть его как коэффициент. Тогда

$$P_n = A / \sigma; T / \cdot e^{-\lambda_K t}; 0 \leq t \leq T$$

Геометрическая интерпретация уравнения в трехмерном пространстве, приведенная на рис. 3, иллюстрирует совместное влияние на безотказность оборудования технологических и конструктивных факторов.

На функциональных уровнях отражены:

- полная вероятность безотказной работы автоматов $/P_n/$,
- длительности восстановления автоматов $/T_b/$,

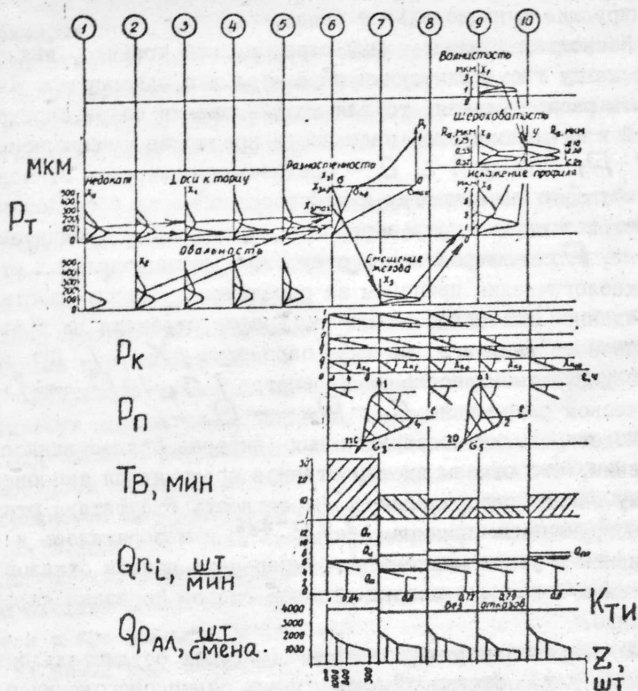


Рис. 1

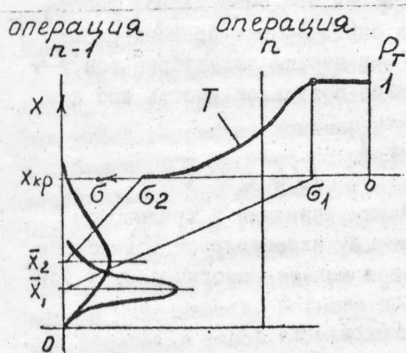


Рис. 2

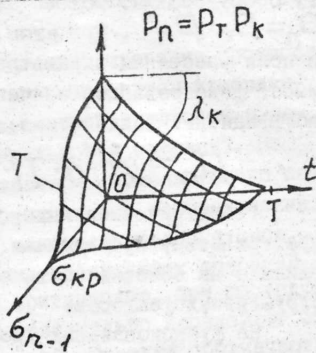


Рис. 3

-быстродействие Q_T и Q_u и потенциальная производительность автоматов Q_{ni} в зависимости от их надежности $K_{ти}$
- расчетная производительность отдельных АЛ $Q_{pал}$, входящих в АК, в зависимости от вместимостей накопителей Z .

В третьей главе приведены методика и результаты экспериментальных исследований показателей качества изделий, надежности и быстродействие оборудования ОАП 6-308 и результаты внедрения разработанных мероприятий по повышению его работоспособности.

Прогрессивность нового процесса заключается в том, что:
1/ заготовка кольца получается из прутка методом горячей штамповки с последующей точной раскаткой, 2/основной объем обработки производится силовым совмещенным шлифованием наружных и внутренних поверхностей, 3/отделка дорожек качения производится ультразвуковым суперфинишированием. По сравнению с типовыми технологическими процессами в 2-4 раза возросли глубина резания, величина поперечных подач, степень совмещения операций. Объем токарной обработки сокращен с 30% до 5%, что позволило значительно сократить количество операций, единиц технологического оборудования и инструмента, потери металла при одновременном повышении долговечности выпускаемых подшипников в 4-9 раз. Ликвидация в новом технологическом процессе промежуточных токарных операций, выполняющих в типовых процессах функцию подготовки заготовок к шлифованию, предполагает поступление на оборудование для черного шлифования раскатанных заготовок со значительно большим, чем в типовых процессах, рассеянием геометрических параметров. Импульсное нагружение системы СПИД, вызываемое погрешностями обрабатываемой детали, в условиях высоких подач силового резания повышает динамические нагрузки, снижая надежность станков. В связи с указанным возрастает число факторов, оказывающих доминирующее влияние на надежность процессов, чувствительно проявляется "перекрестное" влияние отклонений одних параметров изделия на другие.

При наладке и опытной эксплуатации АК выявлены следующие основные недостатки технологического процесса и оборудования:
1/ высокий процент визуальных дефектов готовых наружных колец по параметрам "чернота", "шлифовочные риски" на желобе, 2/низкая надежность силовых электрошпинделей на газовых опорах для

чернового шлифования внутреннего профиля наружных колец. По указанным дефектам браковалось до 15% колец, наработка на отказ шпинделей не достигала одной смены.

Для установления причин функциональных и параметрических отказов выполнены предварительные исследования по разработанной методике, позволившие определить доминирующие функциональные связи в технологическом процессе. Доминирующие связи определялись путем обработки на каждой операции, начиная от лимитирующей, искусственно подобранных партий полуфабрикатов с полями рассеяния проверяемых параметров от минимальных до критических значений. Результаты экспериментов уточнялись корреляционным анализом.

В качестве функции цели U принята величина шероховатости желоба после суперфиниширования с учетом глубины рисок. Выявлена следующая цепь формирования погрешностей изделия. При раскатке формируются два вида погрешностей: недокат краев желоба, захватывающий до 3 мм от края, и трехгранность, достигающая 0,3 мм на расстоянии до 3 мм от края желоба и сходящая на нет к его центру /обозначены вместе X_0 /. При существующем способе обрезки заусенцев происходит пластическая деформация заготовок с образованием повышенной овальности X_2 /.

При последующей подрезке торцов полуфабрикатов на токарной операции базирование осуществляется по краям желоба на разжимном пятикопьевом патроне. Наличие геометрических погрешностей по краям желоба создает вероятность перекоса кольца при базировании и подрезке торцов перпендикулярно оси внутреннего профиля X_1 /. Погрешности $X_0; X_1; X_2$ трансформируются в разностенность X_3 / при черновом шлифовании наружного профиля полуфабрикатов. Причиной является способ базирования кольца - центрирование подпружиненным конусом по внутренней фаске и зажим за два торца.

Последующее черновое шлифование с поперечной подачей X_4 внутреннего профиля партий полуфабрикатов с повышенной разностенностью происходит при неравномерном нагружении круга и смещении зоны резания к верхней кромке опорного башмака. Круг изнашивается неравномерно, в опорах шпинделя развивается автоколебательный процесс, приводящий к заклиниванию. При таком шли-

фовании полуфабрикаты имеют повышенное смещение желоба /X₅/. При чистовом шлифовании желоба с повышенным смещением его оси формируется искаженный профиль /X₆/. Сам процесс чистового силового шлифования склонен к формированию повышенной волнистости /X₇/ и шероховатости /X₈/.

Совокупность указанных факторов при наличии недостаточных съёмов металла на операции суперфиниширования /X₉/ является причиной образования рисок и чернот на желобе готового кольца. Кроме того, при недокате краев желоба заготовки после раскатки, превышающем глубину съёма металла со стороны при последующей полной обработке /0,7-0,8мм/, остаются необработанные части поверхности, имеющие форму серповидных черных пятен - /черноты/.

С помощью методов планирования эксперимента получены математические зависимости формирования параметрической и функциональной надежности по операциям обработки колец подшипников. Модель, описывающая зависимость функции цели от всех доминирующих факторов, начиная от заготовки, получается путем последовательной подстановки зависимостей пооперационной точности в модель процесса суперфиниширования. Каждый фактор варьируется на верхнем и нижнем предельных уровнях, выявленных в результате предварительных исследований. В работе проведены эксперименты с полными и дробными факторными планами. Полученное уравнение зависимости шероховатости желоба кольца после суперфиниширования от доминирующих факторов всех предыдущих операций /в кодированных переменных/ имеет вид

$$Y = 0,057 + 0,008(-1,1 + 0,1x_0 + 0,3x_2 + 0,7x_4) + \\ + 0,021x_7 + 0,007x_8 - 0,010x_9$$

Исследуя реальные возможности улучшения доминирующих параметров, оценивали возможность уменьшения числа колец с рисками и чернотами на желобе. Как показали расчеты, возможно уменьшение числа таких колец на 8%.

При исследовании причин низкой надежности электрошпинделей для чернового шлифования внутреннего профиля доминирующей оказалась функциональная зависимость наработки шпинделей на отказ от величины рассеяния разностенности в партии изделий после чернового шлифования наружного профиля. На основе полученных при исследовании статистических данных составлено уравнение регрессии среднеквадратического отклонения разностен-

ности полуфабрикатов $/Q_3/$ на вероятность безотказной работы электрошпинделя $/P_{тш}/$ в течение одной смены при заданном режиме

$$P_{тш} = 1,105 + 0,026 Q_3 - 0,010 Q_3^2$$

По полученным математическим моделям методом крутого восхождения рассчитаны предельно допустимые значения доминирующих параметров, при которых обеспечивается заданное качество готовых колец и отсутствуют отказы по технологическим причинам.

Анализом установлено, что для надежного обеспечения расчетных значений доминирующих параметров необходимы следующие мероприятия: 1/ доработка процесса раскатки заготовок в направлении уменьшения погрешности X_0 до 0,1 мм, 2/ изменение процесса обработки торцов заготовок для исключения их пластического деформирования X_2 , 3/ повышение стабильности базирования колец в токарных автоматах для уменьшения погрешности X_1 , 4/ регламентация параметров наладки автоматов для черного шлифования наружного профиля /биение центрирующего конуса 0,01 мм, усилие сжатия его пружины 25 кгс и т.д./ с целью уменьшения разностенности X_3 до 0,25 мм, 5/ введение дополнительных требований к качеству обработки на отдельных операциях и корректировка допустимых отклонений параметров по результатам анализа.

Показатели функциональной надежности и производительности оборудования определялись по методике ЭНИМСа с помощью долгосрочных наблюдений за работой автоматизированного оборудования с использованием специальных приборов на базе многоканальных самописцев типов Н 327-5 и Н 30. В результате с высокой достоверностью определены показатели надежности функционирования всех моделей автоматов, встроенных в ОАП, установлены оптимальные по качеству обработки численные значения производительности оборудования. Установлено, что для повышения безотказности и сокращения времени восстановления автоматов необходимы: 1/ конструктивная доработка механизмов загрузки, базирования, шпинделей изделия и алмазного ролика автомата для черного шлифования наружного профиля, 2/ ужесточение конструкции шпинделя алмазного ролика и 3/ повышение износостойкости торцевой опоры на автомате для черного шлифования внутреннего профиля.

По полученным статистическим данным выполнено имитационное моделирование функционирования лимитирующей АЛ механической обработки кольца 308.01 на основе методики ЭНИИСа. Моделирование проведено на ЭМ типа ЕС 1030. Оценивалось влияние на производительность АЛ структуры, численности групп обслуживания, количества автоматов. Имитационная модель разработана на основе моделирования *GPSS/360*.

Исходными данными для моделирования служили: оптимальные по заданному качеству циклы обработки на станках, вместимости накопителей, количество деталей, обрабатываемое до смены инструмента, время на замену инструмента, время наработки станков на отказ, время восстановления отказавшего оборудования, количество деталей, обрабатываемое до контроля точности, время контроля точности.

В результате моделирования сделаны следующие выводы:

1/ при существующей потенциальной производительности автоматов оптимальными являются межоперационные накопители вместимостью порядка 1000 колец /использование таких накопителей позволяет на 25-30% повысить производительность АЛ по сравнению с имеющимися накопителями на 200-300 колец/, 2/ оптимальным является обслуживание каждой группы станков одним наладчиком с добавлением оператора на участке чернового шлифования внутреннего профиля, 3/ добавление на лимитирующем по производительности участке чистового шлифования желоба одного станка дает увеличение производительности АЛ порядка 10%, что малоэффективно.

Полученные в процессе исследований математические зависимости и имитационная модель поэтапно проверялись на адекватность в действующем производстве и при необходимости корректировались.

Результаты исследований и расчетов сведены в схему взаимосвязей качества изделий, надежности механизмов и производительности АЛ. По схеме проверены технологические возможности ОАП и выбраны наиболее эффективные мероприятия по их реализации. Анализ возможностей ОАП показал: 1/ количество готовых колец, отходящих в брак и на доработку по указанным ранее параметрам, при проведении рекомендованных мероприятий, может быть уменьшено с 15% до 7%, 2/ проектная производительность /4000 колец в смену/ при существующих технологических пара-

метрах достижима лишь в условиях абсолютной надежности всего оборудования, что нереально, 3/ достигнутые показатели надежности и производительности оборудования ОАП при условии введения дополнительных накопителей позволят стабильно получать не менее 2000 годных колец в смену.

Разработаны и внедрены следующие основные мероприятия:

- усовершенствована конструкция раскатного инструмента, что позволило уменьшить некруглость краев желоба до 0,15 мм и недоката - до 1,5 мм,

- изменен процесс обработки торцов заготовок колец 308.01: операция обрезки заусенцев стала производиться обкаткой, исключающей сдавливающие усилия, и осуществляется на холодных кольцах до операции отжига, что позволило уменьшить рассеяние по овальности колец с 0,5 до 0,25 мм,

- усовершенствована конструкция базирующих элементов токарных автоматов в части повышения стабильности базирования колец, что позволило уменьшить рассеяние по неперпендикулярности оси внутреннего профиля к торцу с 0,3 мм до 0,15 мм,

- усовершенствована конструкция базирующих элементов автомата для чернового шлифования наружного профиля, что позволило повысить точность вращения центрирующего конуса до 0,005 мм и точность сведения центров до 0,03 мм. Используется динамометр для контроля сжатия пружины конуса с усилием 25 кгс. Все это позволило понизить рассеяние по разностенности колец с 0,5+0,6 мм до 0,3 мм.

- в технологических картах для операций чернового шлифования наружного и внутреннего профилей колец откорректированы допуски на ряд параметров и введен допуск на разностенность /0,25 мм/, что позволило свести к минимуму отказы электрошпинделей,

- доработана конструкция узлов подачи, правки, базирования автоматов для чернового шлифования, что повысило их безотказность и удобство обслуживания и позволило в совокупности с вышеперечисленными мероприятиями повысить коэффициент готовности автоматов для шлифования: наружного профиля - с 0,319 до 0,879, внутреннего профиля - с 0,458 до 0,892,

- увеличены вместимости межоперационных накопителей в среднем до 1000 колец /за счет использования цеховой тары/, что позволило в отдельные периоды работы длительною до трех

смен достигать производительности АЛ шлифования 2500 колец в смену.

В четвертой главе приведена краткая инженерная методика поиска эффективных путей повышения работоспособности принципиально нового АК на основе установления доминирующих функциональных связей. Методика включает комплекс работ по: всестороннему исследованию лимитирующих операций, оценке показателей работы остального оборудования и оптимальности структуры АК, построению схемы взаимосвязей, разработке и внедрению мероприятий, оценке результатов внедрения.

ВЫВОДЫ

1. Одним из основных условий достижения высокой эффективности использования автоматизированных систем машин, построенных на принципиально новых технологических процессах, является установление и количественное описание присущих им доминирующих функциональных связей.

2. Для выявления доминирующих функциональных связей многооперационных процессов должны применяться научные методы исследования, основанные на принципе: "от конечных операций - к начальным".

3. Исследование путей формирования качества изделия и работоспособности оборудования АК должно проводиться по доминирующим параметрам каждой операции в цепи обработки с учетом "перекрестных" связей между разноименными параметрами обрабатываемого изделия.

4. Доминирующее влияние на формирование качества изделий и работоспособность оборудования оказывают, как правило, отклонения геометрических параметров, не проходящих автоматический контроль.

5. Доминирующими функциональными связями в ОАП 6-308 являются: а/ связь между разностенностью полуфабрикатов для чернового шлифования внутреннего профиля и безотказностью силовых электрошпинделей для их обработки, б/ связь между недокатом желоба после операции раскатки и рисками на желобе готовых колец.

6. При достигнутом уровне надежности автоматов и вместимостях межоперационных накопителей порядка 1000 колец ли-

митирующие линии шлифования ОАП 6-308 могут стабильно выдавать не менее 2000 годных колец в смену при 7% колец с визуальным браком по параметрам "шлифовочные риски" и "черноты" на жёлобе.

7. При последующем проектировании автоматических производств данного типа необходимо предусматривать межоперационные накопители на два часа работы и исключать условия формирования геометрических погрешностей полуфабрикатов свыше 0,2 мм.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Повышение производительности и точности обработки деталей в условиях автоматизированного производства. /С.Д.Вайс, Б.И.Черпаков, К.Н.Константинов, А.Я.Шапиро. - М.: ГОСИИТИ, 1980, вып.7, - 32с.

2. Шапиро А.Я. Повышение эффективности использования электрошпинделей в массовом производстве. - В сб. Металлорежущие станки и автоматические линии. 1980, №5, с.17-18.

3. Вайс С.Д., Шапиро А.Я. Влияние наследственных погрешностей заготовок на надёжность работы силовых электрошпинделей на газовой смазке. - В сб. Технология производства, научная организация труда и управления. НИИМАШ. 1980, вып.10, с.4-6.

4. Волчкович Л.И., Шапиро А.Я. О регламентированной обратной связи от опытной эксплуатации на последующее проектирование автоматизированного оборудования. - Библ. указатель ВНИТИ "Депонированные рукописи", 1981, №7, с.85.

5. Шапиро А.Я. Применение системного метода оценки функционирования для достижения производственного потенциала автоматического комплекса. Тезисы докладов второй Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемные вопросы автоматизации производства." Краснодар. 1981, с.34-35.

6. Черпаков Б.И., Шапиро А.Я. Совершенствование комплексных технологических процессов автоматизированного производства подшипников. -М.: НИИМАШ, 1982. -3эс.

7. Шапиро А.Я. Технологические методы повышения надёжности станочных автоматических линий. -В сб. Обработка резанием /технология, оборудование, инструмент/. НИИМАШ, 1982, вып.8, с.5-8.