

М490171

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

БИМЕНДИЕВ Абдибек Шарбекович

УДК 621.9.015-187

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ
ФЛУКТУАЦИИ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАГОТОВОК

Специальность 05.02.08. - Технология машиностроения

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1989

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

- | | |
|-----------------------|---|
| Научный руководитель | - кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
О.Ю. Волков |
| Официальные оппоненты | - доктор технических наук,
профессор Л.К. Сизенов
- кандидат технических наук
Б.А. Спектор |
| Ведущая организация | - указана в решении специализированного совета |

Защита диссертации состоится "27" ноября 1989 г. на заседании специализированного совета К 053.15.15 в Московском государственном техническом университете им.Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва Б-5, 2-я Бауманская ул., дом 5.

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

Ваш отзыв на аттестацию, просим напечатать, просим на

Автореферат

Ученый секретарь
кандидат технических наук
доцент

Л-18882 Под
Тир. 100 экз.

М480471

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях развития народного хозяйства СССР за 1985-1990 гг., на период до 2000 года" особое внимание уделено вопросам повышения эксплуатационного качества и, прежде всего, надежности изделий машиностроения при одновременном снижении металлоемкости, экономии материальных ресурсов. Основные пути решения этих задач связаны с внедрением прогрессивной технологии и гибких технологических процессов изготовления изделий, с обеспечением их высокого технического уровня.

В настоящее время проблема надежности и обеспечения доминирующих показателей эксплуатационного качества - эксплуатационных характеристик (ЭХ) особенно остро стоит для деталей однократного применения, использующихся в различных предохранительных устройствах, например, разрывных предохранительных мембран с концентраторами (РПМК). Последние являются ответственными деталями пневмогидравлических систем и систем управления жидкостных ракетных двигательных установок, тепловых реакторов, объектов ядерной энергетики, криогенной и космической техники, химической и нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности и других смежных отраслей. При изготовлении рассматриваемых деталей серьезную проблему представляет обеспечение следующих эксплуатационных характеристик: срабатывание при заданных диапазонах прикладываемых рабочих давлений; обеспечение заданного проходного сечения; предотвращение отрыва раскрывшейся части; коррозионно-жаростойкость; герметичность; малый вес и габариты.

Несмотря на все мероприятия и накопленный большой опыт в зарубежной и отечественной практике по изготовлению и эксплуатации рассматриваемых деталей, в настоящее время их надежность остается очень низкой, не отвечает все возрастающим требованиям промышленности. Разброс фактических значений давлений срабатывания от заданного составляет 60...70% и более. Трудности, связанные с обеспечением стабильных ЭХ РПМК, объясняются большими колебаниями (флуктуациями) исходных параметров заготовки, несовершенством технологии изготовления, отсутствием научного подхода к определению и назначению геометрических параметров и показателей качества поверхностного слоя рабочей поверхности детали.

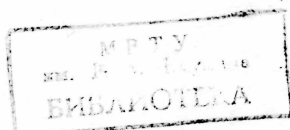
I

НТБ МГТУ им. Н. Э. Баумана



1490171

Бимендиев А.Ш. Разработка и



Недостаточная стабильность ЭХ деталей однократного применения типа РПМК, практический и научный интерес, который представляет установление закономерностей обеспечения ЭХ при больших колебаниях входных параметров заготовок и изменениях производственной ситуации в процессе изготовления, определяют актуальность работы.

Цель работы является повышение качества и обеспечение эксплуатационных характеристик деталей однократного применения типа разрывных предохранительных мембран с концентраторами.

Методы исследования. В работе использовались основные положения основ технологии машиностроения, методологии системного подхода, исследования операций и соответствующих разделов сопротивления материалов. Экспериментальные исследования проводились на оригинальном измерительно-испытательном стенде, оснащенном современной контроль-измерительной и регистрирующей аппаратурой, на станках АТПУ-125, 16К20ПФ1, ЗУ430 с использованием специально сконструированной оснастки и приборов. Обработка экспериментальных данных проводилась методами математической статистики с широким применением ЭВМ.

Научная новизна. В результате теоретических и экспериментальных исследований установлены закономерности, определяющие совместное влияние геометрических параметров и показателей качества поверхности заготовки, детали и технологических факторов процесса изготовления РПМК на их ЭХ. На базе выявленных закономерностей разработана научно-обоснованная методика технологического обеспечения ЭХ (ТОЭХ) РПМК на основе системной модели ТО ЭХ. Разработана методика определения параметров, характеризующих ЭХ, вскрыты их взаимосвязи с геометрическими параметрами и показателями качества рабочей поверхности. Для обеспечения последних разработан способ изготовления РПМК. Вскрыты особенности и закономерности формирования показателей качества поверхностного слоя рабочей поверхности РПМК в процессе их изготовления.

Практическая ценность. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны системная модель ТОЭХ РПМК в виде пакета программ и комплекс конструктивно-технологических мероприятий, позволяющих управлять ЭХ при больших колебаниях входных параметров заготовки как на стадии проектирования технологии изготовления, так и в процессе

его реализации, что позволяет обеспечить разброс фактических значений давления срабатывания, при заданных значениях рабочего давления 2,0 МПа, не более чем на 14...18% (против 60...70%).

Реализация работы. Результаты исследований использовались при выполнении научно-исследовательской работы, направленной на обеспечение ЭХ командных деталей типа РПМК и приняты к внедрению на предприятиях г.Москвы. Годовой экономический эффект только на стадии изготовления РПМК составит 8440 руб. в год.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на научных семинарах кафедры "Технология машиностроения и режущий инструмент" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1987-1989 гг., на Всесоюзной научно-технической конференции "Конструктивно-технологические методы повышения надежности и их стандартизация" - Тула, 1988 г.; на научно-технической конференции Московского городского управления ВПТО Машиностроение "Пропуски для металлорежущей обработки", Москва, 1988 г.

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 3 печатные работы и получено одно положительное решение на изобретение.

Объем работы. Диссертация изложена на 126 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав с выводами и общих выводов по работе. Содержит 91 рисунок, список литературы из 81 наименования, 6 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, приведена характеристика ее направленности и научной новизны, сформулирована цель работы.

В первой главе рассмотрено современное состояние проблемы обеспечения ЭХ разрывных предохранительных мембран, обоснован выбор объекта и поставлены задачи исследования.

Анализ работ по данной проблеме позволил выявить основные пути обеспечения ЭХ РПМК: применение совершенных и чистых материалов, включая и благородные металлы, такие как золото, платина, серебро и другие; совершенствование и поиск конструктивных решений; совершенствование технологии изготовления. Первое направление из-за его неперспективности не нашло широкого

развития. Как следствие, в мировой практике наибольшее распространение для изготовления РПМК получили коррозионно- и жаростойкие стали, заготовки (листовой прокат), из которых часто имеют нестабильные физико-механические свойства и размеры.

Проведен анализ конструктивных особенностей РПМК и технологических методов их изготовления, в результате которого установлено, что возможности конструктивных решений по обеспечению ЭХ еще на стадии изготовления оказываются нереализованными из-за большого разброса физико-механических свойств материала и толщины заготовки и несовершенства технологии изготовления. Показано, что существующие в настоящее время технологические процессы изготовления РПМК обладают существенными недостатками и требуют совершенствования. Большие флуктуации исходных параметров заготовки и изменения на стадии изготовления геометрических параметров и показателей качества поверхностного слоя рабочей поверхности обуславливают необходимость управления ЭХ за счет конструктивно-технологических мероприятий, обеспечивающих стабилизацию величины выходного параметра - ЭХ. Таким образом, управление ЭХ РПМК является задачей целенаправленной сложной системы, которую можно решить только с позиции системного подхода.

На основании проведенного анализа, исходя из поставленной цели, были сформулированы следующие основные задачи:

1. Разработка системной модели технологического обеспечения ЭХ РПМК при флуктуации исходных параметров заготовок и теоретическое исследование взаимосвязей ЭХ с показателями качества поверхностного слоя рабочей поверхности детали.

2. Экспериментальное исследование взаимосвязи показателей качества поверхностного слоя рабочей поверхности ЭХ и параметрами технологического процесса их изготовления.

3. Разработка математического, программного обеспечения, технических средств и комплекса конструктивно-технологических мероприятий для обеспечения ЭХ.

4. Внедрение и оценка эффективности проведенных исследований.

Вторая глава посвящена разработке системной модели технологического обеспечения ЭХ РПМК. На основании выводов, сделанных в первой главе, отмечается, что разработка комплекса конструктивно-технологических мероприятий рассматривается как

элемент системы обеспечения ЭХ РПМК. Так как ЭХ должны быть обеспечены технологически, т.е. за счет рационального выбора технологических методов и соответствующего построения технологических процессов изготовления, система названа системой технологического обеспечения ЭХ (ТОЭХ).

С позиции системного подхода система ТОЭХ может быть представлена в виде модели:

$$CM = \{T, X, Y, Q, \varphi, \psi\}, \quad (1)$$

где $T \supset t$ - множество моментов времени; X - множество значений входных параметров; Y - множество выходных параметров; Q - множество состояний подсистем; φ - переходная функция взаимосвязи, отражающая взаимодействия подсистем системы ТОЭХ; ψ - функционал выхода, отражающий взаимодействие цели системы с параметрами подсистем, при этом целью системы ТОЭХ является обеспечение стабильных ЭХ независимо от колебания значений входных параметров.

Множество значений входных параметров ($X \supset I$) задается массивами (векторами) исходной информации $x_h, X \subset \prod_{h=1}^r I_h(x_h \in I_h, h = \overline{1, r})$, основными из которых являются:

$X_1 = \{x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k}\}, k \in N_1$ - иерархически представленные цели системы ТОЭХ;

$X_2 = \{x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2k}\}, k \in N_2$ - информация об условиях эксплуатации детали или узла (вид рабочего давления, ее величина и диапазон изменения, место приложения рабочего давления, диаграмма изменения давления во времени, среда, в которой эксплуатируется деталь или узел и т.д.);

$X_3 = \{x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3k}\}, k \in N_3$ - информация о конструкции детали и узла, размеры, их предельные значения и т.д.;

$X_4 = \{x_{41}, x_{42}, \dots, x_{4k}\}, k \in N_4$ - информация о свойствах материалов, из которых изготавливаются детали;

$X_5 = \{x_{51}, x_{52}, \dots, x_{5k}\}, k \in N_5$ - информация о текущей производственной ситуации, состав и состояние станочного парка, технологические возможности оборудования;

$$N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 = \{\overline{1, r}\}$$

где r - количество массивов входных параметров; x_{hk} - k -е значение параметра h -го массива; k - количество значений h -го массива.

Выходными параметрами системной модели являются информация о технологическом процессе изготовления конкретной детали (маршрутная и операционная технология, например, управляющая программа для станка с ЧПУ), ожидаемые ЭХ, геометрические параметры (Π_j), где $j = \overline{1, n}$; $\Pi_1 = D$ - диаметр заделки детали; $\Pi_2 = D_n$ - диаметр нанесения рабочей поверхности; $\Pi_3 = h$ - глубина рабочей поверхности и т.д. и показателей качества поверхности слоя рабочей поверхности (PK_l), где $l = \overline{1, m}$; $PK_1 = R_a$ - среднее арифметическое отклонение профиля, $PK_2 = R_{max}$ - максимальная величина шероховатости и т.д.

Системная модель состоит из трех основных подсистем:

- а) подсистема конструкторского обеспечения ЭХ;
- б) подсистема технологического обеспечения ЭХ;
- в) подсистема экспериментальных исследований.

Для обеспечения эффективного функционирования системной модели созданы сервисные подсистемы:

- а) подсистема метрологического обеспечения ЭХ;
- б) подсистема хранения информации (банк данных);
- в) подсистема управления;
- г) подсистема оценки эффективности;
- д) подсистема прогнозирования.

Множество состояний системы и ее подсистем определяется совокупностью $Q (Q \supset q)$:

$$\begin{aligned} Q &\subset \bigcup_{l=1}^p Q_l, (q_l \in Q_l, l = \overline{1, p}), \\ Q_l &= \{q_l; q_l^* \leq q_l \leq q_l^*, l \in N_1, \\ q &= \{q_{l_1}, q_{l_2}, q_{l_3}, \dots, q_{l_k}, q_{l_{k+1}}, \dots, q_{l_{k_r}}\}, l \in N_2, \\ N_1 \cup N_2 &= \{\overline{1, p}\}, \end{aligned} \quad (2)$$

где Q_l - множество вариантов технологических процессов изготовления ПМК; p - количество технологических методов изготовления, входящих в технологический процесс; q_l^*, q_l^* - соответственно нижняя и верхняя границы области технологических возможностей l -го существующего (реализованного) метода; q_{l_k} - технологические возможности новых предполагаемых операций ($k = \overline{1, k_l}$).

Определенные сочетания $q_{l_1}, q_{l_2}, \dots, q_{l_k}$ определяют пространство состояний Ω системы ТОЭХ. Пара $\{t, q_l\}$, где $t \in T$, $q_l = \{PK_l, \Pi_j\}$, характеризует технологические воз-

возможности по обеспечению $(PK_i, \Gamma P_j)$ технологических методов. Множество $\{t \times q_i\}$ - образует фазовое пространство W , причем $W \in \Omega$. Исходя из иерархической структуры целей системы, выберем в пространстве Ω систему координат $\{КП, ТУ, ЭП\}$, где КП - качество поверхности; ТУ - технический уровень технологического процесса, отражающий такие цели как производительность, гибкость технологического процесса и т.д.; ЭП - затраты. Переходная функция взаимосвязи подсистем

$$\varphi = \{T \times Q_i \times X\} \rightarrow \{PK_{i\text{фин}}, \Gamma P_{j\text{фин}}\} \rightarrow q_i \quad (3)$$

является траекторией в фазовом пространстве и определяет поведение системы, т.е. формирование технологического процесса. Функционирование целенаправленной системы ТОЭХ подчинено достижению главной цели - обеспечению ЭХ, при этом система из всех возможных принимает состояние, обеспечивающее определенные значения функционала выхода:

$$\varphi: T \times q \rightarrow Y \rightarrow EX = \begin{cases} P = f(\Gamma P_j, PK_i), \\ \alpha_{i\max} = f(\alpha_i, \Gamma P_j, PK_i), \\ PK_{i\min} \leq PK_i \leq PK_{i\max}, \\ \Gamma P_{j\min} \leq \Gamma P_j \leq \Gamma P_{j\max}. \end{cases} \quad (4)$$

Функционал выхода ψ , отражающий взаимодействие главной цели с параметрами подсистем, определяет состояние системы в момент времени и является мерой целенаправленности. Поэтому, как видно из (4), конечное состояние системы определяется пространством ЭХ, являющимся главной целью системы и оцениваемым посредством КП, ТУ и ЭП, а ее всевозможные пути достижения определяются переходной функцией взаимосвязи φ . При этом пространство ЭХ является достигнутым только при соответствующих значениях КП, ТУ и ЭП:

$$(EX) = \begin{cases} KP_{\min} \leq KP \leq KP_{\max}, \\ TU_{\min} \leq TU \leq TU_{\max}, \\ EP_{\min} \leq EP \leq EP_{\max}, \end{cases} \quad (5)$$

где $KP_{\min}$, $TU_{\min}$, $EP_{\min}$ и $KP_{\max}$, $TU_{\max}$ и $EP_{\max}$ - соответственно минимальные и максимальные значения этих критериев.

Показано, что системная модель (I) определяет функциональные свойства системы ТОЭХ посредством установления соответствия

X, Y, t , для чего выявлены взаимосвязи и взаимодействия подсистем в виде моделей, связывающих Γ_{Pi} и PK_i , режимы обработки для основных технологических методов изготовления, параметра σ_{imax} (максимальная интенсивность напряжений в зоне рабочей поверхности), характеризующего условия выполнения ЭХ. Полученный функционал выхода (4) имеет вид:

$$ЭХ: \sigma_{imax} = f[\sigma_{in}, \alpha_\sigma(\alpha_{\Gamma_{Pi}}, \varepsilon_\sigma(PK_i), \sigma_T)]. \quad (6)$$

σ_{in} - параметр характеризующий состояние поверхности в центре детали определяемый как:

$$\sigma_{in} = \frac{\rho(D^2 + 4,2H_B^2)}{16tH_B} \cdot e^{-\varepsilon_t}, \quad (7)$$

где ρ - рабочее давление; D - диаметр заземления детали;

H_B - высота прогиба центра детали; t - толщина детали;

ε_t - деформация детали в центре по толщине;

$\alpha_{\Gamma_{Pi}}$ и $\varepsilon_\sigma(PK_i)$ - коэффициенты концентрации напряжений, учитывающие влияние геометрических параметров и параметров шероховатости рабочей поверхности. $\varepsilon_\sigma(PK_i)$ определяется выражением:

$$\varepsilon_\sigma = 1 + 7,542 \sqrt{R_{max}(5,5R_a - R_p)^3 / R_a S_m}, \quad (8)$$

где R_{max} - максимальная величина шероховатости; R_a - среднее арифметическое отклонение профиля; R_p - высота сглаживания неровностей; S_m - средний шаг неровностей;

σ_T - предел текучести в зоне рабочей поверхности описывается зависимостью (ИХИ8НУТ):

$$\sigma_T = -213,4 + 0,3544 H_\mu - 0,3677 \cdot 10^{-4} H_\mu^2, \quad (9)$$

где H_μ - микротвердость поверхности в МПа.

Предельные значения Γ_{Pi} и PK_i определяются в подсистеме конструкторского обеспечения ЭХ из условия:

$$S_H = [(1,1 \dots 1,15) S_B - \sigma_{imax}] \rightarrow \min, \quad (10)$$

где S_B - истинный предел прочности материала заготовки.

В этом случае общей стратегией функционирования подсистемы технологического обеспечения ЭХ является поиск кратчайшего пути, обеспечивающего минимум S_H . Переходная функция φ (3)

На основе анализа конструктивных форм профиля и контура рабочей поверхности, геометрических параметров, РИМК разработана морфологическая матрица возможных конструктивных решений, которая позволяет выбирать технологичные варианты конструкции детали, что опосредствовало высокой эффективности проведения экспериментальных исследований.

При проведении основного эксперимента был реализован ПФЭ 2³. Варьируемыми факторами являлись следующие геометрические параметры: глубина h (0,11...0,35 мм), диаметр контура D_n (40,0...60,0 мм) рабочей поверхности, толщина t (0,5...0,7 мм), диаметр D (40...60 мм) детали, угол перемычки β (40...90°). Интервалы варьирования факторов выбирали по априорным данным и на основании результатов предварительных экспериментов таким образом, чтобы в этих пределах получалось монотонное изменение исследуемых параметров. Исследования проводились на образцах, полученных из проката (материал 12Х18НЮТ).

Для проведения экспериментальных исследований была создана подсистема экспериментальных исследований (ПЭИ). Основу ПЭИ ЭХ составляет испытательно-измерительный стенд снабженный контрольно-измерительной, регистрирующей аппаратурой и системой автоматизации научных исследований на базе микроЭВМ "Искра-226". ПЭИ применяется при определении геометрических параметров детали и рабочей поверхности, обеспечивающих срабатывание в заданных диапазонах нагрузок на основе создания, проверки и корректировки математических моделей, связывающих технологические и геометрические параметры с ЭХ. На основе проведенных экспериментов получены математические зависимости.

В главе приведена методика определения и исследования параметров, характеризующих ЭХ РИМК. Как было показано в (7) состояние поверхности в центре РИМК определяется параметрами ξ_t и H_B . Экспериментально подтверждена достоверность разработанной методики определения ξ_t и H_B . Показано, что для определения ξ_t и H_B следует пользоваться зависимостями связывающими их непосредственно с геометрическими параметрами и показателями качества рабочей поверхности детали (h , r и H_M).

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований закономерностей формирования показателей качества поверхности и их взаимосвязи с технологическими факто-

10

рами процесса изготовления.

В настоящее время остро стоит вопрос совершенствования и разработки новых технологических методов (процессов) изготовления рассматриваемых деталей. В работе предложен новый способ изготовления ПМК, заключающийся в получении контура рабочей поверхности путем предварительного деформирования части заготовки в пределах упругости материала заготовки в процессе обработки. Разработаны конструкции приспособлений для реализации этого способа на станках токарной и расточной групп.

Исследованы методы механической, электроэрозионной и электрохимической обработки ПМК.

В результате экспериментальных исследований установлено влияние технологических факторов на разноточность и разноточность рабочей поверхности по контуру ее нанесения. Выявлено, что с точки зрения обеспечения ЭХ, целесообразным является изготовление ПМК механической обработкой (точением) с вакуумным прижимом на станках с ЧПУ.

Необходимость экспериментального исследования формирования показателей качества поверхностного слоя рабочей поверхности

ПМК в зависимости от режимов применяемых методов обработки обусловлена влиянием PK_i , как показано в (7), (8), (9), на процесс разрушения (срабатывания) ПМК, а также особенностью обработки неместных дисковых заготовок.

Для исследования влияния режимов резания при механической обработке на PK_i были проведены эксперименты для широкого и узкого профилей рабочей поверхности. Обработку ПМК из листового материала 12Х18Н10Т толщиной 0,6 мм, производили на токарном станке модели АТПУ-125 и координатно-расточном станке модели ЗУ430.

Первый эксперимент ("широкий профиль") был посвящен исследованию влияния на PK_i рабочей поверхности глубины резания h_t , скорости резания U , подачи $S_{\text{поп}}$, радиуса резца при вершине r_0 и переднего угла γ , который был реализован по плану ДФЭ 2⁵⁻¹. Функции откликов в этом случае представляли в виде системы уравнений (II), где $PQ_1 = U$; $PQ_2 = (90 + \gamma)$; $PQ_3 = r_0$; $PQ_4 = S_{\text{поп}}$ и $PQ_5 = h_t$.

В другом эксперименте ("узкий профиль") в качестве независимых переменных исследовались глубина резания h_t , скорость

резания σ , радиус при вершине резца r_b и передний угол γ , который реализовывался по плану ПЗЗ 2⁴. Функции откликов в этом случае искали аналогично первому эксперименту в виде (II).

При проведении экспериментов отливками явились параметры шероховатости ($R_z, R_a, R_p, R_{max}, S_m$) и наклепа (микротвердость H_μ), входящие в зависимости (8) и (9). Шероховатость поверхности измеряли на профилографе-профилометре мод. 201, а микротвердость определяли с помощью прибора ПМТ-3. Распределение микротвердости по остаточной толщине детали определяли на микрошлифах с помощью микроскопа "NEOFOT-21" и прибора ПМТ-3.

Дополнительная проверка полученных зависимостей в заданных интервалах варьирования переменных показала, что их можно рекомендовать для определения показателей качества поверхностного слоя рабочей поверхности, формирующихся при механической обработке РПМК из стали 12Х18Н9Т твердосплавными резцами в диапазоне режимов обработки: $\sigma = 0,5 \dots 4,0$ м/с, $S = 0,04 \dots 0,14$ мм/об; $\gamma = +10^\circ \dots -10^\circ$; $r_b = 0,05 \dots 0,5$ мм; $h_f = 0,15 \dots 0,3$ мм.

Алмазное выглаживание в технологическом процессе изготовления РПМК предусмотрено для формирования необходимых значений PK_i (H_μ) по толщине детали в зоне рабочей поверхности. Выявлены особенности и механизм формирования H_μ по толщине детали. При алмазном выглаживании РПМК обрабатываемые поверхности имеют малые размеры (толщина 0,5...0,8 мм, ширина рабочей зоны 1,0...2,5 мм) на два и более порядка меньше величины контактной площадки между индентором и обрабатываемой поверхностью. Кроме того, при обработке осуществляется схема многоскратного нагружения. При этом реакция опор установочного элемента, равная по величине радиальной составляющей силы выглаживания P_y , создает условие "двухстороннего выглаживания", что приводит к распространению наклепа на всю толщину детали.

По аналогии с механической обработкой проводились эксперименты для узкого и широкого профилей рабочей поверхности. При проведении эксперимента "узкий профиль" варьировались сила выглаживания P_y , радиус инструмента $R_{сф}$ и количество повторного нагружения k . Для эксперимента "широкий профиль" вместо k вводили поперечную подачу $S_{поп}$. Для получения зависимости параметров наклепа по толщине детали последнюю принимали

четвертым варьируемым фактором. Эксперименты "широкий профиль" и "узкий профиль" были реализованы в виде ПФЭ 2^4 . В результате проведенных исследований получены уравнения вида (II), которые позволяют получить количественную оценку влияния режимов алмазного выглаживания на изменение параметров упрочнения детали. Показано, что при алмазном выглаживании в зоне рабочей поверхности можно управлять величиной микротвердости по толщине детали, обеспечивая 2-х - 3-х кратное увеличение по сравнению с микротвердостью исходной заготовки.

В пятой главе приведены результаты реализации разработанной методики технологического обеспечения ЭХ.

Для оценки возможностей разработанной методики по обеспечению ЭХ были проведены эксперименты на созданном макете имитирующей систему ТОЭХ. Структура экспериментального макета включает: систему измерительных устройств (ИУ), представляющую собой подсистему метрологического обеспечения ЭХ; микро-ЭВМ ("Искра-226", ПЭВМ типа IBM PC XT); ЭВМ высшего уровня (ЕС-1033), станок с ЧПУ (станок мод. АТПУ-125).

Первичная информация о микротвердости H_m материала и толщине t каждой заготовки от ИУ поступает в микро ЭВМ, где заложено математическое обеспечение системной модели в виде пакета прикладных программ SMTOECH. Данные о конструкции детали и узла вводятся в режиме диалога. В системной модели строится технологический процесс. При этом любая деталь обрабатывается согласно предварительно разработанному технологическому процессу (ТП). Считается (априори), что требуемые ЭХ ПМК могут быть обеспечены штатным ТП (заготовка-точение, или заготовка-алмазное выглаживание-точение) с входным, промежуточным и окончательным контролем параметров Π_j и Π_{K_i} . Структура операции (количество переходов, инструментов, режимы резания и т.д.) может быть различной для каждой детали в зависимости от колебания исходных значений H_m и t . Первоначально последовательно просматриваются все технологические методы с поиском и запоминанием значений Π_j и Π_{K_i} из области их технологических возможностей, удовлетворяющих условию $ЭХ \supset [\sigma_{max} - \varepsilon; \sigma_{max} + \varepsilon]$ где ε - половина допуска на эталонное значение σ_{max} . Если имеющиеся методы не обеспечивают это условие, то в структуру технологического процесса вводится предварительная обработка -

алмазное выглаживание зоны рабочей поверхности. Затем цикл повторяется. Из полученных значений σ_{max} по каждому маршруту, находим маршрут со значениями σ_{max} максимально близкими к эталонному значению. Если такой маршрут существует, то фиксируются достигаемые в его ходе значения Π_j, Π_k и на их основе осуществляется формирование управляющей программы для станка с ЧПУ, которая передается в устройство ЧПУ станка.

В процессе изготовления производится промежуточный контроль. Фактические значения соответствующих параметров Π_j и Π_k после выполнения каждой операции должны находиться в пределах полей допусков на данные параметры. Информация о фактических значениях Π_j и Π_k поступает в микроЭВМ, где проверяется условие выполнения ЭХ. В ходе ТП возможны такие изменения производственной ситуации, вызванные действием какого-либо возмущающего фактора, что фактические значения Π_j и Π_k будут отличаться от расчетных. Нормативный ход выбранного ТП нарушается и дальнейшее продолжение ТП может привести к непредсказуемым с точки зрения ЭХ результатам. В этом случае оперативная информация о ходе процесса подвергается анализу и при необходимости назначаются дополнительные операции, включаемые в ТП. Если отклонения слишком велики, деталь бракуется. После окончательной обработки, контроля и проверки условия выполнения ЭХ, для сопровождения изготовленной детали печатается ее чертёж с фактическими значениями геометрических параметров, показателями качества поверхностного слоя рабочей поверхности и с прогнозируемой ЭХ. Разработанный пакет программ SMTOESH при реализации системы ТОЭХ может применяться как программа проектирования технологического процесса и управления ходом процесса изготовления при поступлении оперативной информации о производственной ситуации. Эксперименты, проведенные на созданном макете с использованием разработанных ИУ и программного обеспечения показали, что система ТОЭХ позволяет стабильно обеспечивать ЭХ. Так при изготовлении партии деталей из 100 штук, при разбросе исходной микротвердости H_{μ} и толщины t в пределах 1750...3000 МПа и 4,5...5,0 мм соответственно (материал 12Х18НЮТ) был обеспечен разброс фактических значений давления обрабатывания, при заданных значениях рабочего давления 2,0 МПа.

Приведена экономическая эффективность проведенных исследова-

дований от внедрения результатов в производство.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Устойчивое обеспечение ЭХ деталей рассматриваемого класса при колебаниях физико-механических свойств материалов исходных заготовок и случайных изменениях производственной ситуации возможно только на основе системного подхода.

2. Для обеспечения ЭХ деталей рассматриваемого класса целесообразен отказ от "жестко" заданных конструктивных параметров деталей и "жестко" заданного технологического процесса их изготовления. Конструктивные параметры и технологический процесс изготовления должны определяться индивидуально для каждой детали в зависимости от фактических значений физико-механических свойств материала заготовки и требуемой ЭХ с учетом возможностей применяемых технологических методов и конкретной производственной ситуации.

3. Управление ЭХ возможно на основе конструкторско-технологических мероприятий, учитывающих особенности и закономерности формирования показателей качества поверхностного слоя рабочей поверхности РПМК в процессе изготовления.

4. проведенные теоретические и экспериментальные исследования влияния геометрических параметров деталей на ЭХ позволили разработать новую, более технологичную и надежную конструкцию РПМК.

5. Определены закономерности формирования показателей качества поверхностного слоя деталей в процессе их изготовления и на основе теоретических и экспериментальных исследований установлены взаимосвязи ЭХ и параметров технологического процесса изготовления РПМК.

6. Разработанный комплекс технических средств, включающий испытательно-измерительный стенд и систему автоматизации научных исследований на базе микроЭВМ, рекомендуется использовать как подсистему экспериментальных исследований системы ТОЭХ.

7. Использование разработанного программного продукта обеспечивает целенаправленное автоматическое управление ЭХ как на стадии проектирования технологического процесса обработки РПМК, так и в процессе изготовления.

8. Для РПМК из нержавеющей стали 12Х18Н10Т толщиной 0,5...

0,6 мм ЭХ обеспечиваются при формировании рабочих поверхностей точением с вакуумным прижимом на станке с ЧПУ резцом с передним углом $+8...+13^\circ$ и радиусом при вершине 0,05...0,1 мм при скорости резания 2...3 м/с и подаче 0,05...0,1 мм/об.

9. Реализация разработанной методики технологического обеспечения ЭХ для РМЖ (материал 12Х18Н10Т, толщина 0,5...0,6 мм) позволила снизить разброс фактических значений давления срабатывания от заданного (2,0 МПа) до 14...18% по сравнению с 60...70% в существующей практике.

10. Экономический эффект от внедрения результатов работы на предприятиях г.Москвы составит 8440 руб. в год.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Волков О.Ю., Бимендиев А.Ш. Стратегия технологического управления эксплуатационной надежностью разрушаемых деталей // Конструктивно-технологические методы повышения надежности и их стандартизация: Тез.докл. Всесоюз.науч.-технич.конференции. - Тула, 1988. Часть I. - С. 60.

2. Волков О.Ю., Кондаков А.И., Бимендиев А.Ш. Технологическое управление эксплуатационными характеристиками разрушаемых деталей // Оптимизация технологических процессов по критериям прочности: Межвузовский научный сборник / Отв.ред. В.С.Му-хип. - Уфа: УАИ, 1988. - С. 31-37.

3. Волков О.Ю., Кондаков А.И., Бимендиев А.Ш. Исследование технологии изготовления разрушаемых деталей // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1989. - № 3. - С. 146-149.

О. Бимендиев