

На правах рукописи

**АНТИПОВ Дмитрий Вячеславович**

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
ДЕТАЛЕЙ ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩЕГО  
ИНСТРУМЕНТА**

Специальность 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Тольятти - 2006

Работа выполнена на кафедре управления качеством, стандартизации и сертификации Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тольяттинский государственный университет»

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор  
Щипанов Владимир Викторович

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
Чекмарев Анатолий Николаевич

кандидат технических наук, доцент  
Осипов Александр Петрович.

**Ведущая организация:** Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет»

Защита состоится 27 декабря 2006 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.215.03 при Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева» по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева».

Автореферат разослан 24 ноября 2006 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.215.03  
доктор технических наук, профессор

В.Р. Каргин

## Общая характеристика работы

**Актуальность.** По экономическим и функциональным причинам техника ивается в направлении усложнения изделий, уменьшения технологических допусков, увеличения точности их изготовления. При изготовлении сложной техники применяется достаточно большое количество деталей с фасонной поверхностью (ДФП), к которым предъявляются жесткие требования по точности. Особенностью изготовления ДФП в массовом производстве является то, что параметры профиля ДФП формируются одновременно формообразующим инструментом (ФИ), но имеют различие по функциональному назначению и точностным характеристикам. Кроме того, износ таких поверхностей происходит по-разному.

Инструментальное обеспечение технологического процесса является важнейшей составляющей производства продукции, так как качество изготовленных ДФП в значительной степени определяется погрешностями инструментов. Применение ФИ повышает производительность и снижает стоимость изготовления ДФП.

Является очевидным, что необходимо внедрять современные методы управления качеством изготовления ДФП, методы управления проектированием и изготовлением ФИ, а также совершенствовать их метрологическое обеспечение.

### **Целью исследования является:**

снижение уровня дефектности деталей при механической обработке фасонных поверхностей за счет включения этапов проектирования и изготовления ФИ в процесс управления качеством деталей.

### **Задачи исследования:**

1. Провести анализ системы «ДФП-ФИ» и разработать методику управления качеством деталей с фасонными поверхностями, включающую этапы проектирования и изготовления формообразующего инструмента.
2. Разработать методику назначения допусков на исполнительные параметры формообразующих инструментов, обеспечивающих снижение уровня дефектности деталей с фасонными поверхностями.
3. Разработать методику метрологического обеспечения процесса изготовления формообразующего инструмента, обеспечивающую максимальную воспроизводимость технологического процесса при минимальных затратах.
4. Провести апробацию и оценить экономическую эффективность предложенных методик.

**Объектом исследования** являются процессы изготовления деталей с фасонными поверхностями, включающие этапы проектирования и изготовления формообразующего инструмента.

**Предметом исследования** является совершенствование процессов управления воспроизводимостью технологических процессов механической обработки деталей с фасонными поверхностями.

**Методы исследования** основывались на системном анализе, процессном подходе, методологии всеобщего управления качеством, математическом моделировании, теории

вероятностей и математической статистике, а также реальных экспериментальных исследованиях с целью проверки адекватности теоретических положений.

***Научной новизной работы обладают следующие результаты исследования:***

- методика управления качеством деталей с фасонными поверхностями, включающая этапы проектирования и изготовления формообразующего инструмента;
- методика управления качеством деталей с фасонными поверхностями с одновременным выполнением нескольких размеров путем построения контрольных карт по одному из них «критическому», т.е. имеющему минимальную воспроизводимость;
- методика назначения допусков на исполнительные параметры формообразующего инструмента на основе структурно-вероятностного подхода, обеспечивающая точность обработки критического размера ДФП по критерию минимальной дефектности;
- методика выбора средств измерения деталей с фасонными поверхностями и формообразующих инструментов с использованием функций потерь от погрешности измерения и затрат на измерительный процесс;
- алгоритм построения функции потерь от погрешности измерений для деталей с фасонными поверхностями и формообразующих инструментов и функции затрат на процесс измерения для экономической оценки измерительных процессов.

***Практическая значимость.***

Использование методики управления качеством деталей с фасонными поверхностями, включающая этапы проектирования и изготовления ФИ позволяет снижать уровень дефектности ДФП, методика метрологического обеспечения процесса изготовления ФИ обеспечивает максимальную воспроизводимость технологического процесса при минимальных затратах, что повышает экономическую эффективность производства продукции.

***Реализация результатов работы.***

Результаты исследований и разработок составили основу четырех методик и двух руководящих документов, прошли практическую апробацию и внедрены на ОАО «АВТОВАЗ» (инструментальное производство) и ООО «Профи-Тул». Совершенствование процессов управления воспроизводимостью технологических процессов механической обработки деталей с фасонными поверхностями и внедрение авторских методик позволило повысить качество и снизить уровень дефектности ДФП на 0,8 %.

Экономический эффект от внедрения результатов только на ОАО «АВТОВАЗ» составил 250 тыс.руб.

**На защиту выносятся:**

1. Методика управления качеством деталей с фасонными поверхностями, включающая этапы проектирования и изготовления формообразующего инструмента.
2. Методика управления качеством деталей с фасонными поверхностями с одновременным выполнением нескольких размеров, путем построения контрольных карт по одному из них «критическому», т.е. имеющему минимальную воспроизводимость.

3. Методика назначения допусков на исполнительные параметры формообразующего инструмента, обеспечивающего обработку критического размера ДФП по критерию минимальной дефектности.
4. Методика выбора средств измерения (СИ) деталей с фасонными поверхностями и формообразующих инструментов с использованием функций потерь от погрешности измерения и затрат на измерительный процесс.
5. Алгоритм построения функции потерь от погрешности измерений для деталей с фасонными поверхностями и формообразующих инструментов и функции затрат на процесс измерения для экономической оценки измерительных процессов.

*Достоверность* теоретических разработок, научных положений и выводов подтверждается корректностью применения математического аппарата, теории управления, метрологии, согласованностью результатов теоретических расчетов с данными определенными в процессе практической апробации работы.

*Личный вклад автора.* Автору принадлежат постановка задач исследования, сбор и анализ необходимой информации, разработка методик управления качеством изготовления ДФП, назначения допусков для ФИ и выбора СИ для изготовления ФИ и ДФП, обоснование функции потерь и функции затрат для измерительных процессов ФИ и ДФП, а также разработка руководящих документов по повышению качества процессов механической обработки ДФП и ФИ применительно к производству ОАО «АВТОВАЗ». Автор самостоятельно обобщил и оформил результаты работы.

*Апробация работы.* Содержание настоящей работы обобщает результаты исследований, полученных автором за период с 2002 по 2006 годы, по повышению качества изготовления ДФП за счет совершенствования процессов проектирования и изготовления ФИ и методики выбора соответствующих СИ, а также экономической оценки измерительных процессов с помощью функции потерь и функции затрат. Результаты докладывались на 2 международных, 5 всероссийских и 5 региональных конференциях и семинарах. Диссертационная работа в полном объеме докладывалась на заседании кафедры «Управление качеством, стандартизация и сертификация» Тольяттинского государственного университета.

Материалы работы используются в учебном процессе при чтении курсов «Технология и организация производства», «Метрология, стандартизация и сертификация».

**Публикации по теме диссертации.** Содержание работы отражено в 16 научных трудах, из них 4 - в трудах Самарского научного центра РАН и 1 в вестнике Самарского государственного технического университета.

#### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, списка используемых источников, 115 наименований и 5 приложений. Диссертация содержит 150 страниц печатного текста, 49 рисунков, 19 таблиц. Общий объем работы составляет 178 страниц.

## Содержание работы

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, формулируется цель и задачи работы, проводится выбор объекта и предмета исследования, указывается научная новизна и практическая значимость результатов работы, определяются выносимые на защиту научные положения и результаты.

**В первой главе** «Современное состояние управления качеством изготовления деталей с фасонными поверхностями» проведен анализ особенностей управления качеством процессов изготовления ДФП и применение методов статистического управления, особенностей проектирования и изготовления ФИ, проблем метрологического обеспечения изготовления ФИ и ДФП, в частности, выбора средств измерения.

Теоретическую основу разработанных решений составили основные принципы TQM, системный и процессный подходы, положения теоретической метрологии, большой вклад в развитие которых внесли отечественные ученые и специалисты: Адлер Ю.П., Барвинок В.А, Белобрагин В.Я., Бойцов В.В., Бойцов Б.В., Борадачев Н.А., Васильев В.А., Версан В.Г., Гличев А.В., Глудкин О.Г., Горленко О.Р., Данилов И.П., Космачев Д.И., Миф Н.П., Назаров Н.Г., Патричный В.А. Субетто А.И., Сычев Е.И., Шлыков Г.П., Чекмарев А.Н., Щипанов В.В., а также зарубежные ученые: Деминг Э., Джуран Д., Фейгенбаум А., Сегецци Г., Исикава К., Тагути Г., Шухарт В. и др.

Анализ отечественной и зарубежной литературы в области управления качеством изготовления продукции и метрологического обеспечения показывает, что целый ряд вопросов по изготовлению фасонных деталей еще не получили должного развития. Создавшееся положение объясняется тем, что до сих пор вопросы применения статистических методов управления при изготовлении ДФП, методов проектирования допусков на исполнительные параметры ФИ, учитывающих особенности технологической системы, теоретически не обоснованы.

Управление качеством изготовления ДФП может развиваться по нескольким направлениям. Для того чтобы определить наиболее перспективные направления для улучшения, была применена методика структурирования функций качества QFD. С помощью методики QFD были выявлены основные требования потребителей и заказчиков ДФП. К основным требованиям относятся: точность рабочих поверхностей ДФП; уровень дефектности партии ДФП; ресурс ДФП.

Результатам применения методики QFD стало то, что на основании голоса потребителей определены основные направления для улучшения. К этим направлениям относятся:

- управление качеством механической обработки ДФП;
- управление метрологическим обеспечением ДФП.

Качество механической обработки ДФП можно повысить, используя статистические методы управления. Анализ используемых статистических методов управления показал, что наиболее эффективными методами при механической обработке ДФП являются контрольные карты (КК). Однако применение КК на практике затруднено особенностями механической обработки ДФП, одной из которых является

невозможность раздельного управления качеством получаемых размеров ДФП, а также отсутствием методик их внедрения на производстве.

Очевидно, что необходимо совершенствовать подходы к использованию КК для управления качеством механической обработки ДФП.

Весомыми факторами, влияющими на качество ДФП при механической обработке, являются точность элементов технологической системы для изготовления ДФП, в частности, точность исполнительных параметров ФИ и его метрологическое обеспечение. Поэтому, управление качеством ДФП должно включать управление качеством ФИ и управления качеством метрологического обеспечения.

На воспроизводимость технологических процессов изготовления ДФП будут влиять вышеперечисленные факторы. Становится очевидным, что воспроизводимость технологического процесса изготовления ДФП будет определяться назначением допусков на размеры ФИ с погрешностями их измерения.

Проблема повышения качества фасонных деталей требует ответов на следующие вопросы: каким должно быть качество (воспроизводимость) процессов механической обработки ДФП, какова должна быть точность элементов технологической системы изготовления ДФП, в частности ФИ, для обеспечения требуемого уровня качества процессов механической обработки ДФП, как сделать метрологическое обеспечение производства ФИ и ДФП экономически целесообразным и при этом быть уверенными в том, что требуемое качество ДФП достигается и поддерживается на заданном уровне.

По результатам анализа первой главы сформулированы цель и задачи исследования.

**Вторая глава** «Разработка методики управления качеством изготовления деталей с фасонными поверхностями, включающей этапы проектирования и изготовления формообразующего инструмента» посвящена управлению качеством механической обработки ДФП с использованием статистических методов управления, выбора критического параметра ДФП, структурно-вероятностному обоснованию допусков на изготовление исполнительных параметров ФИ с учетом величины износа инструмента.

Механическая обработка ДФП является достаточно сложным технологическим процессом. Для обеспечения заданной точности параметров ДФП возникает необходимость применения соответствующего оборудования, оснастки и ФИ. Причем, точность параметров элементов технологической системы, в которой изготавливается ДФП, должна гарантировать заданное качество технологического процесса (технологический допуск). Кроме этого, при механической обработке ДФП невозможно раздельно управлять ее параметрами.

В работе предлагается методика управления качеством механической обработки ДФП, основанная на управлении технологической точностью процесса изготовления ДФП с использованием индексов воспроизводимости процесса (Рис. 1). Управляя индексами воспроизводимости технологического процесса, можно управлять качеством изготовления ДФП и прогнозировать уровень дефектности.

Управление качеством механической обработки ДФП с одновременным выполнением нескольких размеров может оцениваться по одному критическому размеру,

при этом границы регулирования должны определяться с учетом погрешностей изготовления ФИ.

В работе предложена методика определения критического параметраДФП. Критический параметрДФП может быть определен по ряду критериев: степень его влияния на качество функционирования узла или изделия в целом; величине допуска, воспроизводимости параметра, скорости износа исполнительных параметров ФИ, формирующих параметрДФП и другими соображениями.

В итоге критический параметр является параметром «управления», для которого будут вестись все расчеты по точности ФИ. Через этот параметр обеспечивается обратная связь с потребителем.

Изменение подхода к управлению качеством механической обработкиДФП в сторону ужесточения допуска на критический параметрДФП предполагает и изменения подхода к определению допусков на исполнительные параметры ФИ и метрологическому обеспечению изготовления ФИ.

Реализовать это можно при применении методики управления проектированием и изготовлением ФИ, являющейся неотъемлемой частью управления качеством механической обработкиДФП (Рис.1). Реализовывается данная методика на основе дуальной системы управления качеством ФИ (Н.А. Селезнева, А.И. Субетто), имеющая два взаимодействующих канала: управление качеством на стадии проектирования ФИ и управление качеством на стадии изготовления ФИ.



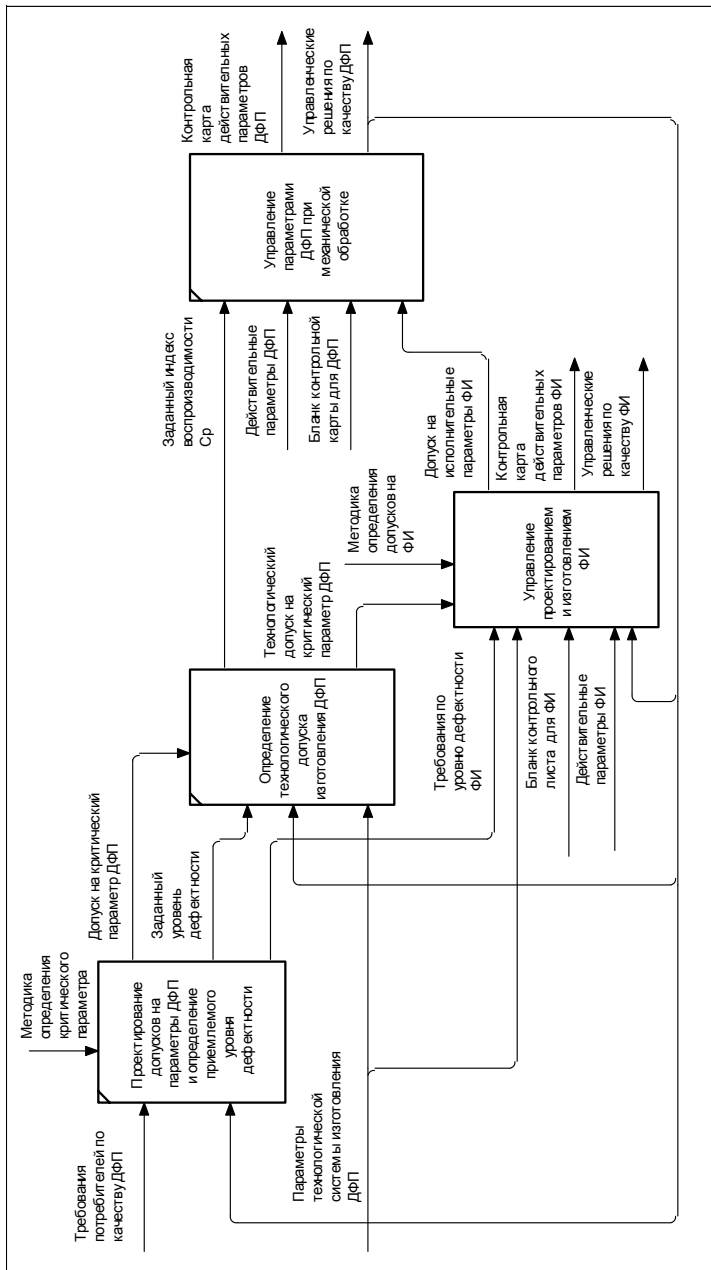


Рис. 1 Процессы управления качеством механической обработки ДФП

Определение величины допуска на исполнительные параметры ФИ на стадиях проектирования и изготовления проводится с использованием структурно-вероятностного анализа.

Для этого рассматривается схема получения ДФП: технологическое оборудование – оснастка – ФИ →ДФП, и вводятся обозначения: событие  $A$  – на выходе будет получена ДФП требуемого уровня  $\frac{\gamma}{100}$ , ( $\frac{\gamma}{100}$  – вероятность обеспечения параметра в установленном допуске);  $A_1$  – обеспечивается необходимое «качество» (точностные параметры) функционирования оборудования,  $A_2$  – обеспечивается «качество» (точностные параметры) оснастки,  $A_3$  – обеспечивается «качество» (точностные параметры) формообразующего инструмента.

В соответствии с алгеброй событий  $A = A_1 A_2 A_3$ . Соответствующая составляющая  $A_i$  обеспечивает требуемый уровень качества ДФП с вероятностью  $P(A_i)$ . Тогда по теореме умножения в силу независимости событий  $A_i$  имеем

$$P(A) = P(A_1)P(A_2)P(A_3) \geq \frac{\gamma}{100}. \quad (1)$$

На стадии проектирования принимаются все события равновероятные  $P(A_1) = P(A_2) = P(A_3) = P$ , что приводит к неравенству вида  $P^3 \geq \frac{\gamma}{100}$ , из которого вероятность обеспечения требуемого уровня качества ФИ  $P(A_3)$  может быть рассчитана по формуле:

$$P(A_3) = \sqrt[3]{\frac{\gamma}{100}}. \quad (2)$$

При условии, что в поле допуска размеры распределяются по нормальному закону, можно путем логических рассуждений получить соотношение между среднеквадратическими отклонениями поля допуска для детали  $\sigma_o$  и инструмента  $\sigma_u$  в виде:

$$\sigma_u = \frac{6\sigma_o}{2u_p}, \quad (3)$$

где  $u_p$  – квантиль найденной вероятности  $P(A_3)$ .

В этом случае величина допустимого значения  $\sigma_u$  для инструмента даст возможность обеспечить требуемую вероятность достижения качества ДФП при

условии, что требуемый для обеспечения трехсигмовый предел будет внутри поля допуска ДФП по критическому параметру.

**На стадии изготовления** вероятности  $P(A_1)$ ,  $P(A_2)$ ,  $P(A_3)$  могут быть не равными, тогда для них составляется пропорция относительно  $P(A_3) = P_u$ , находящаяся путем определения соотношения для  $P(A_1) = K_1 P_u$ ,  $P(A_2) = K_2 P_u$ . В результате получается неравенство вида  $K_1 K_2 P_u^3 \geq \frac{\gamma}{100}$ , которое дает возможность определить

искомую вероятность  $P_u = \sqrt[3]{\frac{\gamma}{100 K_1 K_2}}$ , а затем воспользоваться формулой (3) для

отыскания соответствующего значения квантиля  $u_p$  и величины среднеквадратического отклонения исполнительного параметра ФИ.

Получившаяся в результате структурно-вероятностных расчетов величина будет являться «общим» допуском  $T_{\text{фи}}^*$  на исполнительный параметр ФИ, который условно разделяют на две составляющие:

- допуск на управление  $T_{\text{фи}}$ , учитывающий все возможные источники отклонений (погрешностей), возникающие при изготовлении ФИ;
- допустимую величину износа ФИ  $U_{\text{изн}}$ , характеризующую физико-механическими свойствами материала детали, интенсивность износа и рабочими режимами.

Величина износа  $U_{\text{изн}}$  рассчитывается вероятностными методами или устанавливается через параметры стойкости ФИ, зависит от интенсивности износа параметров инструмента и величины погрешности настройки инструмента на заданный параметр.

Допуск на исполнительный параметр ФИ будет рассчитываться по формуле:

$$T_{\text{ФИ}} = T_{\text{ФИ}}^* - U_{\text{изн}}, \quad (4)$$

На основании структурно-вероятностных расчетов величин допусков на исполнительные параметры ФИ была разработана методика назначения допусков на исполнительные параметры ФИ (Рис. 2)[17].

Назначение допусков на размеры ФИ должно оцениваться с учетом точности измерения в процессе его изготовления для обеспечения максимальной воспроизводимости технологического процесса изготовления ДФП.

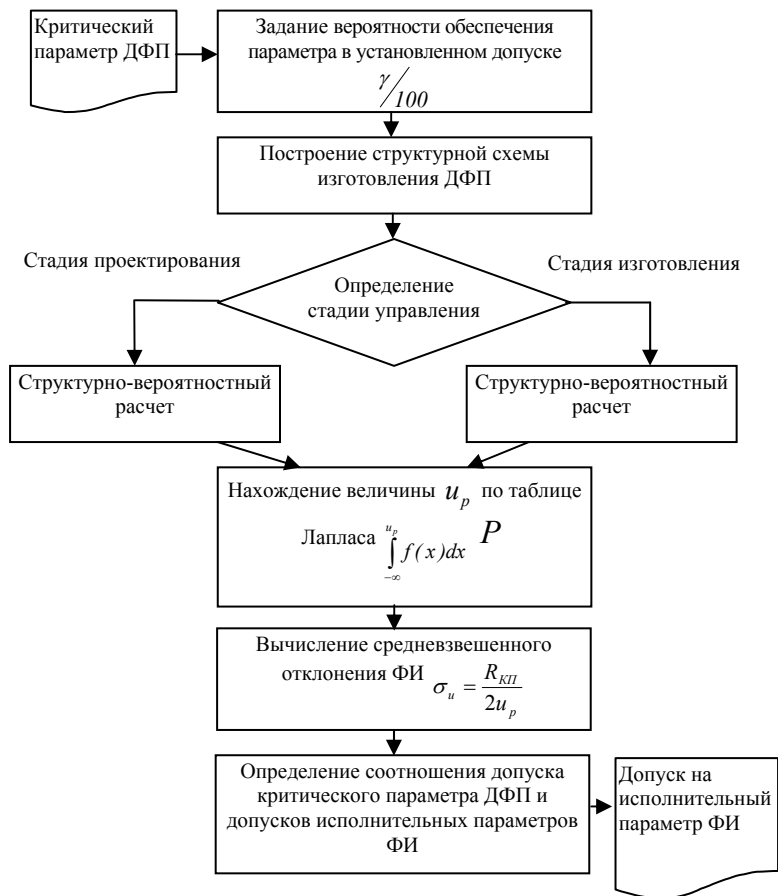


Рис. 2 Алгоритм определения допусков на исполнительные параметры ФИ

Таким образом, применение вышеперечисленных методик управления качеством изготовления ДФП позволит снизить уровень дефектности технологического процесса.

**В третьей главе** «Разработка методики метрологического обеспечения процессов изготовления ФИ и ДФП» исследуются измерительные процессы (ИП) с целью улучшения их элементов, проводится их системный анализ, осуществляется математическое моделирование основных компонентов ИП для построения обобщенной математической модели, предлагаются методики управления качеством изготовления ФИ и ДФП на основе оптимизации потерь от погрешности измерений и выбора СИ для контроля параметров ФИ и ДФП.

Ужесточение допусков на критический параметр ДФП и исполнительные параметры ФИ предполагает и поиск новых подходов к метрологическому обеспечению, в первую очередь, при изготовлении ФИ.

Проведенный системный анализ и синтез ИП выявил необходимость оценки как количественных, так и качественных параметров ФИ, а также позволил определить структурную схему процесса измерения ФИ, обязательными компонентами которой являются объект измерения, СИ, среда и результат измерения.

Измерения протекают в определенных условиях, которые оказывают влияние на результат и погрешности измерения. Объектом исследования является погрешность измерения, и поэтому с помощью причинно-следственных диаграмм были определены факторы, влияющие на ее величину. Результаты проведения анализа позволили разработать схему измерительного процесса, ориентированную на повышение качества измерений для ДФП и ФИ [4,5,8,9].

Для определения возможности применения статистических методов в ходе ИП были собраны в классификационную матрицу все имеющиеся в литературе математические модели, строки которой составляют компоненты измерительного процесса (объект исследования  $M_{об}$ , средства измерения  $M_{си}$ , среда измерения  $M_{ср}$ , результат измерения  $M_{рез}$ , прогнозируемая погрешность результата измерения  $M_{ппр}$ ), а в столбцах представлены характеристики, признаки и математические модели перечисленных компонентов. Данная классификационная матрица позволяет для каждого конкретного параметра ФИ и ДФП по критерию целесообразности построить обобщенную математическую модель ИП (ОММИП) в виде кортежа [12]:

$$\text{ОММИП} = \{M_{об}^*, M_{си}^*, M_{ср}^*, M_{рез}^*, M_{ппр}^*\}. \quad (5)$$

ОММИП строится по схеме

1. Изучается объект измерения и из блока  $M_{об}$  выбирается составляющая  $M_{об}^*$  для него;
2. Для  $M_{об}^*$  подбирается СИ и из блока  $M_{си}$  выбирается режим измерения и соответствующая  $M_{си}^*$ ;
3. Проводится анализ среды измерения  $M_{ср}$ , определяются ее возмущающее воздействие и обосновывается  $M_{ср}^*$ ;
4. Определяется способ представления результата измерения в виде соответствующей модели  $M_{рез}^*$ ;
5. Строится логико-вероятностная модель неуспеха ИП и выбирается  $M_{ппр}$  прогнозируемой погрешности.

На примере ИП фасонного резца была получена следующая модель:

**ОММИП** = {Математическое ожидание; Статические характеристики как функции математического ожидания результатов измеряемой величины; Номинальные значения, допускаемые пределы; Математическое ожидание мультипликативной и аддитивной составляющих результата измерения; Поправки систематических погрешностей из-за старения СИ и внешних условий и случайные погрешности измерительного процесса}.

Проведенный системный анализ ИП позволяет сделать вывод, что для обеспечения установленного уровня дефектности ДФП необходима оптимизация погрешностей измерения.

Присутствие погрешности  $\Delta_{\text{изм}}$  в результате измерения параметров ФИ приводит к необходимости учета закона об обеспечении единства измерений. Закон об обеспечении единства измерений предписывает, чтобы «погрешности не выходили за установленные границы с заданной вероятностью».

Для управления качеством изготовления ДФП и снижения уровня дефектности из-за отклонений параметров от допустимых значений была определена зависимость потерь от погрешности измерения и затрат на измерительный процесс. В работе рассматривался случай, когда отклонение параметров ФИ и ДФП от допустимых значений вызывалось погрешностями измерения  $\Delta_{\text{изм}}$ .

Потери от несоответствующей продукции, появившиеся из-за погрешности измерений, выражаются через уровень дефектности:

$$П = AqN, \quad (6)$$

где  $П$  – потери от погрешности измерений;  $A$  – затраты на несоответствия;  $q$  – уровень дефектности партии ДФП (ФИ);  $N$  – объем партии ДФП (ФИ).

В результате математических преобразований была получена зависимость потерь от уровня дефектности, разброса параметров ФИ и ФД относительно допуска и погрешности измерений:

$$П = A \left[ 1 - 2 \cdot \Phi \left( \frac{\frac{1}{2} \frac{T}{C_p}}{\frac{1}{6} \frac{T}{C_p} + \sigma_{\text{изм}}} \right) \right] \cdot N \quad (7)$$

Патричный В.А. в своих исследованиях определил квадратичную зависимость функции потерь от погрешностей измерения и доказал, что при выражении потерь через среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{\text{изм}}$  они в малой степени зависят от вида распределения погрешностей измерений.

$$П = a\sigma_{\text{изм}}^2 \quad (8)$$

Очевидным является факт, что потери от несоответствующей продукции растут с увеличением погрешности измерения.

На практике вся сложность заключается в определении экономического коэффициента  $a$ , влияющего на функцию. Установленные в работе зависимости потерь от уровня дефектности позволяют рассчитать коэффициент  $a$  и построить ФП и ФЗ как для ФИ, так и для ДФП.

На основании полученных зависимостей предложена методика выбора СИ с использованием ФП и ФЗ (возрастающей и убывающей в зависимости от погрешности) [13]. Необходимо выбрать оптимальные значения погрешности измерения  $\Delta_{\text{СИ}}$ , чтобы при его значении  $П$  и  $З$  были наименьшими.

На рис. 3 показан алгоритм выбора СИ для ФИ и ДФП, который лег в основу этой методики.

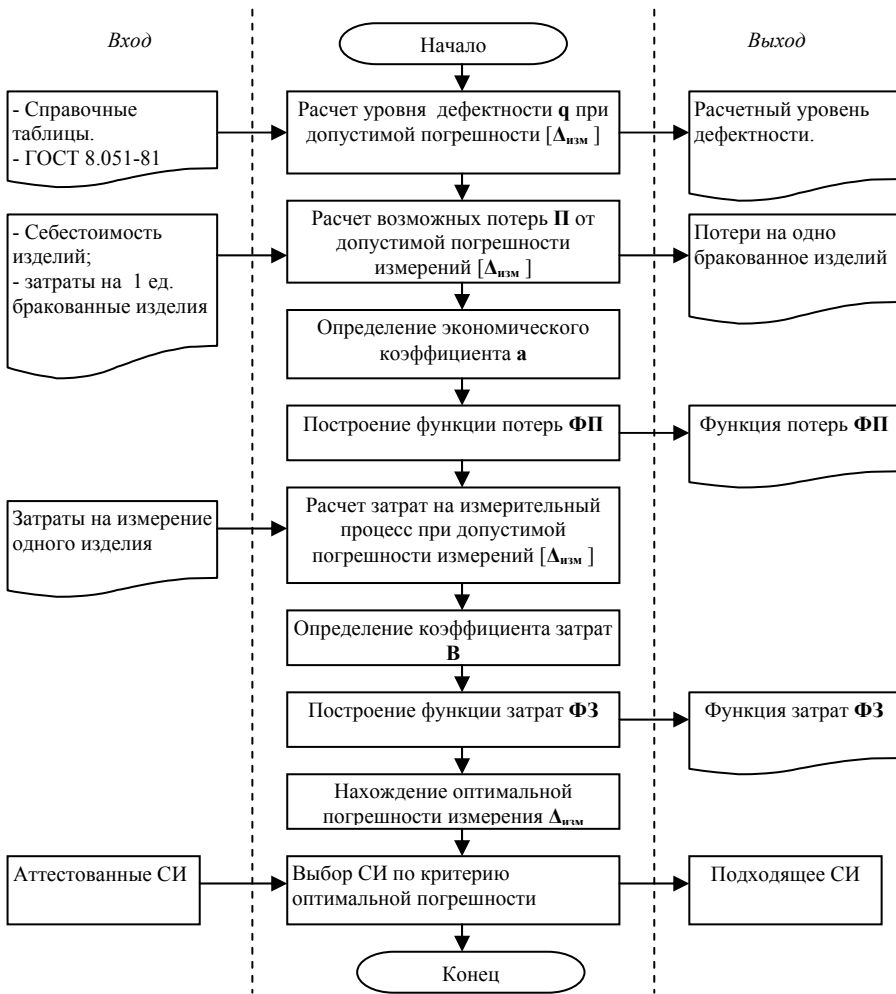


Рис 3. Алгоритм выбора СИ при изготовлении ФИ и ДФП

Таким образом, в работе определены подходы к построению функции потерь от погрешности измерений и функции затрат на обеспечение измерительных процессов критических параметров ДФП и исполнительных параметров ФИ. Зная эти функции, можно прогнозировать величины потерь и затрат и оптимизировать по экономическим критериям конкретные измерительные процессы при изготовлении

ДФП и ФИ, а также предложена методика выбора СИ, которая позволяет снижать уровень дефектности изготовления ДФП.

**Четвертая глава** «Экспериментальная апробация и экономическое обоснование разработанных методик» посвящена апробации и внедрению разработанных методик, включая экономические методы управления качеством продукции и управления качеством изготовления ФИ на основе разработанных руководящих документов (РД).

Разработанные РД по назначению допусков на исполнительные параметры ФИ и выбору СИ, применимые как при изготовлении ФИ, так и при изготовлении ДФП, обеспечивают снижение уровня дефектности на примере конкретного вида ДФП до 0,2 % (базовый уровень 1%).

Применяемые статистические методы контроля качества позволили определить факторы, влияющие на качество изготовления параметров ФИ для ряда финишных операций, построить причинно-следственные диаграммы, которые использовались для определения источников погрешностей измерения при изготовлении ФИ. С помощью матричных диаграмм на примере червячной фрезы установлены корреляционные связи между критическим параметром ДФП и исполнительными параметрами ФИ.

Для определения закона распределения критических параметров ДФП и ФИ были построены гистограммы.

На рис.4 и рис. 5 приведены примеры построения гистограммы и контрольной карты для критического параметра ДФП (на примере зубчатого колеса коробки скоростей автомобиля).

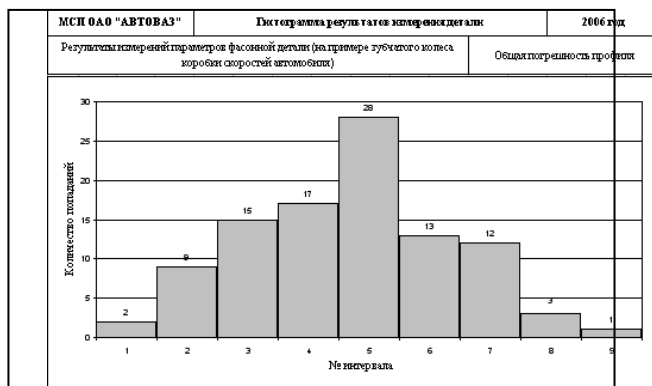


Рис. 4 Гистограмма результатов измерений критического параметра ДФП

Контрольные карты средних  $\bar{x}$  и размахов R подтвердили статистическую управляемость процессов изготовления ДФП.



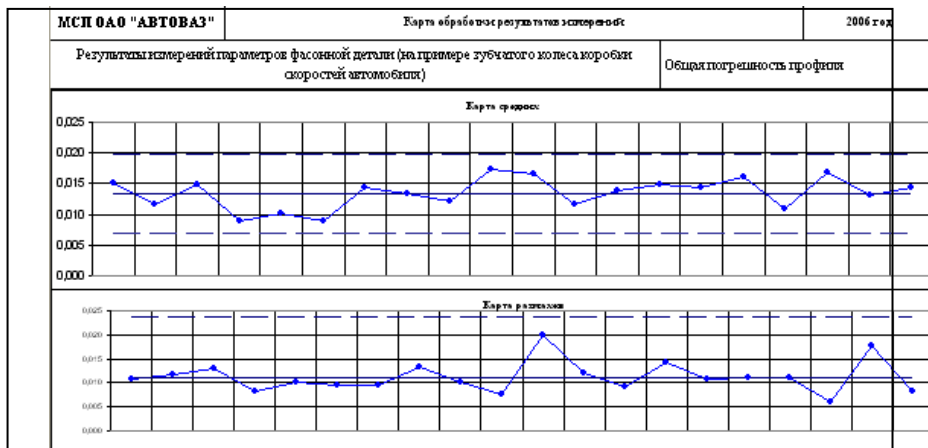


Рис.5 Контрольная карта результатов измерений критического параметра ДФП

Для оценки качества измерительных процессов при изготовлении ФИ была применена методика MSA, в результате которой получены приемлемые показатели сходимости и воспроизводимости ИП.

Внедрение авторских методик позволило повысить качество и снизить уровень дефектности ДФП (на примере конкретного вида ДФП) на 0,8 %. Экономический эффект от внедрения результатов только на ОАО «АВТОВАЗ» составил 250 тыс.руб. Результаты экспериментов подтверждают теоретические положения данной работы.

В приложениях приведены документы, подтверждающие практическое использование результатов работы и акты внедрения.

### Основные выводы и результаты работы

1. Решена важная научно-техническая задача, направленная на снижение уровня дефектности деталей при механической обработке фасонных поверхностей за счет включения этапов проектирования и изготовления формообразующего инструмента в процесс управления качеством деталей.
2. Установлено, что воспроизводимость технологического процесса изготовления ДФП определяется погрешностями ФИ, поэтому управление качеством ДФП должно включать этапы назначения допусков на исполнительные размеры ФИ и выбор средств измерения для контроля ФИ и ДФП.
3. Выявлена возможность управления качеством ДФП с одновременным выполнением нескольких размеров по одному из них «критическому», при этом границы регулирования с учетом погрешностей изготовления ФИ.
4. Разработанная методика назначения допусков на исполнительные размеры ФИ, предусматривающая выбор размера с минимальной воспроизводимостью в качестве «критического» размера ДФП, обеспечивает снижение уровня дефектности с 1% до 0,2%.

5. Проведен системный анализ измерительных процессов деталей с фасонными поверхностями и формообразующих инструментов, предложен алгоритм определения потерь от погрешностей измерения и затрат на измерительный процесс, позволяющий управлять качеством изготовления ДФП и ФИ.
6. Разработанная методика выбора средств измерения для контроля исполнительных параметров ФИ и «критических» параметров ДФП с использованием функции потерь и функции затрат на измерительный процесс позволяет повысить воспроизводимость технологических процессов и снизить их себестоимость.
7. Разработанные методики назначения допусков на исполнительные параметры ФИ и выбора средств измерений для контроля параметров ДФП и ФИ реализованы в виде руководящих документов, которые прошли практическую апробацию и внедрены на предприятиях ОАО «АВТОВАЗ» (инструментальное производство) и ООО «Профи-Тул», что позволило получить экономический эффект по одной группе ДФП в размере 250 тыс. руб.

Основные положения диссертации изложены в следующих публикациях:

1. Колганов Е.В., Антипов Д.В. Влияние погрешности контрольно-измерительного средства на величину дефектности // Сборник докладов студентов и аспирантов на Всероссийской научно-технической конференции «Средства и методы обеспечения и управления качеством». – Тольятти: ТГУ, 2004. – С. 20-23.
2. Щипанов В.В., Антипов Д.В., Колганов Е.В. Особенности современных систем управления качеством изготовления продукции // Материалы VI Всероссийской конференции-семинара «Проектирование, обеспечение, и контроль качества продукции и образовательных услуг», 27-28 ноября 2003 г., Москва -Тольятти – Сызрань: СГТУ, 2003. – С. 119-122.
3. Антипов Д.В. Кооперативность элементов технологии в обеспечении качества продукции // Сборник статей по материалам Региональной конференции «Синергетизм в управлении социальными и экономическими системами». – Тольятти: ТГУ, 2003. - С. 280-281.
4. Антипов Д.В. Анализ источников погрешностей измерения // Сборник докладов и тезисов докладов первой межвузовской студенческой научно-практической конференции «Средства и методы обеспечения и управления качеством». – Тольятти: ТГУ, 2003. –С. 17-20.
5. Антипов Д.В., Устинова А.С. Особенности применения методологии "шесть сигм" при выборе метрологического обеспечения технологического процесса // Проектирование, контроль и управление качеством продукции и образовательных услуг: Материалы VII Всероссийская научно-техническая конференция. Часть 2. Секция студентов и аспирантов / Под ред. В.В. Щипанова, Ю.К. Черновой – Москва – Тольятти: ТГУ, 2004 . – С. 9-10.
6. Щипанов В.В. Антипов Д.В. Особенности выбора метрологического обеспечения при изготовлении инструмента 1-го и 2-го порядка // Проектирование, контроль и управление качеством продукции и образовательных услуг: Материалы VII Всероссийская научно-техническая конференция. Часть 1. Управление качеством

- на производстве и образовании / Под ред. В.В. Щипанова, Ю.К. Черновой – Москва – Тольятти: ТГУ, 2004 . – С. 59-60.
7. Антипов Д.В., Хмелькова О.И. Моделирование измерительных процессов для повышения их эффективности // Материалы студенческой секции Всероссийской научно-практической конференции «Социально-экономические и инновационные проблемы региона». – Самара: Изд-во СГТУ, 2005. – С. 47-50.
  8. Антипов Д.В., Хмелькова О.И. Повышение эффективности измерительных процессов в системах менеджмента качества // Материалы международной студенческой конференции «Студенческие инициативы и исследовательские проекты в области менеджмента, экологии, политики и культуры» (11-15 апреля 2005 г.) – Спб.: Астерион, 2005. –С. 101-103
  9. Антипов Д.В. Методика метрологического обеспечения для изготовления формообразующих инструментов первого и второго порядков // Труды Всероссийской, с международным участием, научно-технической конференции, посвященной 90-летию А.Н. Резникова «Теплофизические и технологические аспекты управления качеством в машиностроении» 18-20 мая 2005г. - Вып. 5. - Тольятти: ТГУ, 2005 - С. 11-12.
  10. Щипанов В.В., Антипов Д.В. Методика проектирование допусков на изготовление формообразующего инструмента 1-го и 2-го порядка // Материалы VIII Всероссийской конференции – семинара «Проектирование, контроль и управление качеством продукции и образовательных услуг», 24-25 ноября 2005. -Т.1. - Москва-Тольятти – Сызрань, 2005. - С. 16-19.
  11. Антипов Д.В. Метрологическое обеспечение производства формообразующего инструмента // Материалы VIII Всероссийской конференции – семинара «Проектирование, контроль и управление качеством продукции и образовательных услуг», 24-25 ноября 2005 г. - Т.1 - Москва-Тольятти – Сызрань, 2005. - С. 13-16.
  12. Чернова Ю.К., Антипов Д.В., Хмелькова О.И. Управление измерительными процессами как условие повышения эффективности деятельности предприятия // Вестник Самарского государственного технического университета. – Вып. № 48. - 2006 . - С. 82-87.
  13. Щипанов В.В., Антипов Д.В. Методика выбора средств измерений для изготовления формообразующих инструментов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2006. - С. 21-24.
  14. Антипов Д.В. Методика проектирования допусков на изготовление формообразующих инструментов // Известия Самарского научного центра РАН. - Спец. выпуск 1 «Технология управления организацией, качеством продукции и услуг». – 2006. - С. 79-80.
  15. Антипов Д.В. Управление качеством изготовления фасонных деталей на основе дуальной системы управления // Известия Самарского научного центра РАН. - Спец. выпуск 2 «Технология управления организацией, качеством продукции и услуг». - 2006 - С. 275-279.
  16. Антипов Д.В., Хмелькова О.И. Экономические аспекты при выборе средств измерения для формообразующих инструментов // Известия Самарского научного

центра РАН. - Спец. выпуск 2 «Технология управления организацией, качеством продукции и услуг». - 2006 - С. 164-167.

Подписано в печать 17.11.06  
Формат 60×84 1/16  
Отпечатано с готовых оригинал макетов  
Тираж 100 экз.