

### ВЫВОДЫ

Частота дискретизации аналоговых сигналов с первичных преобразователей оказывает существенное влияние не только на технико-экономические показатели аппаратного обеспечения вибромониторинга и вибродиагностики зубчатых передач, основанных на анализе амплитудных значений генерируемых зубчатыми передачами колебаний в реальном масштабе времени, но и на точностные параметры и информативность процесса обработки контролируемых параметров.

В ряде случаев технически обоснованный выбор частот дискретизации аналоговых сигналов позволяет обеспечить фильтрацию сигнала без применения специальных аппаратных или программных средств.

В целом, выбор технически обоснованных частот дискретизации контролируемых параметров позволяет существенно повысить информативность мониторинга и диагностики зубчатых передач при разумной минимизации стоимости и допустимом упрощении используемых для этого микропроцессорных аппаратных средств.

УДК 658.512.011.56

*Мурашко В.С.*

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОБРАБОТКИ

### ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологической подготовки значительно сокращает сроки подготовки производства за счет автоматизации инженерного труда.

Непрерывное усложнение современных технических средств, повышающихся требований к их надежности, качеству и технико-экономическим показателям, необходимость сокращения сроков разработки, уменьшение её трудоемкости и стоимости, а также повышение эффективности труда инженеров – проектировщиков, конструкторов и технологов являются основными предпосылками создания и внедрения систем автоматизации на базе применения математических методов и средств вычислительной техники.

Автоматизированный расчет суммарной погрешности обработки является одним из шагов в автоматизации труда инженера-технолога [1]. Вычислить суммарную погрешность обработки сложно. Это объясняется недостаточным количеством данных по элементарным погрешностям обработки, отсутствием частных методик по расчету технологических процессов на точность [2]. Поэтому технологу в некоторых случаях приходится самостоятельно разрабатывать план, анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Основными задачами работы являются:

- исследование математической модели расчета суммарной погрешности обработки;
- анализ информации, необходимой для расчета суммарной погрешности обработки;
- обоснование выбранных методов проектирования и инструментальных средств;

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Я.В. Басинюк. Повышение эффективности диагностирования передач зацеплением на основе применения современных информационных технологий при анализе изменений характеристик их динамических структур // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. ИНДМАШ НАН Беларуси. Минск, 2002. – 203с.
2. Пат. 4872337 США, МКИ G 01 M 13/02. Nondestructive Testing of Gear / Robert J. Watts (США). – № 150114, Заявл. 29.01.1988; Опубл. 10.10.1989; НКИ 73/162. – 12 с.
3. Пат. 4261 С2 ВУ, МПК G 01 M 13/02. Способ вибрационной диагностики нагруженности зубьев зубчатых передач при испытаниях / О.В. Берестнев, Н.Н. Ишин, В.Л. Басинюк, Я.О. Берестнев, Я.В. Басинюк. – № а 19980960; Заявл. 21.10.1998; Опубл. 30.12.2001 // Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. камітэт Рэсп. Беларусь. – 2001. – №4. – С. 171 – 172.

- разработка автоматизированной системы расчета суммарной погрешности обработки.

### ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОБРАБОТКИ

По методике [1] величина суммарной погрешности обработки определяется в общем виде при автоматически настроенных станках

$$\Delta \Sigma = \Delta u + \sqrt{\Delta_{cl}^2 + \Delta_n^2 + \epsilon_y^2}, \quad (1)$$

а при подналадке станков в процессе работы

$$\Delta \Sigma = \Delta u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{cl}^2 + \epsilon_y^2}, \quad (2)$$

где  $\Delta_u$  – погрешность, обусловленная износом режущего инструмента;  $\Delta_{cl}$  – поле рассеяния погрешностей обработки, обусловленных такими технологическими факторами случайного характера, как неравномерность припуска неодинаковая твердость материала заготовки, недостаточная жесткость технологической системы, а так же погрешностью формы детали;  $\Delta_n$  – погрешность настройки станка;  $\epsilon_y$  – погрешность установки заготовки.

### АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ РАСЧЕТА СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОБРАБОТКИ

Вопросы представления нормативных таблиц занимают одно из важных мест в автоматизации расчета суммарной погрешности обработки. Поэтому главной задачей является разработка информационно-логических моделей этих таблиц и выбор средств их реализации.

*Мурашко Валентина Семеновна, ст. преподаватель каф. технологии машиностроения Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. Беларусь, ГГТУ, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.*

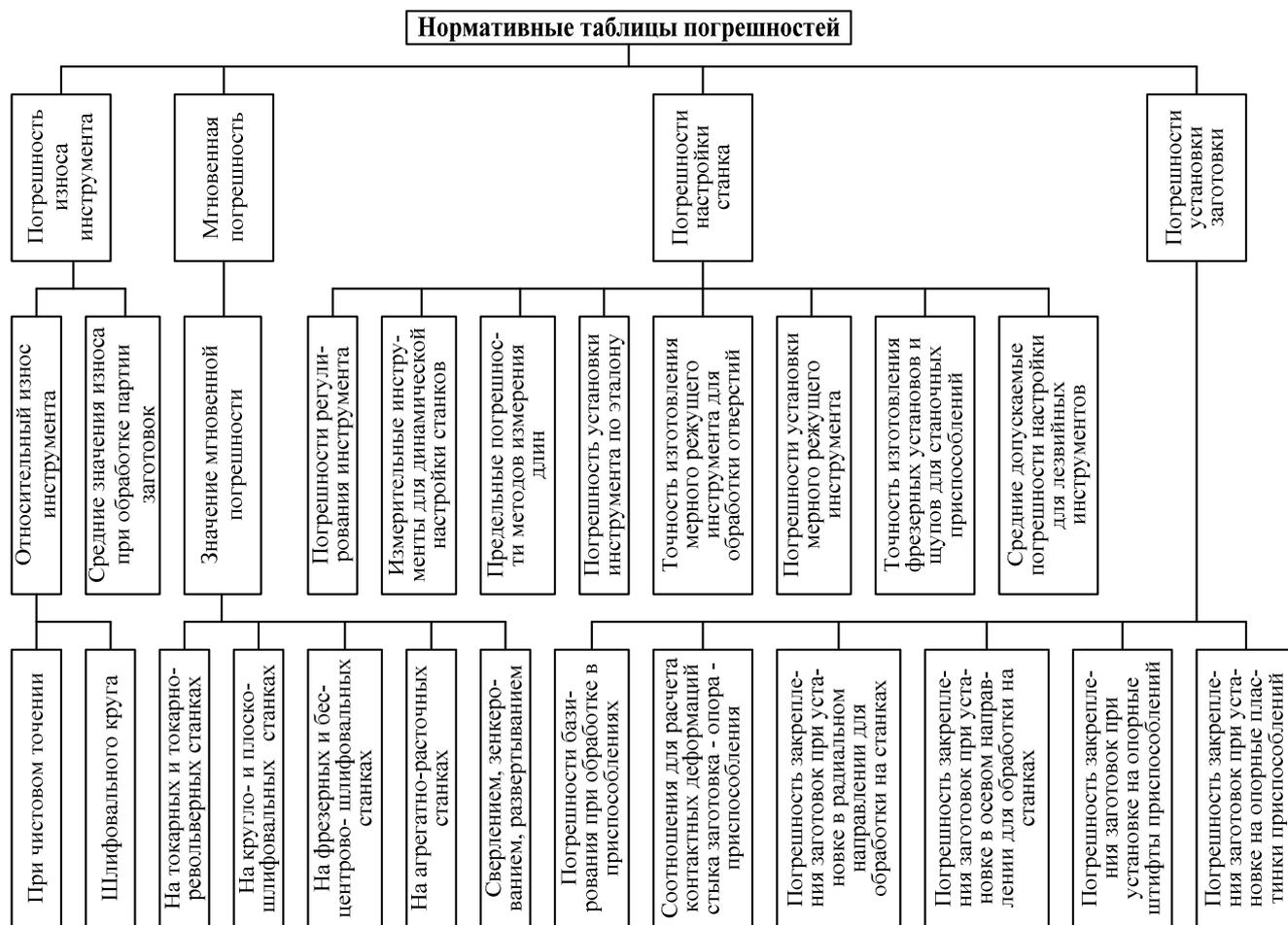


Рис. 1. Информационные структуры для расчета суммарной погрешности обработки.

Информацию, используемую при автоматизации расчета суммарной погрешности обработки, условно можно разделить на исходную и производную.

Производная информация формируется в процессе расчета суммарной погрешности обработки и содержит значение суммарной погрешности обработки.

Исходной называется информация, существующая до начала машинного проектирования. Она подразделяется на переменную и условно-постоянную.

К переменной информации можно отнести, например вид обработки, количество деталей в настроечной партии, материал детали, условия обработки и т.д. Эта информация вводится в оперативное запоминающее устройство каждый раз при новых расчетах суммарной погрешности обработки.

Условно-постоянная информация для расчетов суммарной погрешности обработки состоит из нормативных таблиц [1, 2]. В качестве информационных структур, необходимых при автоматизации расчета суммарной погрешности обработки, были взяты четыре группы таблиц для определения следующих типов погрешностей: погрешности износа инструментов, мгновенной погрешности, погрешности настройки станка, погрешности установки заготовки (рис. 1).

Проанализировав эти информационные структуры, были разработаны их информационно-логические модели и выбраны средства для их реализации.

В качестве такого средства была выбрана утилита Database Desktop, входящая в поставку Delphi [3]. Применение этой утилиты позволяет создавать таблицы в интерактивном режиме. Все перечисленные выше таблицы были реализованы с помощью формата *dBase*.

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Проектирование алгоритмов и программ – наиболее ответственный этап жизненного цикла программных продуктов, определяющий, насколько создаваемая программа соответствует спецификациям и требованиям со стороны конечных пользователей [4].

Методы проектирования алгоритмов и программ очень разнообразны, их можно классифицировать по различным признакам, важнейшими из которых являются:

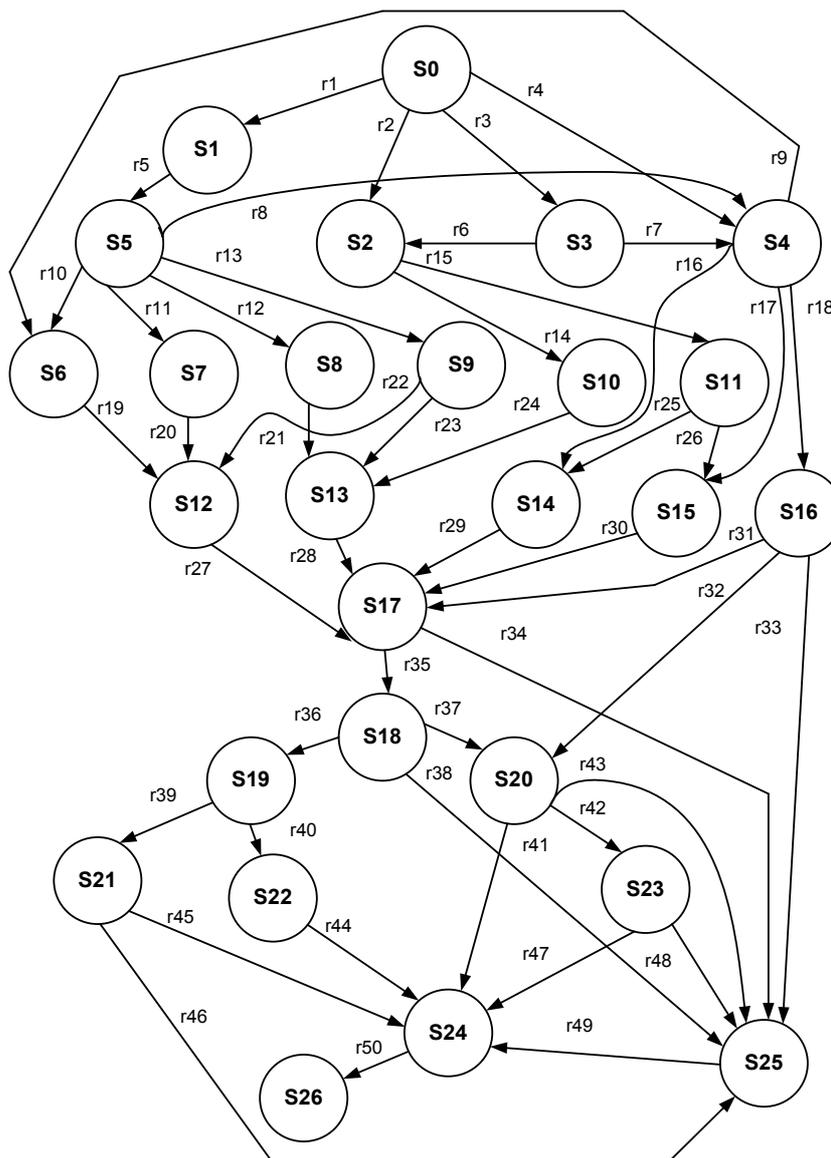
- степень автоматизации проектных работ;
- принятая методология процесса разработки.

Проектирование алгоритмов и программ может основываться на различных подходах, среди которых наиболее распространены:

- структурное проектирование программных продуктов;
- информационное моделирование предметной области и связанных с ней приложений;
- объектно-ориентированное проектирование программных продуктов.

Проанализировав различные подходы к проектированию систем, для разработки автоматизированной системы расчета суммарной погрешности был выбран метод объектно-ориентированного проектирования.

Инструментальным средством для создания автоматизированного расчета суммарной погрешности обработки является система программирования Delphi. Она относится к классу инструментальных средств ускоренной разработки программ (Rapid Application Development, RAD). Это ускорение достигается за счет двух характерных свойств Delphi: визуального конструирования форм и широкого использования библиотеки визуальных компонентов (Visual Component Library, VCL) [5].



S0 – Расчет суммарной погрешности обработки; S1 – Значение относительного (удельного) износа шлифовального круга; S2 – Значение относительного (удельного) износа инструмента при чистовом точении и фрезеровании; S3 – Данные для токарной обработки; S4 – Значение допустимого размерного износа; S5 – Данные для шлифовальной обработки; S6 – Данные для расчета круглого шлифования с продольной подачей; S7 – Данные для расчета плоского шлифования дисковым кругом; S8 – Данные для расчета бесцентрового шлифования с продольной подачей; S9 – Данные для расчета круглого и бесцентрового шлифования с поперечной подачей; S10 – Данные для расчета фрезерной обработки; S11 – Данные для расчета токарной обработки; S12 – Значение мгновенной погрешности обработки кругло- и плоскошлифовальным кругом; S13 – Значение мгновенной погрешности обработки на фрезерных и бесцентровых шлифовальных станках; S14 – Значение мгновенной погрешности обработки на токарных и токарно-револьверных станках; S15 – Значение мгновенной погрешности обработки на агрегатно – расточных станках; S16 – Предельные погрешности наиболее распространенных методов измерения длин; S17 – Погрешность регулирования инструмента; S18 – Предельные погрешности наиболее распространенных методов измерения длин; S19 – Погрешность установки инструмента; S20 – Точность изготовления мерного режущего инструмента для обработки отверстий (допуски на диаметр инструментов); S21 – Точность изготовления фрезерных установов и шупов для станочных приспособлений; S22 – Расчет погрешности эталона; S23 – Погрешность установки мерного инструмента (допустимое биение); S24 – Данные для расчета погрешности установки; S25 – Средние допустимые погрешности настройки лезвийных инструментов; S26 – Вычисленная по исходным данным суммарная погрешность обработки.

Рис. 2. Ориентированный граф расчета суммарной погрешности обработки.

### РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОБРАБОТКИ (АРССПО)

АРССПО «ЕХАСТ -1» предназначена для решения следующих задач: ведение базы данных «Погрешности»; автоматизированный расчет суммарной погрешности обработки.

База данных «Погрешности» состоит из совокупности таблиц, перечисленных выше, формата dBase.

Основными функциями ведения базы данных «Погрешности» являются: просмотр базы данных, изменение значений в базе данных, добавление новых данных и новых таблиц.

Основными функциями автоматизированного расчета суммарной погрешности обработки являются:

- поиск погрешности, обусловленной износом режущего инструмента;
- поиск погрешности настройки станка;
- поиск погрешности установки заготовки;
- поиск случайной погрешности.

Моделью, описывающей алгоритм автоматизированного расчета суммарной погрешности обработки, является ориентированный граф (рис.2), вершины которого (S1 – S26) – события и выполняемые действия, дуги (r1 – r46) – реакции пользователя, определяющие последовательность расчета в каждом конкретном случае. Граф позволяет наглядно представить последовательность обработки в зависимости от вводимых пользователем параметров.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовав математическую модель расчета суммарной погрешности обработки, проанализировав информацию, необходимую для ее расчета, была разработана автоматизированная система расчета суммарной погрешности обработки «ЕХАСТ-1». Инструментальным средством для создания АСРСПО

«ЕХАСТ-1» была использована система визуального проектирования Delphi с удобным графическим интерфейсом.

Автоматизированная система расчета суммарной погрешности обработки внедрена в учебный процесс при изучении дисциплины «Технология машиностроения». Использовать АСРСПО «ЕХАСТ-1» для автоматизации расчета суммарной погрешности обработки могут студенты в курсовых и дипломных работах, а также пользователи - технологи.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. Под общей ред. Бабука В.В. – Мн.: Вышэйшая школа, 1979. – 464 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
3. Фаронов В.В. Delphi. Программирование на языке высокого уровня. – СПб.: Питер, 2003. – 640 с.
4. Зелкович М., Шоу А., Гэннон Дж. Принципы разработки программного обеспечения. – М.: Мир, 1982. – 368 с.
5. Информатика. Учебник. – Под ред. проф. Н.В. Макаровой. – 2-е изд. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 768 с.

УДК 621.762

*Белоцерковский М.А.*

## РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОВ АКТИВИРОВАННОГО ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

Для разработки технологических приемов управления свойствами и структурой покрытий, полученных методами газотермического и, в частности, газопламенного напыления (ГПН) порошковыми или проволоочными материалами необходимо иметь данные о теплофизических параметрах факела термораспылителя и о максимально возможном количестве материала, которое этот факел способен напылить (распылить) в единицу времени. Поскольку экспериментальным путем определение оптимальной производительности напыления для каждого из наносимых в виде покрытий материалов представляет достаточно трудоемкую задачу, предлагается расчетно-экспериментальная методика, апробированная на оборудовании, созданном в ИМИНМАШ НАН Беларуси для активированного газопламенного напыления полимерных порошков и активированного распыления проволоочных материалов [1,2].

В «классическом» варианте реализации ГПН порошковых материалов нагрев частиц пламенем происходит преимущественно за счет конвекции и лучевого теплообмена между потоком горящих газов и соприкасающимся с ними участком поверхности напыляемого материала. Доля тепла, передаваемого радиацией или лучеиспусканием, в общем теплообмене невелика и составляет не более 10...15% от всего количества тепла [3]. Интенсивность вынужденного конвективного теплообмена в основном зависит от разности температур пламени и нагреваемой поверхности, а также от скорости взаимного перемещения потока газов пламени и частиц. Чем больше разность температур пламени и нагреваемой поверхности тем интенсивней конвективный теплообмен. В общем виде удельный тепловой поток пламени, т.е. количество теплоты, вводимой пламенем в единицу времени через единицу площади нагреваемой поверхности, выражается известной формулой Ньютона [3]

$$q = \alpha (T_{\text{плам}} - T_{\text{матер}})$$

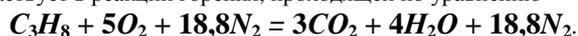
где:  $\alpha$  – коэффициент теплообмена между пламенем и мате-

риалом, равный сумме коэффициентов вынужденного конвективного теплообмена  $\alpha_k$  и лучевого теплообмена  $\alpha_l$  в Дж/м<sup>2</sup>·с·град.;  $T_{\text{плам}}$  – температура потока газов пламени, К;  $T_{\text{матер}}$  – температура поверхности материала, омываемого потоком газов пламени, К.

Чем больше коэффициент теплообмена  $\alpha$  и разность температур пламени и нагреваемой поверхности материала, тем больше удельный поток теплоты  $q$ . Следовательно, производительность процесса нагрева тела газовым пламенем можно определять двумя основными факторами: температурой продуктов сгорания в факеле пламени и скоростью их потока [4].

Температура продуктов сгорания является функцией состава горючей смеси и условий ее сжигания. Скорость газового потока продуктов сгорания в основном зависит от температуры потока и условий сжигания смеси. Для заданного состава смеси производительность процесса нагрева газовым пламенем зависит только от скорости потока продуктов сгорания, т.е. от условий сжигания горючей смеси.

При теплотехнических расчетах для установки полимерной термораспылительной [1] полагают, что весь кислород воздуха участвует в реакции горения, проходящей по уравнению



При сгорании 1 моля пропана образуется 3 моля  $CO_2$ , 4 моля  $H_2O$  и 18,8 молей азота. Для сгорания 1 моля пропана требуется 5 молей кислорода или  $5 \cdot 100/21 = 23,8$  моля воздуха. Исходя из этого были выбраны следующие расходы рабочих газов: пропан – 1,09...1,15 м<sup>3</sup>/ч; воздух – 23...25 м<sup>3</sup>/ч. Выбранные режимы обеспечивали устойчивое горение при максимальной скорости продуктов сгорания.

Поскольку в дальнейшем состав горючей смеси и условия горения не менялись, экспериментально исследовались тепловые характеристики факела полимерной термораспылительной установки, необходимые для расчета максимально возможной производительности процесса.

*Белоцерковский М.А., к.т.н., Институт механики и надежности машин НАН Беларуси, г. Минск.*