

---

УДК 53.088.22:004.942:621.7.08:621.833

В.А. Дербаба, А.Л. Войчишен, В.И. Корсун, С.Т. Пацера

*Национальный горный университет, Днепропетровск*

**ЭЛЕМЕНТЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ИМИТАЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-КОНТРОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

*Исследовано влияние расширенной неопределенности измерений зубоизмерительного инструмента на ошибки I и II рода при пассивном контроле эвольвентных зубчатых колес. Контролируемым параметром являлась длина общей нормали. Применен метод имитационно-статистического моделирования. Алгоритм численного эксперимента основан на блочной структуре модели измерительно-контрольной системы. Последовательно имитируются: стохастические процессы формообразования зубьев по длине общей нормали зубьев, стохастический процесс возникновения погрешности измерения длины общей нормали, а также однопараметровый допусковый контроль при двусторонних ограничениях. В результате моделирования*

определяются зависимости ошибок I и II рода от расширенной неопределенности измерения для эвольвентных зубчатых колес различной степени точности и видов сопряжения.

**Ключевые слова:** неопределенность измерений, моделирование, зубчатое колесо, длина общей нормали.

## Введение

**Постановка проблемы.** От инструментальных погрешностей измерительных приборов (средств измерения) зависит достоверность допускового контроля, которая оценивается величиной ошибок первого и второго рода, рисками изготовителя и потребителя. Научные проблемы и практические вопросы определения необходимой точности средств измерений рассмотрены в работах [1, 2] в общем виде.

Применительно к линейным размерам эта научная задача решена в работе [3], а ее практическое применение отражено в национальном стандарте [4].

Работы [3, 4] касаются только линейных размеров, допусковые значения которых регламентированы качествами точности в соответствии со стандартом [4] и не распространяются на геометрические параметры зубчатых колес.

Допуски цилиндрических эвольвентных зубчатых колес установлены стандартом [5].

В то же время осталась не изученной проблема определения значений уровня инструментальной неопределенности измерения контролируемых геометрических параметров эвольвентных зубчатых колес во взаимосвязи ошибками первого и второго рода.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работах [6] предложено имитационно-статистическое моделирование измерительно-контрольной системы, предназначенной для геометрических параметров эвольвентных зубчатых колес: толщины зуба и длины общей нормали. Однако в проведенных исследованиях и полученных решениях не использовались термины и теория неопределенности измерений.

**Цель.** На основании анализа рассматриваемой проблемы была поставлена цель – определение закономерностей влияния инструментальной неопределенности измерения геометрических параметров эвольвентных зубчатых колес на ошибки первого и второго рода для различных степеней точности и видов сопряжения.

## Изложение основного материала

Длина общей нормали является одним из нормируемых геометрических параметров эвольвентных зубчатых колес. Допуски и отклонения на длину общей нормали определяются по ГОСТ 1643-81 в зависимости от вида сопряжения, степени точности по нормам плавности, величины делительного диаметра и допуска на радиальное биение [2]. Схема измерения длины общей нормали показана на рис. 1.

Разработанный алгоритм имитационно-статистического моделирования случайных инструментальных погрешностей измерительного прибора и пассивного контроля длин общих нормалей зубьев эвольвентного профиля приведен на рис. 2.

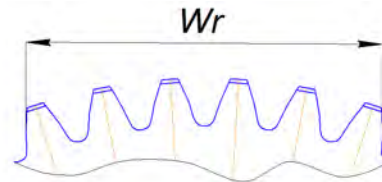


Рис. 1. Схема измерения длины общей нормали

Программная реализация вычисления зависимости ошибок I и II рода от максимального значения расширенной инструментальной неопределенности типа A при равномерном законе распределения реализована в программе *Microsoft Office EXCEL*.

Примеры полученных зависимостей приведены на рис. 3, 4 для коэффициента точности технологии (КТТ) равном шести.

## Выводы

Определены зависимости влияния предельной инструментальной неопределенности измерительного прибора на ошибки первого и второго рода, т.е. на проценты неправильно забракованных и неправильно принятых деталей при пассивном приемочном допусковом контроле длины общей нормали эвольвентных зубчатых колес различной степени точности и вида сопряжения.

Практическая ценность полученных зависимостей обусловлена возможностью обоснованного выбора измерительного прибора для контроля длины общей нормали.

## Список литературы

1. Сергеев А.Г. Метрология: Учеб. пос. для вузов / А.Г. Сергеев, В.В. Крохин. – М.: Логос, 2001. – 408 с.
2. Рубичев Н.А. Достоверность допускового контроля качества / Н.А. Рубичев, В.Д. Фрумкин. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 171 с.
3. Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении. Балакишин Б.С. и др. – М.: Машиностроение, 1972. – 615 с.
4. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. Прил. 2. Справочное. Влияние погрешности измерения на результаты разбраковки при приемочном контроле: ГОСТ 8.051-81 / Мин-во высшего и среднего спец. образования РСФСР; [разр.: Марков Н.Н.]. – Введ. 01-01-82. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 10 с.

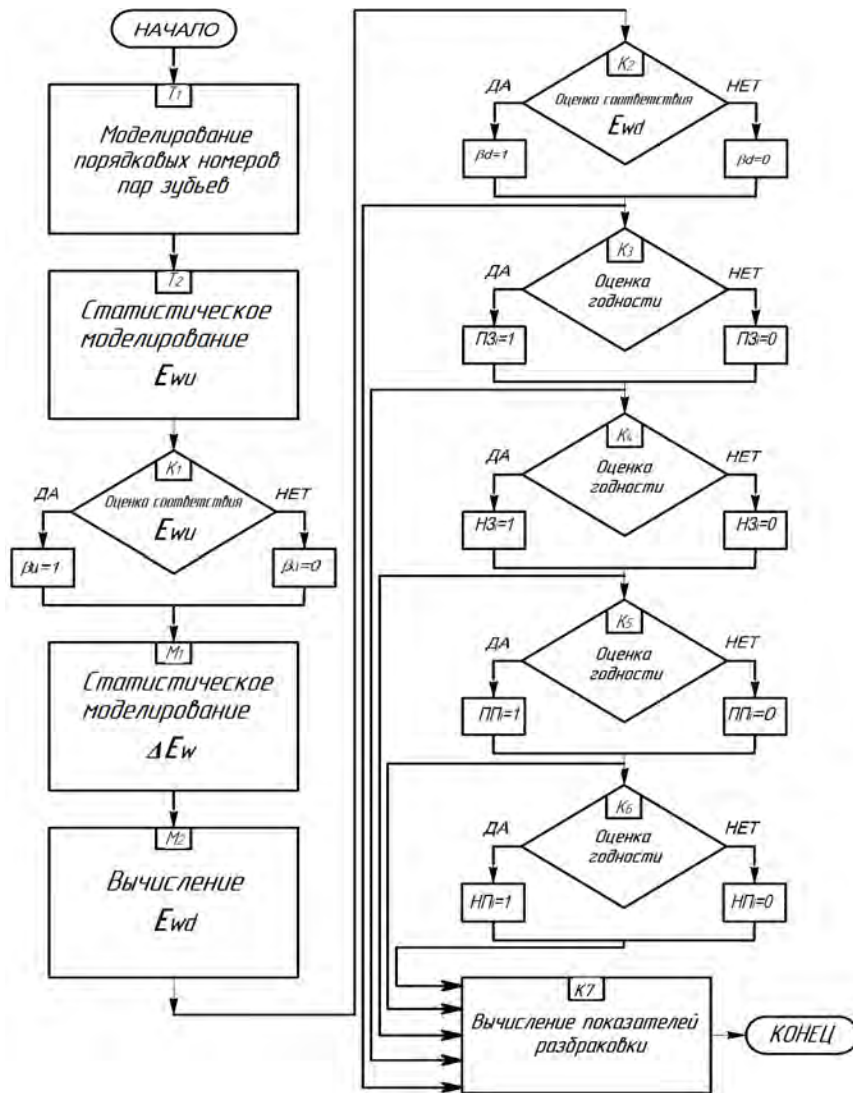


Рис. 2. Алгоритм имитационного статистического моделирования системы измерения и контроля длин общих нормалей, где блоки:  $T_j$  – технологические,  $M_j$  – метрологические,  $K_j$  – контрольные; индексом  $j$  обозначен порядковый номер блока алгоритма

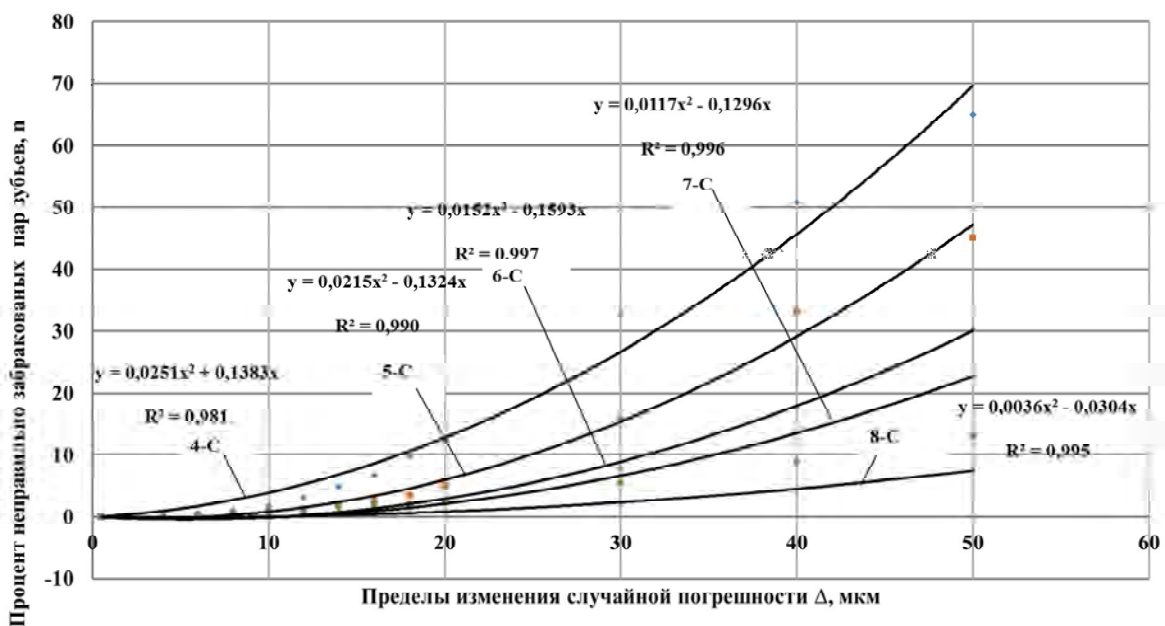


Рис. 3. Зависимости ошибки I рода ( $n$ ) от предельного значения расширенной неопределенности типа А при КТТ = 6

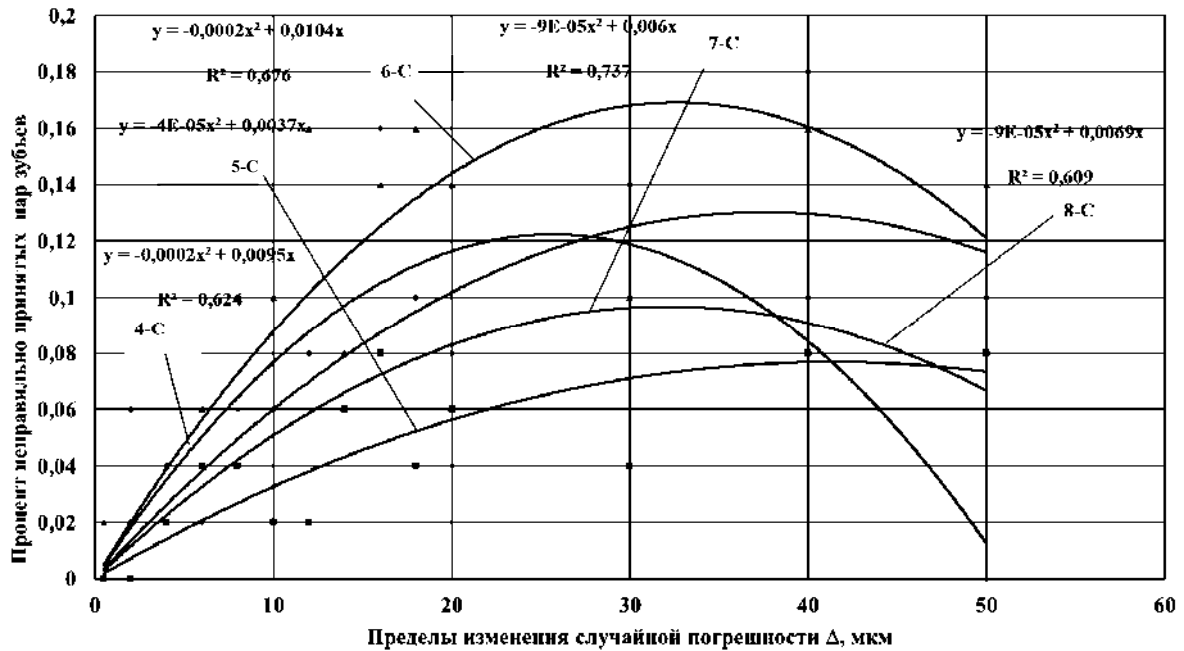


Рис. 4. Зависимости ошибки II рода ( $\tau$ ) от предельного значения расширенной неопределенности типа А при КТТ = 6

5. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски: ГОСТ 1643–81: Межгосударственный стандарт. – Введ. 01-01-90. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 44 с.

6. Дербаба В.А. Моделирование влияния погрешностей измерения общих нормалей зубьев на показатели разбраковки / В.А. Дербаба // Восточно-Европейский журнал

передовых технологий. – Харьков, 2013. – № 6/4(66). – С. 48–53.

Поступила в редколлегию 4.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.П. Дидык, Национальный горный университет, Днепропетровск.

### ЕЛЕМЕНТИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ВІМІТАЦІЙНО-СТАТИСТИЧНІЙ МОДЕЛІ ВИМІРЮВАЛЬНО-КОНТРОЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕВОЛЬВЕНТНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

В.А. Дербаба, А.Л. Войчишен, В.И. Корсун, С.Т. Пацера

Досліджено вплив інтервальної міри невизначеності зубовимірювального інструменту на помилки I та II роду при пасивному контролі евольвентних зубчастих коліс. Параметром, що контролюється, є довжина спільної нормалі. Застосовано метод імітаційно-статистичного моделювання. Алгоритм числового експерименту оснований на блочній структурі моделі вимірювально-контрольної системи. Послідовно імітуються: стохастичні процеси формоутворення зубців по довжині спільної нормалі зубців, виникнення похибок вимірювання довжини спільної нормалі, а також однопараметрового допускового контролю при двосторонніх обмеженнях. В результаті моделювання залежності помилок I та II роду від розширеної невизначеності вимірювання для евольвентних зубчастих коліс різного ступеню точності та видів спряження.

**Ключові слова:** невизначеність вимірювання, моделювання, зубчасте колесо, довжина спільної нормалі.

### THE ELEMENTS OF MEASUREMENT UNCERTAINTY IN THE SIMULATION AND STATISTICAL MODELS FOR MEASURING AND MONITORING SYSTEM INVOLUTE GEARS

V.A. Derbaba, A.L. Voitchishen, V.I. Korsun, S.T. Patsera

The influence of the interval measure of uncertainty tubesmartine tool for errors, 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> kind of passive control involute gears. Controlled parameter was the length of the common normal. the first and second kind. Applied the method of simulation and statistical fashion-modeling. Algorithm of the numerical experiment based on a modular structure model of the measurement and monitoring system. Consistently simulated: stochastic processes of formation of teeth along the length of the common normal teeth, the stochastic process of occurrence of the error of measurement of length of the common normal and one-parameter tolerance testing for two-sided restrictions. As a result of modeling are determined based errors, 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> kind interval from measures of uncertainty for involute gears of different precision and types of conjugation

**Keywords:** uncertainty of measurement, modeling, gear wheel, the length of the common normal.