



Научно-технический журнал
Издается с 1995 года
Выходит шесть раз в год
№ 2 (298) 2013
Март-апрель

Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» (Госуниверситет - УНПК)

Редакционный совет
Голенков В.А. д-р техн. наук, проф., председатель
Радченко С.Ю. д-р техн. наук, зам. председателя
Борзенков М.И. канд. техн. наук, доц., секретарь
Астафичев П.А. д-р юрид. наук, проф.
Иванова Т.Н. д-р техн. наук, проф.
Киричек А.В. д-р техн. наук, проф.
Колчунов В.И. д-р техн. наук, проф.
Константинов И.С. д-р техн. наук, проф.
Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.
Попова Л.В. д-р экон. наук, проф.
Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф.

Редакция
Главный редактор
Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки Российской Федерации
Заместители главного редактора
Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.
Киричек А.В. д-р техн. наук, проф.
Подмастерьев К.В. д-р техн. наук, проф.

Члены редколлегии
Бабичев А.П. д-р техн. наук, проф.
Вловин С.И. д-р техн. наук, проф.
Дмитриев А.М. д-р техн. наук, проф., член-корр. РАН
Емельянов С.Г. д-р техн. наук, проф.
Зубарев Ю.М. д-р техн. наук, проф.
Зубчицкий В.Г. д-р физ.-мат. наук, проф.
Нванов Б.Р. д-р техн. наук, проф.
Колесников К.С. д-р техн. наук, проф., академик РАН
Копылов Ю.Р. д-р техн. наук, проф.
Малинин В.Г. д-р физ.-мат. наук, проф.
Мулюкин О.П. д-р техн. наук, проф.
Осадчий В.Я. д-р техн. наук, проф.
Панин В.Е. д-р техн. наук, проф., член-корр. РАН
Распопов В.Я. д-р техн. наук, проф.
Смоленцев В.П. д-р техн. наук, проф.

Ответственный за выпуск
Григорьева О.Ю.

адрес редакции
402020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
4862) 41-98-48, 55-55-24, 41-98-03.
55-05-81
www.gu-unpk.ru
E-mail: met_lit@ostu.ru

зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № 0077-47351 от 03 ноября 2011 года

Почтовый индекс 29504
в объединенном каталоге «Пресса России»
Госуниверситет – УНПК, 2013

Содержание

Естественные науки

Корнеев Ю.С., Гордон В.А., Корнеева Е.Н. Исследование динамики машинного агрегата с пускозащитной муфтой.....	3
Вольничиков С.Ю., Манжосов В.К. Движение системы «упругий стержень – жесткое тело» и ее состояние при разрыве связи.....	9
Шадрин И.Ф. Жесткие стержни и круги на двумерной поверхности. Агрегаты (Кластеры).....	18

Моделирование технологических процессов

Ковриков И.Т., Кириченко А.С. Математическая модель напряженного состояния растительного материала в цилиндрических фильерах матрицы пресс-гранулятора.....	25
Кошкин А.А., Дьяконов А.А. Имитационные алгоритмические модели в технологии машиностроения.....	35

Конструирование, расчеты, материалы

Бабкин В.И., Алексашин А.А., Яновский Л.С., Дунаев С.В., Хурумова А.Ф. Перспективы развития авиационных ГТД как фактор эволюции авиационных смазочных масел.....	41
Елисеев А.Д., Шаталов В.А. Повышающий конвертор напряжения электрического стабилизатора вращающейся платформы.....	50
Мандель А.М., Лоскутов А.И., Ощурко В.Б., Соломахо Г.И. О возможности определения локальной фрактальной размерности поверхности по вольтамперным характеристикам туннельного тока.....	56
Лашко В.А., Тимошенко Д.В. Расчетное исследование переходных режимов четырехтактного дизеля с газотурбинным наддувом.....	61
Гусев В.Г., Симаков А.Г. Исследование стружки, полученной в процессе испытания торцовых фрез.....	72

Машиностроительные технологии и инструменты

Кабырметов А.М., Сухочев Г.А. Совершенствование процессов и проблемные вопросы плазменного нанесения и упрочнения покрытий на основе модуляции электрических параметров.....	78
Киричек А.В., Баринюк С.В., Соловьев Д.Л., Латаев А.П. Конечн-элементное моделирование создания и испытаний гетерогенно упрочненного поверхностного слоя.....	87
Усов С.В., Саприенко Д.С., Гончаров Е.В., Коленцев С.Н. Конструктивно-технологические возможности гидроабразивной обработки деталей машин как фактора научно – технического прогресса.....	95

Инновации и кадры в машиностроении

Морозова А.В. Процедура шкалирования оси линейной модели оценки уровня сформированности компетенции специалиста технического профиля.....	100
---	-----

Машины, аппараты, технологии пищевой и легкой промышленности

Робичева М.В., Абрамов А.В., Павловская А.А. Процессы переноса влаги в капиллярно-пористых коллоидных полотнох. Часть 1. Гигроскопическое состояние.....	106
--	-----

Приборостроение и биотехнические системы

Солдаткина Е.С., Солдаткин В.М. Анализ метрологических характеристик вихревого датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости.....	111
Незнанов А.И., Есипов В.Н. Статические характеристики гидроакустических маятниковых датчиков контроля уровня железнодорожного пути с амплитудным методом съема информации.....	118
Никитин А.В. Алгоритмы и погрешности бортовой системы измерения параметров ветра и вектора воздушной скорости вертолета на стартовых и взлетно-посадочных режимах.....	124

Испытания, контроль, диагностика и управление качеством

Пахолкин Е.В., Кобзев И.О. Математическая модель максимальной температуры в подшипнике качения для квазистационарного повторно-кратковременного режима трения.....	135
Марков В.В., Отрубянных А.Н., Подмастерьев К.В. Проблема оценки эффективности процессов жизненного цикла продукции в системе менеджмента качества.....	144
Кулаков А.Ф., Полухин Т.С. Виды аудита и способы его организации в системе менеджмента качества на примере Госуниверситета - УНПК.....	151
Аникоеева О.В., Иващенко А.Г., Куз В.В. Прогнозирование параметрической надежности прецизионного технологического оборудования.....	159

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, определенных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации, для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней.

УДК 621.8

О.В. АНИКЕЕВА, А.Г. ИВАХНЕНКО, В.В. КУЦ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРЕЦИЗИОННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В работе получена зависимость для расчета точности технологических систем. Предложена методика прогнозирования параметрической надежности технологических систем. С применением предложенной методики построены модели вероятности безотказной работы токарного станка при обработке на нем цилиндрических и торцовых поверхностей.

Ключевые слова: прогнозирование; параметрическая надежность; технологическое оборудование.

Постоянный рост требований к продукции машиностроения обуславливает повышение точности деталей современных машин, изготавливаемых на металлорежущих станках. Расширяется область применения прецизионного технологического оборудования – станков классов точности В и С. В связи с этим, актуальной проблемой является не только достижение высокой точности станков, но и сохранение ее во времени, т.е. обеспечение параметрической надежности технологического оборудования [1, 2]. Для оценки параметрической надежности прецизионных станков целесообразно использование методов индивидуального прогнозирования потери их точности.

Металлорежущие станки (МРС) являются частью технологических систем, в состав которых входят режущие и измерительные инструменты, приспособления, обрабатываемая заготовка и оператор. Точность обработки зависит от всех компонентов технологической системы, поэтому используются два различных, но взаимодополняющих друг друга подхода к оценке точности станков. Первый подход основан на рассмотрении геометрической точности только станка с использованием ГОСТ на нормы точности МРС и ГОСТ 22267 [3], либо с использованием вариационного метода расчета точности МРС [4, 5]. Второй подход основан на анализе показателей точности обработанных деталей – функциональной диагностике станков [3, 4].

Выполненный в работе [4] анализ действующих стандартов на нормы точности МРС показал, что в их номенклатуры включены не все показатели, оказывающие влияние на точность обработанных деталей. Поэтому, в данной работе при индивидуальном прогнозировании параметрической надежности технологического оборудования использован первый подход с использованием вариационного метода расчета точности МРС. В его основе лежит функция формообразования вида $r_0 = A_{\Sigma}e^4$, где r_0 – радиус-вектор обрабатываемой поверхности; A_{Σ} – матрица преобразований координат, состоящая из матриц обобщенных перемещений и поворотов; e^4 – радиус-вектор начала координат. В работе [6] структурный состав технологической системы определен как:

$$A_{\Sigma} = A_{\text{пр1}}A_{\text{ст}}A_{\text{пр2}}A_{\text{и}}, \quad (1)$$

где A_{Σ} – матрица преобразований координат технологической системы;

$A_{\text{пр1}}$ – матрица, моделирующая движения приспособления для заготовки;

$A_{\text{ст}}$ – матрица, моделирующая движения станка;

$A_{\text{пр2}}$ – матрица, моделирующая движения приспособления для инструмента;

$A_{\text{и}}$ – матрица, моделирующая режущие кромки (поверхности) инструмента.

Полная вариация функций формообразования технологической системы ΔA_{Σ} , без учета деформаций ее элементов, равна:

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_{\text{пр1}}A_{\text{ст}}A_{\text{пр2}}A_{\text{и}} + A_{\text{пр1}}\Delta A_{\text{ст}}A_{\text{пр2}}A_{\text{и}} + A_{\text{пр1}}A_{\text{ст}}\Delta A_{\text{пр2}}A_{\text{и}} + A_{\text{пр1}}A_{\text{ст}}A_{\text{пр2}}\Delta A_{\text{и}}, \quad (2)$$

и в нее входят матрицы малых поворотов и смещений по осям координат: $\Delta A_{\text{пр1}}$ – приспособления под заготовку; $\Delta A_{\text{ст}}$ – станка; $\Delta A_{\text{пр2}}$ – приспособления под инструмент; $\Delta A_{\text{и}}$ – инструмента.

Векторный Δr_0 и скалярный балансы технологической системы равны, соответственно:

$$\Delta r_0 = \Delta A_{\Sigma} e^4, \quad (3)$$

$$\Delta r n = \Delta r_0 n, \quad (4)$$

где n – вектор нормали к обрабатываемой поверхности.

На основе выражений (2) и (3) можно поставить различные задачи исследования и обеспечения точности и параметрической надежности технологических систем, при учете влияния на выходные параметры точности $\Delta r n$, начальных значений параметров геометрической точности и их изменения во времени, как отдельных элементов этих систем, так и их различных сочетаний.

В рамках принятого подхода предложена методика прогнозирования параметрической надежности технологических систем:

1) Определение структурного состава технологической системы (1) и вычисление полной вариации ее функции формообразования (2). Вычисление векторного баланса точности (3).

2) Задание (определение) множества обрабатываемых поверхностей {ОП} и требований к их точности. Вычисление скалярных балансов точности (4) для всего множества {ОП}. Преобразование скалярных балансов в размерные цепи (РЦ) [4].

3) Определение временных зависимостей и плотности вероятности изменения составляющих размерных цепей.

4) Построение моделей потери точности технологической системы по {ОП}.

5) Моделирование процесса потери точности для определения вероятности безотказной работы – прогнозирование параметрической надежности технологического оборудования.

Приведем пример реализации предложенной методики для токарного станка [7], обрабатывающего цилиндрические и торцовые поверхности.

Баланс нормальных погрешностей токарного станка при обработке цилиндрической поверхности имеет вид [5]:

$$\Delta r n_{\Pi} = \delta_{x0} \cos \varphi + \delta_{y0} \sin \varphi - \alpha_0 z \sin \varphi + \beta_0 z \cos \varphi + \beta_1 z + \sum_{i=1}^3 \delta_{xi}, \quad (5)$$

где $\delta_{x0,3}$ – малые абсолютные смещения по оси OX обрабатываемой детали со шпинделем, станины, продольного суппорта и поперечного суппорта соответственно, мкм;

δ_{y0} – малое абсолютное смещение по оси OY обрабатываемой детали со шпинделем, мкм;

α_0 – малый угол поворота вокруг оси OX обрабатываемой детали со шпинделем, рад;

β_0 – малый угол поворота вокруг оси OY обрабатываемой детали со шпинделем, рад;

β_1 – малый угол поворота вокруг оси OY станины, рад;

z – длина обрабатываемого участка, мм.

Преобразованное уравнение баланса, т.е. уравнение РЦ токарного станка при обработке цилиндрической поверхности имеет вид:

$$T_{\Pi} = \sum_{i=0}^1 \beta_i z + \sum_{i=0}^3 \delta_{xi}. \quad (6)$$

При этом пусть изменение параметров геометрической точности станка имеет линейный закон [1,2]:

$$X = X_0 + \gamma t, \quad (7)$$

где X_0 – начальное значение параметра при $t = t_0$, мкм (рад);

γ – скорость изменения параметра, мкм (рад)/год;

t – время, ч.

Согласно статистическим данным ($N = 5000$ наблюдений), изменения параметров геометрической точности станка подчиняются нормальному закону.

Характеристики распределений значений параметров представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики распределений параметров геометрической точности станка

Параметр	Среднее значение скорости изменения параметра, мкм (рад)/год	Стандартное отклонение скорости изменения параметра, мкм (рад)/год
β_0	2,0	0,50
β_1	3,0	0,40
β_2	4,0	0,40
δ_{x0}	2,5	0,20
δ_{x1}	2,8	0,35
δ_{x2}	2,0	0,25
δ_{x3}	3,2	0,15
δ_{z0}	2,4	0,14
δ_{z1}	2,1	0,16
δ_{z2}	3,5	0,20
δ_{z3}	3,3	0,21

Пусть при построении модели потери точности токарного станка по обрабатываемым цилиндрическим поверхностям возможны случаи, когда плотность распределения вероятности длин обрабатываемых цилиндрических поверхностей подчиняется:

а) равномерному закону распределения $f(z)=100$ мм (предельно допустимое значение $T_{ц} = 8,8$ мкм);

б) нормальному закону распределения (со средним значением длины $z = 80$ мм и стандартным отклонением $\sigma_z = 5$ мкм; предельно допустимое значение $T_{ц} = 8,8$ мкм).

Плотность вероятности скорости потери точности станка при обработке им цилиндрических поверхностей имеет вид:

$$f(\gamma_{птг}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\gamma_{птг}}} e^{-\frac{(\gamma_{птг} - \gamma_{срптг})^2}{2\sigma_{\gamma_{птг}}^2}}, \quad (8)$$

где $\sigma_{\gamma_{птг}} = \sigma_\gamma$ – среднее квадратическое отклонение скорости процесса потери точности станка, мкм (рад);

$\gamma_{птг}$ – сумма скоростей изменения параметров геометрической точности МРС,

$$\text{мкм (рад)/год: } \gamma_{птг} = (\gamma_{\beta 0} + \gamma_{\beta 1})z + \sum_{i=0}^3 \gamma_{\delta x i};$$

$\gamma_{срптг}$ – сумма средних значений скоростей изменения параметров геометрической точно-

$$\text{сти МРС, мкм (рад)/год: } \gamma_{срптг} = (\gamma_{ср\beta 0} + \gamma_{ср\beta 1})z + \sum_{i=0}^3 \gamma_{ср\delta x i};$$

γ_j – скорость изменения параметра геометрической точности станка, $j=\{\beta_0, \beta_1, \delta_{x0..3}\}$, мкм (рад)/год;

$\gamma_{срj}$ – средняя скорость изменения параметра геометрической точности станка, мкм (рад)/год.

Вероятность безотказной работы $P(T)$ станка определяется по формуле [1,2]:

$$P(T) = 0,5 + 0,5 \operatorname{erf} \left(\frac{X_{\max} - \gamma_{ср} T - X_0}{\sqrt{2}\sigma_\gamma T} \right), \quad (9)$$

где $\gamma_{ср}$ – среднее значение скорости изменения параметров геометрической точности станка, мкм (рад)/год;

T – срок службы МРС, ч;

X_{\max} – предельно допустимое значение параметров, при котором наступает предельное состояние станка, мкм (рад).

Определенные по выражению (9) вероятности $P1(T)$ и $P2(T)$ безотказной работы токарного станка при обработке цилиндрических поверхностей для вариантов а) и б), соответственно, представлены на рисунке 1.

Баланс нормальных погрешностей токарно-винторезного станка при обработке поверхности плоского торца имеет вид [5]:

$$\Delta r_{n_T} = \alpha_0 x \sin \varphi - \beta_0 x \cos \varphi - (\beta_1 + \beta_2) x + \sum_{i=0}^3 \delta_{zi}, \quad (10)$$

где $\delta_{z0..3}$ – малые абсолютные смещения по оси OZ обрабатываемой детали со шпинделем, станины, продольного суппорта и поперечного суппорта соответственно, мкм;

β_2 – малый угол поворота вокруг оси OY продольного суппорта, рад;

x – радиус обрабатываемого торца, мм.

Уравнение РЦ токарного станка при обработке поверхности плоского торца имеет вид:

$$T_T = \sum_{i=0}^2 \beta_i x + \sum_{i=0}^3 \delta_{zi}. \quad (11)$$

Согласно тем же статистическим данным ($N = 5000$ наблюдений), изменения параметров геометрической точности станка при обработке торцовых поверхностей также подчиняются нормальному закону.

Характеристики распределений значений параметров представлены в таблице 1.

Пусть при построении модели потери точности токарного станка по обрабатываемым торцовым поверхностям возможны случаи, когда плотность распределения вероятности радиусов обрабатываемых поверхностей подчиняется:

а) равномерному закону распределения $f(x) = 50$ мм (предельно допустимое значение $T_T = 4,4$ мкм);

б) нормальному закону распределения (со средним значением радиуса $x = 30$ мм и стандартным отклонением $\sigma_x = 1$ мкм; предельно допустимое значение $T_T = 3,8$ мкм).

Плотность вероятности скорости потери точности токарного станка при обработке им торцовых поверхностей имеет вид (8), при этом:

$$\gamma_{штТ} = \sum_{i=0}^2 \gamma \beta_i x + \sum_{i=0}^3 \gamma \delta_{zi};$$

$$\gamma_{срштТ} = \sum_{i=0}^2 \gamma_{ср} \beta_i x + \sum_{i=0}^3 \gamma_{ср} \delta_{zi};$$

$$j = \{\beta_{0..2}, \delta_{z0..3}\}.$$

Определенные по выражению (9) вероятности $P3(T)$ и $P4(T)$ безотказной работы токарного станка при обработке торцовых поверхностей для вариантов а) и б), соответственно, представлены на рисунке 2.

Из полученных результатов для данного примера следует, что при обработке деталей с заданными предельно допустимыми значениями T_T и T_n при любых значениях вероятности безотказной работы, параметрический отказ наступит при обработке торцовых поверхностей.

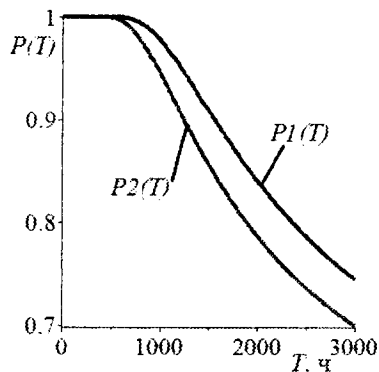


Рисунок 1 – Вероятность безотказной работы токарного станка при обработке цилиндрических поверхностей

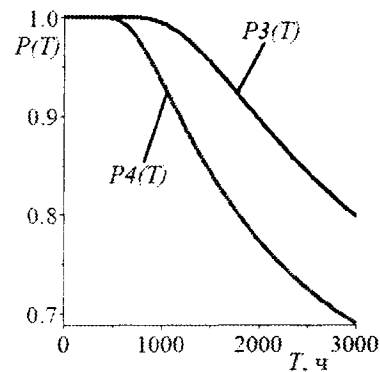


Рисунок 2 – Вероятность безотказной работы токарного станка при обработке торцовых поверхностей

Таким образом, в работе получена зависимость для расчета точности обработки деталей в технологических системах, а также предложена методика прогнозирования параметрической надежности технологических систем. Рассмотрен пример прогнозирования параметрической надежности токарного станка при обработке на нем цилиндрических и торцовых поверхностей. Успешная апробация предложенных зависимости и методики была выполнена на ОАО «Дальэнергомаш» г. Хабаровск.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.132.21.1606.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проников, А.С. Надежность машин / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
2. Проников, А.С. Параметрическая надежность машин / А.С. Проников. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.
3. Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров: ГОСТ 22267-76. – Введ. 01.01.88.
4. Аникеева О.В. Управление этапом планирования для повышения качества процесса ремонта металлорежущих станков: Автореферат ... к.т.н., спец. 05.02.23. Курск, 2012. 16 с.
5. Решетов, Д.Н. Точность металлорежущих станков / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
6. Ивахненко, А.Г. Концептуальное проектирование металлорежущих систем. Структурный синтез А.Г. Ивахненко. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 1998. – 124 с.
7. Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности: ГОСТ 18097-93 – Взамен ГОСТ 18097-88; введ. 01.07.1996.

Аникеева Олеся Владимировна

ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

Инженер кафедры управления качеством, метрологии и сертификации

Телефон: 8-908-123-86-24

E-mail: olesya-anikeeva@yandex.ru

Ивахненко Александр Геннадьевич

ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

Доктор технических наук, профессор кафедры управления качеством, метрологии и сертификации

Телефон: (4712) 32-61-00

E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru

Куч Вадим Васильевич

ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

Кандидат технических наук, доцент кафедры управления качеством, метрологии и сертификации

Телефон: (4712) 32-61-00

E-mail: kuc-vadim@yandex.ru

O.V. ANIKEEVA, A.G. IVAKHNENKO, V.V. KUTS

THE FORECASTING OF A PARAMETRIC RELIABILITY OF AN PRECISION PROCESS EQUIPMENT

In work the dependence for a calculation of a process systems precision is received. The technique of a process systems parametric reliability forecasting is offered. With the application of the offered technique the models of a no-failure operation probability of a turning-machine when processing on it cylindrical and face surfaces are constructed.

Keywords: forecasting; parametric reliability; process equipment.

BIBLIOGRAPHY

1. Pronikov, A.S. Nadezhnost' mashin / A.S. Pronikov. – M.: Mashinostroenie, 1978. – 592 s.
2. Pronikov, A.S. Parametricheskaja nadezhnost' mashin / A.S. Pronikov. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2002. – 560 s.

Испытания, контроль, диагностика и управление качеством

3. Stanki metallovezhushchie. Shemy i sposoby izmerenij geometricheskikh parametrov: GOST 22267-76. – Vved. 01.01.88.

4. Anikeeva O.V. Upravlenie jetapom planirovaniya dlja povysheniya kachestva processa remonta metallovezhushchih stankov: Avtoreferat ... k.t.n., spec. 05.02.23. Kursk, 2012. 16 s.

5. Reshetov, D.N. Tochnost' metallovezhushchih stankov / D.N. Reshetov, V.T. Portman. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 336s.

6. Ivahnenko, A.G. Konceptual'noe proektirovanie metallovezhushchih sistem. Strukturnyj sintez A.G. Ivahnenko. – Habarovsk: Izd-vo Habar. gos. tehn. un-ta, 1998. – 124 s.

7. Stanki tokarno-vintoreznye i tokarnye. Osnovnye razmery. Normy tochnosti: GOST 18097-93 – Vzamen GOST 18097-88; vved. 01.07.1996.

Anikeeva Olesya Vladimirovna

Southwest State University, Kursk

The engineer of Quality Management, Metrology and Certification department

Tel. 8-908-123-86-24

E-mail: olesya-anikeeva@yandex.ru

Ivakhnenko Alexander Gennadievich

Southwest State University, Kursk

PhD, Professor of Quality Management, Metrology and Certification department

Tel. (4712) 32-61-00

E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru

Kuts Vadim Vasilievich

Southwest State University, Kursk

PhD, Professor of Quality Management, Metrology and Certification department

Tel. (4712) 32-61-00

E-mail: kuc-vadim@yandex.ru