

6. Шапов, П. Ф. Нормализация метрологически неопределенных информационных сигналов для систем измерительного контроля динамических объектов [Текст] / П. Ф. Шапов // Механика та машинобудування. — 2006. — № 1. — С. 280–286.
7. Иванов, Ю. П. Информационно-статистическая теория измерений. Методы оптимального синтеза информационно-измерительных систем, критерии оптимизации и свойства оценок [Текст] : учебн. пособ. / Ю. П. Иванов, В. Г. Никитин. — СПб.: ГУАП, 2011. — 104 с.
8. Блинков, Ю. В. Основы теории информационных процессов и систем [Текст] : учебн. пособ. / Ю. В. Блинков. — Пенза: ПГУАС, 2011. — 184 с.
9. Душин, В. К. Теоретические основы информационных процессов и систем [Текст] : учебник / В. К. Душин. — 4-е изд. — М.: Дашков и К., 2010. — 348 с.
10. Волков, В. Л. Информационно-статистическая теория измерений [Текст] / В. Л. Волков. — Н. Новгород: НГТУ, 2000. — 80 с.
11. Иванов, Ю. П. Информационно-статистическая теория измерений [Текст] / Ю. П. Иванов, Б. Л. Бирюков. — СПб.: ГУАП, 2008. — 160 с.
12. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения [Текст] : учебн. пособ. / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. — М.: 2007. — 490 с.

ІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕДУР КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЮЮЧИХ ВИКИДІВ ЕНЕРГОЕМНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Розглянуто вірогіднісну модель отримання очікуваної при контролі викидів інформацію про перевищення граничних норм у випадковому процесі забруднення. Отримані для розрахунків кількості очікуваної інформації, як логарифмічної функції інтенсивності потоку викидів, часу спостереження, ризиків першого та другого роду, а також, параметру не стаціонарності процесу забруднення.

Ключові слова: контроль, аналіз, викиди теплових електростанцій.

Любимова Ніна Александровна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра безпеки життєдіяльності, Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, Україна, e-mail: office@knau.kharkov.ua; n.liubimova@mail.ru.

Любимова Ніна Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра безпеки життєдіяльності, Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, Україна.

Lyubymova Nina, Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Ukraine, e-mail: office@knau.kharkov.ua; n.liubimova@mail.ru

УДК 681.518.3.08:620.191.35:004

Мирошниченко И. В.

ФОРМИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОЛНИСТОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРОТЯЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В работе описано использование интегрированной информационной среды, которая характеризуется учетом совокупности показателей точности измерений и метрологической надежности, что позволяет сократить сроки проектирования систем обработки экспериментальных данных. Адаптивные системы для вычисления статических параметров качества поверхности — шероховатости — позволяют формирование и динамических параметров — волнистости, в режиме «онлайн» при изготовлении протяженных изделий авиационно-космического машиностроения.

Ключевые слова: шероховатость, волнистость, унифицированный канал измерения ординат профиля шероховатости.

1. Введение

В авиационной промышленности (APRAR — Aviation-Problemarea) актуальной проблемой является разработка многофункциональных систем обработки экспериментальных данных (СОЭД-К). Контроль качества протяженных изделий APRAR должен осуществляться на всех этапах их жизненного цикла LT (LT — Life cycle Time): 1) внешнем проектировании — выработке концепции, создании математической модели (ММ), проведении научно-исследовательских работ (НИР), формировании определяющего показателя качества изделия; 2) внутреннем проектировании изделия по ТЗ, включающем технологическую подготовку производства (ТПП) — разработку СОЭД-К и оснастки для из-

готовления изделия; 3) промышленном производстве изделий, в том числе и их опытных образцов; 4) испытаниях; 5) реализации; 6) эксплуатации (включая сервис); модернизации и утилизации.

Одной из проблем в APRAR является внешнее проектирование аналого-цифровых компьютерных СОЭД-К с интегрированными пространственно-распределенными и программно-управляемыми унифицированными каналами измерения параметров шероховатости (УКИШ) протяженных объектов [1, 2], выходные сигналы $x(t)$ которых после преобразований передаются на центральный компьютер СОЭД-К для формирования базы данных ординат у шероховатости. Математическими моделями (ММ) процессов в APRAR часто являются случайные процессы $\xi(t)$ [3], при этом ММ, описывающие

состояния, принято называть статическими, а описывающие последовательности этих состояний — динамическими. Информационная технология (ИТ) проектирования таких СОЭД-К определяются как триединство «математическая модель — алгоритм — программа» [4].

Сокращение сроков разработки высокотехнологичных изделий APRAR и уменьшение затрат ресурсов на всех этапах их ЛТ может быть осуществлено применением интегрированной информационной среды (ИНИС) — совокупности средств измерения для получения данных, их кодирования, передачи и хранения в распределенных в пространстве базах данных и программ для их обработки в центральном компьютере СОЭД-К. На этапах внешнего и внутреннего проектирования идеология ИНИС, в которой действуют единые для APRAR правила хранения, обновления, поиска и передачи информации, которые базируются на программном и инструментальном (техническом) обеспечении, стандартах на представление и обмен информацией, а также методах управления предприятиями APRAR, реализуется в *управлении* процессом проектирования при выборе *оптимального проектного решения* в сочетании с *анализом* рисков и затрат ресурсов.

2. Анализ литературных данных

При выборе оптимального проектного решения по определяющему показателю качества практически единственным способом является многоуровневое описание структуры СОЭД-К [5]. Однако при выборе обобщенной точности [6] в качестве определяющего показателя качества систем остается нерешенной проблема внешнего проектирования аналого-цифровых СОЭД-К, в которых вычисление параметров шероховатости производится центральным компьютером по стандартным алгоритмам (ГОСТ 2789-73) в режиме реального времени по результатам измерений ординат шероховатости.

Алгоритм работы автоматизированной СОЭД-К первого уровня самоорганизации ориентирован только на конкретное изделие APRAR и реализуется фиксированной программой обработки. Именно программа обработки является основным инвариантом одноуровневой СОЭД-К, т. к. такие системы, например экспертные системы, приспосабливаются к текущим входным воздействиям и текущему состоянию своей базы данных.

Для адаптивных СОЭД первого уровня самоорганизации наиболее приемлемой является внешне-внутренняя адаптация [7, 8], при которой система реагирует на изменения внешней среды модификацией самой себя. В аналого-цифровых СОЭД внешне-внутренняя адаптация может быть произведена минимизацией числа разрядов АЦП, обеспечивающей заданную суммарную погрешность вычисления оценки параметра [9–11].

3. Постановка проблемы

В состав многофункциональных и многоканальных аналого-цифровых СОЭД-К изделий APRAR входят интегрированные программно-управляемые измерительные каналы, в том числе унифицированные каналы измерения ординат профиля шероховатости (УКИШ), а обработка результатов измерения УКИШ после их нормировки, аналого-цифрового преобразования и передачи в базу данных СОЭД-К выполняется в центральном компьютере.

Одним из способов уменьшения погрешности классификации — несоответствия реального процесса приписываемое ему математической модели, является использование адаптивных СОЭД-К [8] различных уровней самоорганизации, которые должны непрерывно решать оптимизационные задачи, или, иначе говоря, задачи стохастической экстраполяции (прогноза) значений параметров сигналов $x(t)$, которые несут информацию о процессах в APRAR. Адаптивные системы для вычисления статических параметров качества поверхности — шероховатости могут позволить формирование динамического параметра — волнистости, при изготовлении и испытаниях протяженных изделий APRAR.

Целью работы является оценка погрешностей классификации динамических моделей, включающих в себя и статические при проектировании СОЭД-К с интегрированными УКИШ [5].

4. Оценка погрешностей вычисления статических параметров шероховатости

Показателями качества поверхности изделий APRAR являются геометрические характеристики (ГОСТ 2789-73, ГОСТ 27964-88 и соответствующих им стандарты ISO и DIN), критерием для разграничения которых служит отношение шага неровностей S к их полной высоте R : при S/R более 1000 анализируются макронеровности (отклонения формы), определяемые допусками на изготовление; при $S/R = 50 \dots 1000$ — волнистость и при S/R менее 50 — шероховатость.

Шероховатость реальной поверхности оценивается по высоте y неровностей в нормальном поперечном сечении в пределах базовой длины l . Межгосударственный стандарт ГОСТ 2789-73 устанавливает 6 параметров: два статистических высотных Ra и Rz , $Rmax$ и три шаговых — S_p , S_{mi} и t_p .

Статистический параметр

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx$$

представляет собой среднее арифметическое значение *по модулю* высот y профиля, для n точек профиля на длине l в аналого-цифровых системах вычисляемый как

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|. \quad (1)$$

Параметр Rz вычисляется по 10 точкам (5 максимумов и 5 минимумов R), $Rmax$ — наибольшая высота профиля на расстоянии между линией выступов профиля и линией впадин профиля на длине l . Параметр S_i — средний шаг неровностей профиля по вершинам, характеризует взаимное расположение (расстояние) характерных точек (выступов и впадин) профиля, S_{mi} — точек пересечения профиля со средней линией m (нулей профиля). Параметр t_p — относительная опорная длина профиля на уровне p , определяемая как отношение опорной длины профиля к базовой длине, характеризует высоту и форму неровностей профиля, аналогичен функции распределения выбросов случайных процессов над порогом [10].

При представлении шероховатости ММ в виде $\xi(t)$ чаще всего встречаются законы распределения отклонения профиля:

а) нормальный усеченный (закон Гаусса), который описывает, в частности, рассеяние размеров в партии деталей средней точности (9...12 квалитетов), а также погрешности результатов измерений;

б) Симпсона (закон равнобедренного треугольника) — при обработке деталей с точностью 6...8 квалитетов;

в) равномерный (закон равной вероятности) — при обработке высокоточных деталей (4...5 квалитеты) и, гораздо реже, закон Релея (закон «эксцентриситета») для описания допусков расположения (биения, параллельности, перпендикулярности и т. д.).

При назначении параметров шероховатости должны устанавливаться способ получения или обработки поверхности, если они являются единственными для обеспечения ее заданного качества. Иначе значительно увеличится стоимость обработки, которая не может быть компенсирована лишь повышением качества изделия.

В APRAR выбор значений параметров (Ra , Rz , $Rmax$, t_p , S_m , S) и ненормируемого параметра DIR должен производиться с учетом эксплуатационных свойств поверхности (ЭСП). Основным во всех случаях является нормирование параметров шероховатости по высоте (табл. 1), причем предпочтительно нормировать параметр Ra , который более информативно, чем Rz и $Rmax$, характеризует неровности профиля, поскольку Ra вычисляется (1) по многим n точкам (или достаточному их числу) на базовой длине профиля.

Таблица 1

Эксплуатационные свойства поверхности (ЭСП) в APRAR

Эксплуатационные свойства поверхности	Параметры шероховатости
Износостойчивость при трении	$Ra(Rz)$, t_p , DIR
Виброустойчивость	$Ra(Rz)$, t_p , DIR
Контактная жесткость	$Ra(Rz)$, t_p , DIR
Прочность соединения	$Ra(Rz)$, S_m , DIR
Прочность при циклических нагрузках	$Ra(Rz)$, t_p , DIR
Герметичность соединений	$Ra(Rz)$, t_p , DIR
Сопротивление на СВЧ	$Rmax$, S_m , S , DIR
Параметры изделий APRAR при продувке в аэродинамических трубах	Ra , S_m , S , $Rmax$, (Rz) , DIR

В APRAR параметры t_p и DIR имеют особое значение, так как формализуют многие свойства изделий: износостойчивость при трении; прочность и контактную жесткость конструкций из композитных материалов, особенно при циклических нагрузках; виброустойчивость при работе в газообразных, жидких средах и в плазме (аэродинамика, гидравлика, физические исследования); прочность и герметичность термостойких покрытий и соединений при воздействии различных излучений, а также и поверхностное электрическое сопротивление при радиолокационном СВЧ-облучении. Параметры t_p и DIR определяют погрешности измерения характеристик изделий APRAR при их продувке в аэродинамических трубах, особенно на сверхзвуковых скоростях.

Формализация проблем информационного контакта на этапе внешнего проектирования СОЭД-К может быть осуществлена с помощью классификатора [12]. Использование в составе УКИШ датчиков на основе бесконтактных методов измерения шероховатости вызывает трудности, вызванные, в основном, их узкой специализацией [5] и необходимостью участия оператора. Поэтому предпочтение отдается СОЭД-К с УКИШ на базе

аналоговых контактных индукционных датчиков (КИД) с дифференциальной схемой включения, усилителями, фильтрами и АЦП с цифровой обработкой центральным процессором СОЭД-К. КИД являются наиболее устойчивыми к ударным перегрузкам и воздействию внешних магнитных полей и поэтому их используют при автоматизации изготовления протяженных изделий в APRAR для работы в режиме «онлайн» [13]. В таких аналого-цифровых СОЭД-К с интегрированными УКИШ имеется возможность осуществлять вычисления Ra не только для образцов, но и для простых нелинейных поверхностей, сечение которых в плоскости измерения представляет базовую прямую линию, что характерно для протяженных объектов с соотношением радиуса кривизны r и базовой длины l порядка $100r \geq l$.

В аналого-цифровых СОЭД-К может быть применена внешне-внутренняя адаптация путем выбора минимального числа разрядов АЦП, обеспечивающего требуемую погрешность измерений [7, 8]. Это приводит к повышению быстродействия АЦП и, как следствие, к увеличению объема выборки, что приводит к уменьшению статистической составляющей суммарной погрешности СОЭД-К. Адаптивные СОЭД-К первого уровня самоорганизации ориентированы на конкретное изделие APRAR, в данном случае шероховатость поверхности, а алгоритм работы СОЭД-К реализуется фиксированной программой обработки, являющейся основным инвариантом одноуровневой СОЭД-К.

При заданном алгоритме обработки сигналов $x(t)$, получаемых от аналоговых ИКД, измеряющих значения ординат у профиля шероховатости, можно сформулировать требования ко всему каналу УКИШ как средству измерения (СИ). Это может позволить на этапе внешнего проектирования СОЭД-К свести процедуру верификации алгоритма вычисления параметров шероховатости поверхности к проверке УКИШ в тестовом режиме по образцам шероховатости как для аналогового средства измерения [11].

При реализации ИНИС-технологий проблема информационного контакта на этапе внешнего проектирования СОЭД-К с интегрированным УКИШ формально может быть сведена к решению конечного набора из трех статистических измерительных задач с цифровыми обозначениями (кодами) по $JSTX.k.b$ -классификатору [12]:

1. Код «1112.01.01» — массив ординат у профиля шероховатости $\{y^*\}$ первого порядка ($k = 01$) формируется в каждом отдельном эксперименте ($J = 1$) на различных интервалах одной и той же совокупности реализаций, рассматриваемых как стационарные неэргодические процессы ($X = 2$) при усреднении по множеству реализаций ($S = 1$) для вычисления средних оценок ($T = 1$) в виде математического ожидания ($b = 01$) параметра Ra или Rz .

2. Код «1211.01.02» — массив ординат у профиля шероховатости $\{y^*\}$ первого порядка ($k = 01$) отклонения профиля у шероховатости формируется в каждом отдельном эксперименте ($J = 1$) на различных интервалах одной и той же совокупности реализаций, рассматриваемых как стационарные неэргодические процессы ($X = 2$) при усреднении по множеству реализаций ($S = 1$) для вычисления оценок второго порядка типа дисперсии или СКО ($b = 02$) — погрешности вычисления параметра Ra или Rz .

3. Код «1144.01.07.» — массив $\{y^*\}$ зависимостей первого порядка ($k = 01$) отклонения у профиля шероховатости формируется в каждом отдельном эксперименте ($J = 1$) на различных интервалах одной и той же совокупности реализаций, рассматриваемых как нестационарные неэргодические процессы ($X = 4$) при усреднении по множеству реализаций ($S = 1$) при измерении kt -текущих оценок ($T = 4$) характеристик выбросов траектории $\xi(t)$ над заданным порогом ($b = 07$) для обнаружении локальных дефектов (царапин, вмятин) деталей и изделий APRAR.

При выполнении всех трех задач производится однородное масштабирование данных (ОМД — Uniform-scaling), в измерительной технике, называемое автоматическим выбором предела измерения, с последующей передачей ОМД-координат у точек профиля в цифровом виде через канал связи на центральный процессор ЭВМ для формирования массива $\{y^*\}$ отклонений ординат профиля шероховатости. Данные из массива $\{y^*\}$ используются для вычисления параметров шероховатости поверхности по формуле (1) для 1-й и 2-й задач. В 3-й задаче производится фиксации превышения выбросов над заданным порогом — уровнем заданной технологической шероховатости на всех операциях изготовления деталей, узлов и сборки основного изделия APRAR.

Такое построение многоканальной СОЭД-К может обеспечить расширение [10] перечня измеряемых характеристик параметров шероховатости, в дополнение к Ra и Rz , за счет модернизации программного обеспечения центрального процессора СОЭД-К без изменения структурной схемы УКИШ.

В APRAR для работы СОЭД-К первого уровня самоорганизации при реализации CALS-технологии достаточно вычисления оценок моментов первых четырех порядков: $k = 01$ — математическое ожидание параметров Ra и Rz шероховатости; $k = 02$ — погрешности вычисления параметров шероховатости; $k = 03$ — оценка асимметрии закона распределения $\xi(t)$ по отношению к нормальному усеченному закону и $k = 04$ — четвертый порядок оценки — эксцесс закона распределения значений $\xi(t)$, близкого к нормальному.

Большинство аналого-цифровых СОЭД-К являются адаптивными двухуровневыми системами. При переходе адаптивной СОЭД-К на второй уровень самоорганизации необходимо изменить программу основной обработки и некоторую часть базы знаний (тезаурусы), часто называемую условно-постоянной информацией, например *JSTX.k.b.*-классификатор [12–15]. Для двухуровневой СОЭД-К при изменении условий функционирования основными инвариантами является уже суммарная погрешности вычисления Ra и программа оптимизации, реализующая методы (один из методов) повышения точности СОЭД-К с интегрированным УКИШ.

По «текущей гистограмме» выбирается минимальное число разрядов АЦП для получения требуемой суммарной погрешности вычисления, т. е. производится адаптация в зависимости от вида закона распределения $\xi(t)$. Метод повышения точности аналого-цифровой СОЭД-К с интегрированным УКИШ состоит в том, что в алгоритм вычисления значений Ra , принимаемых как оценки центральных моментов μ_k для процессов с ограниченным диапазоном значений отклонений ординат профиля шероховатости, вводится коэффициент *относительной коррекции* [13], суть которой состоит в том, что отсчет

ординаты у точки профиля шероховатости производится со сдвигом, значения которого зависят от вида распределения $\xi(t)$, относительно середины дифференциального коридора АЦП.

В таких аналого-цифровых СОЭД-К с интегрированными УКИШ на базе ИКД с независимой опорой (Traversing system of an instrument with the external reference datum), в которой ИКД не опирается на измеряемую, поверхность, а перемещается независимо по внешней базе, сохраняя ориентацию постоянной, что достигается путем перемещения опоры ИКД так, что измеряемая поверхность не действует на ИКД и не влияет на траекторию его перемещения относительно измеряемой поверхности, имеется принципиальная возможность осуществлять процедуру вычислений Ra не только для стандартных образцов, но и для простых нелинейных поверхностей протяженных изделий APRAR.

5. Выводы

Информационные технологии проектирования СОЭД-К, использующие концепцию обобщенной точности с учетом совокупности показателей точности измерений, надежности, помехозащищенности и электромагнитной совместимости, могут быть использованы при проектировании адаптивных СОЭД-К для вычисления как статических параметров качества поверхности — шероховатости, так и динамических параметров — волнистости, в режиме «онлайн» при изготовлении протяженных изделий APRAR.

Показана возможность формирования динамической математической модели качества поверхности протяженных изделий — волнистости, как результат аппроксимации параметров конечного числа статистических оценок, вычисляемых по результатам измерений ординат шероховатости на ограниченных линейных участках поверхности протяженных изделий авиационно-космического машиностроения.

Литература

1. Детлинг, В. С. Інформаційно-вимірвальна система забезпечення якості шорсткості поверхні [Текст] / В. С. Детлинг, В. П. Зинченко, І. В. Мірошніченко // Вісник Черкаського Державного технологічного університету. — 2006. — Спецвипуск. — С. 135–137.
2. Мірошніченко, І. В. Обработка экспериментальных данных о профиле шероховатости поверхностей в аналого-цифровых системах с интегрированным измерительным каналом [Текст] / І. В. Мірошніченко // Адаптивні системи автоматичного управління. — 2012. — Вип. 21(41). — С. 46–53.
3. Мірошніченко, І. В. Інформаційні технології проектування систем обробки даних при контролі якості поверхності [Текст] : матеріали Науково-практичної конференції «Наукові підсумки 2013 р.» / І. В. Мірошніченко // Технологічний аудит і резерви виробництва. — 2013. — № 6/4(14). — С. 25–27.
4. Мірошніченко, І. В. Вероятностные характеристики статической математической модели шероховатости [Текст] / І. В. Мірошніченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. — 2013. — № 4(193), Ч. 2. — С. 109–113.
5. Марчук, М. О. Проблематика розробки інформаційних технологій контролю якості шорсткості поверхні [Текст] / М. О. Марчук, І. В. Мірошніченко // Технологічні комплекси. — 2012. — № 1, 2(5, 6). — С. 57–61.

6. Марчук, М. А. Обобщенная точность систем обработки экспериментальных данных [Текст] / М. А. Марчук, И. В. Мирошниченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. — 2012. — № 8(179), Ч. 2. — С. 121–130.
7. Детлинг, В. С. Выбор вида адаптации в информационных системах [Текст] : сб. докл. / В. С. Детлинг, И. В. Мирошниченко // V Международная научно-техн. конф. «Гиротехнологии, навигация и управление движением», Киев, 21–22 апреля 2005 г. — С. 310–313.
8. Детлинг, В. С. Вибір параметрів адаптивних систем обробки експериментальних даних [Текст] / В. С. Детлинг, І. В. Мірошніченко, В. І. Павленко, В. О. Тихоход // Адаптивні системи автоматичного управління. — 2012. — Вип. 20(40). — С. 41–51.
9. Мирошниченко, И. В. Погрешности от неидеальности оператора сравнения статистических информационно-измерительных систем [Текст] : сб. доп. / И. В. Мирошниченко // VIII Міжнародна науково-техн. конф. «Гиротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 21–22 квітня 2011 р., Київ. — Ч. 4. — С. 100–104.
10. Тихонов, В. И. Выбросы траекторий случайных процессов [Текст] / В. И. Тихонов, В. И. Хиленко. — М.: Наука, 1987. — 303 с.
11. Черепашук, Г. А. Особенности метрологической аттестации программного обеспечения систем для динамических измерений [Текст] : материалы междунар. научно-техн. конф. / Г. А. Черепашук // Автоматизация: Проблемы, идеи, решения. — Севастополь, 2012. — С. 180–181.
12. Мирошниченко, И. В. Об одном способе классификации статистических измерительных задач [Текст]: сб. наук. пр. / И. В. Мирошниченко // Математичне та комп'ютерне моделювання. — 2012. — Вип. 7. — С. 132–139.
13. Пономаренко, В. К. Повышение точности вычисления моментов высоких порядков случайных процессов с ограниченным диапазоном значений [Текст] / В. К. Пономаренко, В. С. Мирошниченко // Труды IV Всесоюзной Школы-семинара по статистической гидроакустике. — Новосибирск, 1973. — С. 123–128.
14. Цветков, Э. И. Основы теории статистических измерений [Текст] / Э. И. Цветков // 2-е изд., перераб. и дополн. — Л.: Энергоатомиздат, 1986. — 286 с.
15. Detling, V. S. Information-logical model error of random statistical characteristics measurements [Текст] / V. S. Detling, C. Kartunov, I. V. Miroshnichenko // International scientific conference, Gabrovo, 23–24 Nov. 2007. — P. 322–327.

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ХВИЛЯСТОСТІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБЧИСЛЕННЯ ШОРСТКОСТІ ПРОТЯЖНИХ ВИРОБІВ

У роботі описано використання інтегрованого інформаційного середовища, яке характеризується урахуванням сукупності показників точності вимірювань і метрологічної надійності, що дозволяє скоротити терміни проектування систем обробки експериментальних даних. Адаптивні системи для обчислення статичних параметрів якості поверхні — шорсткості — дозволяють формування і динамічних параметрів — хвилястості, в режимі «онлайн» при виготовленні протяжних виробів авіаційно-космічного машинобудування.

Ключові слова: шорсткість, хвилястість, уніфікований канал вимірювання ординат профілю шорсткості.

Мирошниченко Іван Володимирович, старший преподаватель, кафедра автоматизации проектирования энергетических процессов и систем, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина, e-mail: goodgod@ukr.net.

Мирошниченко Іван Володимирович, старший викладач, кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів та систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна.

Miroshnichenko Ivan, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: goodgod@ukr.net

УДК 66.096.5

**Безносик Ю. А.,
Логвин В. А.,
Коринчук К. А.,
Киржнер Д. А.**

СЖИГАНИЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ВЫБРОСОВ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

Перспективным методом сжигания низкокачественных высокозольных и низкокалорийных топлив с низким уровнем токсических веществ, является сжигание в низкотемпературном псевдоожигенном слое. В работе приведены результаты проведенных экспериментов на специальной лабораторной установке по сжиганию низкокачественных топлив в низкотемпературном кипящем слое. Проведено сравнение процесса сжигания различных видов низкокачественного топлива.

Ключевые слова: псевдоожигенный слой, уголь, торф, пеллеты, антрацитовый штыб, оксиды серы, оксиды азота.

1. Введение

Повышение цен на природный газ и государственные программы модернизации коммунальной теплоэнергетики, целью которых является снижение потребления природного газа от 30 до 50 % для систем теплоснабжения Украины [1, 2], побуждают предприятия к возможности

использования альтернативных местных видов топлива для выработки тепловой энергии.

Таковыми топливами могут быть низкокачественный уголь, сланцы, торф, отходы переработки угля и древесины. Так, ежегодный объем образования отходов углеобогащения в Украине составляет около 5,5 млн. т. Детальная информация об использовании и образовании