

# Визначення та корекція метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки

УДК 681.518.3

Н.В. Глухова, І.В. Коваленко, М.А. Дороніна

*Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, Україна*

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНИХ СТЕНДІВ

*У статті розглянуті питання розробки програмних моделей у середовищі графічного програмування LabView, необхідних при побудові віртуальних лабораторних стендів для дослідження метрологічних характеристик каналів інформаційно-вимірювальних систем. Представлено віртуальні прилади для експериментального дослідження характеристик вимірювального каналу гідротранспортної системи гірничо-металургійного комбінату, а також для виконання комплектної та поелементної перевірок вимірювальних каналів методами зразкової міри та зразкового приладу.*

**Ключові слова:** вимірювальний канал, інформаційно-вимірювальна система, віртуальний стенд.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Якісна організація лабораторного практикуму з навчальних дисциплін є необхідним підґрунтям високого рівня їх засвоєння. Нажаль швидкість модернізації лабораторного обладнання у навчальних закладах, як правило, не відповідає вимогам сучасності. Саме це обумовило за останні кілька років широке застосування у навчальному процесі віртуальних лабораторних стендів [1 – 3].

Слід зазначити, що вказана проблема виявляється особливо гострою при організації лабораторних робіт з таких дисциплін, як «Інформаційно-вимірювальні системи» та «Інформаційно-вимірювальні комплекси». При цьому основні труднощі виникають під час вибору об'єкту дослідження та створенні його натурної або програмної моделі. Останній варіант реалізації моделі може бути успішно побудований при застосуванні сучасних технологій розробки віртуальних лабораторних стендів.

**Постановка завдання.** Для проведення лабораторних робіт з дисципліни «Інформаційно-вимірювальні системи» виконана розробка низки віртуальних лабораторних стендів у середовищі графічного програмування LabView:

1. Моделювання та дослідження метрологічних характеристик каналів інформаційно-вимірювальної системи для гідравлічного транспортування пульпи.

2. Комплектна перевірка вимірювального каналу методом зразкового приладу.

3. Комплектна перевірка вимірювального ка-

налу методом зразкової міри.

4. Поелементна перевірка вимірювального каналу температури.

5. Дослідження метрологічних характеристик вимірювального каналу з ідентифікацією закону розподілу випадкових похибок [4].

### Основна частина

Перша лабораторна робота знайомить студента з реальним технологічним об'єктом – гідротранспортною системою гірничо-металургійного комбінату. На віртуальному стенді (рис. 1) розташовані моделі засобів вимірювань, які використовуються для оперативного контролю параметрів транспортування гідросуміші від кар'єру з відкритим способом добучі корисних копалин до збагачувальної фабрики. При виконанні лабораторної роботи студент повинен ознайомитися з технологією гідротранспортування, номінальними метрологічними характеристиками використаних засобів вимірювань. У програмі передбачена можливість збереження результатів багатократних вимірювань в файлі на диску. Аналізуючи ці дані, студент виконує статистичну обробку та розраховує оцінку: а) випадкової складової похибки у вигляді точкових та інтервальних характеристик; б) невизначеності категорії А.

У другій лабораторній роботі програмна модель технологічного об'єкту призначена для імітації функціонування певної електричної схеми з можливістю підключення двох різних джерел живлення. До виходу технологічного об'єкту одночасно приєднані зразковий прилад з цифровим індикатором та вимірювальний канал, метрологічні характеристики

якого підлягають оцінці шляхом перевірки методом зразкового приладу. Модель вимірального каналу представляє собою ланцюг з лінії передачі даних та декількох вимірвальних перетворювачів. Лабораторний стенд дозволяє здійснювати комплектну перевірку каналу з метою встановлення похибки (невизначеності) каналу в цілому, а не окремих його ланок.

Третя лабораторна робота реалізує також ком-

плектну перевірку, але з використанням зразкової міри. Інтерфейс користувача віртуального стенду містить графічне зображення моделі вимірально-го каналу; генератора зразкового гармонійного сигналу з класом точності 0,01; технологічного об'єкту, який на виході має змінний у часі періодичний сигнал; графічні індикатори, що імітують відтворення даних вимірювань, які заведено у ПК за допомогою операції аналого-цифрового перетворення (рис. 2).

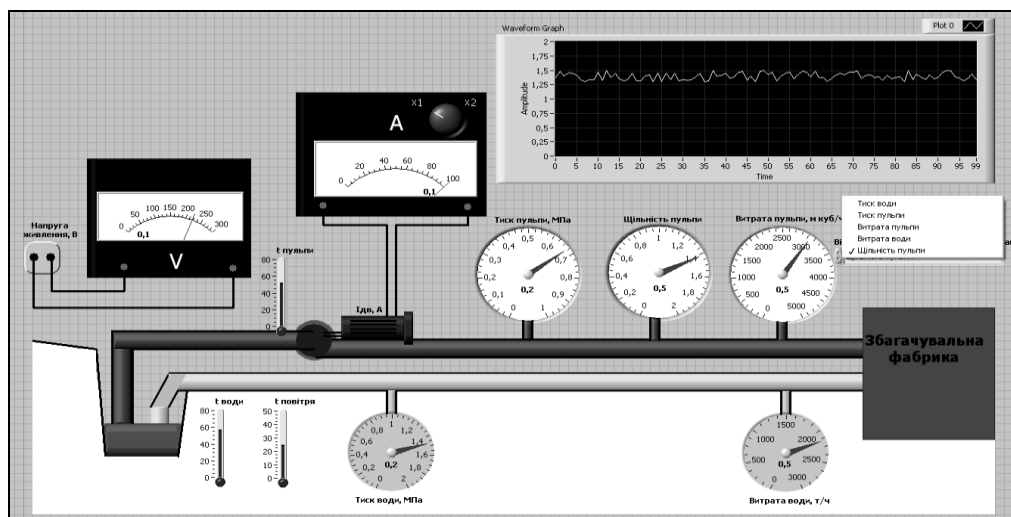


Рис. 1. Віртуальний лабораторний стенд для дослідження характеристик вимірвальних каналів параметрів гідротранспортної системи

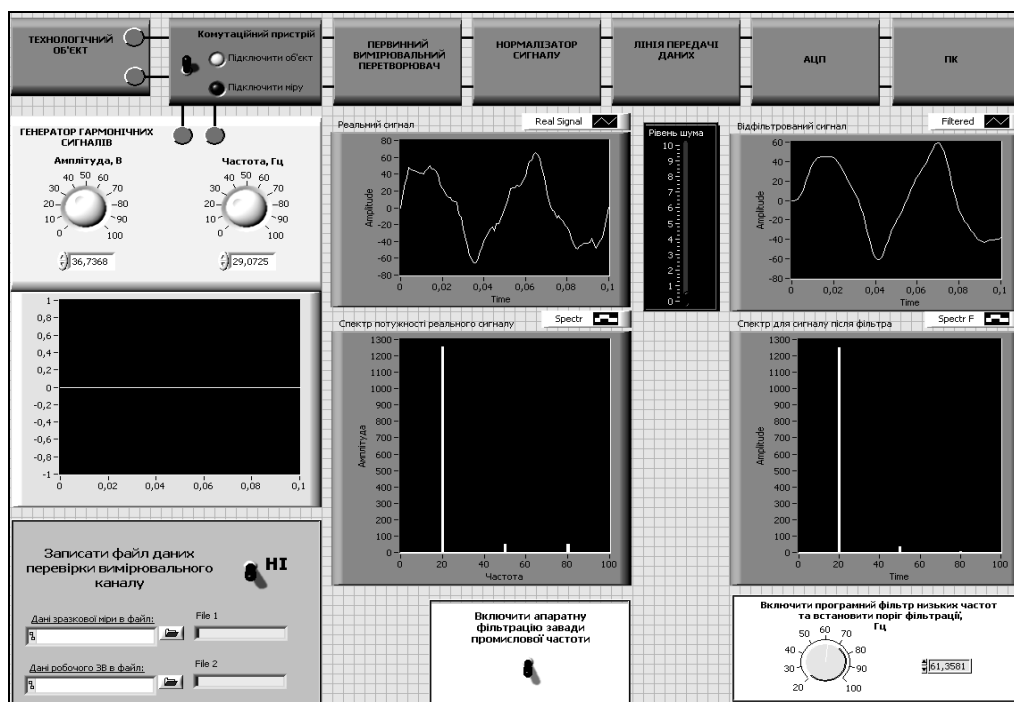


Рис. 2. Віртуальний лабораторний стенд для реалізації методу зразкової міри при комплектній перевірці вимірального каналу

Модель генератора слугує для отримання зразкового гармонійного сигналу з регульованою частотою та амплітудою. Модель технологічного об'єкту

імітує появу на вході вимірального каналу електричного сигналу, який змінюється у часі за періодичним законом. Модель вимірального каналу при-

значена для імітації проходження електричного сигналу через низку вимірювальних перетворювачів та канал передачі даних. При цьому на корисний періодичний сигнал впливають завади різного походження, які викликають появу у складі реального вимірювального сигналу на виході каналу випадкових та систематичних похибок. Користувачеві надається можливість уникнути деяких неінформативних складових корисного сигналу вимірювальної інформації:

- 1) за допомогою регулятора «рівень шуму» імітується можливість позбавлення (повного або часткового) сигналу від випадкових завад типу «гаусів білий шум»;
- 2) за допомогою перемикача «відключення завади промислової частоти» можна виключити зі спектра корисного сигналу гармоніку з частотою 50 Гц;
- 3) включення програмного фільтра, який дозволяє виконати фільтрацію даних при введенні їх че-

рез АЦП у комп'ютер.

На стенді для перевірки вимірювального каналу також розташовані графічні індикатори, які відображають форму зразкового сигналу на вході вимірювального каналу; реального сигналу на виході вимірювального каналу; сигнал після виконання програмної фільтрації даних з використанням фільтру нижніх частот (поріг фільтрації задається користувачем); дозволяють спостерігати за спектром реального сигналу та відфільтрованих даних. На вході вимірювального каналу розташований комутаційний пристрій, за допомогою якого здійснюється відповідне приєднання на вхід каналу виходу технологічного об'єкту або виходу генератора зразкового сигналу. Для зручності аналізу експериментальних даних у програмі передбачена можливість запису даних перевірки у файли типу текстова таблиця *Write To Spreadsheet File*. Відповідна блок-діаграма віртуального приладу представлена на рис. 3.

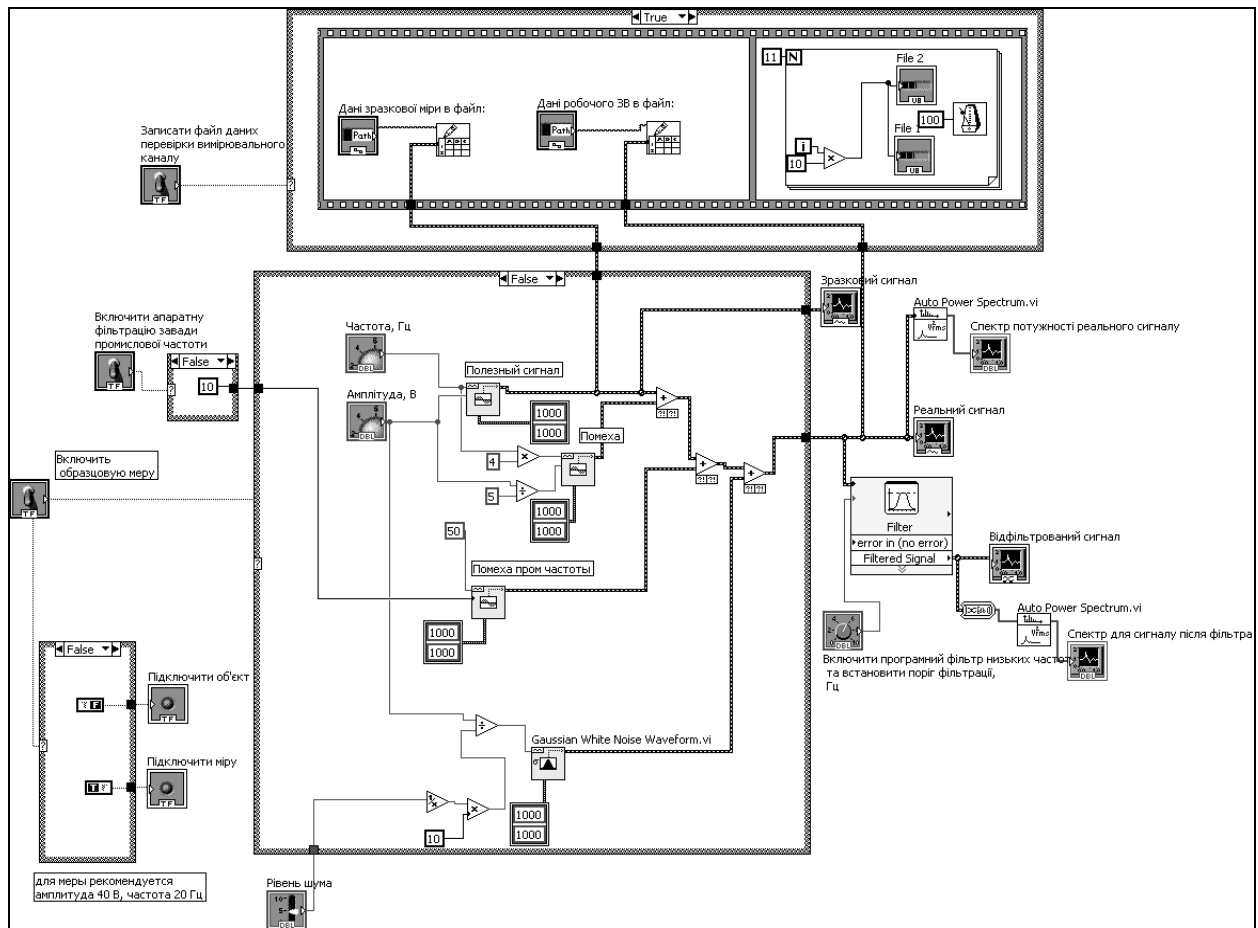


Рис. 3. Блок-діаграма віртуального лабораторного стенду комплектної перевірки методом зразкової міри

Віртуальний стенд «Поелементна перевірка вимірювального каналу температури» дозволяє виконати оцінку метрологічних характеристик вимірювального каналу в цілому на підставі даних про кожний вимірювальний перетворювач, який входить до його складу. Реальні значення похибок перетво-

рювачів встановлюються на основі експериментальних даних при зіставленні результатів перетворення засобом вимірювань зразкового значення технологічного параметра зі значеннями вихідного сигналу перетворювача в його градувальній характеристиці. Для практичної реалізації перевірки засобу вимі-

рювань необхідно на його вхід подати сигнал від зразкової міри або сигнал, величина якого вимірюється за допомогою високоточного зразкового приладу. Значення вихідної величини після перетворення також вимірюється зразковим приладом, внаслідок чого похибка досліджуваного засобу вимірювань може бути розрахована як  $\Delta = y_0 - f(x_0)$ , де  $y_0$  – реальний вихідний сигнал досліджуваного перетворювача, який вимірюється зразковим приладом;  $x_0$  – дійсне значення вхідної величини перетворювача;  $f$  – функціональна залежність, що представляє собою номінальну градувальну характеристику засобу вимірювань.

Досліджуваний канал призначений для вимірювання температури речовини в резервуарі. Структура ВК складається з таких компонентів: термопара, нормалізатор, груповий нормалізуючий пристрій, модуль нормалізації, модуль комутації безконтактний, аналого-цифровий перетворювач, засіб представлення інформації – персональний комп'ютер.

Реальні значення сигналу виміральної інформації одночасно реєструються зразковим та робочим засобами вимірювань, отримані дані співставляються з результатами обчислень на основі використання відомостей про номінальні градувальні характеристики кожного з перетворювачів. Таким чином встановлюються метрологічні характеристики кожного окремого перетворювача. Далі обчислюється узагальнена похибка вимірального каналу. Оскільки закон її розподілу невідомий, то використовується оцінка «зверху» (тобто найгірший випадок) – приймається гіпотеза про рівномірний закон розподілу похибки вимірального каналу в цілому.

В останній лабораторній роботі досліджується випадкова складова похибки каналу інформаційно-виміральної системи на основі багатократних

вимірювань. При цьому висувається гіпотеза про її нормальний закон розподілу та перевіряється за критерієм  $\chi$ -квадрат.

## Висновки

Розглянута у статті програмна реалізація віртуальних лабораторних стендів для дослідження метрологічних характеристик вимірально-вимірних каналів дозволяє виконувати експериментальні дослідження з метою проведення комплектної та поелементної перевірки складових частин інформаційно-вимірально-вимірних систем. Розроблені лабораторні роботи слугують для отримання практичних навичок щодо аналізу характеристик засобів вимірювань.

## Список літератури

1. *LabView: практикум по основам измерительных технологий: уч. пос. для вузов / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин, В.Ф. Папуловский. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 208 с.*
2. *Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabView 7 / П.А. Бутырин, Т.А. Васильковская, В.В. Каратаева, С.В. Материкин. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 264 с.*
3. *Глухова Н.В. Інноваційні віртуальні технології підготовки інженерів / Н.В. Глухова // Проблеми розробки галузевих стандартів вищої освіти нового покоління: зб. праць науково-практичної конференції – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2011. – С. 78.*
4. *Глухова Н.В. Метрологічне та програмне забезпечення каналів інформаційно-вимірально-вимірних систем / Н.В. Глухова, І.В. Коваленко, О.С. Сиркова // Зб. наук. праць НГУ. – 2009. – № 33. – С. 141-148.*

Надійшла до редколегії 26.08.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.І. Корсун, ДВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, Україна.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНЫХ СТЕНДОВ

Н.В. Глухова, И.В. Коваленко, М.А. Доронина

*В статье рассмотрены вопросы разработки программных моделей в среде графического программирования LabView, необходимых при построении виртуальных лабораторных стендов для исследования метрологических характеристик информационно-измерительных систем. Представлены виртуальные приборы для экспериментального исследования характеристик измерительного канала гидротранспортной системы горно-металлургического комбината, а также для выполнения комплектной и поэлементной проверок измерительных каналов методами образцовой меры и образцового прибора.*

**Ключевые слова:** измерительный канал, информационно-измерительная система, виртуальный стенд.

## MODELING AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF MEASURING CHANNELS CHARACTERISTICS USING OF VIRTUAL STANDS

N.V. Glukhova, I.V. Kovalenko, M.A. Doronina

*In article there are considered working out questions of program models in the graphical programming environment LabView which are necessary for creation virtual laboratory stands for metrological characteristics of information-measuring systems. Virtual devices for an experimental research of the measuring channel characteristics for hydrotransport system of mining-concentrating plant, and also for performance of complete and bit-by-bit checks of measuring channels by methods of exemplary measure and exemplary device are presented*

**Keywords:** measuring channel, information-measuring system, virtual stand.