

УДК 621.396:677.859

О.Л. Ліманська<sup>1</sup>, Ю.В. Феріма<sup>1</sup>, А.А. Жовтун<sup>1</sup>, М.О. Педь<sup>1</sup>, М.О. Зінченко<sup>1</sup>,  
М.В. Борисенко<sup>2</sup>, О.І. Бондаренко<sup>3</sup><sup>1</sup> Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ<sup>2</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>3</sup> Військово-медичний клінічний центр Північного регіону, Харків

## ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ І КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ, МЕТРОЛОГІЧНИХ І ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ

У статті розглянуто можливості віртуальних вимірювальних приладів і комплексів щодо використання їх в науково-дослідних, метрологічних і вимірювальних лабораторіях. Проведено аналіз стану розвитку віртуальних вимірювальних приладів, створення на базі цих приладів сучасних автоматизованих робочих місць. Наведено приклад побудови на базі віртуальних вимірювальних приладів автоматизованого робочого місця з перевірки приладу вимірювального П-321.

**Ключові слова:** віртуальний вимірювальний прилад, віртуальний вимірювальний комплекс, віртуальна лабораторія.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Розробка та використання віртуальних вимірювальних приладів – це рішення, яке відповідає вимогам сьогодення, надасть змогу мінімізувати наявність технічних засобів, скоротити та автоматизувати процес вимірювань у майбутньому.

Аналіз сучасного стану вимірювальної техніки, тенденцій подальшого її розвитку та використання на сучасному етапі показав, що разом з розробкою і удосконаленням традиційних засобів вимірювання набуває все більшого значення достатньо новий напрям – розробка і використання, так званих, віртуальних вимірювальних приладів [1]. Цьому сприяє, по-перше, значний прогрес у розвитку засобів електронно-обчислювальної техніки (ЕОТ), внаслідок якого персональні комп'ютери (ПК) практично стали необхідним інструментом інженерів, науковців, викладачів; по-друге, парк засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) поповнюється та відновляється не такими темпами, як того потребують сучасні вимоги; по-третє, порушення інтеграційних зв'язків з країнами колишнього СРСР значно ускладнює процес розробки, а головне – виробництва сучасних ЗВТ. Все це потребує пошуку альтернативних способів вдосконалення парку ЗВТ, наприклад шляхом розробки та створення віртуальних вимірювальних комплексів (ВВК) на базі віртуальних вимірювальних приладів (ВВПр).

**Аналіз останніх публікацій** показав [1–3], що існує багато пропозицій з використання ВВПр і ВВК у різних галузях промисловості. Однак всі вони не розглядають особливостей розробки ВВПр конкретно для проведення досліджень, повірочних, калібрувальних і регулювальних робіт, а також створення

автоматизованих робочих місць для проведення цих робіт. Враховуючи тенденції розвитку науки та техніки існує необхідність розробки ВВПр і ВВК для проведення багатократних і складних вимірювань за достатньо великі проміжки часу зі складними математичними підрахунками автоматизованому режимі.

Таким чином, набуває актуальності питання, пов'язане з розробкою ВВПр та ВВК з метою автоматизації процесу вимірювань.

**Метою даної статті** є визначення переваг та можливостей використання віртуальних вимірювальних приладів для вдосконалення і оптимізації роботи науково-дослідних, метрологічних та вимірювальних лабораторій.

### Основна частина

На сучасному етапі розвиток ЕОТ наштовхує на думку про використання могутнього технологічного потенціалу комп'ютеризації у справі удосконалення процесу вимірювань [3]. Пошуки рішення привели до необхідності створення віртуальних приладів, аналоги яких вже існують за кордоном і демонструють величезні переваги перед, так званими, традиційними приладами.

Існує багато визначень ВВК, ВВПр (або віртуальних інформаційно-вимірювальних приладів). Після проведення аналізу пропонуємо використовувати наступні визначення.

Віртуальний інформаційно-вимірювальний прилад – це комп'ютер (як правило, ПК), оснащений набором апаратних і програмних засобів, що виконує функції інформаційно-вимірювального приладу або системи, максимально наближений до вирішення завдання. У наукових дослідженнях, діагностичних, статичних і інтелектуальних системах комп'ю-

тери використовуються для вирішення завдань управління вимірювальними експериментами, збору, реєстрації, обробки та систематизації даних, подання та зберігання результатів спостережень. При цьому частина функцій і операцій [4] здійснюється не апаратно, а програмно за допомогою ЕОТ. Апаратна інформаційно-вимірювальна частина приладів і систем реалізується розміри стандартної плати та автономного модуля комп'ютера.

Віртуальний прилад являє собою комбінацію комп'ютера (ПК), універсальних апаратних засобів введення-виведення сигналів і спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ), яке і визначає конфігурацію та функціонування закінченої системи. Це, по суті, в руках творця системи – конструктор, з якого інженер або дослідник може побудувати вимірювальний прилад будь-якої складності. У цьому разі вимоги завдання і відповідне цьому ПЗ, а не можливості приладу визначають функціональні характеристики закінченого приладу.

Розглянемо переваги віртуальних приладів по відношенню до традиційних засобів вимірювання:

- економія коштів, місця і ваги;
- мобільність;
- обсяг вимірювальної інформації практично необмежений;
- простота у використанні й обслуговуванні;
- універсальність застосування;
- багаті можливості представлення і обробки інформації;
- настроюваний інтерфейс користувача;
- розширюваність;
- запис часу і коментарів разом з даними;
- автоматизація процесу вимірювань;
- вбудовані вимірювальні процедури надають можливості мультимедіа;
- доступ в Інтернет для розповсюдження даних по всьому світу;
- взаємодію з базами даних та інформаційними системами.

Віртуальний прилад має невеликі розміри, вагу і, як правило, низьку вартість, а для відображення інформації монітор (на сьогоднішній день кожний інженер або дослідник в роботі й так використовує ЕОТ). Наприклад: вартість сучасних цифрових вольтметрів, у залежності від типів і метрологічних характеристик приладів, може перевищувати вартість плати збору даних на цифрові вольтметри майже у десять разів.

Завдяки невеликим габаритам та ваговим характеристикам ВВПр разом з ЕОТ (наприклад, ноутбук) легко можна транспортувати та швидко розгорнути.

Завдяки можливостям ЕОТ обсяг вимірювальної інформації, яка відображається, обробляється і зберігається обмежується тільки характеристиками ПК.

Обслуговування складних великогабаритних пристроїв, приладів і систем вимагає великих витрат часу, засобів і висококваліфікованого обслуговуючого персоналу. Плата збору даних відрізняється простотою у використанні й обслуговуванні, а також завдяки наявності в програмному забезпеченні системи підказок, робота з віртуальним приладом не потребує від оператора спеціальних знань.

Значною перевагою використання ПК у складі віртуального приладу є можливість створення максимально дружнього інтерфейсу для оператора. Зручний і зрозумілий режим підказок, звичне оформлення передньої панелі, можливість поміняти колірну гаму, усе це і багато чого іншого робить віртуальний прилад ергономічним і приємним для користувача.

Простота діалогу, можливість швидкої переконафігурації, вбудований апарат обробки даних дозволяють створювати на основі персонального комп'ютера і плати збору даних безліч різноманітних гнучких вимірювальних систем. Швидка, неproblemатична взаємозамінність плати збору даних, можливість дублювання особливо важливих елементів вимірювальних систем, широкі можливості моніторингу й обробки сигналу, можливість передачі інформації, як у локальній, так і глобальній мережі – усе це вказує на універсальність віртуальних вимірювальних приладів (комплексів, систем).

ВВПр можна широко використовувати у пересувних або мобільних вимірювальних та метрологічних лабораторіях. Якщо традиційні вимірювальні прилади замінити ВВПр, то це дасть змогу по-перше змінити автомобільну базу для транспортування та роботи на більш дешеву та економічну, по-друге зменшити кількість працівників, які виконують вимірювальні роботи, по-третє збільшити кількість об'єктів, які можуть одночасно обслуговуватись.

Дуже актуальним є використання ВВПр у науково-дослідних установах та лабораторіях під час проведення досліджень, експериментів та випробувань. ВВПр можуть одночасно виконувати велику кількість вимірювальних операцій, математичних обчислень та порівняння результатів вимірювань. Також вони є незамінними під час проведення довгоплинних за часом експериментів та досліджень і під час проведення вимірювальних робіт за межами стаціонарних умов використання.

Незамінними ВВПр є і в метрологічних лабораторіях. По-перше, багатофункціональність їх використання дає змогу замінити велику кількість традиційних вимірювальних приладів набагато меншою кількістю ВВПр. По-друге, за допомогою ВВПр одночасно можна проводити перевірку декількох однотипних або навіть приладів різного типу, які є близькими за функціональним призначенням. По-третє за допомогою ВВПр можна створювати автоматизовані робочі місця з перевірки засобів вимі-

ривальної техніки, що дасть можливість колосальної економії робочого часу.

Але використання віртуальних приладів поки зустрічає деякі труднощі. Одна з них носить чисто суб'єктивний характер. Це звичка роботи з приладами [5–7], що мають звичайні органи управління і блоки збору і представлення інформації. Збереженню цієї звички сприяє і політика фірм, що виробляють традиційну контрольно-вимірювальну апаратуру. Аналіз технічних можливостей найбільш сучасніших осцилографів, генераторів сигналів і інших приладів деяких фірм, показує, що згадані прилади фактично реалізують вивернуту концепцію віртуальних інструментів, коли вимірювальний прилад сполучається з комп'ютером не за рахунок інтерфейсу, а шляхом “вбудовування” ПК у корпус приладу. У деяких випадках компанії будують вимірювальні прилади навколо комп'ютерного процесора, а в деяких створюють спеціалізовані процесори, але суть від цього не змінюється: успіхи мікроелектроніки у створенні елементної бази із субмікронними розмірами елементів дозволяють розмістити в одному корпусі вимірювальний прилад і ПК. Це розширює універсальність застосування вимірювальної апаратури нового покоління, але подібна практика відповідним чином відбивається на ціні та складності управління такими приладами.

У той же час можливо вирішувати проблеми оснащення вимірювальних лабораторій за допомогою високопродуктивних і водночас дешевих плат збору даних, що вбудовуються в ПК. Таким чином, у даний час можна говорити про еру віртуальних приладів, в основі яких лежить з'єднання аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) з ПК.

Перспективним є підхід, в основу якого покладений принцип поєднання ПК з платою збору даних (ПЗД), основними елементами якої є АЦП і перетворювач код-код (ПКК). Можливо включення до складу ПЗД мікропроцесорного контролера, який виконує функції управління, синхронізації та підтримки ПЗ.

У загальному випадку віртуальний прилад складається з двох компонентів: пристрою управління та обробки інформації, тобто ПК і ПЗД. Перший компонент, а саме ПК, не потребує капітальних затрат на його виготовлення або придбання, тому що є необхідним атрибутом сучасності, і є обов'язковим інструментом на майже на кожному робочому місці. Тому будемо розглядати його, як вже існуючий, компонент віртуального вимірювального приладу. Другий компонент, а саме ПЗД у загальному випадку містить: мультиплексор, АЦП, мікроконтролер, порт RS-485, запам'ятовуючий пристрій, перетворювач напруги та фільтр. Таким чином можна вважати, що апаратурна складова віртуального приладу є визначеною і далі доцільно зосередити увагу на програмному забезпеченні приладу.

Широковідомий пакет “LabWiEW” реалізує розглянутий підхід до побудови віртуальних приладів, але має суттєві недоліки в плані візуалізації процесу вимірювань та відображенні результатів вимірювань. Програмне середовище “LabWiEW” хоча і дозволяє відобразити передню панель обраного ЗВТ, але не дає можливості оператору вносити зміни, корегувати зовнішній вигляд і функціональні можливості обраного приладу. Таким чином, актуальності набуває питання, пов'язане з візуалізацією процесу вимірювань, тобто розробки віртуального приладу, зовнішній вигляд та функціональні можливості якого можна б було коректувати як під час розробки, так і в процесі роботи. Аналіз існуючих інтерактивних програмних середовищ показав, що задача візуалізації може бути вирішеною за допомогою таких пакетів програмного забезпечення, як С+, С++, Visual Basic тощо, які мають практично однакові можливості й відрізняються покладеною в основу формалізованою мовою програмування.

Приведемо приклад проведення перевірки приладу вимірювального П-321 за допомогою традиційних ЗВТ, а потім за допомогою ВВПр.

Перелік операцій [8], які виконують під час проведення перевірки згідно діючої методики перевірки, наведений у табл. 1. При виконанні перевірки за методикою перевірки слід використовувати засоби перевірки (робочі еталони та допоміжне обладнання), зазначені у табл. 2.

Всі вказані у таблиці засоби вимірювання мають достатньо великі габарити та вагу, для їх розміщення необхідне окреме робоче місце (стіл приблизно 1,5 м<sup>2</sup> враховуючи, що ЕОТ, який потрібен для обробки результатів вимірювання та відпрацювання протоколів розміщується окремо), живлення напругою змінного струму 220 В.

Під час проведення перевірки необхідно окремо для кожного пункту перевірки збирати, а відповідно і розбирати схему. Згідно діючих норм часу на проведення перевірки приладу П-321 необхідно 3 людино-години.

Розглянемо тепер перевірку даного приладу за допомогою ВВПр.

Перелік метрологічних параметрів, що перевіряються, залишається незмінним.

Перелік апаратурної складової:

1. Спеціалізована ПЗД поєднана з ПК, для узгодження роботи приладу, що перевіряється, тобто П-321, з необхідними вимірювальними приладами.

2. USB-вимірювальний комплекс, який поєднує у собі функції частотоміра, генератора, осцилографа, аналізатора спектру (заміняє ЧЗ-38, ГЗ-109, С6-11).

3. USB-мультиметр (заміняє В7-16А, В3-48А, МПП-300).

Зазначені два вимірювальні прилади підключаються згідно схеми повірки паралельно до входу та виходу П-321.

Таблиця 1

## Операції при проведенні повірки

Найменування операцій	Відмітки, що калібруються	Допустимі значення похибок
1 Зовнішній огляд		
2 Випробування		
3 Визначення метрологічних характеристик:		
3.1 Визначення похибки встановлення частоти генератора	Всі фіксовані частоти	$\pm(1\% + 3\text{Гц})$
3.2 Визначення похибки встановлення рівня вихідної напруги генератора на навантаженні 600 Ом.	+1,5; +1; +0,5; 0; -0,5; -1,0; -1,5; -2; -3; -4 Нп	$\pm 0,435\text{дБ} (\pm 0,05\text{Нп})$
3.3 Визначення нерівномірності частотної характеристики генератора.		$\pm 0,869\text{дБ} (\pm 0,1\text{Нп})$
3.4 Визначення коефіцієнту гармонік вихідної напруги генератора.		Не більше 5%
3.5 Визначення похибки показчика рівня	0 -0,5 -1 -1,5 -2	$\pm 0,435\text{ дБ} (\pm 0,05\text{ Нп})$ $\pm 0,65\text{ дБ} (\pm 0,075\text{ Нп})$ $+0,869\text{ дБ} (\pm 0,1\text{ Нп})$ $\pm 0,086\text{ дБ} (\pm 0,125\text{ Нп})$ $\pm 1,304\text{ дБ} (\pm 0,15\text{ Нп})$
3.6 Визначення похибки вхідного дільника напруги показчика рівня.	При всіх положеннях вхідного дільника	$\pm 0,26\text{ дБ} (\pm 0,03\text{ Нп})$
3.7 Визначення нерівномірності частотної характеристики показчика рівня.		$\pm 0,435\text{ дБ} (\pm 0,05\text{ Нп})$
3.8 Визначення вхідного опору показчика рівня.	600 Ом 10 кОм	$\pm 30\text{ Ом}$ не менше 10кОм
4 Оформлення результатів калібрування		

Таблиця 2

## Засоби вимірювання, що використовуються при проведенні повірки

Найменування засобів калібрування	Тип	Метрологічні характеристики
Частотомір електронно-лічильний	ЧЗ-38	0,1 Гц–150 МГц. Похибка частоти кварцового генератора не більше $\pm 2 \cdot 10^{-7}$ .
Вольтметр універсальний цифровий	В7-16А	100 мкВ–1000 В $\pm(0,2-0,45)$ 20 Гц–50 МГц 0,1 Ом–10 МОм
Мілівольтметр середньоквадратичних значень	ВЗ-48А	10 Гц–50 МГц 0,3 мВ–300 В $\pm(2,5-10)\%$
Вимірювач коефіцієнту нелінійних викривлень	С6-11	(0,03–100) %, 20 Гц–200 кГц; (0,1–100) %, 20 кГц–200 Гц; $\pm(0,05\text{ Кгп}+0,05)\%$ при f: 20 Гц–200 Гц; $\pm(0,05\text{ Кгп}+0,02)\%$ при f: 200 Гц–20 кГц; $\pm(0,1\text{ Кгп}+0,1)\%$ при f: 20 кГц–200 кГц
Генератор сигналів низькочастотний	ГЗ-109	20 Гц–200 кГц $\pm(1+50/f)\%$ $\pm(2+50/f)\%$ 15 В на $R_{н}=50\text{ Ом}$
Міст для вимірювання повних провідностей	МПП-300	10 Ом–10 кОм (0,2–300) кГц (0,75–3) %

Живлення, відображення, обробка та зберігання результатів перевірки, а також автоматизоване заповнення формалізованого протоколу здійснюється ПК, до якого підключаються USB-прилади (крім показань вмонтованих стрілочних приладів П-321). Необхідне місце – не більше 0,5 м<sup>2</sup>.

Під час проведення перевірки схема збирається один раз, приблизний час на перевірку – не більше 1 людино-години, можливість підключення одразу 3 приладів одночасно.

Також є практично необмеженою сфера використання розроблених віртуальних приладів, тобто на їх основі можна будувати вимірювальні системи для досліджень не тільки автономних засобів вимірювань, а і автоматизованих вимірювальних комплексів та систем, параметри та зовнішній вигляд яких можна коректувати як на стадії розробки, так і в процесі роботи.

### Висновки

У даній статті чітко визначені переваги та можливості використання віртуальних вимірювальних приладів у науково-дослідних, метрологічних та вимірювальних лабораторіях і доведено це на прикладі створення автоматизованого робочого місця з перевірки приладу вимірювального П-321.

На сьогоднішній день неможливо всі засоби вимірювальної техніки замінити ВВПр за різними причинами, але, вважаємо, майбутнє вимірювань за ВВПр та ВВК.

### Список літератури

1. Атамалян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин: учеб. пособ. для вузов / Э.Г. Атамалян. – М.: Дрофа, 2005. – 415 с.
2. Pat. 7305312 U. S., Int. Cl G 01 R 13/00. Method and apparatus for recording a real time signal [Електронний ресурс] // Hamre et al.; Filed 10.01.2006. – Режим доступу URL: <http://www.patft.uspto.gov>.
3. Зализный Д.И. Использование виртуальных средств измерения при обучении инженеров-энергетиков / Д.И. Зализный, О.Г. Широков // В сб. матер. всеросс. науч.-техн. конф. "Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования". – Т. 1. – 2008. – С. 57-62.
4. Каратаев В.В. Автоматизация физических исследований и эксперимента. Компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / В.В. Каратаев, П.А. Бутырин, Т.А. Вьюковская, С.В. Материкин. – М.: Компьютерная техника, 2011. – 179 с.
5. Войтенко С.С. Використання комп'ютерних засобів вимірювання при підготовці фахівців-метрологів / С.С. Войтенко, С.В. Герасимов // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС. – 2009. – Вип. 6(80). – С. 156-158.
6. Раннев Г.Г. Методы и средства измерений: учеб. для вузов; 2-е изд., стереотип. / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
7. Г.Г. Информационно-измерительная техника и электроника: учеб. для вузов / Г.Г. Раннев. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 512 с.
8. МУ № 47 в/ч 44402 «Методические указания по поверке прибора П-321».

Надійшла до редколегії 14.11.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. співробітник С.В. Герасимов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ, МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Е.Л. Лиманская, Ю.В. Ферима, А.А. Жовтун, М.А. Педь, М.А. Зінченко, М.В. Борисенко, О.И. Бондаренко

*В статье рассмотрены возможности виртуальных измерительных приборов и комплексов относительно использования их в научно-исследовательских, метрологических и измерительных лабораториях. Проведен анализ состояния развития виртуальных измерительных приборов, создание на базе данных приборов современных автоматизированных рабочих мест. Приведен пример построения на базе виртуальных измерительных приборов автоматизированного рабочего места по поверке прибора измерительного П-321.*

**Ключевые слова:** виртуальный измерительный прибор, виртуальный измерительный комплекс, виртуальная лаборатория.

### VIRTUAL MEASURING DEVICES AND COMPLEXES AS MAIN MEANS TO IMPROVE AND TO OPTIMIZE WORK OF SCIENTIFIC, RESEARCH, METROLOGICAL AND MEASURING LABORATORIES

O.L. Limanska, Y.V. Ferima, A.A. Zhovtun, M.A. Ped', M.A. Zinchenko, M.V. Borisenko, O.I. Bondarenko

*In this article we reviewed the capabilities of virtual measuring devices and attitudes in their use in scientific, research, metrological and measuring laboratories. In this research was made analysis of state of their development and creation at their base a number of automated workplaces. Also was shown sample of creation of automated workplace for checking up measuring device P-321 on the background of this virtual measuring devices.*

**Keywords:** virtual measuring device, virtual measuring complex, virtual laboratory.