

УДК 621.38

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.4/05>

**Скакун О.В.**

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз  
Служби безпеки України

**Воскресенський В.Б.**

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз  
Служби безпеки України

**Сивобородько А.В.**

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз  
Служби безпеки України

## **ПИТАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВИБОРУ МУЛЬТИМЕТРА ЦИФРОВОГО ДЛЯ ПОТРЕБ ВИПРОБУВАЛЬНОГО ЦЕНТРУ (З ДОСВІДУ ПРАКТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ)**

*Стаття присвячена аналізу оптимального вибору мультиметра цифрового для потреб Випробувального центру Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки та судових експертиз СБ України. Перелічені види випробувань, які проводить Випробувальний центр із застосуванням засобів вимірювальної техніки. Виконаний аналіз останніх досліджень і публікацій з проблемних питань обґрунтування вибору та рекомендацій щодо використання засобів вимірювань.*

*У статті розглядається питання додаткового оснащення Випробувального центру зразками сучасних засобів вимірювальної техніки універсального призначення виробництва провідних світових виробників за критерієм «ціна/якість» та за градацією «універсальне призначення / вузькоспеціалізоване призначення». Наданий опис найбільш важливих критеріїв, якими треба керуватися під час вибору мультиметрів цифрових. Наведені загальні положення щодо специфіки функціонування цифрових вимірювальних приладів. Наведені визначення мультиметра та класифікація видів мультиметрів. Надані порівняльні характеристики аналогових та цифрових мультиметрів.*

*Проаналізовані особливості параметрів двох видів сучасних мультиметрів цифрових – стаціонарного (лабораторного) та портативного, також внесені конкретні пропозиції щодо їх вибору. Були розглянуті конкретні моделі: мультиметр лабораторний SDM 3065X виробництва корпорації SIGLENT TECHNOLOGIES CO., LTD (КНР) та мультиметр портативний з функцією «True-RMS» Fluke 289 виробництва компанії Fluke (США). Виконано порівняння функціональних можливостей приладів SDM 3065X та Fluke 289 з параметрами мультиметра DMM 4040 виробництва фірми TEKTRONIX (США), який нині використовується під час проведення випробувань.*

***Ключові слова:** цифрові вимірювальні прилади, дискретизація, мультиметр цифровий, роздільна здатність, похибка, види вимірювань, математичні функції, програмне забезпечення, подвійний екран.*

**Постановка проблеми.** Випробувальний центр Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України (ВЦ ІСТЕ СБУ), акредитований в Національному агентстві з акредитації України, є єдиним органом з оцінки відповідності в структурі СБУ, який наблизився до рівня, що забезпечує оцінювання відповідності продукції вимогам норм європейських стандартів. Крім того, його діяльність відповідає Закону України від 15.01.2015 № 124-VIII «Про технічні регламенти та оцінку відповідності».

ВЦ ІСТЕ СБУ проводить такі види випробувань, як:

- оцінка відповідності функції законного перехоплення інформації з телекомунікаційних мереж із комутацією каналів/пакетів;
- оцінка відповідності функції блокування доступу до визначеного (ідентифікованого) інформаційного ресурсу (сервісу) в телекомунікаційних мережах;
- стійкість продукції до дії підвищеної та зниженої температури;
- стійкість продукції до дії підвищеної відносної вологості;

- міцність продукції під час транспортування;
- безпека використання продукції.

Достовірність та точність вимірювань і випробувань забезпечуються сучасними засобами вимірювальної техніки (ЗВТ). Але ВЦ ІСТЕ СБУ експлуатує певну, на жаль обмежену, кількість сучасних ЗВТ. З метою підвищення якісного рівня випробувань шляхом оброблення додаткових результатів, одержаних від приладів із розширеними функціональними можливостями, потрібне подальше оснащення ВЦ сучасними ЗВТ виробництва провідних світових компаній.

При обмеженому фінансуванні постає питання найбільш оптимального вибору сучасних ЗВТ за критерієм «ціна/якість» та за градацією «універсальне призначення / вузькоспеціалізоване призначення».

Під час проведення маркетингових досліджень та при виконанні процедури закупівель ЗВТ насамперед перевагу потрібно надавати приладам універсального призначення. При необхідності закупівлі та застосуванні вузькоспеціалізованих ЗВТ необхідно звертати увагу на унікальність їх параметрів.

Відповідно до рекомендацій Концепції розвитку системи метрологічного забезпечення у сфері оборони на період до 2015 року та на перспективу до 2025 року [1] важливим є системний підхід, оскільки сучасність ставить усе більш жорсткі вимоги до точності, надійності, обсягів та автоматизації вимірювань, режимів аналізу та документуванню результатів вимірювань.

З метою ефективного розвитку ВЦ ІСТЕ СБУ щодо виконання завдань вимірювання технічних параметрів продукції, яка проходить випробування, опрацьовується питання його додаткового оснащення найбільш сучасними ЗВТ універсального призначення виробництва провідних світових виробників. Одним із актуальних завдань є оптимальний вибір мультиметра цифрового [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженням проблемних питань обґрунтування вибору та рекомендацій щодо застосування сучасних ЗВТ займалися такі вітчизняні науковці, як В. Макаренко та В. Співак [3], Д. Нестерчук, С. Квітка, С. Галько [4], О. Дерюга [5], В. Хахула [6] та інші. Вагомим внеском у розроблення методів оптимального застосування ЗВТ є дослідження, проведені зарубіжними вченими. Це, зокрема, ґрунтовні праці А. Афонського, В. Дьяконова [2, 7, 8, 9] та В. Чинкова [10]. Існує велика кількість інших публікацій, які мають, як правило, інформаційно-довідковий характер, або розміщені на сайтах провідних виробничих та дистрибуторських компаній різних країн, що

спеціалізуються на розробленні, виробництві та (або) постачанні різноманітних засобів вимірювальної техніки [11, 12, 13].

**Постановка завдання.** Мета цієї статті – надати короткі описи та викласти певні рекомендації щодо аналізу та оптимального вибору мультиметра цифрового для потреб ВЦ ІСТЕ СБУ.

**Виклад основного матеріалу.** Функціонування більшості цифрових вимірювальних приладів базується на перетворенні безперервної (аналогової) вимірювальної величини в дискретну (цифрову). Виняток становлять прилади, які призначені для вимірювання дискретних величин (лічильники ядерних частинок, лічильники числа імпульсів та ін.). Процес цифрового кодування безперервної величини є сукупністю квантування (дискретизації) цієї величини за рівнем і за часом.

У цифрових вимірювальних приладах відбувається автоматичне перетворення вхідної вимірювальної величини на цифровий код. Автоматизм перетворення вимірювальної величини в цифровий код є визначальною ознакою таких ЗВТ.

Зазначені прилади включають два обов'язкових функціональних вузли:

1) аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) і 2) цифрові відлікові пристрої (ЦВП). Крім АЦП і ЦВП, цифрові прилади можуть містити цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП). АЦП і ЦАП застосовують і як автономні пристрої.

У результаті квантування вимірювальної величини по рівню виникає похибка дискретності, обумовлена тим, що безліч значень вимірювальної величини відтворюється обмеженою кількістю показань ЦВП.

Похибка дискретності властива ЦВП і відсутня у аналогових приладів. Проте ця похибка не є перешкодою для збільшення точності приладів, так як відповідним вибором числа рівнів квантування похибку дискретності можливо зробити як завгодно малою. ЦВП, як правило, мають значно менші похибки, ніж аналогові прилади, які призначені для вимірювання тих же самих фізичних величин. Дискретизація безперервної величини  $x(t)$  по часу проводиться з метою перетворення  $x(t)$  в дискретну в часі величину, яка співпадає з відповідними значеннями  $x(t)$  тільки в певні моменти часу. Проміжок часу між двома сусідніми моментами часу дискретизації називається кроком дискретизації, який може бути постійним або змінним. Дискретизація по часу (так само, як і квантування по рівню) безперервної вимірювальної величини є джерелом похибки ЦВП. Однак вибором відповідного кроку дискретизації

(як і рівня квантування) похибка може бути зведена до мінімуму.

**Мультиметр** (англ. multimeter) – універсальний прилад, який здатний вимірювати декілька параметрів, в першу чергу – постійний струм і напругу, змінний струм і напругу, опір резисторів на постійному струмі. Деякі мультиметри додатково дають можливість вимірювати ємність конденсаторів, температуру; виконувати прозвонювання ланцюгів, оцінювати непошкодженість діодів та транзисторів. Існують моделі, що дозволяють вимірювати індуктивність та освітленість. Також зустрічаються прилади, що мають вбудовані генератори випробувальних сигналів та вимірювачі частоти. Ці багатофункціональні засоби вимірювальної техніки стали дійсно масовими приладами, які широко використовуються в багатьох сферах діяльності суспільства. Приклад класифікації видів мультиметрів наведений на рис. 1.

Порівняльні характеристики аналогових та цифрових мультиметрів відображені в таблиці 1.

Цифрові мультиметри звичайно мають у своєму складі вбудовані мікропроцесори, які підвищують надійність приладів та значно поліпшують їх метрологічні та експлуатаційні характеристики. Вони випускаються під різними торговими марками і надзвичайно широким рядом виробників – АКТАКОМ, UNI-T, MASTECH, Wavetek Meterman, METEX, BeeTECH, Fluke, Keithley, SIGLENT TECHNOLOGIES, TEKTRONIX та ін.

### Вибір цифрового мультиметра

Щоб коректно вибрати цифровий мультиметр, нижче перераховані найбільш важливі критерії, якими треба керуватися:

**1. Роздільна здатність.** Роздільна здатність визначає точність, з якою прилад може представляти отримані результати. Знаючи роздільну здатність мультиметра можливо визначити, чи зможе він відобразити малі значення вимірюваного сигналу. Для опису роздільної здатності використовується термін «розряди». 6½-розрядний мультиметр може відображати 6 повних розрядів вимірюваного значення у діапазоні від 0 до 9 і ще пів розряду (два значення старшого розряду), у якому відображається 1 або нічого (якщо він дорівнює нулю). 6½-розрядний мультиметр може відображати значення до 1999999.

**2. Похибка.** Похибка визначає максимальну помилку, яка може виникати за певних умов виміру. Вона показує наскільки близько результат який відображається, відповідає достовірному значенню вимірюваного параметра. Зазвичай похибка виражається у відсотках від показань приладу. Наприклад, похибка в один відсоток означає, що при показах 100 В реальне значення напруги може лежати у діапазоні від 99 до 101 В.

**3. Вимірювання.** Цифрові мультиметри можуть виконувати безліч різних вимірів. Цифровий мультиметр загального призначення зазвичай вимірює напругу, струм і опір. Часто підтримується прозвонка ланцюгів і перевірка діодів. Прозвонка ланцюгів дозволяє швидко перевіряти

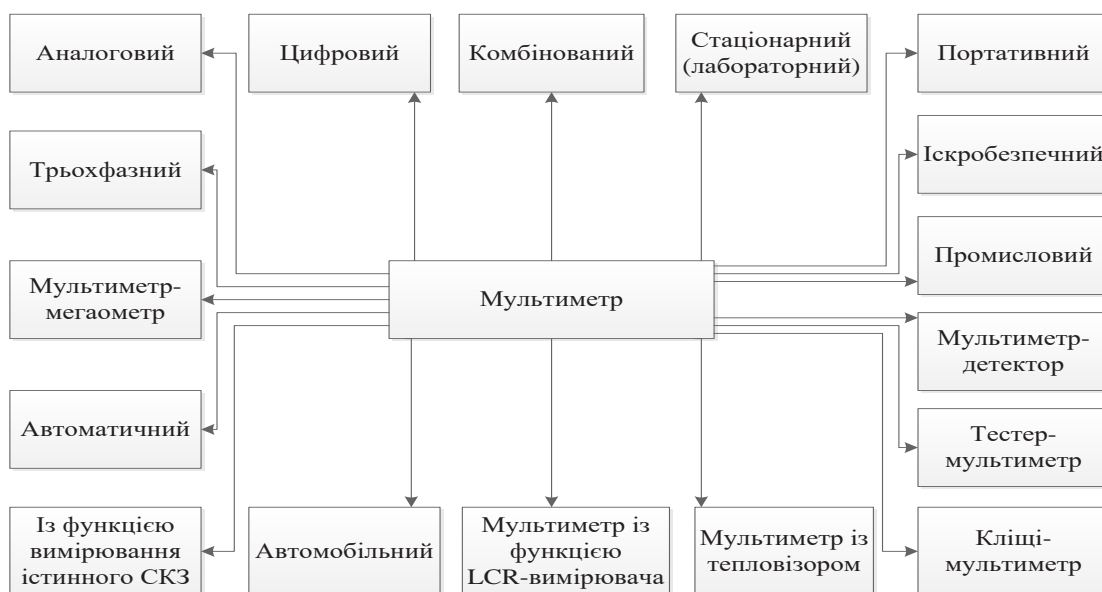


Рис. 1. Приклад класифікації видів мультиметрів

## Порівняльні характеристики аналогових та цифрових мультиметрів

№ з/п	Параметр, що порівнюється	Цифровий мультиметр	Аналоговий (стрілочний) мультиметр
1	Точність показів	Покази відображаються з високою точністю цифрами на рідкокристалічному дисплеї.	На точність показів впливають джерела зовнішніх магнітних полів та орієнтація приладу по відношенню до площини земної поверхні. Інколи оператор змушений розраховувати межі вимірювань по кількості поділок на шкалі.
2	Залежність від полярності сигналу вимірювального приладу	Прилад автоматично визначає полярності та виконує вимірювання. Якщо клема щупів переплутані, то на дисплеї перед показаннями висвітлиться знак «-».	Потрібно обов'язково дотримуватись полярностей, бо інакше стрілка упреться в обмежувач на протилежному краю шкали.
3	Опції функціональності	Досить важко навести перелік чисельних опцій різних моделей цифрових приладів. Окрім вимірювань стандартних електричних параметрів, вони можуть вимірювати температуру, автоматично регулювати межі вимірювань та полярність, визначати ємність конденсаторів та інше.	Практично аналогові мультиметри можливо забезпечити додатковими функціями. Виникають складності процесу відображення на шкалі приладу, тому виробники не роблять такого дооснащення.
4	Енергетичне споживання	Любий режим вимірювань потребує підключення джерела живлення.	Відсутня потреба енергії джерела живлення при вимірюванні напруги та струму.
5	Можливість відслідковувати динаміку показань	На обробку даних та відображення в цифровому виді потребується певний час, виникає невелика затримка у відображенні постійно змінюваних параметрів.	Стрілочний прилад реагує миттєво, динаміка зміни показань легко відстежується.
6	Завадозахищеність	Цифрові прилади майже не відчувають вплив електромагнітних полів, тому точність їх вимірювань стабільна. Але сторонні імпульсні радіосигнали, особливо такі, що збігаються по тактовій частоті, на якій працює процесор, можуть суттєво вплинути на точність вимірювань.	Електромагнітні поля сторонніх джерел можуть суттєво вплинути на відхилення стрілки приладу, що спотворить дійсні показання.
7	Рівень впливу зарядки джерела живлення	Неточність вимірювань проявляється при рівні заряду джерела живлення нижче 40%. Досить велика кількість приладів оснащується індикатором низького рівня зарядки джерела живлення. Цей фактор потрібно відслідковувати.	При пониженні зарядки джерела живлення, рівень нульового значення в різних режимах вимірювань змінюється. Оператор змушений постійно виконувати калібрування приладу.
8	Стійкість до механічних впливів	_____	Конструкція стрілочного механізму базується на підвішеній рамці, яка кріпиться волосками в просторі електромагнітного поля. Дуже крихка конструкція потребує обережної експлуатації.

розімкнений (високий опір) і замкнутий (низький опір) стани ланцюга. При перевірці діодів вимірюється падіння напруги на переході при прямому зміщенні. Інші можливі виміри включають частоту, період, температуру і ємність.

**4. Додаткові канали.** Значна кількість цифрових мультиметрів мають слот для опцій на задній панелі, який призначений для установки плати сканера, що дозволяє виконувати багато-

портові виміри або виміри параметрів декількох пристроїв.

Такі прилади за схемно-конструктивними рішеннями можливо розділити на три категорії: *портативні* – це невеликі, легкі, компактні прилади з акумуляторними джерелами живлення та зручними можливостями керуванням приладами для роботи в польових умовах; *стаціонарні* – це прилади із найбільш широким функціоналом, що

живляться від мережі змінного струму 220 вольт; *носимі* – це певний перелік стаціонарних приладів, в яких реалізована можливість установки акумуляторних джерел живлення паралельно із живленням від мережі. Така конфігурація корисна в тих випадках, коли необхідно виконати високоточні вимірювання або спеціальне аналізування поза межами лабораторій.

Прилади виконуються з ручним і автоматичним вибором меж вимірювання. Можливо виділити прилади з поворотним перемикачем, комбінованим та кнопковим управлінням. Від цих особливостей залежить зовнішній вид мультиметрів.

ВЦ ІСТЕ СБУ значний проміжок часу експлуатує мультиметр DMM 4040 виробництва фірми TEKTRONIX (США). З його параметрами можливо ознайомитись на сайті фірми VD MAIS [14]. На сьогодні він морально застарів і потребує заміни.

Автори пропонують читачам ознайомитись із матеріалами апробацій приладів, які можуть бути застосовані замість DMM 4040.

**Мультиметр лабораторний SDM 3065X** виробництва корпорації SIGLENT TECHNOLOGIES CO., LTD (КНР) є універсальним багатофункціональним ЗВТ.

Крім стандартних основних функцій (вимірювання сили постійного струму, напруги постійного струму, сили змінного струму, напруги змінного струму, вимірювання опору, перевірки діодів) є можливість додатково виконувати вимірювання ємності (в діапазоні від 1 pF до 100 mF), частоти (в межах від 3 Hz до 1MHz) та температури. Реалізовані в приладі діапазони вимірювань DC V (100nV ÷ 1000V), DC I (0,1nA ÷ 10A), AC V (100nV ÷ 750V), AC I (0,1nA ÷ 10A), R (100μΩ ÷ 100MΩ) враховують фактично всі практичні потреби при виконанні процесів вимірювань.

Щодо математичних функцій, то в мультиметрі SDM 3065X реалізовані можливості: роботи з гістограмами (режим побудови гістограм); функціонування з обробіткою статистичних значень отриманих в процесі вимірювань; режим порівняння із встановленими граничними значеннями; робота з функцією побудови різноманітних графіків.

Прилад оснащено кольоровим TFT-LCD-екраном з діагоналлю 11 см та роздільною здатністю 480x272 точки (з великими чіткими знаками та широким кутом огляду). Меню управління просте в керуванні.

Вхідні клеми розміщені як на передній так і на задній панелях, що дозволяє зручно виконувати вимірювання, в яких використовується 4 проводи (по схемі 2x4). Конструктивна реалізація

корпусу приладу запобігає пошкодженню екрану. Для зручності в експлуатації, за допомогою ручки, що використовується для переноски SDM 3065X, можливо змінювати кут нахилу мультиметра.

**Мультиметр Fluke «True-RMS» моделі 289** виробництва компанії Fluke (США) є універсальним багатофункціональним ЗВТ виконаним в форматі портативного приладу з автономним живленням та функцією вимірювань середньоквадратичних значень.

У цій моделі реалізовано найсучасніші технічні рішення щодо:

*виконання стандартних вимірювань:*

– напруги постійного струму DC V (1 μV ÷ 1000 V); сили постійного струму DC I (10 nA ÷ 20 A); напруги змінного струму AC V (1 μV ÷ 1000 V); сили змінного струму AC I (10 nA ÷ 20 A); електричного опору R (1 mΩ ÷ 500 MΩ);

*можливості виконання вимірювання:*

– провідності G (10 pS ÷ 50 nS); температури (мінус 200°C ÷ плюс 1350°C); ємності (1 pF ÷ 100 мФ); частоти (0,001 Гц ÷ 1000 кГц).

Крім цього, в цій моделі мультиметра реалізовано функції:

– вимірювання робочого циклу (коефіцієнт заповнення); вимірювання ширини імпульсу (0,025 мС ÷ 1250 мС); вимірювання в відносних величинах та відносних процентних величинах; фіксація мінімальних та максимальних значень; вимірювання пік-фактора; можливість виконання вимірювання в дБ (дБм та дБВ); випробування на цілісність електричного кола.

Під час вимірювання змінної напруги є можливість застосувати фільтр нижніх частот.

Прилад оснащено рідкокристалічним монохромним екраном з двома режимами підсвічування. Кнопки керування та вхідні клеми розміщені на передній панелі.

Виконаємо порівняння функціональних можливостей мультиметрів SDM 3065X та Fluke «True-RMS» моделі 289 з параметрами мультиметра DMM 4040 згідно з таблицею 2.

Отже, використовуючи мультиметр SDM 3065X, можливо додатково (в порівнянні із приладом DMM 4040) виконувати виміри ємності та температури, але діапазон вимірювання електричного опору в мультиметрі DMM 4040 більш розширений. Також DMM 4040 має більший вибір математичних функцій, що може стати в нагоді під час вирішення складних вимірювальних задач.

У мультиметрі лабораторному SDM 3065X в порівнянні з аналогічним приладом DMM 4040 застосовано більш спрощений набір функцій. Але

## Порівняння функціональних можливостей мультиметрів SDM 3065X, Fluke 289 та DMM 4040

Назва показника	DMM 4040	SDM 3065X	Fluke 289
Роздільна здатність	6½ розряда	6½ розряда	-
Похибка вимірювань напруги постійного струму (базова похибка)	до 0,0035%	до 0,0035%	0,025%
Види вимірювань	Напруга змінного струму, напруга постійного струму, сила змінного струму, сила постійного струму, електричний опір (10μΩ ÷ 1ГΩ), частота, період, прозвонка ланцюгів, перевірка діодів	Напруга змінного струму, напруга постійного струму, сила змінного струму, сила постійного струму, електричний опір (100μΩ ÷ 100MΩ), частота, період, прозвонка ланцюгів, перевірка діодів, вимірювання ємності, вимірювання температури	Напруга змінного струму, напруга постійного струму, сила змінного струму, сила постійного струму, електричний опір, частота, період, перевірка цілісності електричних ланцюгів, перевірка діодів, вимірювання ємності та температури
Математичні функції	Zero (Нуль), dBm (дБм), dB (дБ), MX+B, Offset (зміщення), DCV ratio and TrendPlot (співвідношення пост. напруги и трэнд-графік), Histogram (Гістограма), Statistics (Статистика) (мін./макс./середн./середньоквадратичне відхилення) и Limit Test (Перевірка меж вимірювань)	dBm (дБм), dB (дБ), Trend Chart (трэнд-графік), Histogram (Гістограма), Statistics (Статистика), дельта-вимірювання (мін./макс./середн./середньоквадратичне відхилення)	dBm (дБм, дБВ), фіксація (мін./макс.), вимірювання пік-фактора, вимірювання робочого циклу (коефіцієнт заповнення), вимірювання ширини імпульсу, фільтр низьких частот при вимірюванні змінної напруги
Можливості підключення	Передня панель: USB; Задня панель: RS-232/USB, IEEE-488(GRIB) та Ethernet	Передня панель: USB; Задня панель: LAN та Ethernet	ІЧ-зв'язок
Подвійний екран	В наявності. Дозволяє виконати вимірювання двох різних параметрів одного сигналу без перепідключення до тестуємої схеми	В наявності. Дозволяє виконати вимірювання двох різних параметрів одного сигналу без перепідключення до тестуємої схеми	Відсутній. Є можливість виводу на екран двох параметрів одного сигналу
Програмне забезпечення	NI LabVIEW Signal Express	Easy DMM	FlukeView Forms
Орієнтовна вартість	1 600 \$	730 \$	660 \$

враховуючи конкретні вимоги до ЗВТ та зважаючи на співвідношення функціональності/вартість можливо рекомендувати використання мультиметра SDM 3065X для рішення великого спектру вимірювань в науковій діяльності, виробництві та навчальному процесі.

Мультиметр Fluke 289 має більш спрощений набір функціональних можливостей, ніж DMM4040, але, в порівнянні з іншими аналогами, Fluke 289 дає можливість працювати з математичними функціями, здійснювати їх запис в пам'ять

та аналізувати результати вимірювань на персональному комп'ютері.

У моделі Fluke 289 з'явився корисний помічник – кнопка «i-info» для швидкого виклику збудованої довідки по функціям вимірювань.

Також цікаві будуть для користувача і інші функції приладу:

– функція LoZ Volts – вхід із низьким вхідним опором, який дозволяє виключити помилкові та некоректні покази через завади. Цей режим також може використовуватись для

перевірки наявності або відсутності напруги на провідниках;

– фільтр нижніх частот Low Pass забезпечує точні вимірювання напруги та частоти в електроприводах із регулюємою швидкістю, також в іншому обладнанні з високим рівнем електричних завад;

– можливість оновлення та розширення функцій приладу в польових умовах дозволяє ініціювати нові функції без виведення засобу вимірювальної техніки із експлуатації.

За своїми можливостями мультиметр моделі Fluke 289 займає проміжне місце між портативними та лабораторними приладами. Перевагами цього ЗВТ можна вважати: портативність, мобільність, досить великий спектр вимірювань, мінімальні вимоги до місця розміщення, автономність живлення приладу.

**Висновки.** На базі аналізу викладеного матеріалу можливо дійти таких висновків:

– лише оптимальний вибір мультиметра цифрового дозволить коректно виконати завдання додаткового оснащення сучасним засобом вимірювальної техніки ВЦ ІСТЕ СБУ;

– рекомендується використовувати такі марки мультиметрів цифрових, які мають функції автоматизованих вимірів, вбудовані функції аналізу і кнопки швидкого виклику функцій та (або) режимів на передній панелі приладу; дають можливість працювати з математичними функціями, здійснювати їх запис в пам'ять та аналізувати;

– процеси дослідження та вимірювання нестаціонарних сигналів вимагають реалізацію можливості для швидкого виклику вбудованої довідки по функціям вимірювань на екран приладу;

– бажано мати можливість оновлення та розширення функцій мультиметра цифрового в польових умовах, що дозволить ініціювати нові функції без виведення ЗВТ із експлуатації;

– для потреб ВЦ ІСТЕ СБУ необхідно вибрати портативні ЗВТ, що рекомендовані для полігонних випробувань, але мають характеристики аналогічні параметрам лабораторних приладів.

Отже, враховуючи матеріали, викладені в цій статті, мультиметр цифровий моделі Fluke 289 виробництва компанії Fluke (США) може бути рекомендований для дооснащення ВЦ ІСТЕ СБУ.

#### Список літератури:

1. Концепція розвитку системи метрологічного забезпечення у сфері оборони на період до 2015 року та на перспективу до 2025 року: затвердж. наказом Міністра оборони України від 18.01.2010 №12.
2. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. М.: Солон-Пресс, 2007. 544 с.
3. Макаренко В.В., Співак В.М. Цифрова та імпульсна схемотехніка. Моделювання та аналіз. Електронний навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2015 – 314 з іл.
4. Нестерчук Д.М., Квітка С.О., Галько С.В. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 256 с.
5. Дерюга О.В. Дослідження метрологічних характеристик цифрових мультиметрів. Системи озброєння і військова техніка, 2010, № 2(22), с. 208-210. Режим доступу: <http://www/hups.mil.gov.ua>.
6. Хахула В.В. Метод корекції похибок вимірювального каналу цифрового мультиметра. Збірник наукових праць ОДАТРА № 1(6), 2015, с. 74-76. Режим доступу: <http://irbis-nbuv.gov.ua>.
7. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике / под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: ДМК Пресс, 2011. 688 с.
8. Дьяконов В.П. Виртуальные лаборатории. Обзор приставок и плат к персональному компьютеру. Ремонт и сервис, 2005, № 7, с. 48-53.
9. Дьяконов В.П. Осциллографы-мультиметры. Ремонт и сервис, 2005, № 8, с. 58-63.
10. Чинков В.Н. Цифровые измерительные приборы. Учебник/ В.Н. Чинков – М.: МО, 1992 – 506 с.
11. Контрольно-измерительное оборудование. Каталог 2016/2017. URL: [www.rohde-schwarz.ru](http://www.rohde-schwarz.ru).
12. Keysight Technologies. Контрольно-измерительные решения. Каталог 2016. 377 с. URL: <https://prist.ru>.
13. Електронний ресурс фірми «Харків-Прилад». URL: <https://pribory.com>
14. Електронний ресурс компанії «VD MAIS». Режим доступу: <http://www.vdmais.ua>.

#### **Skakun O.V., Voskresenskiy V.B., Sivoborodko A.V. THE QUESTION OF THE OPTIMAL CHOICE OF A DIGITAL MULTIMETER FOR THE NEEDS OF THE TEST CENTER (FROM PRACTICAL EXPERIENCE)**

*The article is devoted to the analysis of the optimal choice of digital multimeter for the needs of the Testing Center of the Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensics of the Security Service of Ukraine. The types of tests which are carried out by the Testing center with use of means of measuring equipment are listed. An analysis of recent research and publications on problematic issues justifying the choice and recommendations for the use of measuring instruments.*

---

*The article considers the issue of additional equipment of the Testing Center with samples of modern measuring instruments of universal purpose of production of the world's leading manufacturers on the criterion of «price/quality» and gradation «universal purpose/highly specialized purpose». The description of the most important criteria which should be guided at the choice of digital multimeters is given. The general provisions concerning specificity of functioning of digital measuring devices are resulted. Definitions of multimeter and classification of types of multimeters are given. Comparative characteristics of analog and digital multimeters are given.*

*The peculiarities of the parameters of two types of modern digital multimeters-stationary (laboratory) and portable, are analyzed, and specific proposals for their selection are also made. Specific models were considered: a laboratory multimeter SDM 3065X manufactured by SIGLENT TECHNOLOGIES CO., LTD (PRC) and a portable multimeter with the «True-RMS» function Fluke 289 manufactured by Fluke (USA). The functionality of SDM 3065X and Fluke 289 devices was compared with the parameters of the DMM 4040 multimeter manufactured by TEKTRONIX (USA), which is currently used in testing.*

**Key words:** *digital measuring instruments, sampling, digital multimeter, resolution, error, types of measurements, mathematical functions, software, double screen.*