

УДК 681.518.3 + 621.317 + 6(477)(09)

**ХІХЛО Вадим,**

аспірант кафедри українознавства, культурології та історії науки Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

(м. Харків, Україна)

Vadym.Khikhlo@sgt.khpi.edu.uaORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7698-6537>**РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ
У 1970-х – 1980-х рр. ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВОЇ РОБОТИ
УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ НАД ЇХ ВДОСКОНАЛЕННЯМ**

У статті розглянуто розвиток інформаційно-вимірювальних систем в Україні упродовж 1970–1980-х рр. Забезпечення інтенсивних темпів розвитку науки, техніки та виробництва в цей період потребувало підвищення ефективності виробництва приладів, засобів автоматизації та систем управління, швидкого їх оновлення, покращення технології та організації виробництва, підвищення їх якості та надійності. Ускладнення наукових завдань і зростання вимог до точності й надійності вимірювань сприяли розвитку системного підходу до створення агрегатних комплексів засобів електровимірювальної техніки на новій елементній базі. Розкрито значення інноваційного агрегатного підходу в електровимірювальній техніці в межах Державної системи промислових приладів та засобів автоматизації. Це давало змогу отримати комплексну картину, мінімізувати похибки та підвищити надійність вимірювальної системи, уніфікувати інформаційно-вимірювальні системи. Відзначено внесок професора Харківської політехніки К. І. Діденка у створенні концепції агрегатних комплексів технічних засобів, які стали основою для побудови сучасних інформаційно-керуючих систем у промисловості й науці. Окреслено вплив розробок науковців Інституту електродинаміки Академії наук УРСР на розвиток інформаційно-вимірювальної техніки на теренах України. Висвітлено внесок українських вчених у розвиток перетворювачів форми інформації як ключового напрямку в електровимірювальній техніці. Встановлено, що вагомі дослідження проводилися в Інституті кібернетики НАН України під керівництвом професора А. І. Кондалева, а також на базі профільних кафедр закладів вищої технічної освіти. Проведено аналіз наукових праць провідних українських

електротехніків – А. Д. Нестеренка, П. П. Орнатського, Б. І. Швецького, Ю. М. Туза, С. М. Маєвського, В. О. Кочана, Є. С. Поліщука, А. Я. Шрамкова, К. І. Діденка, А. І. Кондалєва та ін. Результативність наукової спадщини свідчить про системну роботу, спрямовану на створення нової технічної бази вимірювань, заснованої на використанні інтегральних мікросхем, мікропроцесорів і перетворювачів форми інформації. Досвід і доробок українських вчених у сфері електровимірювальної техніки стали основою для переходу до нового етапу в розвитку промислових автоматизованих систем, забезпечили технологічну спадковість, наукову глибину та практичну значущість реалізованих рішень.

Ключові слова: історія науки і техніки, електротехніка, електроніка, інновації, вимірювальні прилади, інформаційно-вимірювальні системи, електроприладобудування, метрологія, наукові школи, Інститут кібернетики НАН України, Інститут електродинаміки НАН України, Україна.

DEVELOPMENT OF INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS IN THE 1970S – 1980S AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC WORK OF UKRAINIAN SCIENTISTS ON THEIR IMPROVEMENT

The article examines the development of information and measurement systems in Ukraine during the 1970–1980s. Ensuring the intensive pace of development of science, technology and production during this period required increasing the efficiency of production of instruments, automation equipment and control systems, their rapid renewal, radical improvement of technology and production organization, and improvement of their quality and reliability. The complexity of scientific tasks and the growth of requirements for the accuracy and reliability of measurements contributed to the development of a systemic approach to the creation of aggregate complexes of electrical measuring equipment on a new element base. The significance of the innovative aggregate approach in electrical measuring equipment within the framework of the State System of Industrial Instruments and Automation Equipment is revealed. This made it possible to obtain a comprehensive picture, minimize errors and increase the reliability of the measuring system and contributed to the unification of information and measuring systems. The contribution of Professor K. I. Didenko of the Kharkiv Polytechnic University to the creation of the concept of aggregate complexes of technical means, which became the basis for the construction of modern information and control systems in industry and science, was noted. The influence of the developments of scientists of the Institute of Electrodynamics of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR on the formation and development of domestic information and measuring systems was outlined. The contribution of Ukrainian scientists to the development of information form converters as a key direction in electrical measuring technology was highlighted. It

was established that significant research was conducted at the Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine under the leadership of Professor A. I. Kondaliev, as well as on the basis of specialized departments of higher technical education institutions. An analysis of the scientific works of leading Ukrainian electrical engineers – A. D. Nesterenko, P. P. Ornatskyi, B. I. Shvetskyi, Yu. M. Tuz, S. M. Maievskyi, V. O. Kochan, E. S. Polishchuk, A. Ya. Shramkov, K. I. Didenko, A. I. Kondaliev and others was conducted. The effectiveness of the scientific heritage indicates systematic work towards the creation of a new technical basis for measurements based on the use of integrated circuits, microprocessors and information form converters. The experience and achievements of Ukrainian scientists in the field of electrical measuring technology became the basis for the transition to a new stage in the development of industrial automated systems, provided technological heredity, scientific depth and practical significance of the implemented solutions.

Keywords: *history of science and technology, electrical engineering, electronics, innovations, measuring instruments, information and measuring systems, electrical instrument making, metrology, scientific schools, Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine, Institute of Electrodynamics of the NAS of Ukraine, Ukraine.*

Постановка проблеми. Впровадження комплексної автоматизації виробничих процесів та розширення наукових експериментів наприкінці 1960-х – початку 1970-х рр. вплинули на підвищення вимог до вимірювального устаткування. Традиційні вимірювальні пристрої вже не могли забезпечувати оперативний і повноцінний збір великих обсягів даних. Необхідність оброблення безперервних інформаційних потоків одночасних вимірювань висунула нові складні завдання до розробників вимірювальних систем, зокрема створення принципово нових технічних засобів, які не лише були спроможні виконувати масові та дистанційні вимірювання, але й автоматично акумулювати, аналізувати та передавати дані без участі оператора. Дослідження складних технічних об'єктів потребувало значного підвищення точності вимірювань. Це, в свою чергу, спричинило розвиток елементної бази, зокрема напівпровідникових приладів, інтегральних мікросхем тощо та електровимірювальної техніки. Електричні методи почали застосовуватися не

тільки для визначення електричних параметрів, але й для вимірювання неелектричних величин. Це дало змогу ефективно реєструвати, обробляти й передавати інформацію на значні відстані. Вже наприкінці 1970-х рр. за допомогою електровимірювального устаткування можна було здійснювати вимірювання понад восьми десятків різноманітних величин, які суттєво відрізнялися за своїми властивостями й характером.

Створення інформаційно-вимірювальних систем безумовно спростило процес дистанційного контролю за об'єктами, забезпечило автоматизацію вимірювань та сприяло підвищенню їх точності й надійності. Українські вчені, серед яких представники закладів вищої технічної освіти, галузових центрів та академічних установ, зробили вагомий внесок у розроблення нового покоління таких систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток електровимірювальної техніки був предметом досліджень як закордонних, так і вітчизняних науковців. Світовий досвід створення інноваційного вимірювального устаткування, зокрема перетворювачів даних, окреслено у дослідженнях [1] та [2]. Авторами проведено порівняльний аналіз архітектури перетворювачів різних поколінь, технологій оброблення інформації, методів тестування. У монографії О. Є. Тверитникової висвітлено різні напрями розвитку електротехнічної науки у другій половині ХХ ст., у тому числі й фрагментарно представлено розвиток галузі електровимірювальної техніки на теренах України [3]. Більш детально розвиток електровимірювального устаткування впродовж другої половини ХХ ст. висвітлено у статті М. І. Баранова [4], який підкреслює важливість вимірювальних приладів у формуванні різних напрямів електротехніки, зокрема електроніки й автоматизованих систем керування.

До історіографії проблеми залучено праці [5; 6], де вперше окреслено внесок науковців Інституту кібернетики НАН України у створення та подальше впровадження системних перетворювачів інформації. У публікаціях акцентовано увагу на пріоритетність розробок, які стали підґрунтям для масової автоматизації й цифровізації вимірювань. Визначенню періодизації електровимірювальної техніки на теренах України присвячені публікації, в яких окреслено та надано характеристику основних періодів розвитку електровимірювальної техніки в Україні [7; 8]. Між тим, питання створення інформаційно-вимірювальних систем висвітлено фрагментарно.

Джерельною базою для проведення дослідження стали звіти з науково-дослідної роботи, що зберігаються у науково-технічному архіві Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України та науково-технічному архіві Інституту електродинаміки НАН України.

Мета статті – проаналізувати розвиток інформаційно-вимірювальних систем в Україні у 70–80-ті рр. ХХ ст. на основі узагальнення та систематизації наукової інформації, окреслити місце вітчизняних наукових шкіл у створенні й удосконаленні інформаційно-вимірювальних систем.

Виклад основного матеріалу. Історично розвиток вимірювальних приладів і систем був тісно пов'язаний із потребами промисловості. На початку 1970-х рр. формування напрямку електровимірювальної техніки значною мірою залежало від складності об'єктів вимірювання та необхідності всебічного аналізу взаємозв'язків з іншими приладами та середовищем. Впровадження мікроелектроніки дозволило реалізовувати більш складні алгоритми вимірювання. Зменшення розмірів напівпровідникових структур монолітних інтегральних мікросхем сприяло поліпшенню технічних характеристик мікроелектронних пристроїв, зокрема зниженню енергоспоживання, підвищенню швидкодії, зменшенню вартості та інших параметрів.

Мініатюризація напівпровідникової елементної бази стала ключовою світовою тенденцією у виробництві різноманітних електронних пристроїв. Наприклад, у 1970-х рр. інтегральні мікросхеми виготовляли з роздільною здатністю від 3 до 1,5 мкм, а у 1980-х рр. цей показник знизився до діапазону 0,8–0,5 мкм. [4].

Мініатюризація напівпровідникової елементної бази і вдосконалення перетворювачів форми інформації сприяли інтенсивному розвитку галузі електровимірної техніки. Одним із ключових складових цього прогресу стало створення більш складного обладнання, зокрема інформаційно-вимірних систем (ІВС). Особливістю таких систем була інтеграція з обчислювальною технікою, що значно розширило їх функціональні можливості. З метою забезпечення технічними засобами ІВС різних галузей народного господарства на теренах СРСР було впроваджено Державну систему промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП).

ДСП складається з системи виробів, які експлуатаційно, інформаційно, енергетично, метрологічно та конструктивно об'єднані та призначені для використання в автоматичних і автоматизованих системах контролю, вимірювань, регулювання технологічних процесів, та в інформаційно-вимірних системах. У розробленні ДСП активно брали участь наукові колективи країн-членів Ради Економічної Взаємодопомоги. Основними принципами, які були враховані при розробці та вдосконаленні ДСП, стали стандартизація та оптимізація функцій автоматичного контролю, регулювання й управління; скорочення номенклатури технічних засобів; блочно-модульна структура приладів та пристроїв; агрегатний підхід до побудови систем управління на основі уніфікованих компонентів; забезпечення сумісності між приладами та пристроями.

Агрегатні комплекси (АК) – це спеціалізовані системи технічних засобів, які структуровані та виконані у вигляді функціонально-параметричних серій.

Вони забезпечують необхідні діапазони вимірювання за різних умов експлуатації та виконують усі передбачені функції у межах визначеного класу завдань. Найбільш популярним був агрегатний комплекс засобів електровимірювальної техніки (АЗЕТ). Цей комплекс об'єднував низку функціонально і конструктивно завершених пристроїв, що були згруповані за номенклатурними ознаками, схожими за функціональним призначенням, але відмінними за базовими характеристиками. Пристрої поділялись на чотири основні групи: системи збору та перетворення інформації (первинні і вторинні вимірювальні перетворювачі, датчики електричних та магнітних величин, комутатори тощо); пристрої для вимірювання та представлення інформації; системи керування і зв'язкові блоки; допоміжне обладнання [10].

Розроблення і впровадження у виробництво засобів АЗЕТ позитивно вплинуло на продуктивність праці, дозволило збільшити обсяги виробництва пристроїв та скоротити витрати на їх розробку [4].

На теренах України дослідження в галузі інформаційно-вимірювальних систем у 1970-ті–1980-ті рр. проводилися науково-дослідними колективами різних установ, зокрема інститутами Академії наук УРСР (АН УРСР).

У 1970-х рр. Інститут електродинаміки Академії наук УРСР (ІЕД АН УРСР) перетворився на провідний науковий центр, що відіграв ключову роль у визначенні шляхів розвитку вітчизняних інформаційно-вимірювальних систем, насамперед у галузі електроенергетики. Під керівництвом член-кореспондента АН УРСР А. Д. Нестеренка та академіка НАН України Ф. Б. Гриневича науковці інституту розвинули й успішно застосовували на практиці загальну теорію вимірювальних електричних та електронних кіл. Теоретична база стала основою для формування нових підходів, які дозволили будувати прилади для вимірювання електричних і магнітних величин надвисокої точності, що сприяло подальшому прогресу в електротехніці. Одним із досягнень цього

періоду стало розроблення нового покоління цифрових вимірювальних мостів, а також створення низки еталонів для забезпечення єдності вимірювань. Наукові дослідження докторів технічних наук Є. О. Андрієвського, А. Д. Ніженського, А. І. Новіка, М. М. Сурду, З. Я. Монастирського, член-кореспондента НАН України С. Г. Таранова стали вагомим внеском у розвиток цього напрямку, перетворившись на основу подальшого розвитку інформаційно-вимірювальних технологій [3; 11].

На початку 1980-х рр. науковці відділу автоматизації електричних систем ІЕД АН УРСР, одними з перших в Україні, розпочали дослідження у галузі мікропроцесорних систем керування в енергетиці, передбачаючи перспективу цього напрямку. Під керівництвом Б. С. Стогнія проєктувалися вимірювальні перетворювачі струму і напруги, які використовувалися під час роботи енергосистем як джерела вимірювальної інформації. Це дозволило значно підвищити оперативність та точність діагностики стану енергосистем. Результатом цих зусиль стало розроблення серії мікропроцесорних систем, призначених для захисту, вимірювання та реєстрації параметрів аварійних режимів в електроенергетичних системах. Зокрема інформаційно-діагностичний комплекс «Регіна», створений за участі Б. С. Стогнія та М. Ф. Сопелі, здобув широке визнання й успішно впроваджений в електроенергетиці. Цей комплекс став важливим інструментом для підвищення надійності та ефективності функціонування енергосистем [7].

Вагомі дослідження в галузі інформаційно-вимірювальних технологій проводилися в Інституті кібернетики АН УРСР (ІК АН УРСР), де ще у 1960-ті рр. було створено лабораторію, а потім і відділ перетворювачів форми інформації, який очолив професор А. І. Кондалєв. Напрямок наукового пошуку був спрямований на розроблення складових агрегатного комплексу засобів електровимірювальної техніки – перетворювачів форми інформації (ПФІ),

зокрема аналого-цифрових (АЦП) та цифро-аналогових (ЦАП) перетворювачів. З цього часу дослідження в галузі ПФІ на теренах України набули комплексного характеру. Приділялася увага науковій класифікації АЦП та ЦАП, аналізу та синтезу структур, схемотехнічному проектуванню, вивченню залежності технічних та метрологічних характеристик від алгоритмів кодування та декодування і параметрів елементної бази тощо. У 1965 р. професор А. І. Кондалев опублікував першу в Україні монографію, присвячену проблемі створення перетворювачів форми інформації [12].

У 1970-ті рр. науковцями ІК АН УРСР були розпочаті систематичні дослідження принципів побудови та основ проектування системних ПФІ на елементній базі другого та наступних поколінь, розвивалися методи імітаційного моделювання алгоритмів функціонування ПФІ, машинного аналізу похибок та критеріїв оцінки їх системної ефективності. Науковці відділу перетворювачів форми інформації ІК АН УРСР брали активну участь у виконанні міждержавних та державних програм і проєктів, а також численних господарських договорів. На виконання державної програми «Основні напрями розвитку народного господарства СРСР на 1976–1980 роки» у межах теми ДЕ-0470.002 було поставлено завдання розроблення основ теорії та принципів проектування та створення діючих зразків високоточних перетворювачів форми інформації на мікроелектронній елементній базі. У результаті було проведено дослідження та розроблено алгоритми функціонування аналого-цифрових перетворювачів паралельного типу, а також структури високоточних цифро-аналогових перетворювачів на основі двоматричних схем. Створено структуру високопродуктивного АЦП порозрядного типу з використанням нової елементної бази. Крім того, було спроектовано та виготовлено надшвидкодійний аналого-цифровий перетворювач АЦП-26 [13].

Застосування нової елементної бази надало можливості для створення аналого-цифрового перетворювача порозрядного типу високої продуктивності та надшвидкодійного АЦП-26.

За даними економічних та кон'юнктурних показників, характерних для США [14], з 1977 р. до 1982 р. доля монолітних приладів у загальному обсязі збуту перетворювачів усіх типів збільшилася з 23,1 % до 42,4 %. У тому числі: ЦАП – з 26,6 % до 50 %, а АЦП з 17,3 % до 36,6 %. Ці дані було підтверджено в проміжному звіті ІК АН УРСР з теми ДЕ-0470.002 [15]. Теоретичні та прикладні результати наукових робіт детально висвітлено в монографіях та журнальних публікаціях співробітників відділу ІК АН УРСР.

До кінця 1980-х рр. науковцями ІК АН УРСР було узагальнено теоретичні дослідження в галузі надійності, завадостійкості, точності та продуктивності ПФІ, розроблено агрегатований комплекс перетворювачів. До складу агрегатованого комплексу перетворювачів входили швидкодійні АЦП типу АЦП-11; швидкодійні АЦП із паралельно-послідовним кодуванням АЦП-21, АЦП-22; багатоканальні високоточні порозрядно-кодуєчі АЦП з корекцією похибки АЦП-31, АЦП-32; багатоканальний АЦП для сигналів низького рівня АЦП-41; багатоканальний ЦАП-51; пристрій стиснення даних УСД-61; блок програмного керування БПК-71. Комплекс призначався для створення з використанням універсальних ЕОМ систем автоматичного управління складними експериментами, для автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем у різних галузях науки та техніки, для сполучення машин безперервної та дискретної дії, для включення до автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП), де власні ПФІ не здатні забезпечити необхідну точність та швидкість перетворення даних [5].

На теренах України наукові школи в галузі інформаційно-вимірювальних систем формувалися у закладах вищої технічної освіти. Зокрема, дослідження

фахівців Київського політехнічного інституту були спрямовані на розроблення теоретичних основ інформаційно-вимірювальної техніки, автоматизацію наукових досліджень, методи підвищення точності вимірювальних приладів і систем (А. Д. Нестеренко, П. П. Орнатський, Ю. М. Туз, С. М. Маєвський та ін.) [11].

У Львівському політехнічному інституті, у межах наукової школи з теорії електричних вимірювань та вимірювальних інформаційних систем, проводилися дослідження в напрямку електричних вимірювань електричних та неелектричних величин (В. О. Кочан, С. С. Обозовський, Є. С. Поліщук, Є. І. Шморгун), теоретичних основ інформаційно-вимірювальної техніки, створення цифрових засобів вимірювання електричних (С. С. Обозовський та А. Я. Шрамков), електронних цифрових приладів (Б. І. Швецький) [16].

Варто відзначити внесок у розроблення концепції агрегатних комплексів технічних засобів Державної системи приладобудування професора Харківського політехнічного інституту (ХПІ) К. І. Діденка. Він був одним з розробників державного стандарту системи промислових приладів і засобів автоматизації [17]. Випускник кафедри «Автоматика та телемеханіка» ХПІ 1952 р., він працював на підприємстві СКБ «Системи автоматичного управління» (СКБ «САУ»), де пройшов шлях від інженера конструкторського бюро до генерального директора науково-виробничого об'єднання «Системи автоматичного управління». К. І. Діденко провів аналіз функціональних завдань агрегатних комплексів, розробив методологію проєктування, конструювання та компонування агрегатних засобів [18].

К. І. Діденко приділяв увагу питанням створення, впровадження, повірці й застосуванню в ІВС та АСУ ТП нового покоління агрегатного комплексу технічних засобів для локальних інформаційно-керуючих систем (КТЗ ЛІКС) [19]. Ним було запропоновано принципово інноваційну концепцію

створення та організації серійного виробництва уніфікованих типових конструкцій як конструктивної основи при розробці приладів, засобів автоматизації та систем управління, а також проведенні наукових досліджень та експериментів. На базі КТЗ ЛІКС та його нового покоління – комплексу мікропроцесорних засобів диспетчеризації, автоматики, телемеханіки (МікроДАТ) розроблялися проекти та впроваджувалися автоматизовані системи управління технологічними процесами в металургії, нафтохімії, машино- та приладобудуванні. Плідне співробітництво СКБ «САУ» та кафедри «Інформаційно-вимірювальна техніка» ХПІ дало змогу створити у 1985 р. одну з перших у СРСР навчальних лабораторій мікропроцесорних систем на базі комплексів МікроДАТ.

Висновки. Розвиток інформаційно-вимірювальних систем на теренах України в період 1970–1980-х рр. відбувався в умовах інтенсивної автоматизації виробничих процесів, ускладнення наукових досліджень і зростання вимог до точності, швидкодії та надійності засобів вимірювання.

Важливим досягненням української науково-технічної школи стало формування концепції агрегатних комплексів технічних засобів, які забезпечували можливість гнучкого компонування, модульного підходу, уніфікації та високого ступеня автоматизації. Особливу роль у цьому відіграли розробки Інституту кібернетики АН УРСР, де на основі фундаментальних теоретичних досліджень у галузі точності, завадостійкості та продуктивності були створені високошвидкісні АЦП та інші компоненти інформаційно-вимірювальних систем. Значний внесок у розвиток цифрових приладів зробили наукові колективи закладів вищої технічної освіти України. Аналіз праць провідних українських науковців – А. І. Кондалєва, А. Д. Нестеренка, П. П. Орнатського, Б. І. Швецького, Ю. М. Туза, С. М. Маєвського, В. О. Кочана, Є. С. Поліщука, А. Я. Шрамкова, К. І. Діденка та інших свідчить

про системну роботу в напрямі створення нової технічної бази вимірювань, яка базується на використанні інтегральних мікросхем, мікропроцесорів і перетворювачів форми інформації, як складових агрегатного комплексу засобів електровимірювальної техніки.

Список використаних джерел та літератури

1. Kester W. A brief history of data conversion: A tale of nozzles, relays, tubes, transistors, and CMOS. *IEEE Solid-State Circuits Magazine*, 2015. 7 (3). P. 16–37.
2. Mukhanov O. A. History of Superconductor Analog-to-Digital Converters. *100 Years of Superconductivity*. Taylor & Francis, London, UK, 2011. P. 440–458.
3. Тверитникова О. Є. Електротехнічна галузь України другої половини ХХ ст.: напрямі розвитку і здобутки: монографія / Відп. ред.. В. М. Скляр. Харків. «Тим Пабліш Груп», 2017. 500 с.
4. Баранов М. И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 42: Электроника: ретроспектива, успехи и перспективы ее развития. *Електротехніка і електромеханіка*, 2018. № 1. С. 3–16. DOI: <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2018.1.01>.
5. Кондалев А. И., Романов В. А., Багацкий В. А., Клочан П. С. Вклад Украины в развитие системных преобразователей формы информации. *Труды Междунар. симпозиума «Компьютеры в Европе. Прошлое, настоящее и будущее»*. Киев: ИК НАН Украины, 1998. С. 140–145.
6. Романов В. А., Багацкий В. О., Клочан П. С., Тесленко Л. В. Преобразователи формы информации: современное состояние и перспективы развития. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*, 2003. № 2. С. 40–46.
7. Tverytnykova Elena, Khikhlo Vadym. The influence of information technologies on the development of measurement tools and methods in Ukraine (second half of the 20th century). *2023 IEEE Sixth International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo)*. Kyiv, Ukraine, 2023. Pp. 360–363. DOI: <https://doi.org/10.1109/UkrMiCo61577.2023.10380337>.
8. Хіхло В. Ю. Етапи розвитку електровимірювальної техніки в Україні у ХХ ст.: *Україна і світ: гуманітарно-технічна еліта та соціальний прогрес* [Ел. ресурс]: матеріали всеукр. наук.-теорет. конф. студ. і аспірантів, 18–19 квітня 2024 р. / гол. ред. А. В. Кіпенський; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків, 2024. С. 492–493.
9. Промислові засоби автоматизації. Частина 1. Вимірювальні прилади. Бабіченко А. К. та ін. / За загал. ред. А. К. Бабіченка. Харків, 2001. 470 с.
10. Хіхло В. Ю. Уніфікація в електроприладобудуванні наприкінці

60-х рр. – середині 70-х рр. XX ст. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є. І. Харків: НТУ «ХПІ». С. 1282.

11. Хіхло В. Ю. Особливості розвитку електровимірювальної техніки в Україні (1960–1980-ті рр.). *Дослідження з історії і філософії науки і техніки*, 2025. Вип. 34.1. С. 143–154. DOI: <https://doi.org/10.15421/272514>.

12. Кондалев А. И. Преобразователи формы информации. Київ: Наукова думка, 1965. 176 с.

13. Отчет о научной и научно-организационной деятельности Ордена Ленина Института кибернетики АН УССР за 1980 год. *Архів Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України*. Оп. 1. Спр. 1775. Арк. 85–86.

14. U.S. Markets Forecast 1979. *Electronics*, 1979. v. 52 (1), pp. 105–128.

15. Современные цифроаналоговые преобразователи. Промежуточный отчет по теме ДЕ-0470.002. 1980 г. *Архів Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України*. Оп. 2. Спр. 4270. 45 арк.

16. Дорожовець Михайло, Івахів Орест, Серкіз Андрій. Кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Національного університету «Львівська політехніка» – 90 років! *Вимірювальна техніка та метрологія*, 2011. № 72. С. 7–23.

17. Державні стандарти СРСР. URL: <https://normativ.info/norms/gost/gost4.shtml> (дата звернення 26.08.2025 р.).

18. Кондрашов С. І., Тверитникова О. Є. Кафедра «Інформаційно-вимірювальні технології і системи». Історичний нарис. *Вісник. НТУ «ХПІ»*. 2011. С. 14–19.

19. Диденко К. И. и др. Унифицированные структуры для систем управления на базе КТС-ЛИУС. Спец. конструкторское бюро систем автомат. управления. Киев, 1969. 39 с.

References

1. Kester, W. (2015) A brief history of data conversion: A tale of nozzles, relays, tubes, transistors, and CMOS. *IEEE Solid-State Circuits Magazine*, 7 (3), 16–37 [In English].

2. Mukhanov, O. A. (2011) History of Superconductor Analog-to-Digital Converters. *100 Years of Superconductivity*. Taylor & Francis, London, UK. (pp. 440-458) [In English].

3. Tverytnykova, O. Ye. (2017). Elektrotekhnichna haluz Ukrainy: napriamy rozvytku i здобутky [Electrotechnical industry of Ukraine: directions of development and achievements]. Kharkiv: TOV «Tim Pablish Hrup» [In Ukrainian].

4. Baranov, M. I. (2018). Antologiya vydayushchikhsya dostizheniy v nauke i tekhnike. Chast 42: Elektronika: retrospektiva, uspekhi i perspektivy ee razvitiya

[Anthology of outstanding achievements in science and technology. Part 42: Electronics: retrospective, successes and prospects of its development]. *Elektrotehnika i elektromekhanika – Electrical engineering and electromechanics*, 1, 3–16 [In Russian].

5. Kondalev, A. I., Romanov, V. A., Bagatskiy, V. A. & Klochan, P. S. (1998). Vklad Ukrainy v razvitie sistemnykh preobrazovateley formy informatsii [Ukraine's contribution to the development of systemic information form converters]. *Trudy Mezhdunar. simpoziuma «Kompyutery v Evrope. Proshloe, nastoyashchee i budushchee» – Proceedings of the International Symposium «Computers in Europe. Past, Present and Future»*, (pp. 140–145). Kiev [In Russian].

6. Romanov, V. A., Bagatskiy, V. O., Klochan, P. S. & Teslenko, L. V. (2003). Preobrazovateli formy informatsii: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [Information Form Converters: Current Status and Development Prospects]. *Komp'yuterni zasobi, merezhi ta sistemi – Computers, networks and systems*, 2, 40–46 [In Russian].

7. Tverytnykova Elena & Khikhlo Vadym (2023). The influence of information technologies on the development of measurement tools and methods in Ukraine (second half of the 20th century). *IEEE Sixth International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo)*. DOI: 10.1109/UkrMiCo61577.2023.10380337 [In English].

8. Khikhlo, V. Yu. (2024). Etapy rozvytku elektrovymiriuvanoi tekhniki v Ukraini u XX st. [Stages of development of electrical measuring equipment in Ukraine in the 20th century]. *Ukraina i svit: humanitarno-tekhnichna elita ta sotsialnyi prohres: materialy Vseukr. nauk.-teoret. konf. stud. i aspirantiv – Ukraine and the world: humanitarian and technical elite and social progress: materials of the All-Ukrainian science and theory conf. study and graduate students*, (pp. 492–493). Kharkiv [In Ukrainian].

9. Babichenko, A. K. (Eds.). (2001). Promyslovi zasoby avtomatyzatsii. Chastyna 1. Vymiriuvalni prylady [Industrial automation equipment. Part 1. Measuring instruments]. Kharkiv [In Ukrainian].

10. Khikhlo, V. Yu. (2025). Unifikatsiia v elektropryladobuduvanni naprykintsi 60-kh rr. – seredyni 70-kh rr. XX st. [Unification in electrical engineering in the late 60s-mid-70s of the 20th century]. *Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia: tezy dopovidei XXIII mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii MicroCAD-2025 – Information technologies: science, engineering, technology, education, health: abstracts of the reports of the XXIII International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2025*. (p. 1282) Kharkiv [In Ukrainian].

11. Khikhlo, V. Yu. (2025). Osoblyvosti rozvytku elektrovymiriuvanoi tekhniki v Ukraini (1960–1980-ti rr.). [Features of the development of electrical

measuring equipment in Ukraine (1960–1980s)]. *Doslidzhennia z istorii i filosofii nauky i tekhniky – Studies in the history and philosophy of science and technology* (34)1, 143–154. DOI: <https://doi.org/10.15421/272514>. [In Ukrainian].

12. Kondalev, A. I. (1965). *Preobrazovateli formy informatsii* [Information form converters]. Kyiv: Naukova dumka [In Russian].

13. Arkhiv Institutu kibernetiki im. V. M. Glushkova NAN Ukraini. Fund Institutu kibernetiki im. V. M. Glushkova, Inventory 1, Unit 1775, pp. 85-86 [In Russian].

14. (1979) U.S. Markets Forecast. *Electronics*, 52(1), 105-128 [In English].

15. Arkhiv Institutu kibernetiki im. V. M. Glushkova NAN Ukraini. Fund Institutu kibernetiki im. V. M. Glushkova, Inventory 2, Unit 4270, 45 p. [In Russian].

16. Dorozhovets Mykhailo, Ivakhiv Orest & Serkiz Andrii (2011). Kafedri informatsiino-vymiriuvalnykh tekhnolohii Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika» – 90 rokiv! [The Department of Information and Measurement Technologies of the National University «Lviv Polytechnic» – 90 years old!]. *Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohi – Measurement Technology and Metrology*, 72, 7–23 [In Ukrainian].

17. Derzhavni standarty SRSR [State standards of the USSR]. (n.d.). *normativ.info*. Retrieved from: <https://normativ.info/norms/gost/gost4.shtml> [In Ukrainian].

18. Kondrashov, S. I. & Tverytnykova, O. Ye. (2011). Kafedra «Informatsiino-vymiriuvalni tekhnolohii i systemy». Istorychnyi narys [Department of «Information and Measurement Technologies and Systems». Historical Outline]. *Visnyk NTU «KhPI» – Bulletin of NTU «KhPI»*, 57, 14–19 (In Ukrainian).

19. Didenko, K. I. et al. (1969). *Unifitsirovannye struktury dlya sistem upravleniya na baze KTS-LIUS. Spets. konstruktorskoe byuro sistem avtomat. upravleniya* [Unified structures for control systems based on the KTS-LIUS. Specialized design bureau for automatic control systems]. Kiev [In Russian].

Стаття надійшла до редакції: 17.09.2025 р.

Стаття прийнята до друку: 29.09.2025 р.

Стаття оприлюднена: 22.12.2025 р.