
КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

УДК 531.7.08

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.4.1>

ВИБІР ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ СПЕЦТЕХНІКИ

Білевська О. С. – науковий співробітник

Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки

та судових експертиз Служби безпеки України

ORCID ID: 0000-0002-2081-1906

Вимірювальна техніка є невід'ємною частиною будь-якого виробництва. Якість, і відповідно, конкурентоспроможність продукції багато в чому визначаються станом вимірювальної процедури на підприємстві.

Виготовлення спецтехніки вимагає високоточного виробництва деталей складної геометричної форми. Так як матеріал, з якого виготовляються деталі зазвичай є дорогим, то виробництво має бути високоефективним, а контроль одержуваної продукції – високоточним. Більшість деталей спецтехніки мають складний профіль і отримання таких деталей – досить трудомісткий процес, результат якого має бути контрольований. Контроль якості отриманих складнопрофільних деталей займає велику кількість часу і вимірювальних засобів. На виконання вимірювань доводиться до 15% трудових витрат

Стаття присвячена вирішенню проблеми вибору засобів та методів контролю геометричних розмірів деталей та складальних одиниць в залежності від умов конструкторської документації (далі КД), технологічного процесу і конструкції. Геометричні розміри це довжина і товщина, діаметри (зовнішні і внутрішні), паралельність сторін, кути, різьбові отвори, шорсткість поверхні та ін. Контроль цих параметрів є найбільш специфічним і відповідальним у виробничих цехах, центральних вимірювальних лабораторіях, відділах технічного контролю. У промислово розвинених країнах ці види вимірювань складають 85%-90% всіх існуючих видів контролю, при цьому оцінка точності форми і розмірів залежить від ступеня точності вимірювань.

В статті розглянуто розвиток наукових основ актуальної науково-технічної проблеми підвищення ефективності вимірювань геометричних розмірів, вибору методів контролю, обґрунтування необхідності застосування того чи іншого засобу вимірювання. Представлено методи та засоби контролю геометричних розмірів та кутів різними технічними засобами та приладами, враховуючи, технологічний процес виготовлення деталей та вузлів.

***Ключові слова:** засоби вимірювання, методи контролю, лінійні та кутові розміри, похибка вимірювань, метрологія.*

Bilevska O. S. Choice of means and methods for measuring geometric dimensions in the manufacture of special equipment

Measuring equipment is an integral part of any production. The quality, and, accordingly, the competitiveness of products is largely determined by the state of the measuring procedure in production.

The manufacture of special equipment requires high-precision production of parts of complex geometric shapes. Since the material from which the parts are made is usually expensive, the production must be highly efficient, and the control of the resulting product must be highly accurate.

Most parts of special equipment have a complex profile, and the manufacture of such parts is a rather laborious process, the result of which is controlled without fail. Quality control of the resulting complex-profile parts takes a lot of time and measuring tools. The execution of measurements accounts for up to 15% of labor costs.

The article is devoted to solving the problem of choosing means and methods for controlling the geometric dimensions of parts and assembly units, depending on the conditions of design documentation, technological process and design. Geometric dimensions are length and thickness, diameters (external and internal), parallelism of sides, angles, threaded holes, roughness, etc. The control of these parameters is the most specific and responsible in production shops, central measuring laboratories, technical control departments. In industrialized countries, these types of measurements account for 85% – 90% of all existing types of control, while the assessment of the accuracy of shape and size depends on the degree of measurement accuracy.

The article considers the development of the scientific foundations of the actual scientific and technical problem of increasing the efficiency of geometric measurements, the choice of control methods, the justification for the need to use one or another measuring instrument. Methods and methods for controlling geometric dimensions and angles by various technical means and devices are presented, taking into account the technological process of manufacturing parts and assemblies.

Key words: *measuring instruments, measurement methods, linear and angular dimensions, measurement error, metrology.*

Постановка проблеми. Основною умовою стабільного розвитку та забезпечення конкурентоспроможності підприємств є ефективне управління якістю продукції яку воно виробляє [11]. При цьому вимірювання геометричних розмірів є одним із елементів системи якості.

До якості спецтехніки, яка експлуатується в екстремальних умовах висуваються особливі вимоги, які потребують досконалих та якісних вимірювань. З урахуванням особливих вимог КД та технологічного процесу при виготовленні спецтехніки виникає необхідність формування моделі системи вимірювання геометричних розмірів деталей та складальних одиниць. І саме контроль геометричних розмірів є одним із основних елементів цієї моделі. Він проводиться з метою запобігання запуску у виробництво продукції, що не відповідає заданим вимогам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим та обов'язковим процесом на будь-якому підприємстві є контроль продукції яку воно виробляє. Одним із етапів цього процесу є вимірювання геометричних розмірів. Процесам контролю якості (методам та засобам вимірювання) присвячено багато теоретичних і практичних досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених. Дослідженням цих питань займалися такі науковці, як Богуславський М.Г., Цейтлін Я.М., Поліщук С.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О., Антошин В.А., Волков В.І., Глухов В.І. та ін. [7; 8; 10].

Водночас, незважаючи на значну кількість наукових публікацій, присвячених проблемам метрології, стрімке оволодіння новими технологіями виготовлення деталей та впровадження мініатюризації виробів, зумовлене вимогами замовників, потребує подальших досліджень цієї тематики.

Постановка завдання. Використання можливостей електроніки та обчислювальної техніки для оптимального й ефективного керування промисловим обладнанням дає змогу підвищити продуктивність праці та якість продукції, що випускається. Сучасні металообробні станки з програмним забезпеченням (ЧПК – токарні

та фрезерувальні) ідеально підходять для обробки деталей різних розмірів (від дрібних до великогабаритних). У порівнянні зі звичайним обладнанням, верстати з ЧПК мають ряд переваг, які виконують поставлені завдання з високим ступенем точності. Але в процесі відпрацювання програми необхідні точні та кваліфіковані вимірювання деталей на всіх стадіях циклу. Метою даної статті є удосконалення процедури контролю геометричних розмірів деталей, враховуючи специфіку та метрологічне забезпечення лабораторії

Вклад основного матеріалу дослідження. Перш ніж перейти до розгляду технічного контролю геометричних розмірів, слід уточнити визначення основних понять у сфері метрології [5].

Вимірювання – це багатогранний процес, який можна розглядати як технічну процедуру вимірювання та отримання вимірювальної інформації. *Ціллю вимірювань* є отримання оцінки істинного значення вимірюваної величини. При цьому відбувається постійне уточнення отриманої вимірювальної інформації, вивільнення її від супутніх похибок і наближення до абсолютної істини.

Засоби вимірювань – це технічні засоби, що мають нормовані метрологічні характеристики. При цьому значення фізичної величини, яке відраховують по шкалі засобу вимірювання, точно відповідає певній кількості фізичних одиниць, що прийняті у якості одиниць виміру.

До засобів вимірювання відносять – міри, вимірювальні прилади, перетворювачі і системи, вимірювальні установки і комплекси [9].

Лабораторні вимірювання – це виміри, у яких похибки кожного результату вимірювання оцінюють за даними, що одержані при цьому вимірі. Лабораторні вимірювання виконують найчастіше універсальними взірцевими засобами виміру в метрологічних дослідженнях еталонів одиниць та при розробці і атестації методик виконання технічних вимірювань.

Технічні вимірювання – це виміри, які виконують у заданих умовах згідно з загально прийнятою методикою. При цьому похибки вимірювання, які при виконанні вимірів окремо не визначають, повинні бути нижче встановлених нею. Технічні вимірювання виконуються за методиками за допомогою серійних засобів вимірювань, які повинні забезпечувати необхідний рівень точності.

Результат будь-якого вимірювання відрізняється від істинного значення фізичної величини на певне значення, яке залежить від точності засобів і методів вимірювання, кваліфікації працівника, умов, в яких проводилося вимірювання, і т. д. Відхилення результату вимірювання від істинного значення фізичної величини називається *похибкою* вимірювання. Для описання точності вимірювань довгий час використовували саме таке поняття [12]. Але в атестаційних документах на вимірювальну техніку використовується такий термін, як *невизначеність вимірювань*. Цей термін виник у зв'язку з відсутністю міжнародної єдності в цих питаннях. І у 1993 році був розроблений документ «Керівництво з оцінки невизначеності» (GUM) [13], який відразу ж після видання отримав статус неформального міжнародного стандарту. Тобто «похибка» і «невизначеність вимірювань» – поняття ідентичні.

Особливо важливу роль у виборі засобів та методів контролю відіграє клас точності виготовлення деталей (квалітет) [14].

Квалітет (клас точності) – це сукупність допусків, відповідних однаковому ступеню точності для всіх номінальних розмірів.

Використання терміну «*квалітет*» замість «*клас точності*» введено для того, щоб відразу було ясно, про яку систему допусків і посадок йдеться мова. У ЄСКД,

як і в ІСО, встановлено 20 квалітетів, що позначаються порядковими номерами, що зростають із збільшенням допуску: 01; 0; 1; 2; 3; ...; 15; 16; 17; 18^o. Призначення необхідного квалітету – складне техніко-економічне завдання. Вибір квалітетів для різних розмірів деталей у багатьох випадках визначається при розв'язку розмірних ланцюгів, які прогнозує конструктор.

Таким чином, квалітети 5-12 використовують для деталей, що працюють в сполученнях, а квалітети з 13 по 18 – для вільних поверхонь деталей, які не сполучаються. Діапазон розмірів 1мм – 500 мм розбито на тринадцять інтервалів і для них при заданих значеннях квалітетів в довідниках приведені значення допусків в мікрометрах (мікронах).

Розглянемо сам процес вимірювання. *Об'єктами контролю є*: вихідні матеріали, заготовки, деталі, складальні одиниці, і готові вироби на різних стадіях виготовлення, приймання і перевірки. У процесі виготовлення виробів необхідно контролювати відповідність дійсного значення геометричних параметрів значенням, встановленим у конструкторській (кресленики) та технологічній документації з метою визначення придатності або непридатності (брак чи доопрацювання) виробу для подальшого використання.

Технічні вимірювання виконуються за *атестованими методиками* з використанням *каліброваних та атестованих засобів вимірювань*, які повинні забезпечувати необхідний рівень точності. Аналіз невизначеності вимірювань (похибок) технічних вимірів не обов'язковий.

Засоби вимірювання поділяють на три основні групи: *міри, вимірювальні прилади та інструменти і калібри*. Останнім часом під впливом інтенсивного розвитку інтегральних схем, мікропроцесорних пристроїв відбулось корінне оновлення та значне урізноманітнення техніки, що застосовується при вимірюваннях лінійних та кутових розмірів [1]. Сьогодні, завдяки прогресу в конструюванні приладів, призначених для контролю, можуть бути реалізовані такі методи вимірювань, які ще декілька років тому здавалися неймовірними. Тому розглянемо поетапно всі існуючі засоби вимірювань та простежимо їх застосовуваність.

Донедавна для вимірювань геометричних розмірів застосовували здебільшого штриховий інструмент (штрихові штангенінструменти, нутроміри, лінійки, рулетки, кутоміри та ін.), які мають шкали з нанесеними на них розподілами, відповідними певним одиницям вимірювання. Для зручності та простоти вимірювань користуються ними і тепер при вимірюванні деталей 11 ... 18 квалітетів (грубе складання, та деталі, які не сполучаються).

*** Примітка.**

Самі тоні *квалітету (01...3)* використовують для виготовлення зразкових мір, калібрів, еталонів, шкал з оптичним відліком, тощо.

Квалітети 4 і 5 застосовуються порівняно рідко, в особливо точних з'єднаннях, що вимагають високої однорідності зазору або натягу.

Квалітети 6 і 7 застосовуються для відповідальних з'єднань у механізмах, де до посадки пред'являються високі вимоги відносно визначеності зазорів і натягів для забезпечення точного складання деталей.

Квалітети 8 і 9 застосовуються для посадок при відносно менших вимогах до однорідності зазорів або натягів і для посадок, що забезпечують середню точність складання.

Квалітет 10 застосовується в посадках із зазором і в тих же випадках, що й 9, якщо умови експлуатації допускають деяке збільшення коливання зазорів у з'єднаннях.

Квалітети 11, 12 застосовуються в з'єднаннях, де необхідні більші зазори й припустимі їхні значні коливання (грубе складання). Ці квалітети поширені в невідповідальних з'єднаннях.

Для контролю глибини та висоти точних розмірів використовується індикаторний інструмент, який забезпечує точність вимірювань до 2,5 мікрон. Індикатори є аналогові та цифрові. Аналоговий тип вимірювань найбільш застосовується для вимірювання в динамічному режимі, наприклад, коли потрібно визначити осьове і радіальне биття на тілах обертання чи поверхнях. В свою чергу цифрові індикатори мають багато додаткових функцій в порівнянні з механічними моделями, забезпечуючи відносні вимірювання та можливість передачі даних вимірювання на комп'ютер. Цифрове відображення гарантує безпомилкове зчитування значень вимірюваної величини.

Для вимірювання високоточних довжинних розмірів широко використовуються електронні цифрові мікрометри здатні проводити вимірювання в міліметрах і дюймах, а так само мають функцію установки нуля. Ця функція дозволяє електронним мікрометрам здійснювати вимірювання не тільки в абсолютній, а й у відносній системах відліку. На РК-дисплеї мікрометра відображається значення отриманого результату вимірювання, і одиниці виміру, в яких отримано результат [9]. Вони дуже зручні у використанні та пришвидшують час вимірювань.

До розділу вимірювання точної механіки входить велика група контрольно-вимірювального інструменту типу *калібрів* (гладких та різьбових), *пліток*, *шаблонів та лекал*, *кутомірів* та ін. [3]. Тобто засоби вимірювання розмірів та оцінки точності поверхонь не оснащені оптичними та цифровими системами. В цьому випадку використовується принцип роботи прохідних та непрохідних калібрів, розрахованих з урахуванням гранично-допустимих відхилень (допусків) на сам розмір [6]. Це зручний спосіб вимірювання *отворів високої точності* з гарантованою оцінкою якості, який не потребує кваліфікації оператора. Калібри для валів називаються скобами (кільцями) [4]. Комплект складається з прохідного і непрохідного калібрів. Прохідним контролюють початок поля допуску, непрохідним – кінець. Те ж стосується і різьбових отворів, які вимірюються за допомогою різьбових калібрів та різьбових скоб (кілець). Отже інструмент типу калібрів має високу точність вимірювань, при цьому є простим, надійним та широко застосовується при контролюванні деталей.

Профільні калібри і шаблони застосовують для перевірки контурів деталей, головним чином криволінійної форми. Розбіжність контурів поверхні, що перевіряється з контурами шаблону проявляється світловою щільною (контроль «на просвіток»). Спосіб контролю калібрами і шаблонами дуже простий і виключає можливість похибок, проте при контролі калібрами немає можливості встановити дійсний розмір, що є недоліком.

Важливу роль при вимірюванні геометричних параметрів відповідальних деталей, вузлів приладів та механізмів відіграють *кінцеві міри* довжини виконані у вигляді плоскопаралельних пластин, пластинок (для щупів), призматичних тіл (для кутових заходів) [2]. Кожна така міра відповідає одному певному значенню розміру. На практиці використовують набори вимірювальних пластин, що дозволяють скласти будь який лінійний або кутовий розмір. Такі міри призначені для повірки засобів вимірювання, контрольних калібрів, налаштування приладів вимірювання лінійних розмірів, а також для контрольно-повірочних робіт у вимірювальних лабораторіях.

Розвиток науково-технічного прогресу вимагає впровадження в виробництво найсучаснішого обладнання з метою підвищення якості виробів і, як наслідок, конкурентоспроможності приладів. Оскільки при виготовленні спецтехніки мають перевагу деталі підвищеної точності, виготовлені на сучасних високоточних

станках з ЧПК, вони потребують систематичного вимірювання їх геометричних розмірів, що вимагає регулярного проміжного та фінішного контролю. І в цьому випадку найзручнішим та найефективнішим засобом вимірювання є електронний мікроскоп з 3D вимірювальною системою. Ця вимірювальна техніка основана на використанні спеціальних оптичних систем та дозволяє досліджувати різні деталі та комплектуючі вироби, незалежно від виду, конструктивних особливостей та структури матеріалів, із яких вони виготовлені. Ідеально підходить для точного вимірювання геометричних розмірів продукції – похибка не гірше ± 4 мкм при довжині деталей до 200 мм.

Контрольно-вимірювальна система представляє собою структурну сукупність функціонально об'єднаних засобів вимірювальної техніки, пристроїв та інших технічних засобів, які призначені для вимірювання геометричних розмірів зразків та робочих деталей, метрологічної оцінки (повірки, калібрування тощо). Дозволяє проводити вимірювання у важкодоступних місцях, які неможливо виміряти ручним або електронним інструментом.

Окремо необхідно приділити увагу до спрощення вимірювань високоточних розмірів висоти або глибини отворів (режим 3D-вимірювання). Спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ) відеовимірювальної системи дозволяє створювати карти вимірювань та зберігати в архівах результати вимірювань для подальшого використання та статистичної обробки інформації з метою покращення якості виготовлення деталей. Окрім того, за допомогою спеціалізованого ПЗ реально створювати графічні шаблони (макроси) для деталей, що збільшує ефективність вимірювань

Слід зазначити, що прилади поділяють на *універсальні та спеціальні*. До універсальних приладів відносяться такі прилади, як: вимірювальні мікроскопи, оптичні довгоміри, проекційні прилади й т. д. До групи спеціальних приладів входять: засоби вимірювання і контролю різьбових з'єднань, кутів і конусів, форми і розташування поверхонь і т. д. Вибір універсальних і спеціальних засобів контролю залежить від виду контрольованих параметрів. Значить, ефективність виробництва не пов'язана з призначенням приладів контролю. Перевагами ручних засобів контролю у порівнянні з універсальними є: простота конструкції; простота в експлуатації; надійність; низька вартість. Але їм притаманні і недоліки, а саме: низька точність; велика тривалість контрольних операцій; висока похибка, викликана людським фактором; зниження точності в процесі експлуатації пристроїв. Тому сучасні засоби ручного контролю оснащуються електронними табло, наявність якого підвищує точність і знижує похибку контролю параметрів об'єкта, викликану людським фактором.

Висновки. Підводячи підсумки, можна зробити висновок, що сучасні засоби контролю є складно влаштовані прилади й прилади, які відрізняються високою точністю і продуктивністю проведення контрольних операцій. Сьогодні, в зв'язку зі значним прогресом в галузі вимірювань та можливостями цифрової та оптичної вимірювальної техніки на перший план виходять цифрові та оптичні засоби вимірювань геометричних величин. Їх основні переваги: можливість автоматизації вимірювального процесу та автоматичної обробки результатів вимірювань, неперервний запис результатів вимірювань, тощо. Але, під час виготовлення деталей, є ряд операцій, які доцільно контролювати ручним вимірювальним інструментом. Це контроль високоточних гладких та різьбових отворів та валів, які вимірюються калібрами. Тобто ручний інструмент теж має деякі свої переваги у порівнянні з іншими в групі «за ступенем автоматизації». Це простота конструкції, простота

в експлуатації, надійність та низька вартість. Отже варіант вибору методу та засобу вимірювання залежить від точності контрольованої деталі, від її форми та конструктивних особливостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вимірювання лінійних та кутових розмірів. URL: <https://ua-referat.com>
2. Контроль геометричних параметрів. URL: https://stud.com.ua/36404/tovaroznavstvo/kontrol_geometrichnih_parametriv
3. Дніпровський державний технічний університет. Основи технічних вимірювань URL: <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/1/1/1-1-lr2.pdf>
4. Основи технічних вимірювань. URL: <http://obrobka.pp.ua/865-osnovi-tehnichnih-vimryuvan.html>
5. С. М. Гетманець, Д. В. Степанов. Основи вимірювань і випробувань URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38817/1/Osnovy_vymiruvan_vyprobuvan.pdf
6. Точная механика. *Наука*. URL: <https://science.fandom.com/ru/wiki>
7. Богуславський М.Г., Цейтлін Я.М. «Приборы и методы точных измерений длин и углов». М., 1976, 358 с.
8. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірвальна техніка: Підручник / Львів, видавництво «Бескид Біт» 2003
9. Артюхов А.М. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання (посібник) URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/10905/1/VSTV%20LR.pdf>
10. В.А. Аношин, В.Я. Волков, В.И. Глухов, В.И. Сурков. Основы конструирования приборов контроля геометрических величин. Учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмПИ, 1987.
11. Кузьменко Т.М. Роль вхідного контролю в управлінні якістю продукції при виготовленні спецтехніки. *Вчені записки Таврійського університету імені Вернадського. Серія «Технічні науки»*. Том 32 (71). № 1 2021, частина 2.
12. Кузьменко Т.М. Оцінювання невизначеності вимірювань лінійних розмірів при вимірюванні деталей точної механіки у випробувальних лабораторіях. *Вчені записки Таврійського університету імені Вернадського. Серія «Технічні науки»*. Том 32 (71) № 2 2021, частина 2.
13. ДСТУ РМГ 43:2006. Застосування «Керівництва з оцінки невизначеності»
14. Український державний хіміко-технологічний університет Розміри, відхилення розмірів, допуски, якості точності. URL <https://studfile.net/preview/5398872/page:2/>

REFERENCES:

1. Uareferat (electronic journal) Vimiryuvannya liniynih ta kutovih rozmiriv Retrieved from: <https://ua-referat.com> (accessed 10 June 2022).
2. Stud.com.ua (electronic journal) Kontrol geometrichnih parametriv. Retrieved from: https://stud.com.ua/36404/tovaroznavstvo/kontrol_geometrichnih_parametriv (accessed 18 June 2022).
3. Dniprovskijy derzhavnyj tekhnichnyj universytet (2014) (electronic journal) Osnovi tehnicnih vimiryuvan Retrieved from: <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/1/1/1-1-lr2.pdf> (accessed 18 June 2022).
4. S.M. Getmanec, D.V. Stepanov (2014) Osnovi tehnicnih vimiryuvan Retrieved from: <http://obrobka.pp.ua/865-osnovi-tehnichnih-vimryuvan.html> (accessed 18 June 2022).
5. Obrobka (electronic journal) Osnovi vimiryuvan i viprobuvan Retrieved from: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38817/1/Osnovy_vymiruvan_vyprobuvan.pdf (accessed 20 June 2022).
6. Tochnaya mehanika/Nauka (electronic journal) Retrieved from: <https://science.fandom.com/ru/wiki> (accessed 29 June 2022).

7. Boguslavskij M.G., Cejtin Ya.M. (1976) «Pribory i metody tochnyh izmerenij dlin i uglov [Instruments and methods for precise measurements of lengths and angles], Moscow 358s]
 8. Polishuk Ye.S., Dorozhovec M.M., Yacuk V.O. (2003) Metrologiya ta vimiryuvalna tehnika [Metrology and measuring technology] : Pidruchnik / Lviv, vidavnicтво «Beskid Bit».
 9. Artyuhov A.M. Vzayemozaminnist, standartizaciya ta tehniczni vimiryuvannya (posibnik) [Interchangeability, standardization and technical measurements] Retrieved from: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/10905/1/VSTV%20LR.pdf> (accessed 29 June 2022).
 10. V.A. Anoshin, V.Ya. Volkov, V.I. Gluhov, V.I. Surkov. (1987) Osnovy konstruivaniya priborov kontrolya geometricheskih velichin. [Fundamentals of designing devices for monitoring geometric quantities] Ucheb. posobie. Omsk: Izd-vo OmPI.
 11. Kuzmenko T.M. (2021) Rol vhidnogo kontrolyu v upravlinni yakistyu produkciji pri vigotovlenni spectehniki.[The role of incoming verification in quality control Management of the production when producing special equipment] «Vcheni zapiski Tavrijskogo universitetu imeni Vernadskogo», seriya «Tehniczni nauki», 2 (71) № 1, part 2.
 12. Kuzmenko T.M. (2021) Ocinyuvannya nevznachenosti vimiryuvan liniynih rozmiriv pri vimiryuvanni detalej tochnoyi mehaniki u viprobuvalnih laboratoriyah [Evaluation of uncertainty of measurements of linear dimensions when measuring details of prece mechanics in testing laboratories] «Vcheni zapiski Tavrijskogo universitetu imeni Vernadskogo», seriya «Tehniczni nauki», 2 (71) №2, part 2.
 13. DSTU RMG 43:2006. (2006) Zastosuvannya «Kerivnictva z ocinki nevznachenosti» [Application of "Guidelines for Uncertainty Assessment"]
 14. Ukrajsnjkyj derzhavnyj khimiko-tehnologhichnyj universytet (electronic journal) Rozmiri, vidhilenyya rozmiriv, dopuski, kvaliteti tochnosti Retrieved from: <https://studfile.net/preview/5398872/page:2> (accessed 1 June 2022).
-