

УДК 621.002 : 681.324

**ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИПРОБУВАНЬ ТА БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОЇ  
ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ**

Н.А. ЗУБРЕЦЬКА, О.С. ГОНЧАРОВ, С.С. ФЕДІН, А.С. ЗЕНКІН

Київський національний університет технологій та дизайну

*Обґрунтовано доцільність комплексного застосування принципів системного підходу та статистичного моделювання до формалізації процесу випробувань. Розроблено узагальнену математичну модель для багатопараметричної оцінки і прогнозування якості та надійності виробів на основі встановлення зв'язків між їх вхідними та вихідними параметрами*

Визначальним чинником зростання ефективності машинобудування в умовах ринкової економіки є постійне підвищення якості та конкурентоздатності продукції. Якість виробів машинобудування залежить від організаційно-технічного рівня підприємства та від ефективності завершального етапу машинобудівного виробництва – випробувань, техніко-економічний рівень яких визначається експлуатаційними вимогами споживача. Випробування мають важливе значення для забезпечення якості продукції на всіх етапах її життєвого циклу, дозволяють оцінити кількісні та якісні характеристики, правильність принципів і конструктивних рішень, а також відповідність продукції вимогам нормативно-технічних документів.

Аналіз теоретичних досліджень та практичного досвіду проведення різних видів випробувань свідчить про певні методологічні проблеми сучасної системи випробувань в Україні. Зокрема фахівцями визнається відсутність обґрунтованого застосування принципів системного підходу до організації та проведення випробувань на основі якісних і кількісних зв'язків між вхідними та вихідними параметрами об'єктів [1, 2, 3]. У зв'язку з цим вибір контрольованих параметрів, необхідної кількості та точності технічних засобів випробувань проводиться довільно, що призводить до зменшення точності вимірювання параметрів та підвищує ризик прийняття рішень щодо технічного стану виробів та їх придатності до експлуатації.

***Об'єкти та методи дослідження***

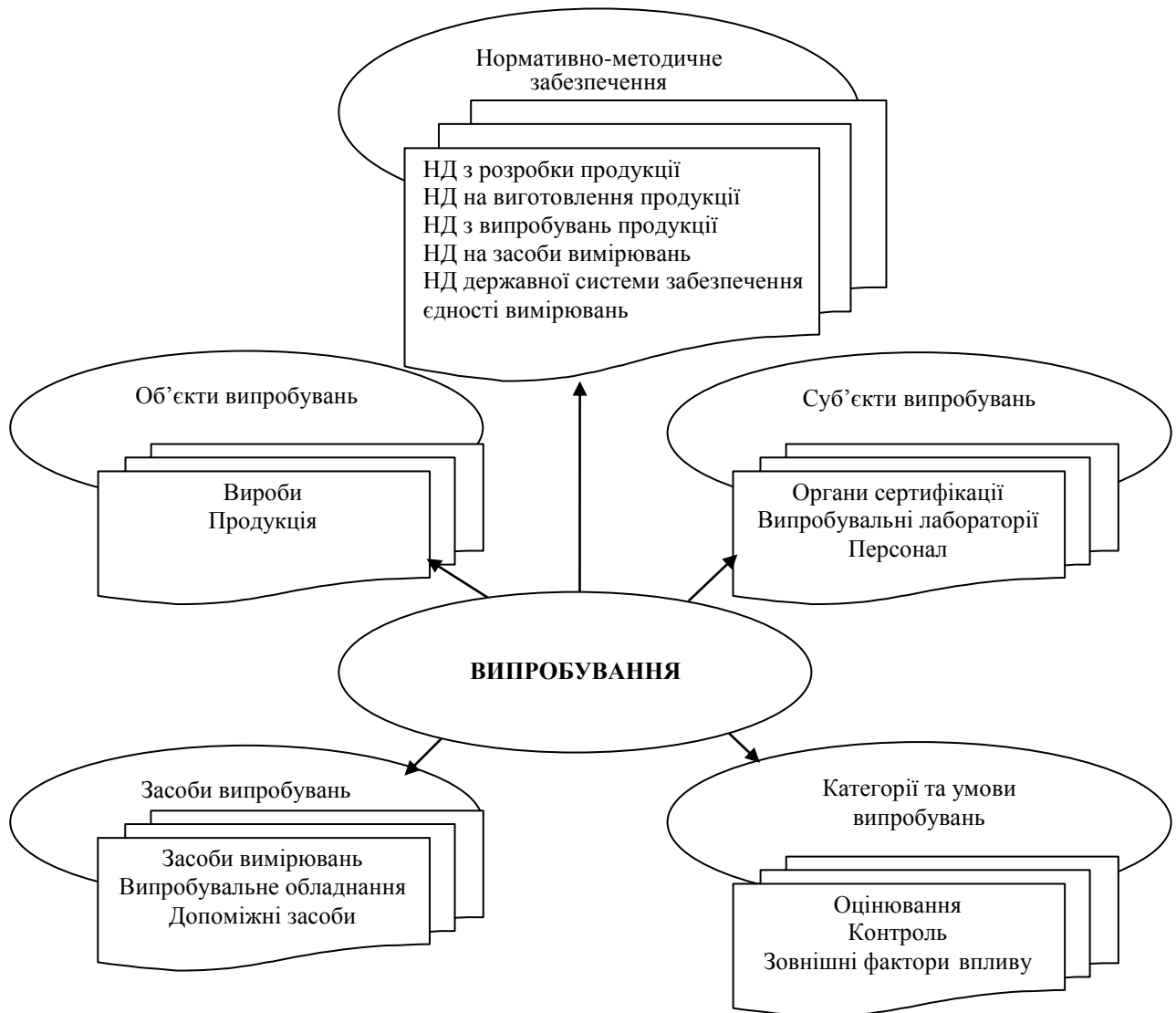
У процесі серійного машинобудівного виробництва важливим завданням випробувань є багатопараметрична оцінка якості та надійності складних виробів, що вимагає комплексного застосування наукових принципів теорії надійності, метрології, стандартизації, методів статистичного моделювання та інформаційних технологій підтримки прийняття рішень [4]. При цьому актуальними залишаються проблеми забезпечення встановлених вимог до точності, інформативності й оперативності результатів випробувань, удосконалення їх організаційно-технічної складової, нормативно-технічної бази та гармонізації системи нормативної документації (НД) з міжнародними стандартами. Визначення основних напрямків удосконалення сучасної системи випробувань, розробка нових підходів та принципів її формалізації для вирішення задач багатопараметричної оптимізації, аналізу та прогнозування якості складних виробів є актуальною проблемою машинобудівельної галузі.

***Постановка завдання***

Запропонувати підхід щодо вдосконалення системи випробувань виробів машинобудування на основі узагальненої математичної моделі багатопараметричної оцінки та прогнозування якості та надійності.

**Результати та їх обговорення**

На основі застосування основних принципів системного підходу, до яких відносяться багатовимірність, ієрархічність, різнопідпорядкованість властивостей, встановлено, що складовими елементами системи випробувань є: об'єкти, суб'єкти, категорії, умови, засоби випробувань та їх нормативно-методичне забезпечення (рис.1).



**Рис.1 Складові системи випробувань продукції**

Нормативно-методичною основою процесу випробувань є: стандарти на розробку та постановку продукції на виробництво; стандарти та інші НД на виготовлення та випробування продукції; стандарти, що регламентують організаційно-методичні та нормативно-технічні основи випробувань; стандарти державної системи забезпечення єдності вимірювань; НД, що регламентують вимоги до засобів випробувань та порядок їх використання. Першочерговим завданням розвитку національної нормативної бази випробувань є гармонізація національних і міждержавних НД з міжнародними.

В умовах серійного машинобудівного виробництва технічною базою випробувань є засоби випробувань, до яких належать: засоби вимірювань, випробувальне обладнання, допоміжні технічні пристрої, матеріали та речовини, необхідні для відтворення умов випробувань. Сукупність продукції,

засобів випробувань, випробувальних і метрологічних підрозділів, принципів, методів і НД зі встановленими зв'язками між ними утворюють структурну схему випробувань продукції (рис. 2) [5].

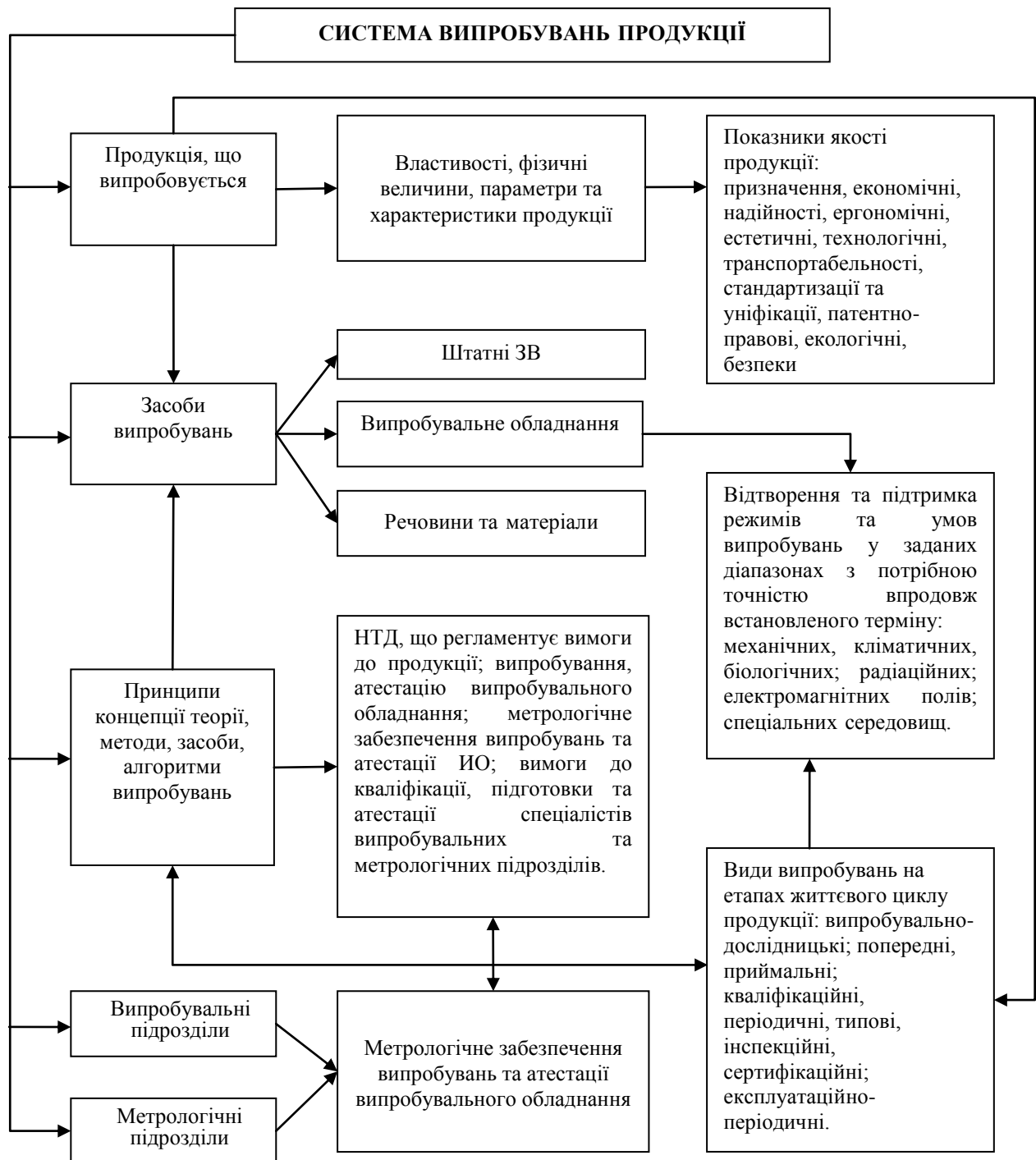


Рис.2 Взаємозв'язок елементів системи випробувань продукції

Задача ефективного використання випробувальної техніки полягає в тому, щоб максимально наблизити умови випробувань до екстремальних умов експлуатації та кількісно визначити зміну в цих умовах основних властивостей, функцій і характеристик продукції. При цьому одним з найважливіших

критеріїв забезпечення якості випробувань є точність та достовірність вимірювання, виконання умов і режимів випробувань, які встановлюються відповідними методиками [5].

Забезпечення якості продукції машинобудування на усіх стадіях життєвого циклу в значній мірі визначається якістю процесів та процедур випробувань. В залежності від етапу життєвого циклу продукції розрізняють наступні види випробувань: дослідницькі, доводочні, попередні, приймальні (проектування); кваліфікаційні, пред'явницькі, приймально-здавальні, періодичні, типові, інспекційні, сертифікаційні (виробництво); підконтрольна експлуатація, експлуатаційні періодичні, інспекційні (експлуатація) (рис.3). Кожен вид випробувань характеризується певними цілями, умовами, засобами, нормативно-методичними підходами та в більшості випадків проводиться для оцінки відповідності функціональних показників умовам експлуатації, стійкості до впливу зовнішніх факторів та критеріям надійності.

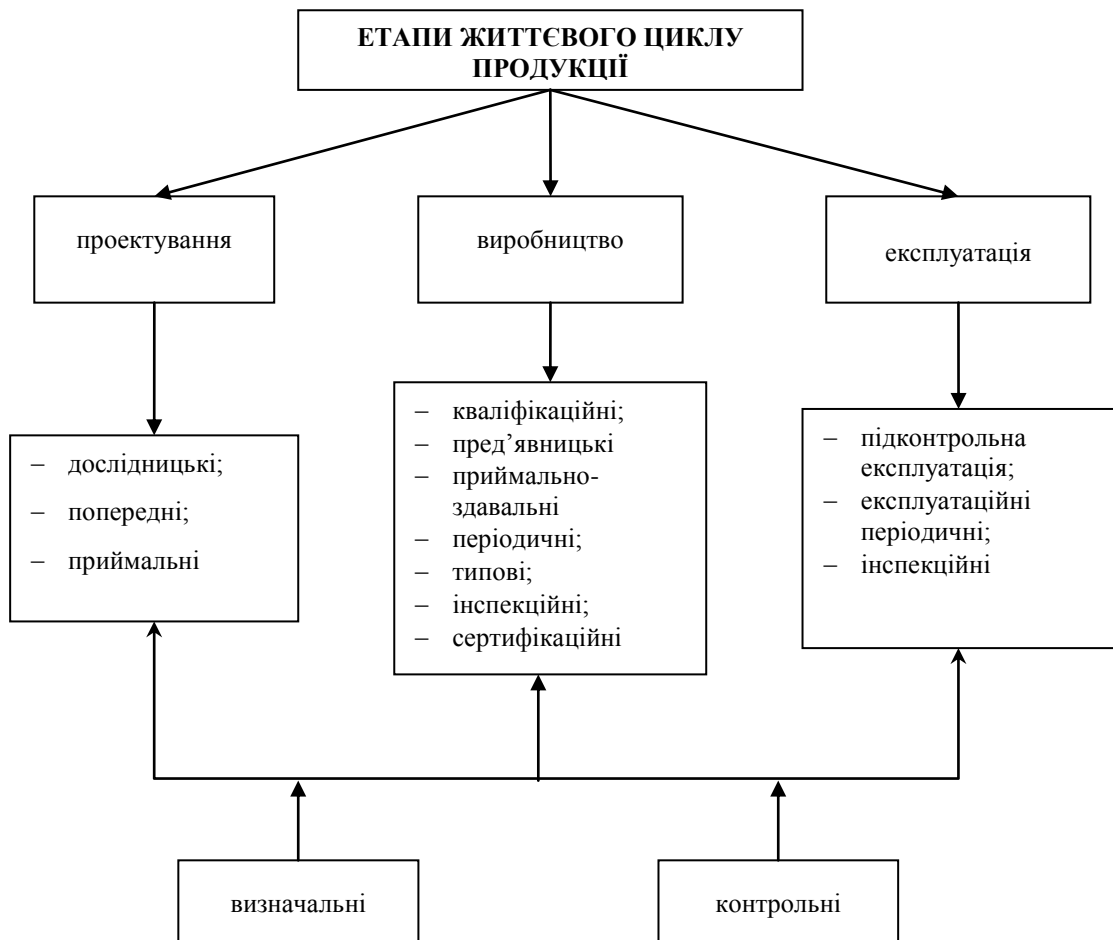


Рис.3 Види випробувань в залежності від етапу життєвого циклу продукції

На основі проведених досліджень встановлено, що для ефективного планування та проведення випробувань досить важливим є застосування принципу багатовимірності, коли досліджується вплив одночасно всіх факторів на працездатність виробу. Однак, такий підхід до пошуку оптимальних умов проведення випробувань пов'язаний зі значними витратами часу та коштів, скорочення яких можливе за умов використання формалізованих моделей оцінки та прогнозування стану випробуваних об'єктів, що задовольняють інформаційному критерію якості. Ефективним інструментом побудови таких моделей є комплексне застосування методів статистичного моделювання та сучасних інформаційних технологій

[6,7]. Процес створення моделі у вигляді узагальненої функції базується на побудові апроксимуючого оператора, який найкращим чином наближає функцію моделі  $C_m$  до відповідної функції системи випробування  $C$ . При цьому необхідно враховувати, що характеристики властивостей виробів машинобудування мають великий розкид, тому при побудові моделі необхідно знайти апроксимуючі функції за критерієм мінімізації значень розсіювання цих характеристик [8].

Адекватність моделі  $C_m$  і системи випробувань  $C$  оцінюється в загальному випадку непогодженням:

$$f(C_m, C) = |A_c - A_m|,$$

де  $A_c$  – скалярний показник, отриманий для системи  $C$ ;  $A_m$  – відповідний показник, отриманий для моделі системи випробувань  $C_m$ .

Критерієм адекватності є наближення до нуля величини  $f(C_m, C)$ . Формалізація системи випробувань дозволяє звести процес випробувань до вимірювання фактичних значень контрольованих характеристик  $x_{i\phi}$ , порівняння їх з нормованими значеннями  $x_{in}$  і оцінки допустимості відхилень  $\Delta x_i = x_{i\phi} - x_{in}$ .

Результати випробувань можна інтерпретувати як вектор непогодження:

$$\Delta X = (x_{1\phi} - x_{1n}; x_{2\phi} - x_{2n}; \dots; x_{i\phi} - x_{in}),$$

Якщо на контрольовану характеристику  $x_i$  встановлено допуск  $\pm \delta_i$ , тобто  $-\delta_i \leq \Delta x_i \leq \delta_i$ , імовірність відповідності технічним вимогам за  $i$ -ю характеристикою в загальному випадку описується залежністю:

$$P_i = P \{ -\delta_i \leq \Delta x_i \leq \delta_i \},$$

а для сукупності  $n$  контрольованих характеристик:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i.$$

Отримані відхилення від установлених норм або технічних вимог, дають можливість приймати рішення про необхідність зміни конструктивних, технологічних факторів шляхом використання коригуючих дій  $f_+$  або  $f_-$ , тобто:

$$y = \begin{cases} f_+ \text{ і } \partial \partial P < P_i; \\ f_- \text{ і } \partial \partial P > P_i, \end{cases}$$

де  $P_n$  – нормована імовірність відповідності характеристик випробуваних об'єктів технічним вимогам.

Коригувальні дії на всіх етапах життєвого циклу виготовлення продукції машинобудування залежать від вектора непогодження та реалізуються у вигляді конкретних рішень, що призводять до зміни значень основних характеристик: вхідних, які залежать від якості матеріалів та напівфабрикатів, що використовуються; виробничих, які залежать від процесів виготовлення виробів, та вихідних - експлуатаційних. За допомогою коригувальних впливів на вхідні та виробничі характеристики отримують необхідні експлуатаційні показники якості виробів. Оптимізація випробувань досягається своєчасним забезпеченням достовірною і точною інформацією про зареєстровані відхилення  $\Delta x_i$ , а також оцінкою допуску цих відхилень. Для ухвалення рішень за результатами випробувань необхідно враховувати також тенденцію зміни характеристик виробу в часі, тобто прогнозувати якість та надійність на етапі експлуатації. Результати випробувань з урахуванням фактору часу  $t$  мають вигляд вектору непогодження:

$$\Delta X(t) = [\Delta x_1(t_1); \Delta x_2(t_2); \dots; \Delta x_i(t_i)],$$

Таким чином, розроблена модель дає можливість установити зв'язок між елементами багатопараметричної системи випробувань, виконувати аналіз та прогнозування якості складних виробів машинобудування. Поєднання операцій випробувань з аналізом отримуваних результатів і одночасним прогнозуванням якості та надійності виробів дозволяє підвищити якість та ефективність технологічного процесу виготовлення машинобудівної продукції.

#### **Висновки**

1. На основі комплексного застосування принципів багатовимірності, ієрархічності системного підходу та методів статистичного моделювання запропоновано підхід щодо вдосконалення системи випробувань виробів машинобудування.
2. Розроблено узагальнену математичну модель багатопараметричної оцінки та прогнозування якості та надійності виробів на основі встановлення зв'язків між їх вхідними та вихідними параметрами, використання якої дозволяє підвищити якість та ефективність технологічного процесу виготовлення машинобудівної продукції.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Маренков Н.Л., Мельников В.П., Смоленцев В.П., Схиртладзе А.Г. Управление обеспечением качества и конкурентоспособности продукции. – М: Феникс, 2004. – 512 с.
2. Зенкин А.С, Гаванмех А.М., Швачий В.М., Бычкова К.Н. Роль испытаний в обеспечении качества продукции, классификация и структура испытаний. // Системні керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: Зб. Наук. пр. – Київ, НТУ, ТАСУ.– Вип. 12/2001. – С. 39 – 45.
3. Первухина Е.Л. Определение путей повышения эффективности испытаний машиностроительных изделий // Сб. Трудов Украинского Государственного морского технического университета им. Макарова. – Николаев: УГМТУ, 2000. - №5 (371). – С.92-99.
4. Первухина Е.Л. Обработка информации в системе автоматизированных испытаний машиностроительных изделий // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2001. - №2. – С.37-40.
5. Сергеев А.Г., Латышев М.В. Сертификация: учебное пособие для студентов вузов. – М.: Логос, 2000. – 248 с.
6. Зубрецькая Н.А., Минеева О.В., Медиовская О.И. Оптимизация многофакторных испытаний с помощью отсеивающих экспериментов. //Вісник технологічного університету Поділля. – Хмельницький, ХДУ, 2004. – № 2. – Ч.1, Том 1. – С.231-233.
7. Федин С.С., Трищ Р.М., Зубрецькая Н.А. Моделирование оптимальной организации контроля качества сложных изделий. //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 4/1(46) – С.13 – 16.
8. Бурмистров В.П. Обеспечение качества неразъемных соединений и полуфабрикатов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1985. – 223 с.

Надійшла 02.02.2011