

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 669.017.07

doi: 10.31498/2225-6733.39.2019.201044

© Гаврилова В.Г.¹, Олійник І.М.²

ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД І ПРИЗНАЧЕННЯ МЕТОДІВ МЕТАЛОЗНАВЧОЇ ЕКСПЕРТИЗИ

Виконано оглядовий аналіз методів металознавчої експертизи, що найбільш застосовуються, як розділу матеріалознавства і показана її роль при вирішенні питань, пов'язаних з екстраординарними ситуаціями. Систематизовані та представлені у вигляді таблиці характеристики класифікаційних, ідентифікаційних і діагностичних методів відповідно до видів контролю та їх призначення. Охарактеризовані умови проведення металознавчої експертизи, вимоги до обладнання і виконавців, залежність вибору методів контролю від конкретних ситуацій, умов, а також можливостей експертних організацій. Результати роботи рекомендується застосовувати для розробки навчальних курсів «Експертиза матеріалів», «Матеріали та експертиза поломок на транспорті», а також при викладанні курсу «Механічні властивості матеріалів і конструкційна міцність».

Ключові слова: металознавча експертиза, руйнівні та неруйнівні методи контролю, види експертиз, експертний висновок.

Гаврилова В.Г., Олейник И.М. Общий обзор и назначение методов металловедческой экспертизы. Выполнен обзорный анализ наиболее применяемых методов металловедческой экспертизы как раздела материаловедения и показана ее роль при решении вопросов, связанных с экстраординарными ситуациями. Систематизированы и представлены в виде таблицы характеристики классификационных, идентификационных и диагностических методов согласно видам контроля и их назначения. Охарактеризованы условия проведения металловедческой экспертизы, требования к оборудованию и исполнителям, зависимость выбора методов контроля от конкретных ситуаций, условий, а также возможностей экспертных организаций. Результаты работы рекомендуется применять для разработки учебных курсов «Экспертиза материалов», «Материалы и экспертиза поломок на транспорте», а также при изложении курса «Механические свойства материалов и конструкционная прочность».

Ключевые слова: металловедческая экспертиза, разрушающие и неразрушающие методы контроля, виды экспертиз, экспертное заключение.

V.G. Gavrylova, I.M. Oliinyk. General review and methods of metal science expertise purpose. A review analysis of the most widely used methods of metal science expertise in terms of the overall complex of works of state or independent experts in assessing the quality of materials, in investigating the circumstances of work-related or criminal accidents has been carried out. The purposes of metal science expertise as a section of materials science and its role in solving the issues related to extraordinary situations have been shown. The objects of the considered type of expertise are given. The main methods in expert practice are mechanical, physical, chemical, and physicochemical methods designed to analyze properties, morphology, composition [elemental, molecular, phase

¹ канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, gavrilova_v_g@mail.ua

² канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, oim2003y@gmail.com

(both qualitative and quantitative)], structure, properties of substances and materials. The most common questions of the expertise of metals and alloys have been reviewed. They relate to the study of the nature and circumstances of damage to objects, as well as the analysis of the materials from which they were made up: structures, tools made of metals and alloys, jewelries. In forensics, an art criticism expertise, an expertise of cold arms, technics, equipment, etc. can be carried out simultaneously. The characteristics of classification, identification and diagnostic methods have been systematized and tabulated in a table according to the types, control methods and their purpose. Destructive and non-destructive types of control have been briefly listed. The conditions of performing metal science expertise, the requirements on the equipment and the executors, the dependence of the control methods on the situation under consideration, on standards and technical regulations, as well as the capabilities of expert organizations have been described. The results of the work are recommended to be used for the development of the training courses «Material Expertise», «Materials and Expertise of Transport Break-downs», as well as in the presentation of the course «Mechanical Properties of Materials and Structural Integrity».

Keywords: metal science expertise, destructive and non-destructive methods of control, types of expertise, expert opinion.

Постановка проблеми. Оскільки в технічній літературі недостатньо узагальнюючого матеріалу щодо класифікації та систематизації основних методів матеріалознавчої експертизи, є необхідність поширення відомостей про основні методи експертної оцінки металовиробів при їх виготовленні, розслідуванні причин аварій, ухваленні відповідальних технічних рішень, а також для оцінки ролі металознавчої експертизи при вирішенні проблем та спірних питань.

Мета статті. Систематизувати основні методи експертизи металів та сплавів, що вживаються в екстраординарних випадках, показати роль експертизи матеріалів, коли знань осіб, відповідальних за ухвалення рішень у сфері соціального і виробничого управління, судочинства, освіти, буває недостатньо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Експертиза металів і виробів з них є частиною матеріалознавчої експертизи. Станом на 2019 рік експертна оцінка якості металів і сплавів, виробів з них та з'ясування причин руйнування металовиробів складає більш ніж 78% від загальної кількості всіх матеріалознавчих експертиз в країні [1]. В цілому, доля матеріалознавчої експертизи в загальному списку всіх видів експертиз складає тільки 2,9% (рис.).

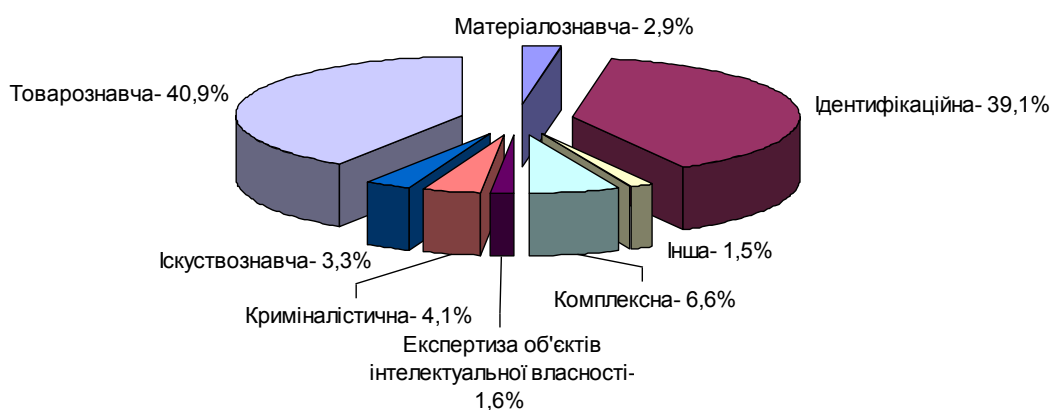


Рис. 1 – Види експертиз [2]

В роботі [3] наведені теоретичні основи матеріалознавчої та металознавчої експертиз та описуються основні принципи та методики встановлення причин руйнування різних матеріалів.

Широке застосування в експертній практиці знайшли механічні, фізичні, хімічні та фізико-хімічні методи, які призначені для аналізу властивостей, морфології, складу (елементного, молекулярного, фазового – якісного і кількісного), структури, механічних, фізичних і хімічних властивостей речовин і матеріалів [2-6].

В технічній літературі достатньо повно описані методи технічної експертизи [7-11], є деякі матеріали щодо використання металознавчої експертизи у криміналістиці [1, 12], проте недостатньо узагальнюючого матеріалу, в якому коротко, на основі комплексного підходу, були б класифіковані й систематизовані основні методи металознавчої експертизи, які використовуються при виникненні різного роду ситуацій, що пов'язані з аваріями, при вирішенні спірних питань, а також в процесі експертної оцінки якості різних матеріалів.

Виклад основного матеріалу. Експертиза металів полягає в об'єктивному науковому дослідженні матеріалу в випадках, коли виникають сумніви в походженні металу або сплаву, що використовується при виготовленні будь-якого виробу, в аварійних чи криміналістичних ситуаціях, а також для прийняття відповідальних технічних рішень при виготовленні різних об'єктів.

Особливістю металів і сплавів є те, що вони добре «зберігають» параметри попередніх станів, які виникали під впливом зовнішніх чинників (механічних навантажень, термічного впливу та інших). Ці властивості дозволяють встановити умови, що передують якої-небудь події, і виявити причинно-наслідкові зв'язки.

Питання, які вирішуються за допомогою металознавчої експертизи – експертизи металів і сплавів – дуже різноманітні. Нерідко експертна перевірка металів і сплавів стає частиною загального комплексу робіт державних або незалежних експертів з оцінки якості матеріалів, розслідування обставин подій або деталей будь-якої події іншого порядку. При проведенні такої експертизи зазвичай проводиться дослідження металів або слідів металізації, металевих відходів, відмітин від пошкоджень, нанесених твердими предметами.

Також металознавча експертиза може застосовуватися при розслідуванні виробничих або дорожніх аварій, при ідентифікації предметів з напівкоштовних або дорогоцінних металів, при пошуку контрабандних виробів і викрадених цінностей, при вивченні та ідентифікації зброї, цінностей або предметів старовини або об'єктів археологічних розкопок. Можуть вивчатися рідкісні, експериментальні метали і сплави, технології виготовлення предметів з металу і їх призначення.

Як об'єкти металознавчої експертизи металевих виробів можуть виступати:

- вироби зі сталі, заготовки;
- дрiт, кабельні вироби та оплавлення на проводах й інших металевих виробках;
- частини конструкцій, деталі автомашин і технологічного обладнання, зруйнованого в результаті аварії;

- ножі (заводські та саморобні) й інша холодна зброя;
- уламки або деталі вибухових пристроїв;
- припої;
- ювелірні прикраси, дорогоцінні метали й самородне золото;
- сліди металізації;
- предмети побутового призначення та інше [8].

Металознавча експертиза може дати відповідь на наступні питання:

- якого типу і марки метал або сплав металів послужив матеріалом для створення досліджуваного предмета;

- в якій області зазвичай застосовується цей матеріал;
- чи відповідає заявлений матеріал вимогам стандартів за механічними, фізико-хімічними або експлуатаційними властивостями;

- яким способом був виготовлений і оброблявся металевий виріб, що розглядається;
- чи є об'єкт експертизи (метал або металевий сплав) напівкоштовним або дорогоцінним і яка його марка, проба та процентне співвідношення;

- якщо на досліджуваному об'єкті є металеве покриття, то яке його призначення і склад;
- якщо на об'єкті експертизи виявлені сліди металу, то який їхній склад і походження;
- якщо це монета або медаль, чи інший вид підроблених виробів, то чи є вони підробленими;

- яким чином і протягом якого часу відбувався на виріб вплив температурний, окисленням або іншим чином;

- яким чином був пошкоджений зруйнований або пошкоджений виріб або механізм;

- наявність слідів і причина оплавлення металів або сплавів представленого на експерти-

зу об'єкта або конструкції;

– яка причина несправності металевого виробу, деталі або механізму (заводський дефект, порушення правил експлуатації, монтажу або ін.), а також ряд інших питань.

Найбільш поширені питання експертиз металів і сплавів відносяться до вивчення характеру та обставин пошкодження об'єктів і механізмів та аналізу матеріалів, з яких вони були створені. Це може стосуватися як інструментів і об'єктів з металу чи сплаву, так і механізмів, конструкцій, ювелірних прикрас.

У криміналістиці робота експертів, що виконують металознавчу експертизу, проводиться паралельно з мистецтвознавчою експертизою, експертизою холодної зброї, експертизою техніки і обладнання та ін. Можуть проводитися дослідження на виявлення ідентичності декількох об'єктів за типом матеріалу, з якого вони були виготовлені, ідентифікуватися відходи або сліди металізації на належність якихось об'єктів, деталей або інструментів, якими вони були залишені [12]. Всі завдання металознавчої експертизи можна об'єднати в 3 великі групи:

– *класифікаційні*: визначення належності до якого-небудь типу (вид металу або сплаву, марка, галузь застосування; родовище, з якого був здобутий матеріал; відповідність вимогам технічної документації);

– *ідентифікаційні*: індивідуальні – визначення цілого по частинах (за ознаками елементного складу і структури, слідами обробки й іншим параметрам), належності до загальної партії виготовлення, встановлення джерела – обладнання або підприємства-виробника; групові – виявлення властивостей металів і сплавів за приватними ознаками (характерні домішки, кристалічна структура, механічні властивості, характер руйнування, стан поверхні: окислення, корозія, подряпини та інші);

– *діагностичні*: встановлення факту взаємодії з металевою деталлю, причин і особливостей процесу руйнування, визначення технології виготовлення, типу пристроїв, на яких було зроблено металевий виріб, виявлення відхилень від вказівок технічного регламенту [11].

Експертиза металів і сплавів проводиться за наступною схемою визначення характеристик:

– природа матеріалу (щільність, феромагнетизм, колір, твердість, металевий блиск, електропровідність, взаємодія з кислотами);

– геометричні та конструктивні особливості (розмір, форма, наявність металевих і неметалевих покриттів);

– технологія отримання та обладнання;

– умови експлуатації (знос, корозія та інші);

– особливості руйнування (оплавлення, деформація, ударні або статичні навантаження, ерозії, поєднання декількох чинників);

– класифікаційний вид і галузь застосування;

– мікроструктура;

– фізико-механічні властивості, хімічний склад [12].

У таблиці наведена узагальнена класифікація основних методів, що використовуються при проведенні експертизи металів і сплавів.

Залежно від того, які поставлені питання перед експертизою, розробляється методика експертизи. Так як деякі способи вивчення вимагають руйнування досліджуваного об'єкту, то необхідно чітко встановити мету дослідження.

До руйнівних методів експертної оцінки відносять механічні, металографічні та корозійні випробування. До неруйнівних – візуальний контроль; теплові; оптичні (візуально-оптичні), люмінесцентний, кольоровий (метод фарб); магнітні (порошковий, магнітолюмінесцентний); акустичні (в окремому випадку – ультразвукові, віброакустичні); електроіндуктивні (вихореструмові або електромагнітні) методи; методи просвічування: рентгенівськими променями, гамма-променями; з речовинами та рідинами що проникають й ін. [3].

Всі зазначені дослідження в даний час проводяться із застосуванням сучасних технологій. Заключним етапом металознавчої експертизи є складання експертного висновку, який має величезне значення при вирішенні будь-яких спірних питань. Експертний висновок має містити наступну інформацію:

– загальні дані (найменування дослідницької роботи, дата початку та закінчення, місце проведення експертизи, підстави для її виконання, відомості про експерта, поставлені питання);

– методи, що використані, і загальнонаукові закономірності, на підставі яких виконана

робота;

- нормативні документи та інші джерела;
- дані, що отримані в ході вивчення об'єкта;
- висновки (або причини, за якими неможливо дати певну відповідь) [9].

Таблиця

Класифікація і призначення основних методів металознавчої експертизи [2, 5]

№ п/п	Види експертного контролю	Методи контролю	Призначення
1	Аналітична хімія	Методи аналітичної хімії	Експертиза якості металу. Ідентифікація, виявлення, розподіл та визначення хімічних елементів і їх сполук, а також встановлення хімічного складу речовин і виявлення мікродомішок, які не регламентовані технічними умовами на виготовлення даного об'єкта
2	Механічні випробування металів та сплавів	Випробування зразків на стирання та зношування	Визначення кількісних характеристик механічних властивостей матеріалів в умовах, що наближені до умов експлуатації виробів, виготовлених з них
		Випробування зразків на розтягування і стиснення	
		Випробування зразків на вигин	
		Випробування зразків на стиснення	
		Випробування зразків на ударну в'язкість при кімнатній і знижених температурах	
		Випробування зразків на втому	
3	Мікроскопічні дослідження	Дослідження структури металів і сплавів (аналіз мікроструктури, кількісна металогія)	Дослідження структури, розміру зерна й ін., для оцінки умов їх кристалізації, наявності ліквіації, ступеня ураження неметалевими включеннями, природи (металургійної, технологічної) дефекту і кількісного складу структурних складових
4	Електронна мікроскопія (якісна та кількісна)	Електронна мікрофотографія + кількісний аналіз складу	
5	Растрова мікроскопія	Фрактографічний аналіз зламів	Оцінка характеру руйнування металевих деталей, вузлів і конструкцій, в комплексі при дослідженні причин аварій і руйнувань
6	Твердометрія	Вимірювання мікротвердості зразків за шкалою Віккерса	Оцінка твердості металовиробів з вираженим відхиленням від стандартних значень
		Визначення твердості металів і сплавів (шкали Бринелля, Роквелла, Віккерса)	
		Вимірювання твердості портативним приладом (шкали HL, HB, HRB, HRC, HRA, HV, HS)	
7	Рентгенофлуоресцентний аналіз	Рентгенівська флуоресцентна спектрометрія	Отримання елементного складу досліджуваного матеріалу
		Якісний і напівкількісний аналіз складу металу і сплавів	

Продовження таблиці

8	Рентгенівська дифрактометрія	Порошкова рентгенівська дифракція	Фазовий (якісний і кількісний) аналіз полікристалічних об'єктів, дослідження текстур і структури матеріалів при різних зовнішніх умовах й ін.
		Визначення вмісту хімічних елементів в сплаві	
9	Атомно-емісійний аналіз	Атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою	Якісне, напівкількісне або кількісне визначення елементного складу аналізованої проби
		Якісний аналіз хімічних елементів	
10	Оптико-емісійний спектральний аналіз	Спектральний аналіз деталей різного розміру без руйнування (оптико-емісійний спектральний аналіз)	Визначення масової частки хімічних елементів в металах і сплавах, в т. ч. великих конструкцій без порушення їх цілісності
11	Експертиза металопокриттів	Магнітно-індукційний метод	Визначення товщини покриттів
		Вихрострумний метод	
		Метричний метод	
		Крапельний метод	
		Метод рентгенофлуоресцентного аналізу	
	Гравіметричний метод		
12	Дефектоскопія металів та сплавів	Капілярний контроль	Виявлення внутрішніх дефектів металовиробів і елементів конструкцій без порушення їх цілісності
		Ультразвуковий контроль	
		Магнітопорошковий контроль	
		Візуально-оптичний контроль стиків та основного металу	
13	Радіаційний контроль	Дозиметрія (γ - і β - фон)	Визначення рівня радіоактивності металу

Обов'язковою умовою проведення експертизи металів і сплавів є використання атестованого обладнання та дотримання всіх технічних регламентів, правил і законодавчих актів, а також нових технологій і напрацювань, які вже є в даній галузі та використовуються в світовій практиці.

Право на проведення матеріалознавчої експертизи можуть мати експерти, що працюють в експертних установах і мають спеціальні дозволи (ліцензію) на експертну діяльність. Обов'язковою умовою для отримання такого дозволу є базова вища матеріалознавча освіта, знання основ експертизи, знання ринкової кон'юнктури щодо досліджуваних матеріалів та виробів з них, а також висока кваліфікація, яка залежить від його інформаційної активності й інформованості професійної та кваліметричної.

Навчальні плани, що розроблюються для отримання вищої матеріалознавчої освіти обов'язково повинні містити дисципліни з достатньою кількістю лекційних та практичних годин, які давали б студентам можливість отримати повні знання методів матеріалознавчої і, зокрема, металознавчої експертизи, а також можливість в подальшому займатися експертною діяльністю.

Висновки

1. В роботі виконаний оглядовий аналіз основних методів експертизи металів та сплавів, що є найважливішим розділом матеріалознавчої експертизи, яка застосовується при вирішенні спірних питань в сфері соціального та виробничого управління, судочинства, освіти для оцінки ситуації в різних екстраординарних випадках.

2. Класифікаційні, ідентифікаційні та діагностичні методи металознавчої експертизи систематизовані із зазначенням видів, методів контролю та їх призначення, охарактеризована

схема характеристик під час її проведення.

3. Показані умови проведення експертизи металів, вимоги до обладнання і виконавців, залежність вибору методів контролю від конкретних ситуацій, вимог стандартів і технічних регламентів, а також можливостей експертних організацій.

4. Результати роботи рекомендується застосовувати для розробки навчальних курсів «Експертиза матеріалів», «Матеріали та експертиза поломок на транспорті» та при читанні курсу «Механічні властивості матеріалів і конструкційна міцність».

Перелік використаних джерел:

1. Линючев Г.В. Возможности дослідження матеріалів, речовин та виробів сучасними експертними методами / Г.В. Линючев // Криміналістичний вісник : наук.-практ. збірник. – 2019. – Вип. 2. – С. 87-44.
2. Адашкин А.М. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов : учебное пособие / А.М. Адашкин, В.М. Зуев. – М. : Форум, 2018. – 320 с.
3. Куцова В.З. Экспертиза матеріалів та металів : навчальний посібник / В.З. Куцова, Н.М. Федоркова. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2015. – 52 с.
4. Salem J. Mechanical properties and performance of engineering metals and alloys / J. Salem // Ceramic Engineering and Science Proceedings. – 2009. – Vol. 30, iss. 2. – 486 p.
5. Батаев В.А. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей : учебное пособие / В.А. Батаев, А.А. Батаев, А.П. Алхимов. – М. : Флинта, 2007. – 224 с.
6. Davies G. Materials for Automobile Bodies [Електронний ресурс] / G. Davies. – Oxford : Linacre House, Jordan Hill, 2003. – 368 p. – Режим доступу : www.en.bookfi.net/book/1358476.
7. Дурнев В.Д. Экспертиза и управление качеством промышленных материалов / В.Д. Дурнев, С.В. Сапунов, В.К. Федюкин. – СПб. : Питер, 2004. – 254 с.
8. Гарькина И.А. Этапы проведения технической экспертизы / И.А. Гарькина, И.Н. Гарькин // Научное обозрение. – 2017. – № 1. – С. 59-64. – (Серия : Технические науки).
9. Магдалинина С.П. Теория и практика экспертизы и сертификации материалов и изделий : монография / С.П. Магдалинина, В.Т. Прохоров. – Шахты : ЮРГУЭС, 2008. – 621 с.
10. Экспертиза металлов и сплавов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.esin-expert.ru/expert/metal.
11. Экспертиза металлов и сплавов: особенности, описание и требования [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.monateka.com/article/294283.
12. Судебные экспертизы материалов, веществ и изделий [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.studme.org/181449/pravo/sudebnye_ekspertizy_materialov_veschestv_izdeliy.

References:

1. Linyuchev G.V. *Mozhливosti doslidzhennia materialiv, rechovin ta virobiv suchasnymi ekspertnimi metodami* [Possibilities of research of materials, substances and products by modern expert methods]. *Kryminalistychnyi visnyk*, 2001, no. 2, pp. 87-44. (Ukr.)
2. Adashkin A.M., Zuev V.M. *Materialovedenie i tekhnologiya metallicheskih, nemetallicheskih i kompozitsionnykh materialov: uch. posobie* [Metallurgical Science and Technology of Metallic, Nonmetallic and Composite Materials: tutorial]. Moscow, Forum Publ., 2018. 320 p. (Rus.)
3. Kutsova V.Z., Fedorkova N.M. *Ekspertiza materialiv ta metaliv: navch. posibnik* [Expertise of materials and metals: tutorial]. Dnipropetrovsk, NMetAU Publ., 2015. 52 p. (Ukr.)
4. Salem J. Mechanical properties and performance of engineering metals and alloys. *Ceramic Engineering and Science Proceedings*, 2009, vol. 30, iss. 2. 486 p.
5. Bataev V.A., Bataev A.A., Alkhimov A.P. *Metody strukturnogo analiza materialov i kontrolia kachestva detalei: uch. posobie* [The methods of the structural analysis of materials and quality control of parts: tutorial]. Moscow, Flinta Publ., 2007. 224 p. (Rus.)
6. Davies G. Materials for Automobile Bodies [Electronic resource]. Oxford, Linacre House, Jordan Hill Publ., 2003. 368 p. Available at: <http://en.bookfi.net/book/1358476> (accessed 15 May 2019).
7. Durnev V.D., Sapunov S.V., Fedyukin V.K. *Ekspertiza i upravlenie kachestvom promyshlennykh materialov* [Expertise and quality management of industrial materials]. Sankt Peterburg, Peter Publ., 2004. 254 p. (Rus.)

8. Garkina I.A., Garkin I.N. Etapy provedeniia tekhnicheskoi ekspertizy [Stages of technical expertise]. *Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki – Scientific Review. Technical sciences*, 2017, no. 1, pp. 59-64. (Rus.)
9. Magdalynina S.P., Prokhorov V.T. *Teoriia i praktika ekspertizy i sertifikatsii materialov i izdelii: monografiia* [Theory and practice of examination and certification of materials and articles: monograph]. Shakhty, SRSUES Publ., 2008. 621 p. (Rus.)
10. *Ekspertiza metallov i splavov* (Expertise of metals and alloys) Available at: www.esin-expert.ru/expert/metal (accessed 13 May 2019).
11. *Ekspertiza metallov i splavov: osobennosti, opisanie i trebovaniia* (Expertise of metals and alloys: features, description and requirements) Available at: www.monateka.com/article/294283 (accessed 28 April 2019).
12. *Sudebnye ekspertizy materialov, veshchestv i izdelii* (Forensic expertise of materials, substances and products) Available at: www.studme.org/181449/pravo/sudebnye_ekspertizy_materialov_veschestv_izdeliy (accessed 15 July 2019).

Рецензент: В.Г. Єфременко
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 28.09.2019