

УДК 343.982.3:621.375.826



<https://doi.org/10.33994/kndise.2026.71.45>

Науменко Сергій Миколайович

головний судовий експерт лабораторії трасологічних та балістичних досліджень Київського науково-дослідного інституту судових експертиз Міністерства юстиції України



<https://orcid.org/0000-0002-2281-7658>
s.naumenko@kndise.gov.ua

Фоменко Олександр Ігоревич

асистент кафедри технології поліграфічного виробництва Видавничо-поліграфічного інституту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кандидат технічних наук



<https://orcid.org/0009-0003-4469-3734>
oleksandr.fomenko@gmail.com

Бібліографічний опис статті: Науменко С.М, Фоменко О.І. (2026). Лазерне гравіювання ідентифікаційних документів – одна із важливих ознак для визначення їх справжності. *Криміналістика і судова експертиза*, 71, 716–729. doi: <https://doi.org/10.33994/kndise.2026.71.45>

ЛАЗЕРНЕ ГРАВІЮВАННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИХ ДОКУМЕНТІВ – ОДНА ІЗ ВАЖЛИВИХ ОЗНАК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ СПРАВЖНОСТІ

У статті розглянуто технологію лазерного гравіювання як сучасний метод персоналізації ідентифікаційних документів (паспортів, посвідчень особи, перепусток тощо), що одночасно використовується як ефективний засіб їх захисту від підроблення, при цьому окрему увагу приділено посвідченням водія різних років виготовлення. Окреслено основні типи лазерних систем, що застосовуються під час персоналізації документів, фізико-хімічні властивості гравіюваних шарів та особливості взаємодії лазерного випромінювання з полімерними матеріалами. Наведено порівняльні характеристики лазерного гравіювання, виконаного на різному обладнанні та з використанням різних типів лазерів, а також проаналізовано вплив технічних параметрів обладнання на якість та морфологіч-

ні особливості сформованих зображень. Здійснено узагальнення практики використання лазерного гравіювання в офіційних документах України та країн Європейського Союзу, визначено основні напрями дослідження технологій лазерної персоналізації документів у сучасних системах захисту. **Метою статті** є проведення аналізу ролі методу лазерного гравіювання у забезпеченні автентичності документів, а також можливості дослідження характеристик лазерного гравіювання як об'єкта судово-технічної експертизи документів. **Методологічною основою** роботи стали загальнонаукові та спеціальні методи дослідження, зокрема формально-логічний, мікроскопічний, порівняльний та метод аналізу і узагальнення наукових джерел і практики експертної діяльності. **Наукова новизна полягає** у визначенні основних ознак, за якими експертам можливо визначити метод нанесення інформації та підтвердити справжність відомостей у документі, зокрема за наступними параметрами: глибини, контрасту, мікроструктури, локалізації карбонізованих ділянок і характеру термічного впливу на матеріал основи. Також в обґрунтуванні перспективності використання результатів дослідження ознак лазерного гравіювання для вдосконалення методик криміналістичного дослідження документів і формування системи еталонних зразків для подальшого застосування в експертній практиці. У **висновках** підкреслюється, що лазерне гравіювання є сучасним та перспективним методом персоналізації документів та має характерні ознаки придатні для експертного дослідження та оцінки. Також для більш об'єктивного проведення дослідження необхідно створити базу еталонних зразків та впроваджувати сучасні технології автоматизованих систем візуалізації та порівняння ознак.

Ключові слова: лазерне гравіювання, персоналізація, ідентифікаційні документи, судово-технічна експертиза документів, підробка, захисні елементи, полімерні карти, посвідчення водія.

Naumenko Serhii

Chief Forensic Expert, Laboratory of Trace Evidence
and Ballistic Research, Kyiv Scientific Research
Institute of Forensic Expertise of the
Ministry of Justice of Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2281-7658>
s.naumenko@kndise.gov.ua



Fomenko Oleksandr

Assistant Lecturer, Department of Printing Technology,
Publishing and Printing Institute, National Technical University
of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
PhD in Technical Sciences
<https://orcid.org/0009-0003-4469-3734>
oleksandr.fomenko@gmail.com



LASER ENGRAVING OF IDENTIFICATION DOCUMENTS IS ONE OF THE IMPORTANT SIGNS FOR DETERMINING THEIR AUTHENTICITY

To cite this article: Naumenko, S, Fomenko, O. (2026). Lazerne hraviiuvannia identyfikatsiinykh dokumentiv – odna iz vazhlyvykh oznak dlia vyznachennia yikh spravzhnosti [Laser engraving of identification documents as one of the important features for determining their authenticity]. *Criminalistics and Forensics*, 71, 716–729. doi: <https://doi.org/10.33994/kndise.2026.71.45>

The article considers the technology of laser engraving as a modern method of personalization of identification documents (passports, ID cards, passes, etc.), which is simultaneously used as an effective means of protecting them from counterfeiting, with special attention paid to driver's licenses of different years of manufacture. The main types of laser systems used during document personalization, the physicochemical properties of engraved layers and the features of the interaction of laser radiation with polymeric materials are outlined. Comparative characteristics of laser engraving performed on different equipment and using different types of lasers are presented, and the influence of technical parameters of the equipment on the quality and morphological features of the formed images is analyzed. The practice of using laser engraving in official documents of Ukraine and the countries of the European Union is summarized, and the main directions of research into technologies of laser personalization of documents in modern protection systems are determined. **The purpose of the article** is to analyze the role of the laser engraving method in ensuring the authenticity of documents, as well as the possibility of studying the characteristics of laser engraving as an object of forensic examination of documents. **The methodological basis** of the work was general scientific and special research methods, in particular formal-logical, microscopic, comparative and the method of analysis and generalization of scientific sources and the practice of expert activity. **The scientific novelty** lies in determining the main features by which experts can determine the method of applying information and confirm the authenticity of the information in the document, in particular by the following parameters: depth, contrast, microstructure, localization of carbonized areas and the nature of the thermal effect on the base material. Also in substantiating the prospects of using the results of the study of laser engraving features to improve the methods of forensic examination of documents and the formation of a system of reference samples for further use in expert practice. **The conclusions** emphasize that laser engraving is a modern and promising method of personalizing documents and has characteristic features suitable for expert research and assessment. Also, for a more objective study, it is necessary to create a base of reference samples and introduce modern technologies of automated visualization systems and comparison of features.

Keywords: laser engraving, personalization, identification documents, forensic examination of documents, forgery, security elements,

polymer cards, driver's licenses.

Постановка проблеми

Сучасні тенденції підроблення документів вимагають впровадження технологій, які забезпечують не лише високий рівень захисту, але й можливість швидкої та достовірної експертної перевірки. Одним із таких методів є лазерне гравіювання, що застосовується у виробництві та персоналізації ідентифікаційних документів нового покоління. Його особливістю є фізико-хімічна незворотність процесу – інформація не наноситься на поверхню, а формується в товщі матеріалу, що робить спроби підробки практично неможливими. Водночас системне вивчення можливостей цього методу маркування при проведенні експертних або лабораторних досліджень та використання отриманих результатів на сьогодні тільки починаються. На нашу думку, з огляду на сучасну методологію криміналістичних досліджень та аналіз експертної практики, лазерне гравіювання незаслужено обділене увагою науковців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання технологічного та експертного аналізу лазерного гравіювання ідентифікаційних документів розглядалися у працях зарубіжних і українських дослідників: J. Galeković, V. Marinović, A. Ledić, 2025; С. В. Гончарук та ін., 2020; С.М. Науменко, О.М. Бригинець 2025.

У сучасних дослідженнях зазначається, що лазерне гравіювання є одним із найбільш надійних способів персоналізації полімерних ID-документів, оскільки забезпечує формування незворотних змін у внутрішній структурі матеріалу, стійких до механічного та хімічного втручання.

Приклади проведення аналізу та концептуальні основи використання, а також дослідження лазерного гравіювання на пластикових документах викладені в роботі Науменка С.М., Бригинець О.М. [4]. Проблематика дослідження лазерного гравіювання також розглядалась в статті вказаних авторів, в якій увага зосереджена на перевірці зображення власника ідентифікаційного документу як основного ідентифікатора особи, тому особливу увагу приділено різноманітним технологіям формування цього зображення [5]. Як зазначають автори виробники постійно розробляють нові і удосконалюють існуючі технології, тому були проаналізовані сучасні та найбільш перспективні способи формування зображення власника документу. Загалом в статті розглянуто дев'ять технологій нанесення інформації та зображень з використанням променя лазера, в тому числі на папері, на полімерних матеріалах з рельєфною поверхнею, а також у поєднанні лазерного гравіювання з кольоровим зображенням, у тому числі з 3D ефектом.

Нормативно-технічні питання використання лазерного гравіювання при виготовленні документів лише частково відображені в стандартах ДСТУ ISO/IEC 7810, 7816, 10373, ICAO Doc 9303 та Поста-

новах Кабінету Міністрів України, якими затверджуються загальні вимоги до зразків та технічні описи ідентифікаційних документів. Водночас міжнародні рекомендації ICAO та практика країн Європейського Союзу свідчать про активне використання лазерної персоналізації, лазерної перфорації та багаторівневих захисних елементів у сучасних ID-документах.

У вітчизняній практиці технологія лазерного гравіювання впроваджена при виготовленні ID-карт, біометричних паспортів та водійських посвідчень, водночас в країнах ЄС ця технологія набула значно ширшого застосування. Окрему увагу в наукових роботах приділено дослідженню морфологічних ознак лазерної персоналізації, зокрема особливостям формування зображення у внутрішніх шарах полікарбонату та ознакам втручання у первинний персоналізаційний шар документа.

Робота J. Galeković, V. Marinović, A. Ledić присвячена визначенню методів, які були використані для виготовлення та індивідуалізації підроблених документів, тому що на теперішній час з'явилися підробки документів з полімерів, на яких фотографія та дані власника, як і у оригіналі гравіруються лазером. Дослідники використовували відеоспектральний та стереомікроскопічний аналіз, ІЧ-спектроскопію з методом ATR (Attenuated Total Reflection) [6].

Однак в криміналістичній літературі особливості застосування технології лазерного гравіювання та аналізу її ознак при персоналізації документів описано недостатньо. Потребують подальшого наукового опрацювання питання експертного розмежування первинного лазерного гравіювання та його імітацій, розроблення уніфікованих методичних підходів до дослідження документів, персоналізованих за допомогою лазерного гравіювання. Також потребують подальшого дослідження особливості роботи лазерів різних типів з урахуванням їх технічних характеристик, а також класифікації ознак які відображаються в зображеннях, тому за даною тематикою слід продовжувати дослідження.

Мета статті

Мета статті – розглянути технологію лазерного гравіювання, що використовується при персоналізації документів з метою виявлення ключових ознак на які слід звертати увагу під час проведення судово-технічної експертизи документів, для встановлення методу нанесення та відсутності змін маркування, а також обґрунтувати, що ці ознаки підтверджують оригінальність бланку, а в залежності від застосованої технології і самого документа.

Виклад основного матеріалу

Перші промислові лазери були створені в 1960-х роках, а технологія лазерного гравіювання спочатку використовувалася в промисловості для маркування деталей. Сьогодні лазерне гравіювання це метод який дозволяє по заданим параметрам точно, швидко та

якісно наносити тексти та зображення різної категорії складності на різні матеріали: дерево, скло, метал, папір, полімерні матеріали та шкіру. Лазерне гравіювання дозволяє забезпечити геометричну точність, створювати деталізовані зображення достатньо високої роздільної здатності, включаючи мікротексти та QR-коди, які неможливо відтворити механічними методом – фрезою або гравером. В залежності від матеріалу на якому наноситься класичне лазерне гравіювання відображаються певні ознаки, як правило на поверхні утворюються характерні «канавки» або заглиблення визначеної форми та розмірів, при збільшенні також можна побачити сліди термічної дії.

В класичному розумінні гравіювання це, нанесення на поверхню об'єкта механічним шляхом пошкоджень які утворюють малюнок або текст, тому класичне гравіювання створює зміни саме на поверхні матеріалу. Лазерний гравіювальний пристрій використовує лазерний промінь для випаровування матеріалу з його поверхні залишаючи борозенку або заглиблення без механічного втручання. При гравіюванні документів виготовлених з полімерних матеріалів в більшості випадків йдеться про зміни всередині матеріалу без слідів механічної дії, тому як такого гравіювання немає. В даному випадку, це як правило зміна кольору, але відповідно до прийнятої і усталеної міжнародної термінології, зміна кольору під впливом лазера всередині матеріалу також прийнято називати лазерним гравіюванням.

Лазерне гравіювання – це процес локальної зміни кольору або мікроструктури шару полімеру під дією сфокусованого лазерного випромінювання. Залежно від типу лазера (твердотільний з діодною накачкою DPSS (diode-pumped solid-state), волоконний – fiber laser) в полімерному матеріалі формується зображення у відтінках від світло-сірого до майже чорного на заданій глибині та визначеній контрастності. При необхідності, за певних умов, матеріал може «спінюватись» та утворювати випуклі рельєфні позначення. У будь якому випадку механічна деформація та сліди дії ріжучих інструментів відсутні, тому що лазер не контактує з матеріалом та не чинить тиску на поверхню об'єкта маркування.

Орієнтовно з 2000 року в країнах ЄС для персоналізації ID карт та посвідчення водія, що також може посвідчувати особу, розпочали використовувати лазерне гравіювання. Станом на 2025 рік з 27 країн членів ЄС у 26 країнах для персоналізації вищевказаних документів застосовується лазерне гравіювання. На сьогодні з використанням вказаного методу, як самостійно так і у поєднанні з іншими способами персоналізації виробниками ідентифікаційних документів розроблено та використовується більше 10 технологій нанесення захисних елементів та персональних даних. Зокрема створення CLI/MLI-зон, декілька технік LASINK та LASINK 3D, технологія ALFRESCO, а також наскрізна або вибіркова перфорація. Окрім цього у поєднанні з OVI елементами гравіювання дозволяє створювати видимі та приховані зображення і це далеко не повний перелік сучасних технологій [5, 6, 7].

Порівняно з традиційними методами персоналізації, лазерне гравіювання надає широкі можливості та має такі переваги:

- відсутність барвників, термотрансферних стрічок, або проміжних носіїв для перенесення зображення;
- незворотність процесу, не можливо без пошкоджень відновити первинний стан носія, стійкість до стирання та впливу хімічних речовин;
- можливість одним станком на прилеглих ділянках формувати зображення, які можуть бути різного контрасту та насиченості, а також формування зображень, як у внутрішньому шарі полімеру так і створення об'ємних елементів та поверхні, за необхідності виконувати лазерну перфорацію;
- можливість поєднання з іншими технологіями персоналізації документів.

Таким чином лазерне гравіювання це сучасний, високотехнологічний, безконтактний метод маркування та персоналізації, який дозволяє відтворювати мікротексти, захисні елементи різних видів, а також монохромні та кольорові зображення високої роздільної здатності. Тому на сьогодні метод лазерного гравіювання набув широкого застосування також для персоналізації ідентифікаційних документів як надійний та достатньо універсальний метод.

Якість та характеристики зображення отриманого за допомогою лазерного гравіювання залежить від таких основних параметрів обладнання, як тип лазеру та тип розгортки.

На сьогоднішній день в промислових масштабах при персоналізації документів переважно використовуються два основні типи лазерів (див. табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна таблиця промислових лазерів для персоналізації документів

Тип лазеру	Особливості, переваги	Недоліки
Твердотільний з діодною накачкою DPSS (diode-pumped solid-state) Частота роботи – 40...50 кГц	Лінійна поляризація – можливість працювати з акусто-оптичним регулюванням енергії кожного лазерного імпульсу, що забезпечує максимально якісне та контрастне зображення по шкалі сірого	Потребує водяного охолодження, невелика робоча частота – менша продуктивність роботи, необхідність періодичного обслуговування
Волоконний Fiber laser Частота роботи – до 140 кГц	Відносно висока потужність, малі габарити, електронне керування енергією імпульсів, повітряне охолодження, високий коефіцієнт корисної дії	Розмите зображення по шкалі сірого

Тип розгортки.

Для гравіювання паспортів, ID-карт та інших полікарбонатних

документів використовується кілька типів лазерних розгорток (scan patterns). Основними типами розгортки, що використовуються при персоналізації документів є.

2.1 Порядкова розгортка (raster scan), яка найчастіше використовується для відтворення градієнтів сірого кольору фотографій та інших зображень.

Принцип роботи: лазер рухається «рядок за рядком», подібно як матричний принтер, растрове зображення формується з контролем інтенсивності імпульсів.

Перевага – висока якість зображення.

2.2. Векторна розгортка (vector scan), яка може використовуватись для формування символічних зображень та логотипів.

Перевага – швидкість нанесення зображення, водночас є недолік – суттєво поступається в якості нанесених зображень растровій розгортці.

Приклади лазерного гравіювання документів різними типами лазерів.

Для візуалізації відмінностей лазерного гравіювання були відібрані зразки бланків одного виду документів з одного виду матеріалу (лазероактивний ПВХ), що було гравіювано на різному обладнанні з використанням різних типів лазерів та різних виробників. На фото показаний фрагмент гравіювання номеру бланку, виробника та номеру замовлення. Для порівняння вибрано фрагменти різних років.



Рис. 1, 2. Зображення збільшених фрагментів маркування у зразку бланку 2005 року, нанесеного з використанням обладнання Ruhlmat, Німеччина

На рисунках 1 та 2 спостерігається покрокове нанесення елементів у вигляді окремих крапок, які розміщуються у визначеній послідовності та у сукупності утворюють цифри або літери. Також видно, що при навкис спрямованому освітленні від карбонізованих ділянок падає тінь, це свідчить про те, що лазероактивний матеріал знаходиться вище основи. Рух променю проходив по горизонталі, застосовувалася растрова розгортка.

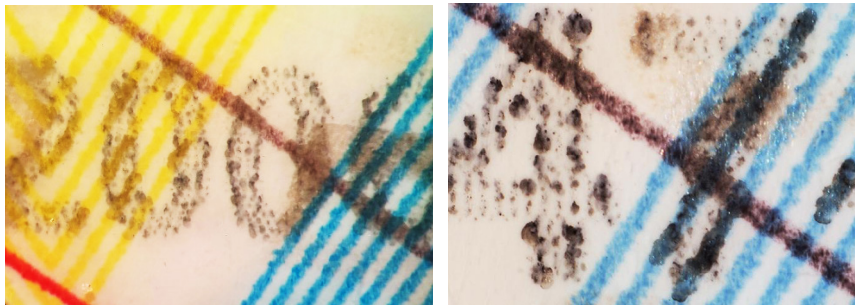


Рис. 3, 4. Збільшені зображення фрагментів маркування у зразку бланку 2006 року, нанесеного з використанням обладнання Ruhlamat – Німеччина

На рисунках 3 та 4 розрізняється покрокове нанесення елементів у вигляді окремих крапок, які розміщуються у визначеній послідовності але застосовувався інший матеріал – лазероактивний полівінілхлорид. Тому можна припустити, що обладнання не достатньо налаштоване для нанесення маркування на вказаному матеріалі.

Також слід звернути увагу на те, що у місцях розміщення захисної сітки від дії лазерного променя поліграфічна фарба вступила в реакцію тому утворились плями, це свідчить про те, що маркування здійснювалось по матеріалу основи. Рух променю здійснювався по горизонталі, застосовувалася растрова розгортка.

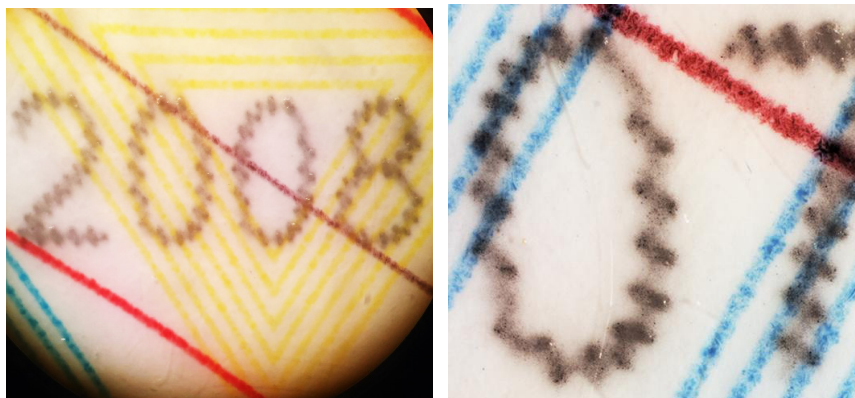


Рис. 5, 6. Збільшені зображення фрагментів маркування у зразку бланку 2008 року, нанесеного з використанням обладнання Muehlbauer – Німеччина.

Як ми бачимо формування знаків на рисунках 5 та 6 відрізняється від попередніх зображень на рисунках 1 – 4, елементи нанесені переважно окремими крапками, які розміщуються у визначеній послідовності але між ними є з'єднувальні ділянки. Тому на думку авторів, обладнання працювало в режимі послідовного нанесення кожного

знаку окремо. Маркування здійснювалось по матеріалу основи, застосовувалася растрова розгортка, застосовувався лазероактивний полівінілхлорид.



Рис. 7, 8. Збільшені зображення фрагментів маркування у зразку бланку 2012 року, нанесеного з використанням обладнання ЄДАПС-Лазер – Україна

При маркуванні цього та попереднього зразків використовувалося обладнання одного виробника але при порівнянні ми бачимо формування знаків на рисунках 7 та 8 відрізняється від зображень на рисунках 5, 6, елементи цифри 2 мають стабільну ширину штриха, внутрішня площа заповнена світлими та темними ділянками. Тому на думку авторів, обладнання працювало з більш високою роздільною здатністю, орієнтовно 20 мкм, руху лазеру відбувався по горизонталі, всі знаки наносилися одночасно. Маркування здійснювалось по матеріалу основи, застосовувалася растрова розгортка, використовувався лазероактивний полівінілхлорид.



Рис. 9, 10. Збільшені зображення фрагментів маркування у зразку бланку 2012 року, нанесеного з використанням обладнання ЄДАПС-Лазер – Україна

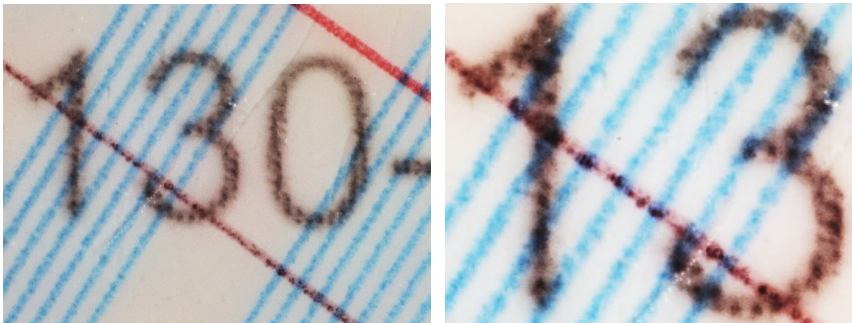


Рис. 11, 12. Збільшені зображення фрагментів маркування з зразку бланку 2012 року, нанесені з використанням обладнання ЄДАПС-Лазер – Україна

Як ми бачимо формування знаків на рисунках 9 та 10 відрізняється від попередніх зображень, наприклад на рисунку 2, для утворення вертикального штриха знаку необхідно дві або три крапки, в даному випадку елементи нанесені ніби суцільними лініями. Тому на думку авторів, подібна картина характерна для обладнання з середньою роздільною здатністю та високою частотою імпульсу, обладнання працювало в режимі послідовного нанесення кожного знаку окремо. Маркування здійснювалось по матеріалу основи, застосовувалася растрова розгортка, матеріал основи – лазероактивний полівінілхлорид.

На рисунках 11 та 12 розрізняється формування елементів у вигляді окремих крапок, які розміщуються у певній послідовності, крапки відносно «великі», тому для формування штриха достатньо 1 або 2 крапок. Також слід звернути увагу на те, що у місцях розміщення захисної сітки від дії лазерного променя поліграфічна фарба не так активно реагує, це свідчить про те, що промінь сфокусований дещо вище фонової сітки. В даному випадку рух променю здійснювався по горизонталі, застосовувалася растрова розгортка, матеріал – лазероактивний полівінілхлорид.

На рисунках 11, 12 та 13, 14 зображені маркування які нанесені з використовувалося обладнання одного виробника але при порівнянні ми бачимо певну відмінність – кількість крапок в вертикальних елементах цифр 3. На рисунках 11 та 12 для формування штриха достатньо 1 або 2 крапок, тоді як на рисунках 13 та 14 для формування аналогічного штриха нанесено 5 крапок.

Тому на думку авторів, обладнання працювало з більш високою роздільною здатністю, орієнтовно 20 мкм, всі знаки наносилися одночасно. В даному випадку рух променю також здійснювався по горизонталі, застосовувалася растрова розгортка, матеріал основи лазероактивний полівінілхлорид.

Провівши аналіз наявних ознак лазерного гравіювання на бланках очевидно, що зміна обладнання, його налаштування та використаний

матеріал суттєво впливає на загальний вигляд та якість нанесених позначень. Таким чином порівнюючи ознаки лазерного гравіювання в еталонних зразках бланків та в досліджуваних документах за загальними властивостями можна доволі точно зробити висновок щодо оригінальності маркування та в даному випадку бланку, що досліджується.

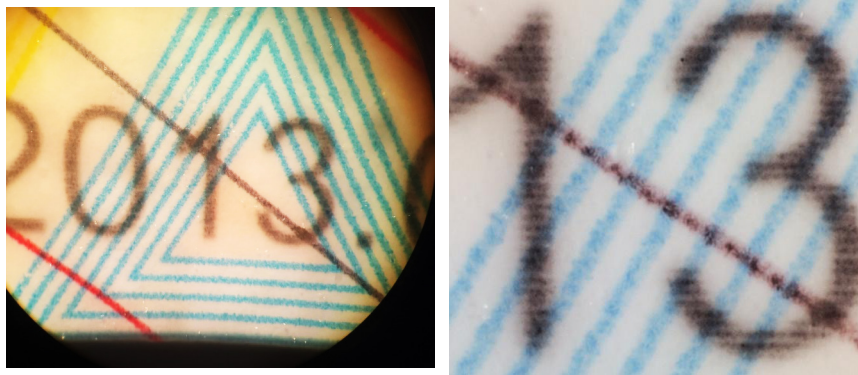


Рис. 13, 14. Збільшені зображення фрагментів маркування у зразку бланку 2013 року, нанесеного з використанням обладнання ЄДАПС-Лазер – Україна

Також підтверджено, що оскільки маркування наноситься на внутрішньому шарі матеріалу, будь-які спроби змінити інформацію нанесену лазерним гравіюванням (видалення шару, полірування, повторне гравіювання) залишать характерні ознаки – порушення структури полімеру, мікротріщини, неоднорідність кольору. Саме ці ознаки є базовими для експертного висновку про втручання.

Враховуючи викладене під час проведення судово-технічної експертизи документів, при дослідженні маркування нанесеного методом лазерного гравіювання в документах виготовлених на полімерній основі експерт візуально та з використанням мікроскопу при різних умовах освітлення оцінює:

- відповідність маркування еталонним зразкам за загальними ознаками: розміщення маркування, метод нанесення, розмір та конфігурація знаків;
- відсутність на поверхні об'єкту слідів внесення змін, наприклад, таких ознак як локальні поліровані заглиблення (мінус матеріалу); слідів дії ріжучих інструментів;
- локалізацію розміщення часточок карбонізованих від дії лазера та характер розподілення часточок – рівномірність розміщення або скупченість;
- наявність артефактів утворених від дії лазера (зони перегріву, аномальні зміни кольору).

Висновки

Лазерне гравіювання є сучасним та водночас перспективним спо-

собом персоналізації, який забезпечує надійний захист ідентифікаційних документів.

Характерні ознаки лазерного гравіювання (карбонізація) мають стабільні мікроскопічні особливості, придатні для експертного дослідження та оцінки.

Виявлені при дослідженні лазерного гравіювання ознаки: мікроструктура, контраст, а також аналіз глибини та зони дії променю, підтверджують оригінальність бланку, а в залежності від застосованої технології і документу.

Для більшої об'єктивності проведення дослідження необхідно розробити узагальнені критерії оцінювання параметрів гравіювання та створити базу еталонних зразків гравіювання виконаного на різному обладнанні.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні ефективних методів та автоматизованих систем візуалізації ознак мікроструктури лазерного гравіювання в ідентифікаційних документах.

Список використаних джерел:

1. ISO/IEC 7810:2019 Identification cards. Physical characteristics.
2. ISO/IEC 10373-1:2020 Identification cards Test methods. Part 1: General characteristics tests.
3. Гончарук С. В., Чорний І. П. Технічна експертиза документів з ознаками лазерного гравіювання. *Судово-експертна діяльність*. 2020. № 2. С. 45–51.
4. Розробка методики «Дослідження елементів захисту ID-документів та методи перевірки їх справжності»: звіт про науково-дослідну роботу (остаточний). КНДІСЕ, 2023. Номер держреєстрації 0121U109515.
5. Науменко С. М., Бригинець О. М. Особливості персоналізації ідентифікаційних документів із використанням лазерного гравіювання. *Криміналістика і судова експертиза*. Вип. 70. 2025. С. 498–510. DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2025.70.38>.
6. Galeković J., Marinović V., Ledić A. Counterfeit identification documents of the European Union Member States: forensic characterization of polymers and determination of individualization methods. *Acta Graphica*. 2025. Vol. 33(1). P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.25027/ag.33.1.1>.
7. LASINK™ 3D. Combining LASINK™ Origin and Stereo Laser Image (SLI™) technologies to secure secondary portraits / IDEMIA. 2022. URL: <https://www.idemia.com/wp-content/uploads/2022/06/lasink-3d-idemia-brochure-202206.pdf> (дата звернення: 09.03.2026).
8. Marques M., Green R., King R., Clement S., Hallett P., Podoleanu A. Sub-surface characterisation of latest-generation identification documents using optical coherence tomography. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61(2). P. 119–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2020.12.001>.
9. Sezonov V. The Use Of Specific Expertise While Research On Documents Made In The Form Of Plastic Cards. *Archives of Criminology and Forensic Sciences*. 2023. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.32353/acfs.7.2023.10>.

References:

1. ISO/IEC 7810:2019 Identification cards. Physical characteristics.
2. ISO/IEC 10373-1:2020 Identification cards Test methods. Part 1: General characteristics tests.
3. Honcharuk S. V., Chornyi I. P. Technical examination of documents with signs of laser engraving. *Forensic expert activity*. 2020. No. 2. P. 45–51.
4. Development of the methodology "Research of elements of protection of ID documents and methods of checking their authenticity": report on scientific research work (final). KNDISE, 2023. State registration number 0121U109515.
5. Naumenko S. M., Brygynets O. M. Peculiarities of personalization of identification documents using laser engraving. *Criminalistics and forensic examination*. Vol. 70. 2025. P. 498–510. DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2025.70.38>.
6. Galeković J., Marinović V., Ledić A. Counterfeit identification documents of the European Union Member States: forensic characterization of polymers and determination of individualization methods. *Acta Graphica*. 2025. Vol. 33(1). P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.25027/ag.33.1.1>.
7. LASINK™ 3D. Combining LASINK™ Origin and Stereo Laser Image (SLI™) technologies to secure secondary portraits. IDEMIA. 2022. URL: <https://www.idemia.com/wp-content/uploads/2022/06/lasink-3d-idemia-brochure-202206.pdf> (access date: 09.03.2026).
8. Marques M., Green R., King R., Clement S., Hallett P., Podoleanu A. Sub-surface characterisation of latest-generation identification documents using optical coherence tomography. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61(2). P. 119–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2020.12.001>.
9. Sezonov V. The Use Of Specific Expertise While Research On Documents Made In The Form Of Plastic Cards. *Archives of Criminology and Forensic Sciences*. 2023. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.32353/acfs.7.2023.10>.

Надійшла до редакції / Received: 17.04.2026

Отримана після доопрацювання / Received after revision: 29.04.2026

Прийнято до друку / Accepted for publication: 29.04.2026

Опубліковано / Published: 29.05.2026

Фінансування: відсутнє / Funding: none.

Конфлікт інтересів: автор(и) заявляє(ють) про відсутність конфлікту інтересів / Conflict of interest: the author(s) declare no conflict of interest.

Дотримання етичних норм: дослідження виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності / Ethical compliance: the study was conducted in accordance with the principles of academic integrity.

Дані дослідження: усі дані, необхідні для обґрунтування висновків, наведено у статті / Research data: all data necessary to substantiate the conclusions are presented in the article.