Forensic Science, 4'2026
ISSN: 3083-6085 (print), 3083-6093 (online)

УДК 343.983:629.33:614.84
DOI https://doi.org/10.32782/forensic.science.2026.4.24



Андрій Шатковський
старший науковий співробітник,
Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз
Міністерства юстиції України
https://orcid.org/0009-0006-1481-4808



Андрій Тростянчин
доктор технічних наук, доцент,
провідний науковий співробітник,
Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз
Міністерства юстиції України;
завідувач кафедри матеріалознавства та інженерії матеріалів,
Національний університет «Львівська політехніка»
https://orcid.org/0000-0002-0642-0693



Володимир Придиба
кандидат технічних наук, доцент,
провідний науковий співробітник,
Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз
Міністерства юстиції України
https://orcid.org/009-0009-9527-7726

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ВПЛИВУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ПОЖЕЖІ НА СКЛАДОВІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

У статті узагальнено результати експертної практики дослідження складових транспортних засобів, що зазнали безпосереднього термічного впливу внаслідок пожежі, із застосуванням портативного динамічного твердоміра за методом Ліба для вимірювання твердості поверхонь кон-

структивних деталей. На прикладі дослідження моторного відсіку автомобіля BMW під час вирішення питання щодо можливої розгерметизації паливної системи, з урахуванням положень чинних методик інженерно-транспортної та пожежно-технічної експертиз [1; 3; 5; 8; 9], зіставлено візуальні ознаки термічного пошкодження з показами твердоміра, перерахованими приладом в одиниці НВ. Показано, що інтерпретація отриманих результатів потребує врахування марки сплаву, його вихідного структурного стану, геометрії деталі, стану досліджуваної поверхні та умов вимірювання. Встановлено, що значення твердості не дають змоги самостійно визначити максимальну температуру нагрівання чи локалізувати осередок пожежі, проте можуть використовуватися як допоміжна порівняльна ознака в сукупності з результатами огляду, аналізом характеру термічних пошкоджень, металографічними і хімічними дослідженнями та іншими матеріалами експертизи.

Актуальність роботи зумовлена поширеністю пожеж транспортних засобів і складністю оцінювання технічного стану їхніх складових після впливу полум'я, теплового випромінювання та підвищених температур. Значне термічне пошкодження деталей може ускладнювати встановлення первинної технічної несправності, зокрема розгерметизації паливної системи, а також характеру й локалізації термічного впливу. Тому актуальним є комплексний підхід, який поєднує візуальне дослідження з інструментальними методами.

***Ключові слова**: пожежа транспортного засобу, технічний стан, небезпечні чинники пожежі, термічне пошкодження, розгерметизація паливної системи, твердість металу, метод Ліба, портативний твердомір, інженерно-транспортна експертиза.*

Постановка проблеми. Під час вирішення питань, пов'язаних зі встановленням можливого місця та характеру розгерметизації паливної системи транспортного засобу, сучасні методи інженерно-транспортної експертизи не передбачають застосування інструментальних методів дослідження для безпосереднього встановлення несправності на транспортному засобі, яка могла бути причиною виникнення пожежі. Встановлення технічного стану та можливих несправностей конструктивних елементів транспортного засобу здійснюється переважно за результатами їх візуального огляду, а також із застосуванням методу виключення, з урахуванням характеру виявлених пошкоджень та інших об'єктивних даних про об'єкт дослідження.

Аналогічний підхід застосовується і під час проведення пожежно-технічних досліджень, у межах яких встановлення технічних причин, що могли сприяти виникненню та розвитку пожежі, ґрунтується на результатах огляду об'єкта, аналізі характеру та локалізації пошкоджень, а також на методі виключення. При цьому інструментальні методи дослідження, спрямовані безпосередньо на встановлення несправності транспортного засобу, яка могла слугувати причиною виникнення пожежі, відповідними методиками не передбачені.

У зв'язку із цим під час дослідження транспортного засобу, що зазнав значного термічного впливу внаслідок пожежі, може виникати необхідність застосування додаткових інструментальних методів для оцінювання характеру й інтенсивності такого впливу на металеві конструктивні елементи. Одним із них є вимірювання динамічної твердості поверхонь деталей портативним твердоміром із подальшим порівнянням отриманих значень. Водночас найбільш коректним є порівняння різних ділянок однієї деталі або однотипних деталей з однакового матеріалу, подібної товщини, геометрії та стану поверхні.

Метою статті є обґрунтування комплексного підходу до оцінювання технічного стану та виявлення ділянок неоднорідного термічного впливу на металеві конструктивні елементи моторного відсіку транспортного засобу після пожежі, а також визначення діагностичних можливостей і обмежень застосування для цього портативного динамічного твердоміра за методом Ліба.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних наукових працях, присвячених дослідженню пожеж колісних транспортних засобів, розглядають комплексні питання інженерно-транспортної та пожежно-технічної експертиз: механізми виникнення й розвитку горіння, джерела запалювання, ознаки короткого замикання та розгерметизації паливних систем, а також локалізацію зон термічного пошкодження [8; 9]. Водночас матеріалознавчий аспект післяпожежного стану конструктивних елементів потребує окремого аналізу, оскільки зміна структури та залишкових властивостей металу залежить не лише від максимальної темпера-

тури, а й від марки сплаву, його вихідного структурного та термічного стану, тривалості нагрівання й умов подальшого охолодження.

Зокрема, у монографії А. Ф. Гаврилюка «Пожежна небезпека колісних транспортних засобів» розглянуто пожежну небезпеку КТЗ та процеси утворення джерел запалювання внаслідок нагрівання бортових електричних мереж, іскрових розрядів і струмів короткого замикання [8]. У роботі О. О. Матіюк та співавторів систематизовано зовнішні ознаки наявності легкозаймистих і горючих рідин на місці пожежі, охарактеризовано зони термічного впливу та запропоновано комплексний підхід до їх оцінювання [9].

Аналіз зазначених праць показує, що характер та інтенсивність термічного впливу на металеві деталі КТЗ оцінюють переважно за візуальними та іншими спеціальними ознаками. Водночас застосування портативного твердоміра для порівняльного дослідження твердості деталей після пожежі, зокрема в моторному відсіку, у розглянутих джерелах не описано. Це зумовлює доцільність оцінювання можливостей, обмежень і діагностичної цінності цього інструментального методу під час експертного дослідження транспортних засобів, що зазнали термічного впливу.

Метод Ліба стандартизований для визначення динамічної твердості металевих матеріалів [11]. ASTM A956/A956M-22 поширюється на сталь, сталеве литво та чавун і наголошує, що результат характеризує лише поверхневий стан у місці удару та залежить від пружних і пластичних властивостей матеріалу [12]. Тому автоматично перераховані приладом значення HB не є результатом прямого випробування за Брінеллем, а їх достовірність визначається коректністю вибору матеріальної групи та дотриманням вимог до маси, жорсткості, товщини, кривизни й шорсткості об’єкта.

Експериментальні дослідження алюмінієвих сплавів після нагрівання показують, що залишкові твердість і міцність суттєво залежать від системи легування та початкового стану матеріалу. Для термічно зміцнюваних сплавів зниження твердості пов’язують із перестарюванням, коагуляцією або розчиненням зміцнювальних фаз; характер змін також залежить від режиму охолодження [13; 14]. Отже, універсальної залежності «твердість – температура» для кожного матеріалу не існує.

Це обумовлює доцільність застосування методу саме як допоміжного порівняльного інструменту та потребу чітко визначити умови, за яких його результати можуть мати діагностичну цінність під час експертного дослідження КТЗ після пожежі.

Виклад основного матеріалу. Більшість ненавмисних пожеж виникає в моторному відсіку транспортного засобу як у легкових автомобілях, так і у вантажних транспортних засобах та іншій спеціальній чи спеціалізованій техніці. Аналіз причин виникнення пожеж у транспортних засобах свідчить про їхню швидкоплинність. Це зумовлено застосуванням легкозаймистих матеріалів як під час виробництва, так і в процесі експлуатації транспортних засобів. До них належать облицювально-оздоблювальні та ізоляційні матеріали (вініл-шкіра, полістирол, пінополіуретан, поліетилен, паперово-шаруватий пластик, органічне скло та ін.), гумово-технічні вироби (ущільнювачі, шини, килимки тощо), а також паливо-мастильні матеріали (бензин, дизель, зріджений газ, різні види олив). Основна частина цих матеріалів характеризується високою температурою горіння та сприяє швидкому поширенню полум’я.

Найпоширеніша причина займання пального – його перегрів теплом, що надходить ззовні. Перегрів може виникнути в разі потрапляння пального на деталі двигуна, обігрівач, дроти, нагріті струмами перевантаження або струмами короткого замикання. Можливі займання пального та спалах пароповітряної суміші від відкритого полум’я в разі недотримання правил користування передпусковим підігрівачем, під час зварювальних робіт поблизу паливного бака або паливопроводів.

У разі проведення комплексних пожежно-технічних та інженерно-транспортних експертиз [1; 2] у частині пожежно-технічних досліджень предметом дослідження є здебільшого процеси утворення горючого середовища, дії на нього джерела запалювання, поширення горіння та його відображення в слідах термічної дії.

А в частині інженерно-технічних експертиз застосовується комплекс досліджень і методів, який спрямований для встановлення несправностей систем, що могли спричинити розгерметизацію паливної системи чи призводити до виникнення струмів короткого замикання.

Відсутність осередкових ознак у слідах термічного впливу на об'єкті пожежі – автомобілі, коли немає чітко визначених місць виникнення горіння, спостерігається через значне термічне руйнування конструктивних складових конструкції транспортного засобу. Така ситуація найчастіше виникає за умов швидкого розвитку пожежі, що характерно для застосування легкозаймистих речовин і горючих речовин як підсилювачів горіння. Зокрема, пролиття таких речовин на значній площі під транспортним засобом часто заважає формуванню осередкових ознак. До швидкого розвитку пожежі спонукають також інші чинники (інтенсивний газообмін, спричинений постійним припливом кисню в зону горіння; наявність потужного джерела запалювання та пожежонебезпечні властивості матеріалів). Окрім того, згладжування або повне зникнення осередкових ознак нерідко спостерігають у разі значного масштабу горіння, припиненого без залучення підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій для гасіння пожежі.

Вищенаведене ускладнює дослідження зі встановлення категоричних ознак осередку пожежі, визначення джерела займання, визначення ознак пошкодження електричних систем, що могли сприяти чи бути несправними та стати джерелом пошкодження електричних систем.

Для визначення джерела запалювання судовими експертами з правом проведення пожежно-технічних досліджень використовується версійний аналіз механізму виникнення горіння. Під час встановлення осередку пожежі та характеристики горючого навантаження розглядаються експертні версії щодо джерела запалювання, які в подальшому аналізують та виключають, якщо джерело запалювання не збігається з установленими координатами осередку пожежі або його потужності недостатньо для загоряння горючого матеріалу [8; 9].

Експертна практика показує, що джерела запалювання, характерні для пожеж у транспортних засобах, можна розділити на такі групи [8; 9]:

1) теплові прояви хімічних реакцій (відкритий вогонь, розжарені продукти горіння й екзотермічні реакції хімічних речовин);

2) теплові прояви електричної енергії (коротке замикання, перевантаження електричних кабелів і механізмів, електричні іскри та розряди статичної електрики);

3) теплові прояви механічної енергії (іскри від удару твердих тіл, виділення теплоти в разі тертя й адіабатичного стискування);

4) дія нештатного джерела запалювання;

5) тепло, отримане від більше розігрітого або розжареного тіла (системи випуску відпрацьованих газів двигуна).

Твердість металу після пожежі не є однозначною функцією максимальної температури. Її зміна визначається хімічним складом, способом виготовлення, вихідною мікроструктурою та термічним станом, тривалістю перебування за підвищеної температури, швидкістю нагрівання й охолодження, а також можливим навантаженням і деформацією деталі під час пожежі.

Для литих алюмінієвих сплавів систем Al-Si-Mg та Al-Si-Cu, які широко застосовують у деталях двигуна, нагрівання може спричинити перестарювання, коагуляцію або розчинення дисперсних зміцнювальних фаз, що зазвичай супроводжується зниженням твердості. У деформаційно зміцнених сплавах додатково можливі відновлення та рекристалізація. Для сталей і чавунів напрям зміни твердості залежить від вихідної структури та всього термічного циклу: відпуск чи відпал переважно знижують твердість, тоді як нагрівання вище критичних температур із подальшим достатньо швидким охолодженням за певних умов може спричинити локальне підвищення твердості.

Ознаки оплавлення та повторного застигання мають інше діагностичне значення, ніж зміна твердості. Вони свідчать, що локальна температура досягала щонайменше температури солідуса відповідного сплаву. Однак конкретну температуру можна оцінювати лише після встановлення складу матеріалу, оскільки різні сплави мають різні інтервали плавлення. Твердість повторно закристалізованої ділянки визначається новою литою структурою, швидкістю охолодження, окисненням і пористістю, тому її не можна безпосередньо порівнювати з твердістю неоплавленої основи.

Під час застосування методу Ліба первинним результатом є динамічна твердість у відповідній шкалі HL. Перерахунок у HB виконується за емпіричними таблицями для

визначених груп матеріалів і не є універсальним. На покази також впливають шорсткість та окалина, кривизна, локальна товщина та жорсткість деталі, її маса, напрям удару та якість опори. Через це більш обґрунтованим є проведення серії повторних вимірювань за однакових умов на підготовлених ділянках однієї деталі з подальшим порівнянням діапазонів отриманих значень твердості [11; 12].

Розглянемо практичне застосування комплексного підходу до визначення інструментального методу дослідження на такому прикладі.

У висновку експерта за 2026 рік за результатами проведених досліджень пожежно-технічної експертизи встановлено, що осередок пожежі був у підкапотному просторі відсіку двигуна автомобіля BMW. А також встановлено, що причиною пожежі є розгерметизація паливної системи двигуна автомобіля BMW (див. рис. 1–2).

Отже, інженерно-транспортні дослідження проводилися в підкапотному просторі, дослідженню підлягали наявні на момент огляду вузли, деталі й елементи систем, що розташовані в моторному відсіку.

Оглядом верхньої частини двигуна (ділянки простору розташування клапанної кришки, трубопроводів, що ведуть до паливних форсунок, паливної рампи) було виявлено, що





Рис. 1–2. Вигляд стану складових у моторному відсіку автомобіля



Рис. 3. Вигляд стану двигуна в моторному відсіку

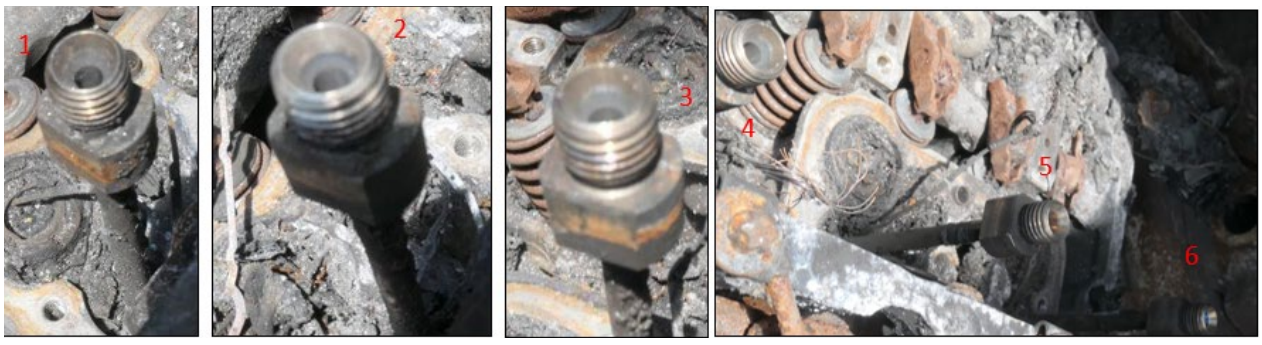
ділянка в зоні розташування 1-ї форсунки має ознаки з дещо більшим, інтенсивнішим термічним впливом (позначено штрихпунктиром), який частково поширюється на ділянку простору в зоні розташування 2-ї форсунки, порівняно з іншими ділянками в зонах розташування 3-ї, 4-ї, 5-ї та 6-ї форсунок (див. рис. 3).

У процесі досліджень та огляду поверхонь приєднання трубопроводів (див. рис. 4, а, б, в, г) було виявлено, що в зонах приєднання трубопроводів, між паливною рампою та паливними форсунками 1-6 двигуна доступні для огляду поверхні є відносно чистими, без значних нашарувань пилу, сторонніх часток або продуктів, які могли б свідчити про тривале протікання (витік) палива зі з'єднання (див. зображення № 4). З'єднувальні елементи перебували до їх демонтажу в зібраному стані, при цьому видимих ознак їхнього зміщення, послаблення або порушення взаємного положення не було встановлено. Аналогічний стан поверхонь було зафіксовано і на ділянках приєднання трубопроводів, що ведуть між паливною рампою та паливними форсунками 1-6 двигуна (див. рис. 5) та на ділянці у верхньої частини трубопроводу, що веде від паливного насоса високого тиску до паливної рампи двигуна (див. рис. 6, а).

Подальшими дослідженнями зони отвору паливного трубопроводу на паливному насосі, який забезпечує подачу палива до паливної рампи, на доступних для огляду поверхнях наявні забруднення у вигляді пилу, дрібнодисперсних часток та інших відкладень (див. рис. 6, б). Зазначені забруднення локалізовані безпосередньо біля отвору та на прилеглих поверхнях, що слугують ущільненням через взаємне притирання та притискання. Наявність таких відкладень може бути характерною ознакою порушення герметичності паливної системи.

Подальшими дослідженнями нижньої правої частини просторового розташування двигуна в моторному відсіку було виявлено інтенсивніші оплавлення, що проявлялися в руйнуванні трубопроводів, які ведуть до турбонагнітача, а також трубопроводів і водяного насоса системи охолодження двигуна; крім того, зафіксовано пошкодження правої опори двигуна та оплавлення передньої частини корпусу турбонагнітача (див. рис. 7, а, б).

Дослідженнями нижньої лівої сторони просторового розташування двигуна в моторному відсіку було виявлено інтенсивний нагрів, що виявлявся в оплавленні колісного диску, Г-подібній деформації пружини підвіски лівого колеса (див. рис. 2), оплавленні корпусів насоса гідропідсилювача керма, компресора кондиціонера, оплавленні переднього лівого краю блока двигуна тощо) в задній лівій



а) б) в) г)

Рис. 4. Вигляд стану місця приєднання трубопроводів до паливних форсунок



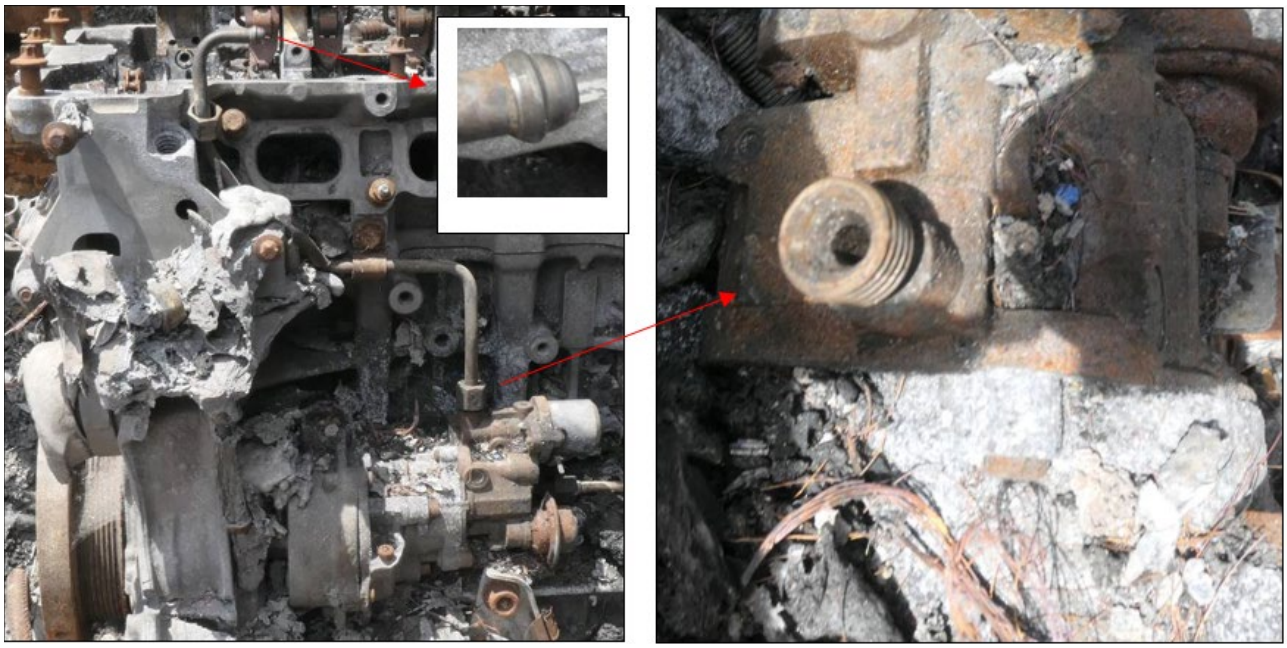
Рис. 5. Вигляд стану місця приєднання трубопроводів на паливній рампі

частині кузова автомобіля, зоні розташування паливного баку та задньої лівої колісної арки (див. рис. 7, а, б).

Результати проведених досліджень свідчать про більш інтенсивніший термічний вплив (оплавлення колісного диску, Г-подібна деформація пружини підвіски лівого колеса, оплавлення переднього лівого краю блока двигуна) на ділянках лівої частини простору моторного відсіку (по ходу руху автомобіля).

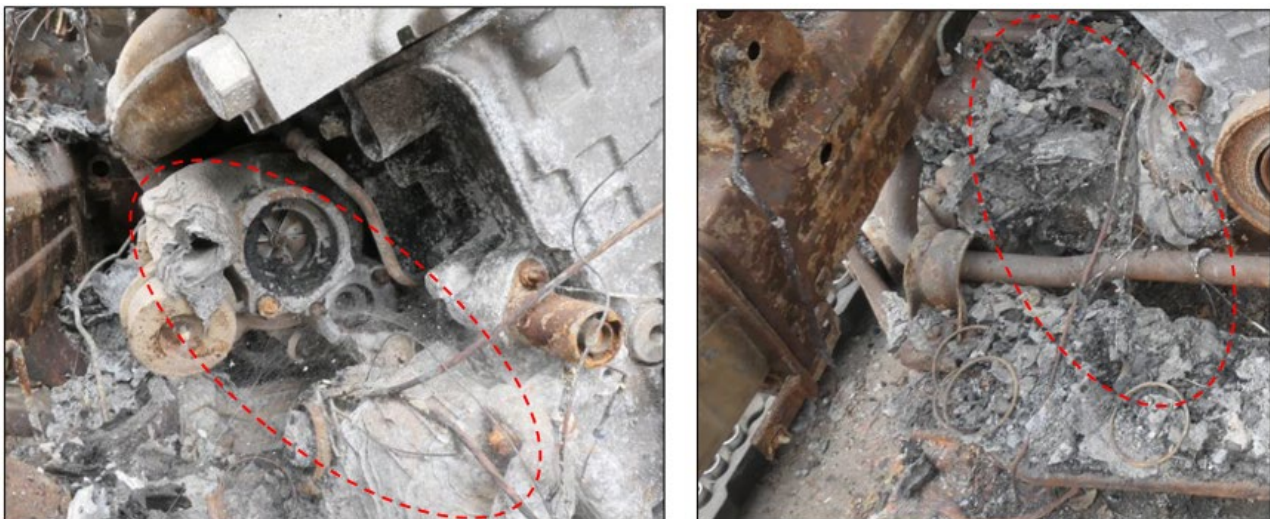
Для одержання додаткових порівняльних даних застосовано динамічний портативний твердомір «МК-ТКМ-359С»; заявлена виробником похибка відображення результатів у режимі НВ становить ±10 НВ. Вимірювання виконували на доступних поверхнях деталей двигуна. Оскільки прилад визначає динамічну твердість за методом Ліба, наведені в таблиці 1 значення слід розглядати як умовні еквівалентні значення НВ, отримані за вбудованою функцією перерахунку, а не як результати прямого випробування за методом Брінелля.

Проведеними замірами було встановлено, що в зоні вираженої деформації ділянки кро-



а) б)

Рис. 6. Вигляд поверхонь приєднання трубопроводів, що ведуть між паливним насосом високого тиску та паливною рампою двигуна



а) б)

Рис. 7. Вигляд нижньої правої частини просторового розташування двигуна

нштейна генератора, поблизу конструктивного місця розташування корпусу оливного насоса, отримано значення твердості в межах близько 26–37 НВ (див. рис. 10).

На окремих ділянках металу, які мають візуальні ознаки оплавлення з подальшим застиганням, проведено вимірювання твердості. Умовні еквівалентні значення на цих ділянках становили 98–109 НВ. Вони характеризують поверхню повторно закристалізованого металу й не можуть використовуватися для визначення максимальної температури. Сам факт оплавлення є якісною ознакою досягнення температури не нижче солідуса відповідного сплаву, але для числової оцінки температури необхідно встановити його хімічний склад.

Таким чином, порівняльним дослідженням встановлено суттєву неоднорідність значень твердості на різних ділянках досліджуваних деталей. Найнижчі значення твердості встановлено на ділянці головки блока циліндрів та в зоні деформації кронштейна генератора. Зниження твердості металу може бути пов'язане з різною інтенсивністю термічного впливу та зміною фізико-механічних властивостей матеріалу внаслідок різного ступеня нагрівання.

Необхідно відзначити, що виявлене зниження твердості може бути додатковою ознакою термічного впливу на зазначені ділянки, однак саме по собі не дає змоги визначити величину температури нагрівання.

Порівняльним дослідженням встановлено значну неоднорідність показів на різних ділянках деталей. Найнижчі значення отримано в зоні деформації кронштейна генератора та на окремих ділянках головки блока циліндрів. Таке зниження узгоджується з можливістю термічного розміцнення алюмінієвого сплаву, проте не є його однозначним доказом, оскільки на результат могли вплинути відмінності складу та початкового стану матеріалів, геометрія деталей, стан поверхні й умови динамічного вимірювання.

Отже, отримані покази доцільно використовувати як скринінгову ознаку для вибору



а) б)

Рис. 8. Вигляд нижньої лівої частини просторового розташування двигуна

Таблиця 1

Зведені умовні еквівалентні значення твердості, отримані за показами портативного твердоміра

Ділянки поверхонь, на яких проведено вимірювання твердості	Умовне еквівалентне значення, НВ
Блок циліндрів	98…99
Задня частина ГБЦ, циліндри 3-6	52…56
Передня частина ГБЦ, циліндри 1-2	47…52
Зона деформації кронштейна генератора	26…37
Оплавлені / застиглі ділянки	98…109





а) б)

Рис. 9. Вигляд показань твердоміра в передній частині в зоні розташування 2-го та 1-го циліндрів і ближче до корпусу оливного фільтра





а) б)

Рис. 10. Вигляд показань твердоміра в передній частині в зоні вираженої деформації ділянки кронштейна генератора



Рис. 11. Вигляд показань твердоміра ознаки оплавлення з подальшим застиганням

ділянок подальшого дослідження. Вони не дають змоги самостійно визначити температуру нагрівання, тривалість теплового впливу або осередок пожежі. Для підтвердження механізму зміни властивостей потрібні ідентифікація сплаву, металографічний аналіз і, якщо є можливість, контрольні вимірювання на неушкодженій ділянці тієї самої деталі.

За результатами аналізу фотозображень автомобіля BMW, зроблених на місці події після пожежі та наданих на дослідження (див. зображення № 12, 13, 14, 15), було встановлено, що в зоні моторного відсіку наявні більш виражені ознаки інтенсивного термічного впливу, що проявлялося у значному термічному пошкодженні капота, передніх крил, передніх колісних арок та інших елементів кузова. А також було встановлено, що в лівій частині моторного відсіку за напрямком руху автомобіля на ділянці штатного розташування паливного насоса високого тиску наявні більш виражені ознаки інтенсивного термічного впливу.

Отже, за результатами аналізу наданих фотозображень було встановлено, що в лівій частині моторного відсіку за напрямком руху автомобіля, зокрема в зоні штатного розташування паливного насоса високого тиску, спостерігаються більш виражені характерні ознаки інтенсивного термічного впливу порівняно з окремими іншими ділянками моторного відсіку.

З огляду на вищенаведені ознаки та відсутність взаємних суперечностей між пожежно-технічною та інженерно-транспортною експертизою є підстави стверджувати, що наявність забруднень на поверхнях кріпиль-



Рис. 12, 13. Фотозображення транспортного засобу BMW з місця події після пожежі



Рис. 14, 15. Фотозображення транспортного засобу BMW з місця події після пожежі

ного фланця паливного насоса високого тиску паливної системи двигуна автомобіля BMW могла бути обумовлена порушенням герметичності з'єднання паливного трубопроводу, що веде від паливного насоса високого тиску до паливної рампи, у місці приєднання паливного трубопроводу до кріпильного фланця паливного насоса високого тиску.

Висновки. Застосування портативного динамічного твердоміра за методом Ліба під час дослідження КТЗ після пожежі може бути одним із перспективних додаткових інструментальних методів оцінювання характеру та неоднорідності термічного впливу на металеві конструктивні деталі. Отримані результати можуть доповнювати сукупність візуальних та інших діагностичних ознак, що враховуються під час встановлення обставин і характеру пошкодження транспортного засобу.

Виявлений діапазон умовних еквівалентних значень твердості 26–109 HB свідчить про неоднорідний стан досліджених поверхонь. Водночас ці значення мають порівняльний характер і самостійно не дають змоги визначити максимальну температуру нагрівання або локалізувати осередок пожежі. Найбільш обґрунтованим є порівняння результатів, отриманих за однакових умов на різних ділянках однієї деталі або на однотипних деталях з однакового матеріалу та подібної геометрії.

Застосування цього методу також є доцільним у межах подальших науково-дослідних робіт, спрямованих на розроблення та вдосконалення методичних підходів до оцінювання технічного стану транспортних засобів після пожежі. Перспективним є проведення контрольованих досліджень впливу різних температурно-часових режимів і умов охолодження на твердість металевих деталей із поєднанням портативних вимірювань з металографічними та іншими матеріалознавчими методами.

Список використаної літератури:

1. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень : затв. наказом Міністерства юстиції України від 08.10.1998 № 53/5 (у редакції наказу Міністерства юстиції України від 27.07.2015 № 1350/5).
2. Збірник методик автотехнічних експертиз: 10.1 Дослідження обставин ДТП; 10.2 Дослідження технічного стану транспортних засобів ; 10.3 Дослідження деталей транспортних засобів ; 10.4 Транспортно-трасологічні дослідження; 4.3 Криміналістичне дослідження транспортних засобів / Київ. НДІСЕ, Нац. наук. центр «Інститут судових експертиз ім. Заслуженого проф. М. С. Бокаріуса», Одес. НДІСЕ, Львів. НДІСЕ, Донец. від-ня Нац. наук. центру «Інститут судових експертиз ім. Заслуженого проф. М. С. Бокаріуса», Дніпроп. НДІСЕ. Київ : М-во юстиції України, 2024. Реєстр. код 10.0.18.
3. Загальна методика призначення та проведення комплексних судових експертиз, що виконуються комісією експертів : із змінами, внесеними рішенням Координац. ради від 12.09.2014 (реєстр. код 0.1.16).
4. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ : Держспоживстандарт України, 2010.
5. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. Київ : Держспоживстандарт України, 2006.
6. ДСТУ 7688:2015. Паливо дизельне ЄВРО. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
7. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні ЄВРО. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
8. Гаврилюк А. Ф. Пожежна небезпека колісних транспортних засобів : монографія. Львів : ЛДУБЖ, 2018.
9. Матіюк О. О., Рябінін І. М., Гусейнов Р. Н., Шебалков І. Л. Дослідження зовнішніх (візуальних) ознак наявності легкозаймистих і горючих рідин, виявлених на місці пожежі. Луцьк, 2020.
10. Єдигарян Ф. С., Гардерман В. Д. Методи встановлення причин і часу руйнування деталей автотранспортних засобів, що впливають на безпеку руху. Київ : КНДІСЕ, 1972.
11. ISO 16859-1:2015. Metallic materials. Leeb hardness test. Part 1: Test method. Geneva : ISO, 2015.
12. ASTM A956/A956M-22. Standard test method for Leeb hardness testing of steel products. West Conshohocken : ASTM International, 2022. DOI: https://doi.org/10.1520/A0956_A0956M-22.
13. Summers P. T., Case S. W., Lattimer B. Y. Residual mechanical properties of aluminum alloys AA5083-H116 and AA6061-T651 after fire. *Engineering Structures*. 2014. Vol. 76. P. 49–61. DOI: https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.06.033.
14. Liu Y., Liu H., Chen Z. Post-fire mechanical properties of aluminum alloy 6082-T6. *Construction and Building Materials*. 2019. Vol. 196. P. 256–266. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.237.

References:

1. Instruction on the appointment and conduct of forensic examinations and expert studies: approved by Order of the Ministry of Justice of Ukraine of 08.10.1998 No. 53/5 (as amended by Order of the Ministry of Justice of Ukraine of 27.07.2015 No. 1350/5) [in Ukrainian].
2. Collection of methods of automotive forensic examinations: 10.1 Investigation of road accident circumstances; 10.2 Investigation of the technical condition of vehicles; 10.3 Investigation of vehicle parts; 10.4 Transport-trace evidence studies; 4.3 Forensic investigation of vehicles. Kyiv: Ministry of Justice of Ukraine, 2024. Reg. code 10.0.18 [in Ukrainian].
3. General methodology for the appointment and conduct of complex forensic examinations performed by a commission of experts: as amended by the decision of the Coordination Council of 12.09.2014 (reg. code 0.1.16) [in Ukrainian].
4. DSTU 3649:2010. Wheeled vehicles. Requirements for the safety of technical condition and control methods. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2010 [in Ukrainian].
5. DSTU 2272:2006. Fire safety. Terms and definitions of basic concepts. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2006 [in Ukrainian].
6. DSTU 7688:2015. Diesel fuel EURO. Specifications. Kyiv: UkrNDNC, 2015 [in Ukrainian].
7. DSTU 7687:2015. Automotive gasolines EURO. Specifications. Kyiv: UkrNDNC, 2015 [in Ukrainian].
8. Havryliuk, A. F. (2018). Fire hazard of wheeled vehicles: monograph. Lviv: LSULS [in Ukrainian].
9. Matiiuk, O. O., Riabinin, I. M., Huseinov, R. N., Shebalkov, I. L. (2020). Investigation of external (visual) signs of flammable and combustible liquids detected at a fire scene. Lutsk [in Ukrainian].
10. Yedyharian, F. S., Garderman, V. D. (1972). Methods of establishing the causes and time of destruction of motor vehicle parts affecting traffic safety. Kyiv: KNIISE [in Ukrainian]
11. ISO 16859-1:2015. Metallic materials. Leeb hardness test. Part 1: Test method. Geneva : ISO, 2015.
12. ASTM A956/A956M-22. Standard test method for Leeb hardness testing of steel products. West Conshohocken : ASTM International, 2022. https://doi.org/10.1520/A0956_A0956M-22.
13. Summers, P. T., Case, S. W., Lattimer, B. Y. (2014). Residual mechanical properties of aluminum alloys AA5083-H116 and AA6061-T651 after fire. *Engineering Structures*, 76, 49–61. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.06.033.
14. Liu, Y., Liu, H., Chen, Z. (2019). Post-fire mechanical properties of aluminum alloy 6082-T6. *Construction and Building Materials*, 196, 256–266. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.237.

Andrii Shatkovskyi, Andrii Trostianchyn, Volodymyr Prydyba. Assessment of the technical condition and impact of hazardous fire factors on vehicle components

This article summarizes the results of forensic practice in examining vehicle components that were directly exposed to fire-induced thermal impact, using a portable dynamic hardness tester based on the Leeb method to measure the surface hardness of structural parts. Using the examination of the engine compartment of a BMW as a case study, in which the question of a possible loss of fuel system integrity was addressed, and taking into account the provisions of the current methodologies of forensic vehicle-engineering and fire-technical examinations [1; 3; 5; 8; 9], the visual signs of thermal damage are compared with the readings of the hardness tester, converted by the instrument into Brinell hardness (HB) units. It is shown that the interpretation of the results requires consideration of the alloy grade, its initial structural state, the part geometry, the condition of the tested surface, and the measurement conditions. It is established that hardness values alone do not allow determination of the maximum heating temperature or localization of the fire origin; however, they can be used as a supplementary comparative indicator in combination with the results of visual inspection, analysis of the nature of thermal damage, metallographic and chemical examinations, and other case materials.

The relevance of the study is determined by the prevalence of vehicle fires and the difficulty of assessing the technical condition of vehicle components after exposure to flame, thermal radiation, and elevated temperatures. Significant thermal damage to parts can complicate the identification of the primary technical malfunction, in particular a loss of fuel system integrity, as well as the determination of the nature and localization of the thermal impact. Therefore, an integrated approach that combines visual examination with instrumental methods is of particular relevance.

***Keywords**: vehicle fire, technical condition, hazardous fire factors, thermal damage, fuel system depressurization, metal hardness, Leeb method, portable hardness tester, automotive (engineering-transport) expertise.*

Дата першого надходження статті до видання: 01.10.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу (CC BY 4.0)