

Особливості виникнення та дослідження пожеж у сучасних транспортних засобах

Анатолій Пугачов ^{*а}, Валерій Супрун ^{**b}, Руслан Нізамі огли Гусейнов ^{***c}

* ННЦ «ІСЕ ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса», м. Харків, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1612-6584>, e-mail: anatoliy_pugachev1982@ukr.net

** ННЦ «ІСЕ ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса», м. Харків, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8830-0267>, e-mail: valeriy.suprun@hniise.gov.ua

*** ННЦ «ІСЕ ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса», м. Харків, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3021-3472>, e-mail: huseinov_ruslan@ukr.net

^а Написання оригінального рукопису, валідація, візуалізація.

^б Ресурси, програмне забезпечення.

^с Написання оригінального рукопису, адміністрування проєкту, нагляд.

DOI: 10.32353/khrife.1.2025.14 УДК 343.983

Надійшло 09.01.2025 / Рецензовано 15.01.2025 / Прийнято до друку 26.03.2025 /
Доступно онлайн 31.03.2025



Метою статті є викладення алгоритму визначення механізму виникнення пожежі з урахуванням наданих на експертизу матеріальних і матеріалізованих джерел інформації. Для досягнення поставленої мети застосовано як загальнонаукові, так і спеціалізовані методи наукового пізнання, поміж яких системний підхід, порівняльно-правовий метод, дедукція й індукція, а також методи тлумачення, структурного аналізу та спостереження. Розглянуто наявну пожежну небезпеку в різних видах автотранспортних засобів і наведено відповідні статистичні відомості. Досліджено характерні причини пожеж для автотранспортних засобів та виконано їх умовну диференціацію. Наведено можливі сценарії перебігу таких пожеж, зазначено ймовірні місця виникнення загорянь. Докладно проаналізовано особливості навмисних і ненавмисних пожеж. Наведено основні відмінні ознаки цих груп пожеж. Основними причинами ненавмисних пожеж на автомобільному транспорті визнано взаємодію горючої речовини в разі розгерметизації паливної системи з потенційним тепловим імпульсом системи випуску відпрацьованих газів, а також теплові викиди електричної енергії, зокрема коротке замикання електричної апаратури автомобіля. Виробникам транспортних засобів і/або їхнім власникам запропоновано обладнувати

транспортні засоби автоматичною системою пожежогасіння і вогнегасниками відповідного типу, що передбачають гасіння саме із метою мінімізувати матеріальні втрати та вплив небезпечних чинників пожежі на людей і довкілля.

Ключові слова: автомобіль; джерело запалювання; інтенсифікатор горіння; пожежна безпека; причина пожежі; транспортні засоби.

Постановка наукової проблеми

Транспортні засоби є джерелом підвищеної небезпеки. Матеріали, із яких виготовлено автотранспортні засоби, здебільшого належать до горючих і здатні поширювати полум'я. Окрім того, кожен автомобіль містить вибухо- й пожежонебезпечні речовини — пальне, яке постійно зберігається в баку або балоні як конструктивна особливість. Пожежі в транспортних засобах виникають за певних умов — у разі взаємодії горючої речовини та джерела запалювання, які виникають як позарегламентний процес. Пожежа — деструктивна подія, що поєднує комплекс небезпечних чинників, здатних спричиняти травмування та смерть людей, а також значні матеріальні збитки й забруднення довкілля. Навіть сучасні передові розробки не виключають можливості виникнення пожеж. Оскільки сучасне людство не може обійтися без транспортних засобів, необхідно особливу увагу приділяти

запобіганню виникнення пожеж, а для цього потрібно дослідити причини, що їх зумовлюють, і мінімізувати їхні наслідки. Саме тому ця тема є актуальною та потребує ретельного розгляду.

Аналіз основних досліджень і публікацій

На нашу думку, питанням пожеж в автотранспортних засобах (далі — АТЗ) і визначення причин їх виникнення із застосуванням спеціальних знань, у наукових працях українських дослідників приділено недостатньо уваги. Так, пожежну безпеку транспортних засобів дослідили А. Гаврилюк¹, О. Бажинов², М. Кравцов (який також зауважив пожежну безпеку електромобілів і гібридів)³. Системи й агрегати АТЗ за рівнем пожежної безпеки аналізував В. Гудим зі співавтором⁴. Протипожежний захист колісних транспортних засобів розглянув А. Гаврилюк⁵. Дослідженню зовнішніх ознак наявності

- 1 Гаврилюк А. Ф. Пожежна безпека колісних транспортних засобів : монографія. Львів, 2018. 80 с. URL: <http://surl.li/xddyyp> (дата звернення: 01.01.2025).
- 2 Бажинов О. В., Кравцов М. М. Безпека транспортних засобів : монографія. Харків, 2022. 160 с. URL: <http://surl.li/arqlkp> (дата звернення: 01.01.2025).
- 3 Кравцов М. Н. Пожарная опасность электро, гибридов и автомобилей. *Автомобиль і електроніка. Сучасні технології*. 2017. № 12. С. 117—122. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/veit_2017_12_23 (дата звернення: 01.01.2025).
- 4 Гудим В. І., Гаврилюк А. Ф. Аналіз систем та агрегатів автотранспортних засобів за рівнем пожежної безпеки. *Пожежна безпека*. 2013. № 23. С. 58—63. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pb_2013_23_10 (дата звернення: 01.01.2025).
- 5 Гаврилюк А. Ф. Протипожежний захист колісних транспортних засобів та шляхи його підвищення. *Там само*. 2017. № 31. С. 11—16. URL: <https://sci.lidubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/4671> (дата звернення: 01.01.2025).

легкозаймистих і горючих рідин, знайдених на місці пожежі, присвячено працю О. Матіюка, І. Рябініна, Р. Н. Гусейнова й І. Шебалкова⁶. На рівні навчального посібника пожежі дослідили С. Вовк зі співавторами⁷. Отже, питанням дослідження причин виникнення пожеж на АТЗ достатньої уваги не приділено.

Мета статті

Запропонувати алгоритм визначення механізму виникнення пожежі в сучасних транспортних засобах з урахуванням наданих на експертизу матеріальних і матеріалізованих джерел інформації.

Методи дослідження

Для проведення дослідження застосовано як загальнонаукові, так і спеціалізовані методи наукового пізнання, поміж яких системний підхід, порівняльно-правовий метод, дедукція й індукція, а також методи тлумачення, структурного аналізу та спостереження.

Викладення основного матеріалу дослідження

У сучасних умовах транспорт є однією з найважливіших галузей економіки, яка покликана задовольняти потреби населення та виробництва й суттєво впли-

вати на розвиток економіки, а також є невід'ємною складовою повсякденного життя. Сучасні транспортні засоби — це низка технічних пристроїв, які є останніми досягненнями технічної думки й виробництва. Однією з найбільш важливих і водночас складних завдань у конструюванні автомобілів є їхня захищеність від пожеж. Зважаючи на вміщені в нормативно-правових актах визначення, поняття «транспортні засоби» можна розглядати в широкому та вузькому значеннях. У вузькому значенні цим поняттям послуговуються, коли згадують автомобільний транспорт. У широкому — це залізничний, водний, автомобільний, авіаційний, а також міський електричний транспорт⁸.

У Законі України «Про автомобільний транспорт» *автомобільний транспортний засіб* визначено як «колісний транспортний засіб (автобус, вантажний та легковий автомобіль, причіп, напівпричіп), який використовується для перевезення пасажирів, вантажів або виконання спеціальних робочих функцій»⁹.

Потреба в перевезенні вантажів і пасажирів автомобільним транспортом у нашій країні зростає з року в рік у зв'язку з розширенням внутрішніх і міжнародних торговельно-економічних зв'язків. Обсяги автомобільних перевезень також збільшуються щороку, відповідно зростає кількість дорожньо-транспортних пригод (далі — ДТП) і пожеж на транспорті. У сучасних

6 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. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*. 2020. Вип. 21. С. 373—387. DOI: 10.32353/khrife.1.2020_26 (дата звернення: 01.01.2025).

7 Вовк С., Харчук А., Сухай А., Шелюх Ю. Дослідження пожеж : навч. посіб. Львів, 2022. 528 с. URL: <https://books.ldubgd.edu.ua/index.php/ed/catalog/view/196/147/637-1> (дата звернення: 01.01.2025).

8 Баркова С. П. Щодо поняття «транспортні засоби». *Форум права*. 2013. № 2. С. 13—18. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/FP_index.htm_2013_2_4 (дата звернення: 30.09.2024).

9 Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 р. № 2344-III (зі змін та допов.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text> (дата звернення: 30.09.2024).

умовах важливим елементом сталого соціально-економічного розвитку держави є забезпечення необхідного рівня пожежної безпеки й мінімізація збитків від пожеж.

Пожежа є термічним перетворенням речовин і матеріалів, що супроводжується виділенням тепла, світла та продуктів горіння.

Відповідно до ДСТУ 2272:2006 «**пожежа** — позарегламентний процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля»¹⁰.

Пожежі на автотранспорті не тільки небезпечні (як для фізичних, так і для юридичних осіб), а й завдають економічних збитків. Саме тому розуміння причин пожеж на автошляхах є першим кроком до убезпечення дорожнього руху. Уживаючи відповідних заходів, власники транспортних засобів можуть значно знизити ризик виникнення пожеж і захистити себе й решту учасників дорожнього руху, а в разі перебування автомобіля в нерухомому стані — зрозуміти, на які несправності слід звернути увагу. Пожежа в транспорті небезпечна й тим, що починається найчастіше в латентному режимі, а дізнаються про неї, коли вже відчутно запах гару та диму: поширення вогню тут відбувається в рази швидше, аніж у будівлях (2—3 хв).

Населення найчастіше купує вживані автомобілі, несправності в яких спричиняють експлуатацію в аварійно-

му режимі, що своєю чергою впливає на збільшення кількості ДТП і пожеж.

Відповідно до п. 7 Порядку обліку пожеж та їх наслідків¹¹ (далі — *Порядок*) документом, який засвідчує факт пожежі, є акт про пожежу за відповідною формою цього Порядку, який на місці пожежі складає уповноважена посадова особа ДСНС (не пізніше 24 год від моменту ліквідації пожежі або подання письмової заяви про пожежу; у двох примірниках, що мають однакову юридичну силу). В акті зазначають інформаційні дані, здобуті за результатами огляду місця пожежі й опитування власника (користувача) об'єкта пожежі або його представника, а також осіб, які є свідками деструктивної події.

Постановою від 10.12.2019 р. у справі № 559/1094/17 Верховний Суд дійшов висновку про те, що доказом дії обставин непереборної сили (пожежі) є належно оформлений акт про пожежу, а не довідка про такий факт. Отже, у разі відшкодування шкоди страховими організаціями власникові транспортного засобу слід звертати на це увагу¹².

Упродовж 2023 р. в Україні на транспортних засобах виникло 3613 пожеж (у 2022 р.— 3389 пожеж; +6,6 %), що становить 5,3 % від загальної кількості пожеж в Україні. Унаслідок цих пожеж загинула 41 людина (у 2022 р.— 22 людини; +86,36 %), що дорівнює 2,8 % загальної кількості загиблих в Україні. На згаданих пожежах зазнали травм 127 людей

10 ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять [Чинний від 01.07.2007]. Київ, 2007. 32 с. URL: https://antifire.ua/dbn/19-DSTU_2272_2006.pdf (дата звернення: 01.01.2025).

11 Порядок обліку пожеж та їх наслідків: затв. постанов. КМУ від 26.12.2003 р. № 2030 (зі змін. та допов.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2030-2003-%D0%BF#Text> (дата звернення: 07.01.2025).

12 Постанова Верховн. Суду від 10.12.2019 р. Справа № 559/1094/17. Адмін. провадж. № К/9901/35037/18. URL: <https://iplex360.com.ua/sud.php?doc=86274775> (дата звернення: 07.01.2025).

(у 2022 р.— 68 людей; +86,76 %). Пожежами знищено 2970 одиниць техніки¹³.

Аналіз статистичних даних свідчить про тенденцію до зростання випадків пожеж на автотранспорті. Хоча ці інциденти трапляються рідко порівняно із загальною кількістю транспортних засобів, їхні наслідки можуть бути руйнівними. Отже, дослідження, зосереджені на виявленні причин пожежі в автомобілях, залишаються важливими для розуміння пов'язаних із ними ризиків. Окрім того, такі дослідження мають вирішальне значення для вивчення способів потенційного зниження ймовірності виникнення пожежі й мінімізації її наслідків.

Причини пожеж, зумовлені наявністю джерел запалювання, можна розділити на зовнішні та внутрішні. Серед них слід зазначити: невиконання правил пожежної безпеки, технічні неполадки, неправильна експлуатація, конструктивні несправності, умисні підпали.

Варто зауважити, що пожежі з вільним часом розвитку понад 5 с становлять 39 % від загальної кількості пожеж на транспортних засобах (22 % загиблих), а 55 % пожеж із вільним часом розвитку понад 10 хв спричинили 71 % смертей, що свідчить про стрімкий розвиток пожеж на транспортних засобах і їхній небезпечний вплив. Пожежі на транспортних засобах виникають і швидко поширюються через конструктивно-технологічні особливості, наявність легкозаймистих та горючих рідин (пально-мастильних, охолоджувальних і гальмівних) і комплектування (штучної шкіри, пластмас, поролону, синтетичних речовин, тканин тощо), неякісний і/або неповний контроль за технічним станом, неправильні умови

експлуатації, давній строк виготовлення. Причина пожежі — це обставина, дія, процес, що безпосередньо спричиняє виникнення пожежі. Однією з найпоширеніших причин виникнення пожеж на транспортних засобах (згідно зі статистичними даними) є пожежонебезпечні режими роботи бортової електромережі (35 %). Оскільки бортові системи транспортних засобів із року в рік урізноманітнюються для підвищення комфорту й задоволення потреб водія, електричні мережі в цих автомобілях також розширюються та розвиваються, що, як наслідок, підвищує ризик виникнення пожежі через електричну систему.

Водночас, коли електрообладнання виходить з ладу і його аварійний режим роботи спричиняє пожежу, ізоляційний матеріал відіграє основну роль у запалюванні і/або підтриманні горіння. Найчастіше цей матеріал є горючим із середньою займистістю. Понад 24 % пожеж транспортних засобів виникають унаслідок розплавлення шлангів і патрубків із пожежонебезпечною речовиною під дією газів системи випуску вихлопних газів зі зруйнованого випускного колектора й подальшої взаємодії з горючою системою, потрапляння пального й інших експлуатаційних горючих рідин на нагріті поверхні двигуна або турбокомпресора, порушення герметичності арматури паливних і гідравлічних систем; 11 % стаються через підпали; у приблизно 32 % випадків причини пожежі не з'ясовано.

Найбільш небезпечними для пасажирів є пожежі, які виникають під час експлуатації АТЗ. Якщо пожежа виникла в моторному відсіку, продукти згоряння можуть потрапити всередину транспортного засобу та спричинити

13 Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2023 року. Київ, 2024. 39 с. URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/2/0/1/8/2/6/2/analychna-dovidka-pro-pojeji-122023.pdf> (дата звернення: 30.09.2024).

отруєння до того, як автомобіль зупиниться, а пасажирів вийдуть. Через пошкодження полум'ям компонентів гальмівної системи вона може вийти з ладу, що призведе до ДТП. Слід зауважити, що 68 % пожеж виникають у моторному відсіку, а 13 % — у салоні або кабіні транспортного засобу. Пожежі, які стаються під час ДТП, особливо небезпечні через тяжкі наслідки (опіки або загибель пасажирів). Травмування та блокування людей усередині АТЗ, а також деформування кузова внаслідок аварій ускладнюють процес гасіння вогню та оперативну евакуацію потерпілих. До того ж пошкоджені системи й агрегати автомобіля сприяють швидкому поширенню полум'я.

Основними причинами пожеж АТЗ у гаражах і на стоянках є недбале поводження з вогнем, недотримання вимог пожежної безпеки під час запуску двигуна, дефекти паливної системи та іскри від електрообладнання.

В автомобілях вузли й системи конструктивно суміщені, і їхні аварійні режими здатні спричинити пожежу. У сучасних транспортних засобах більш потужні й технологічно складні розгалужені електричні мережі, системи живлення. Розвинені паливні магістралі, нагрівання вузлів двигуна та його систем можуть призвести до надзвичайно високого теплового випромінювання, а за певного критичного значення там може виникнути пожежа.

Пожежна безпека відсіків АТЗ залежить від наявності в них пожежонебезпечних речовин і потенційних джерел запалювання¹⁴. Окисник, як відомо, присутній постійно, що загалом задо-

вольняє концепції утворення процесу горіння.

Оскільки окисники присутні практично в кожному відсіку й вузлі АТЗ, безпека пожежі залежить від того, які речовини вони містять, і від імовірності появи джерела займання достатньої потужності у цьому відсіку або вузлі, тобто від технологічності досліджуваного АТЗ.

За інших рівних умов більш високу пожежну безпеку мають відсіки з наявністю вогнебезпечних рідин і горючих газів, аніж відсіки, які містять тільки тверді горючі матеріали¹⁵.

Пожежо- або вибухонебезпечні речовини мають властивості сприяти виникненню та розвитку пожежі або вибуху.

Пожежонебезпека — це сукупна властивість матеріалів і речовин, що характеризують їхню здатність до виникнення й поширення горіння.

Усі матеріали й речовини у пожежному відношенні характеризуються показником горючості.

Горючість — це здатність матеріалів і речовин спалахувати під дією джерела запалювання та продовжувати горіти після його вилучення.

Пожежна безпека різних горючих речовин залежить від їх агрегатного стану, фізико-хімічних властивостей, конкретних умов зберігання та використання.

За ступенем пожежної безпеки речовини й матеріали, із яких виготовлено АТЗ і які їх складають, можна об'єднати в такі групи:

- 1) легкозаймисті — речовини (матеріали, суміші), здатні займатися

14 ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення [Чинний від 01.01.2020]. Київ, 2020. 87 с. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_8828_2019.pdf (дата звернення: 01.01.2025).

15 Бажинов О. В., Кравцов М. М. Небезпека транспортних засобів: монографія. Харків, 2022. 160 с. URL: <http://surl.li/arqlkp> (дата звернення: 01.01.2025).

від короткочасної дії джерела запалювання з низькою енергією іскри;

- 2) горючі — речовини, здатні до самостійного горіння після видалення джерела запалювання;
- 3) важкогорючі — речовини, здатні горіти тільки під дією джерела запалювання (наприклад, в умовах пожежі), але не здатні до самостійного горіння;
- 4) негорючі — речовини, які не здатні горіти.

Цей поділ є умовним і залежить від багатьох обставин.

Отже, чинниками пожежонебезпеки відсіків АТЗ загалом можна вважати:

- використання горючих речовин і матеріалів;
- утворення у відсіку, усередині систем і пристроїв пожежонебезпечного середовища;
- появу в пожежонебезпечному середовищі джерела запалювання;
- виникнення умов, сприятливих для розвитку горіння та поширення пожежі.

Під пожежним навантаженням розуміють вузли й агрегати, що перебувають у складі АТЗ, усі речовини й матеріали конструкції, а також використовувані в його системах матеріали (речовини), які здатні горіти. Пожежне навантаження характеризується масою, типом і складом горючих матеріалів, а також кількістю тепла, що виділяється під час його згоряння на одиниці площі поверхні. Розподілення пожежного навантаження також суттєво впливає на особливості розвитку пожежі. Пожежна небезпека цих матеріалів характеризується їхньою здатністю спалахувати, утворювати пожежонебезпечні концен-

трації, вибухати та горіти (від джерела запалювання, у разі взаємодії з іншими речовинами й окисниками)¹⁶.

Майже все горюче навантаження міститься всередині АТЗ (зріджений газ, пально-мастильні матеріали й експлуатаційні рідини, оздоблення салону, сидіння, ізоляція електромережі, полімерні ємності для рідин), а в гібридних АТЗ та електромобілях — тягова акумуляторна батарея.

Горючі матеріали також є складовою коліс, деталей декоративного оздоблення (виготовлених із полімерних матеріалів) і лакофарбового покриття (далі — ЛФП), якість виготовлення яких залежить від сучасності застосованих технологій.

Пожежне навантаження, що містить різні комбінації горючих матеріалів різної природи, розраховують за наведеною далі формулою, де її чисельну величину Q виражено в мегаджоулях:

$$G = \sum_{i=1}^n G_i Q_i,$$

де: n — кількість горючих і легкозаймистих компонентів у машині;

Q_i — нижча теплота згоряння i -го матеріалу (МДж/кг);

G_i — маса i -го матеріалу (кг).

Наприклад, сучасний вантажний автомобіль у середньому містить 120–450 кг гумотехнічних виробів, 120–200 кг дизельного пального, 50–70 кг моторної та трансмісійної оливи, 4–6 кг пінополіуретану, 1,8–2,9 кг поліетилену, 2,6–3,8 кг поліхлорвінілу, 2,5–3,4 кг картону, 9–10 кг штучної шкіри. Теплота згоряння дизельного пального

16 Пожежна безпека автомобіля / Навч.-метод. центр цивільн. захисту та безпеки життєдіяльн. Закарпат. обл. : офіц. сайт. 18.11.2021. URL: <https://nmc.dsns.gov.ua/zk/news/ostanni-novini/494> (дата звернення: 07.01.2025).

становить 43,59 МДж/кг, моторної та трансмісійної оливи — 41–42 МДж/кг, гумотехнічних виробів — 32–34 МДж/кг, пінополіуретану — 24,3 МДж/кг, поліетилену — 47,14 МДж/кг, поліхлорвінілу — 14,31 МДж/кг, картону — 13–14 МДж/кг, штучної шкіри — 17–18 МДж/кг. Отже, пожежне навантаження вантажного автомобіля перебуває в межах 10 300–14 500 МДж. Сучасні автомобілі під час згоряння мають вищі швидкості виділення теплоти порівняно з раніше виробленими, що пов'язано зі збільшенням застосування полімерних матеріалів.

В електричних системах до пожежного навантаження належать ізоляція струмопровідних жил електропроводів, корпуси й радіодеталі електронних вузлів. Для ізоляції використовують поліетилен, полівінілхлоридний пластик і гуму. Електронні плати зазвичай виготовляють із паперово-шаруватого пластику або склопластику. У конструкції корпусів і деяких радіодеталей застосовують пластичні маси, компаунди, просочений папір, ЛФП та інші подібні матеріали.

У паливній системі до горючого середовища належать гнучкі паливоди та саме пальне, яким можуть бути дизель, газ або бензин.

Через те, що паливна система ізолювана від зовнішнього середовища, виникнення пожежонебезпечного середовища в моторному відсіку можливе лише в разі порушення герметичності. Проведений аналіз причин виникнення пожеж в АТЗ свідчить, що місця розгерметизації, механізм цього процесу та його причини можуть різнитися і зазвичай залежать від конструктивних характеристик транспортного засобу, якості виготовлення й установки деталей, умов експлуатації й рівня технічного обслуговування.

Горіння пального відбувається в паровій або газовій фазах (наприклад, дизельне пальне або бензин / газ) і характеризується концентраційними й температурними межами поширення полум'я. Пожежонебезпечні концентрації можуть утворюватися в нішах двигуна та відсіках АТЗ, переважно в моторному.

Окрім пального, застосовують також інші горючі рідини, поміж яких моторні та трансмісійні оливи, охолоджувальні та гальмівні рідини тощо.

У кабіні АТЗ основне горюче навантаження становлять деталі внутрішнього оздоблення, зокрема панель приладів, сидіння, оббивка стелі, підлоги, дверей тощо й ізоляція електропроводів. Більшість цих деталей виготовлено з горючих полімерних матеріалів.

У моторному відсіку горюче навантаження становлять матеріали оздоблення, ємності із запасом експлуатаційних рідин — олива у двигуні, охолоджувальна рідина. У багажнику або під ним — бак із паливом, балон зі зрідженим газом¹⁷.

Визначення джерела запалювання та причин займання транспортного засобу є складним завданням, яке потребує глибокого розуміння складу та характеристик як конструкційних матеріалів, із яких вироблено транспортний засіб, так і пально-мастильних речовин, необхідних для його функціонування. Під час визначення причин пожежі необхідно зважати на температури займання, спалаху та плавлення всіх матеріалів, застосованих в автомобілебудуванні. Пожежі на АТЗ мають суттєві відмінності від тих, що виникають у житлових будівлях. Полум'я в автомобілі поширюється дуже швидко: зазвичай протягом перших 15 хв він зазнає значних пошкоджень або цілковитого знищення.

17 Гаврилюк А. Ф. Пожежна небезпека ... URL: <http://surl.li/xddyyp> (дата звернення: 01.01.2025).

Основними джерелами запалювання, від яких виникають пожежі автомобілів, можна назвати теплові імпульси електричної природи, зокрема іскри (унаслідок короткого замикання або інших аварійних режимів у внутрішній електричній мережі); фрикційні іскри (що виникли через ДТП, технічну несправність); тертя поверхні (гальмівної системи, зчеплення), поверхні системи випуску відпрацьованих газів, нагрітих вище за температуру запалювання парів легкозаймистих (далі — ЛЗР) і горючих рідин (далі — ГР) та горючих матеріалів; відкритий вогонь (унаслідок проведення ремонтних робіт, підпалу, вибуху тощо).

Причини виникнення пожеж на АТЗ:

- під час експлуатації — несправності у паливній та електричній системах. Рідше займання трапляється через потрапляння горючих сумішей, спричинене розгерметизацією паливної або гідравлічної систем, на елементи випускної системи відпрацьованих газів або через вибух газового балона;
- під час проведення ремонтних робіт — необережне поводження з вогнем, недотримання правил пожежної безпеки в технологічних процесах, а також під час виконання зварювальних робіт. Ситуацію ускладнює недостатнє знання конструктивних особливостей автомобіля особами, які здійснюють ремонт;
- на стоянках або в гаражах — необережне поводження з вогнем, недотримання правил пожежної безпеки під час запуску двигуна, а також неправильна експлуатація теплогенеруючого обладнання або електропристроїв;
- окрему категорію становлять пожежі, спричинені умисними під-

палами. У таких випадках джерело відкритого вогню зазвичай утворюється через використання легкозаймистих або горючих рідин. До характерних ознак підпалу належать знайдення автомобіля на стоянці з вимкненим двигуном і відключеним електрообладнанням, а також розташування осередку загоряння всередині салону, у моторному відсіку або зовні транспортного засобу внаслідок ДТП або вибуху боєприпасу.

Їх також можна об'єднати у дві основні групи: навмисні й ненавмисні.

Навмисні пожежі здебільшого пов'язані з шахрайством зі страховими виплатами, помстою або реалізацією інших злочинних задумів (навмисне внесення джерела відкритого вогню або застосування спеціальних пристроїв). Найчастіше такі інциденти стаються вночі (приблизно між 02:30 і 04:00), коли кількість потенційних очевидців мінімальна, а перші ознаки пожежі виявляють не одразу. Це спричиняє неконтрольоване поширення полум'я, що призводить до більш масштабних пожеж із більш серйозними наслідками.

Якщо пожежу в автомобілі вдалося загасити максимально швидко, існує значна ймовірність визначити причину виникнення загоряння, а також виявити залишки горючих або легкозаймистих речовин чи інших матеріалів, використаних як ініціатори горіння. Особливо це стосується випадків, коли пожежі виникають у межах міста, де загоряння зазвичай помічають і гасять на початковому етапі, що допомагає зберегти докази, необхідні для з'ясування причин інциденту. Такі пожежі найчастіше пов'язані із впливом сторонніх джерел запалювання. Підпали транспортних засобів також нерідко здійснюють з метою приховати інші

злочини. Ознаки підпалу: пошкодження вогнем верхніх і нижніх частин патрубків радіатора й обігрівача, а також ремня приводу вентилятора, що зазвичай свідчить про застосування ініціаторів горіння. Додатковим підтвердженням

умисного підпалу є обгоряння передніх гумових опор двигуна. На підставі власної експертної практики ми систематизували ознаки підпалів із застосуванням акселерантів і випадки, спричинені технічними несправностями (див. табл.).

**Диференційні ознаки підпалу із застосуванням ЛЗР / ГР
 або внаслідок технічної несправності, пов'язаної з витоком ЛЗР / ГР**

Ознака	Підпал із застосуванням ЛЗР	Технічна несправність (витік ЛЗР / ГР)
Осередок пожежі зовні автомобіля	+	–
Осередок пожежі поза зоною знаходження «штатних» потенційних джерел запалювання	+	–
Осередок пожежі всередині салону	+	–
Стратифікація розливу типу «підпал»	+	–
Стратифікація розливу типу «не підпал»	–	+
Локалізація осередкових ознак у місцях можливої розгерметизації систем ГР	–	+
Наявність залишків запалювальних пристроїв	+	–
Морфологічні ознаки механічного руйнування скла	+	–
Морфологічні ознаки довільного роз'єднання трубопроводів з ЛЗР і ГР	–	+
Загоряння під час руху або одразу після зупинки (за гарячого випускного тракту)	–	+
Розбіжність ідентифікаційних ознак виявленої рідини зі «штатними» рідинами автомобіля	+	–

Експертна практика свідчить, що використання ЛЗР і ГР на місці пожежі залишає характерні візуальні ознаки. Це пов'язано з особливостями горіння таких речовин, яке є гомогенним, дифузійним і відбувається в умовах турбулентного режиму. Пара, яка виділяється з поверхні ЛЗР і ГР, змішується з навколишнім газовим середовищем завдяки механізмам конвективної та молекулярної дифузії, формуючи пароповітряну суміш, відому як горюча система. Температура полум'я в такому разі сягає 1200–1350 °С. Ці особливості горіння зумовлюють виникнення специфічних ознак термічних пошкоджень на місці пожежі.

До зовнішніх ознак використання ЛЗР і ГР під час пожеж на АТЗ належать характерні сліди у вигляді вигорілих плям, які за формою нагадують калюжі розливої рідини. Такі плями можна виявити на поверхнях із пластику або на ЛФП металевих елементів. Вони зазвичай мають ляпкоподібну форму з чіткою межею між обвугленою ділянкою та необгорілою частиною матеріалу. Найчастіше ці сліди зберігаються в місцях, де температура під час пожежі впливала на поверхню доволі недовго.

ЛЗР і ГР, які швидко випаровуються (бензини, сірковий ефір, гексан, ацетон тощо), найчастіше не залишають плям на поверхнях без ЛФП (під час горіння

парів ЛЗР і ГР температура поверхні не досягає рівня, який спричиняє помітні термічні пошкодження). У випадку важких рідин (таких, як гас або дизельне паливо) плями утворюються обов'язково. Окрім того, аналогічні сліди можуть залишатися після згоряння мастил, бітуму або розплавлених полімерів. Спінені полімери зазвичай горять дуже інтенсивно й інколи зовсім не залишають звуглених залишків. Проте найчастіше наявність таких залишків свідчить про те, що у цьому місці горів полімерний або інший матеріал, а не ЛЗР або ГР. Наприклад, після згоряння пінополіуретану залишається лише калюжа рідких продуктів його деполімеризації. Варто також зауважити, що термопластичні полімери можуть розплавлятися та стікати, а місця їх вигорання зазвичай мають ляпкоподібну форму, схожу на ту, що виникає під час згоряння ЛЗР і ГР.

Аналізуючи термічні ознаки на місці пожежі, які свідчать про використання легкозаймистих і горючих речовин як інтенсифікаторів горіння, необхідно зважати на таке:

- характеристики матеріалів у зоні пожежі є доказом того, що для запалювання речовин і матеріалів пожежного навантаження може знадобитися тривале застосування потужного джерела запалювання або легкозаймистих і горючих рідин. Це може бути також свідченням фактичного застосування таких рідин. До цієї групи показників належить і ситуація, коли масштаби наслідків від пожежі виявляються непропорційними до малої кількості пожежного навантаження або низької швидкості тепловіддачі під час горіння;
- місце виникнення, особливості початкового етапу пожежі та стрімка динаміка її розвитку мо-

жуть свідчити про застосування легкозаймистих і горючих речовин. Це стосується випадків, коли в осередку пожежі відсутні потужні джерела запалювання, а швидкий розвиток вогню був би неможливим без штучного ініціювання із застосуванням таких речовин. Раптове, не обґрунтоване іншими чинниками поширення полум'я, також може означати застосування інтенсифікаторів горіння. Особливо коли загоряння супроводжується «хлопами» (характерними гучними звуками, схожими на слабкий вибух) і від самого початку має інтенсивний характер, це є очевидною ознакою застосування ЛЗР або ГР. Водночас необхідно пам'ятати, що наявність цих речовин у місці пожежі не можна пояснити технологічними умовами або витоком пального;

- відсутність осередкових ознак у слідах термічного впливу на об'єкті пожежі спостерігається, коли немає чітко визначених місць виникнення горіння. Така ситуація найчастіше виникає за умов швидкого розвитку пожежі, що характерно для застосування ЛЗР і ГР як підсилювачів горіння. Зокрема, пролив таких речовин на значній площі часто заважає формуванню осередкових ознак. Однак під час аналізу цієї ознаки важливо пам'ятати, що швидкий розвиток пожежі здатні зумовити також інші чинники (інтенсивний газообмін, спричинений постійним припливом кисню в зону горіння; наявність потужного джерела запалювання та пожежо-небезпечні властивості матеріалів). Окрім того, згладжування або повне зникнення осередкових

ознак нерідко спостерігають у разі значного масштабу горіння, припиненого без залучення підрозділів ДСНС для гасіння пожежі;

- наявність характерного запаху, який відчували на місці пожежі свідки або працівники ДСНС під час гасіння.

У разі застосування ЛЗР і ГР для підпалювання АТЗ рідина поширюється всією площею проливу, що призводить до утворення значної зони горіння. Характерна ознака використання ЛЗР і ГР — поверхнєве горіння на кузові АТЗ, яке має великі розміри й відповідну форму. У разі швидкої ліквідації пожежі, коли ЛФП не встигає цілком згоріти, на передніх крилах можуть залишатися характерні сліди від розтікання рідини у вигляді ділянок вигорання покриття. У разі проливу ЛЗР і ГР на капот АТЗ виникають специфічні ділянки локального або нерівномірного вигорання ЛФП. Краї таких зон зазвичай мають хвилеподібну форму. Сліди від проливу можуть виглядати як одна велика ділянка або як кілька менших, розділених фрагментами невиворілого покриття. Основна кількість пролитої рідини стікає дренажними каналами (зокрема, на ґрунт позаду передніх коліс автомобіля). У цих зонах часто спостерігають характерні термічні пошкодження кузова. Найбільші пошкодження зазвичай локалізовані у районі дренажного каналу, куди потрапило більше рідини. Аналізуючи розташування та форму плям, які залишила рідина на поверхні кузова, можна орієнтовно визначити місце початкового проливу. Важливо зважати на характер і інтенсивність горіння в місцях дренажних отворів, у прилеглих до них зонах, а також там, де могла накопичитися рідина. Ці особливості допоможуть з'ясувати обставини та механізм підпалу АТЗ.

Більшість ненавмисних пожеж виникає в моторному відсіку АТЗ (це стосується як легкових автомобілів, так і вантажівок та іншої техніки).

Аналіз причин виникнення пожеж в АТЗ свідчить про їхню швидкоплинність. Це обумовлено використанням значної кількості легкозаймистих матеріалів як під час виробництва, так і в процесі експлуатації транспортних засобів. До них належать моторне паливо (бензин, дизель, зріджений газ), мастильні засоби (різні види олив), гумово-технічні матеріали (ущільнювачі, шини, килимки тощо), а також облицювальні, оббивні й ізоляційні матеріали (наприклад, органічне скло, полістирол, пінополіуретан, поліетилен, вініл-шкіра, паперово-шаруватий пластик тощо). Значна частина цих матеріалів характеризується високою температурою горіння та швидким поширенням полум'я.

Зважаючи на конструктивні особливості автомобілів, можна прогнозувати джерело загорання, тобто визначити ймовірну причину займання моторної оливи, матеріалів конструкції й оздоблення.

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 пального бака або паливопроводів.

Займання парогазової суміші може статися через іскру статичної електрики під час переливання пального або заправки, особливо з паливозаправника. Розгерметизація паливної системи

внаслідок ДТП теж може призвести до займання пального від іскор механічного походження, які виникають унаслідок удару. Можливе також займання парогазової паливної суміші від відкритого джерела вогню, навіть малокалорійного, наприклад, полум'я сірника або непогашеної цигарки.

Для займання горючих конструкційних і оздоблювальних матеріалів, які застосовують в автомобілебудуванні, потрібні доволі високі температури й тепла енергія.

Джерелами займання можуть стати електричні провідники, які перегріваються через струми перевантаження або короткого замикання, тепловий вплив електричної дуги під час коротких замикань, гарячі вихлопні гази в разі порушення герметичності вихлопної системи в зоні горючих матеріалів, перегріті елементи обігрівачів або занесене джерело відкритого вогню. Паливна система й електрообладнання АТЗ є основними джерелами підвищеної пожежної небезпеки. Найвищий температурний режим у моторному відсіку спостерігають у зоні випускного тракту, від колектора до вихлопної труби глушника. У двигуні внутрішнього згоряння температура відпрацьованих газів уздовж випускного тракту сягає 800–830 °С, тоді як температура зовнішніх поверхонь випускного тракту трохи нижча та становить 710–770 °С. Додатковим чинником, що підвищує ризик розвитку пожежі, є висока насиченість АТЗ легкозаймистими матеріалами. Окрім того, відсутність конструктивних бар'єрів між важливими частинами автомобіля, наприклад між моторним відсіком і салоном або між ним і багажним відділенням, сприяє швидкому поширенню горіння. Під час аналізу причини займання варто зважати також на те, що процес загоряння може значно

прискоритися через миттєве поширення полум'я шаром розлитого пального. Це може статися в разі порушення герметичності паливної системи, що дає змогу пальному швидко охопити великі ділянки поверхні автомобіля.

Багато пожеж у легкових і вантажних автомобілях спричиняє витік антифризу, який потрапляє на розпечені поверхні двигуна, що особливо актуально для старіших автівок. Сценарій виникнення такої пожежі зазвичай є таким: водій помічає підвищення температури двигуна або пару, що виходить із моторного відсіку. Після зупинки автомобіля починається займання двигуна. Основна причина загоряння полягає в особливостях складу і властивостях антифризу (охладжувальної рідини — суміші етиленгліколю та води у співвідношенні 50/50). Етиленгліколь має температуру самозаймання 380 °С, а температура займання його парів у повітрі дорівнює 112 °С. Діапазон концентрацій парів, за якого можливе поширення полум'я, становить від 3,2 до 15,3 %. Відомо також, що елементи двигуна, який працює (колектор у бензинових моделях або турбокомпресор у дизельних), здатні прогріватися до температур, значно вищих за точку самозаймання етиленгліколю. У разі витіку антифризу на такі поверхні водний компонент випаровується, залишаючи чистий етиленгліколь. Ця речовина швидко нагрівається до температури спалаху (116 °С), створюючи умови для займання. Спалах може статися через появу іскри від електричних компонентів двигуна в об'ємі простору, насиченого парами етиленгліколю. Якщо іскра відсутня, займання все одно можливе за безпосереднього контакту етиленгліколю з розпеченим колектором або турбокомпресором. Такі інциденти найчастіше трапляються під час роботи двигуна.

Пожежі, спричинені займанням пального, найчастіше виникають унаслідок різноманітних несправностей у з'єднаннях паливної апаратури. Температура samozаймання бензину варіюється від 255 до 370 °C, тоді як температура електричної іскри перевищує 2000 °C, що забезпечує моментальне займання випарів бензину. Під час визначення причин виникнення пожеж важливо звертати увагу на виявлення негерметичних ділянок у металевих трубопроводах паливної системи. У разі використання магістралей із полімерних матеріалів визначити місця витіку складніше (через повне згоряння цих елементів). Окремо маємо зауважити, що потрапляння пального на гарячі частини двигуна або турбокомпресора також може спричинити займання. У разі витіку пального під автомобіль та його займання характерним є серйозне пошкодження задньої частини автомобіля, зокрема спалахування задніх шин, а також наявність слідів горіння на землі. Ще однією причиною аварійного режиму роботи паливної системи є порушення правил експлуатації АТЗ, наприклад, використання неякісного бензину, відхилення від технологічних норм і графіка обслуговування, механічні пошкодження або ненадійні з'єднання. Несправності паливної системи можна визначити за непрямыми ознаками, які передують пожежі та які виявляють під час опитування власника АТЗ або свідків події (перебої в роботі двигуна: труднощі зі стартом, нестабільна робота на холостому ходу, зниження потужності, а також звуки на кшталт «хлопів»). Поміж інших показників — підвищена витрата пального, запах бензину в салоні автомобіля або поблизу нього та сліди підтікання пального, що свідчать про негерметичність системи.

За аналогічним механізмом виникають пожежі через витік моторної оливи

й потрапляння її на гарячу поверхню колектора. Олива samozаймається за температури 450 °C.

Визначення причин виникнення пожеж, спричинених перетворенням електричної енергії на теплову, є складним завданням, що обумовлено великою кількістю провідників, згрупованих у джгутах. У таких випадках дроти можуть сплавитися між собою або стати крихкими через значний вплив високих температур. Особливу пожежну небезпеку становлять провідники й елементи силового електрообладнання, які не мають захисту запобіжниками, зокрема генератор, силові дроти до нього, тягове реле стартера та блок запобіжників бортової системи живлення. Коротке замикання в бортовій мережі АТЗ часто виникає через пошкодження ізоляції, що призводить до її тертя об гострі частини конструкції внаслідок вібрації дротів під час руху автомобіля. Одна з ознак короткого замикання — розряджений акумулятор: його відсутність на автомобілі виключає можливість виникнення займання через коротке замикання. Однак така ситуація не завжди свідчить про те, що пожежу спричинило саме коротке замикання. Під час огляду електропроводки автомобіля варто пам'ятати, що під час короткого замикання провідники розплавляються, формуючи об'ємні згустки металу. Водночас дроти, що згоріли від впливу полум'я, мають характерне загострення. Визначаючи місце короткого замикання для з'ясування причин пожежі, важливо пам'ятати, що слабке полум'я, яке виникає під час такої події, має перебувати поблизу горючого матеріалу, щоб забезпечити подальше поширення вогню. За зовнішнім станом проводів (включно з їхньою ізоляцією) можна орієнтовно визначити максимальну температуру нагрівання під час пожежі, що допоможе докладніше зрозуміти механізм її розвитку (рис. 1).



Рис. 1. Зовнішній вигляд мідних багатожильних провідників зі слідами термічного впливу за різних температур

Останнім часом актуальними причинами пожежі є вибухи боеприпасів унаслідок бойових дій російської федерації. Під час вибуху потенційна енергія перетворюється на кінетичну й теплову, що трансформується, зокрема, у відкрите полум'я. Окрім того, кількість тепла, яка вивільняється під час таких вибухів, сягає від 1 до 6 МДж, а температура детонаційного горіння — кількох тисяч градусів Цельсія, що своєю чергою значно перевищує показник мінімальної енергії для займання наявних горючих матеріалів в АТЗ. Під час вибуху боеприпасів виникають теплові імпульси різних джерел запалювання, які спроможні зайняти горючий матеріал АТЗ у зоні влучання боеприпасів або по-

ряд з нею в межах впливу небезпечних чинників вибуху. До таких груп джерел запалювання належать, зокрема, тепло, отримане від більше розігрітого або розжареного тіла, і нештатне джерело запалювання (відкрите полум'я).

В електромобілі (гібридному автомобілі) значну пожежну небезпеку становить тягова акумуляторна батарея¹⁸, оснащена літій-іонними елементами, які мають певну схильність до ризиків: вибухонебезпечність, чутливість до перерозряду та перезаряду. Повна розрядка є надзвичайно небезпечною, оскільки вона може безповоротно вивести акумулятор з ладу. Спроба зарядити повністю розряджений акумулятор здатна спричинити вибух. Окрім

18 Lee E.-P. Analysis of Car Fire Cases Related to a Lithium Battery and Cause Investigation Technique. *Fire Science and Engineering*. 2019. Vol. 33. No. 2. Pp. 98–106. DOI: 10.7731/KIFSE.2019.33.2.098 (дата звернення: 01.01.2025).

того, такі батареї дуже чутливі до механічних пошкоджень, перегріву й неправильного використання зарядних пристроїв. Перезаряд, який фактично є перевантаженням акумулятора струмом, значно підвищує ризики: зниження ємності, пошкодження батареї або навіть її втрату. Хоча в разі досягнення повного заряду створюваний зворотний струм зазвичай компенсує зарядний потік, недорогі зарядні пристрої здатні демонструвати іншу картину. На практиці використання дешевих китайських або вітчизняних зарядних апаратів часто призводить до швидкого зношування акумуляторів. До того ж вони можуть сильно нагріватися, що спричиняє хімічні реакції з виділенням водню, який здатен спровокувати вибух. Щодо АТЗ із гібридною або електричною силовою установкою, там акумулятори розташовано ближче до днища для підвищення маневреності автомобіля. Однак у разі наїзду на великі предмети або потрапляння під колеса гострого сміття, батарея може зазнати значних пошкоджень, що нерідко призводить до моментального загоряння АТЗ. Літієві акумулятори зрідка схильні до вибухового самозаймання. Інтенсивність горіння цих акумуляторів здатна завдати тяжких наслідків. Характеристики літію (Li): горючий сріблясто-білий м'який метал; атомна маса 6,94; густина 534 кг/м³; температура плавлення 179 °C; температура кипіння 1372 °C; питома теплота згоряння 43 221 кДж/кг; коефіцієнт теплопровідності 71,2 Вт/(м×K); у разі нагрівання на повітрі запалюється; температура горіння ≈1300 °C; температура самозаймання в повітрі 180–200 °C; енергійно розкладає воду; у хлорі, парах броду та йоду запалюється; горить у діоксиді вуглецю; реакція з азотом починається за кімнатної температури, а в разі перекалювання реакція з азотом протікає із

займанням; у концентрованій азотній кислоті плавиться і загоряється; зберігати в герметичних ємностях з нейтральним середовищем (аргон), не допускати контакту з повітрям і водою; у розплавленому стані спричиняє руйнування зварних швів, інтенсивно, із розбризкуванням реагує з будівельними й теплоізоляційними матеріалами (склотканиною, азбестом, бетоном тощо); засоби гасіння — спеціальні порошки.

Динаміка загоряння АТЗ залежить від місця його виникнення, наприклад, моторний або багажний відсіки, салон, паливна система тощо. Згідно з наявними даними, у разі займання в моторному відсіку легкового автомобіля, розміщеного на стоянці, полум'я проникає в салон за 8–10 хв. Повне охоплення салону вогнем настає ще за 1–2 хв. Далі загоряння охоплює весь автомобіль, порушуючи герметичність паливної системи, що призводить до займання пального, яке витікає. У разі займання в салоні з відкритими вікнами, коли джерело полум'я розташоване на задньому сидінні, скло руйнується приблизно впродовж 6 хв. Повне загоряння салону разом із моторним і багажним відсіками завершується за 30 хв; 45 хв тому спостерігається тільки безполуменеве тління елементів (сидінь, шин та оздоблювальних матеріалів). Особливо загрозливим є самозаймання літієвого акумулятора, яке практично неможливо загасити звичайними методами. Під час термічного розгону несправного або пошкодженого акумулятора виділяється не лише збережена електрична енергія: спеціальні хімічні реакції продукують додаткову енергію для саморозігріву, кисень і горючі гази. Завдяки цьому акумулятор може горіти без доступу повітря, що робить методи ізоляції від кисню неефективними. До того ж металевий літій активно реагує з водою, утворюючи го-

рющий газ водень. Отже, вода для гасіння ефективна лише в разі, коли маса літєвого електрода є незначною. Загалом гасіння літєвих акумуляторів результативне лише певною мірою. Основною метою залишається зниження температури акумулятора та запобігання поширенню пожежі. Особливості такого загоряння здатні цілком знищити АТЗ за кілька хвилин. Гасіння літєвого акумулятора ефективно спеціальними вогнегасниками (рис. 2) або аргоном.



Рис. 2. Спеціальні вогнегасники для Li-Ion акумуляторів

Згідно з науковими даними ¹⁹ для виникнення горіння потрібна взаємодія трьох матеріальних об'єктів: джерела запалювання, горючого середовища (речовини) та окисника. У звичайних умовах горіння окисником є кисень повітря у властивій повітрю концентрації. Відповідь на питання про причину виникнення пожежі полягає у визначенні природи взаємодії цих трьох об'єктів. Для підтримання процесу горіння необхідне дотримання певних умов: наявність горючої речовини з відповідними характеристиками (вологість, температура), достатня кількість окисника (кис-

ню або інших хімічних речовин, що сприяють окисленню), а також джерело запалювання з достатнім енергетичним потенціалом (іскра, полум'я або нагрітий до високої температури предмет). У з'ясуванні причин виникнення пожежі першорядним є визначення її початкового осередку.

У ДСТУ 2272:2006 зазначено: «Первинне вогнище пожежі — це місце виникнення пожежі» ²⁰. Первинне вогнище пожежі визначають на основі аналізу стану конструктивних елементів, вузлів, предметів і матеріалів після впливу полум'я, з урахуванням ступеня їх термічних пошкоджень. Водночас зважають на фізичні закономірності перебігу теплових процесів у зоні горіння та можливі шляхи поширення вогню в конкретних умовах. Унаслідок дії високих температур речовини й матеріали, з яких виготовлено АТЗ або технічну складову, що потрапили в зону пожежі, зазнають різноманітних змін. Ці зміни виявляються у зміні фізичних і механічних властивостей матеріалів, деформаціях, частковому руйнуванні або цілковитому вигоранні. Виявлені сліди термічного впливу зберігаються на матеріальних носіях інформації: їх передають для експертного аналізу, вони також залишаються безпосередньо на об'єкті події, що потребує докладного вивчення.

Вогнище пожежі визначають після огляду об'єкта дослідження ²¹. Перед проведенням огляду необхідно з'ясувати, чи перебував АТЗ на момент виникнення пожежі в русі, на стоянці, у зоні ремонту й обслуговування або гаражі. Відповіді на ці запитання дадуть змогу надалі висунути версії про можливу

19 Степаненко С. Г., Білкун Д. Г., Яник Я. М., Тимощук Ю. Т. Дослідження пожеж : довідк.-метод. посіб. Київ, 1999. 224 с.

20 ДСТУ 2272:2006. URL: https://antifire.ua/dbn/19-DSTU_2272_2006.pdf (дата звернення: 01.01.2025).

21 Пракшин Ю. К., Зернов С. И. Методика осмотра места пожара. Киев, 1988. 168 с.

причину виникнення пожежі. Під час огляду розрізняють дві зони: територію, прилеглу до місця пожежі, та зону горіння. Необхідно ретельно оглянути місцевість, звернути увагу на підозрілі предмети (каністри, пляшки, у яких

могли перебувати легкозаймисті й горючі рідини, інші засоби підпалу), сліди, які могли залишити особи, причетні до виникнення пожежі, і вжити заходів для збереження, фіксування й вилучення таких слідів (рис. 3 та 4).



Рис. 3, 4. Зображення слідів вигорання рідини та рукавичка із фрагментами скління автомобіля

З експертної практики відомо, що найчастіше застосовують три основні способи підпалу. *Перший спосіб* передбачає розбиття одного з вікон важким предметом і закидання всередину заздалегідь підготовленої ємності (об'ємом приблизно 0,5–5 л), наповненої акселерантом, разом із джерелом займання (наприклад, зв'язкою сірників, мисливським сірником або запаленою тканиною). У цьому разі всередині АТЗ може залишитися об'єкт, яким розбили скління. *Другий спосіб* передбачає обливання зовнішніх поверхонь автомобіля, зокрема скла, кузова та коліс, рідиною — інтенсифікатором горіння (далі — ІГ). Найчастіше мішенню стають лобове скло, капот і передні колеса. Іноді для спричинення займання використовують шматки тканини, просочені ІГ, які закладають під колеса. *Третій спосіб* полягає у відкритті горловини паливного бака, куди встав-

ляють тканину, змочену ІГ. Решту тканини залишають зовні та підпалюють. Для таких підпалів характерне виникнення локальних зон термічного ураження. Зокрема, може спостерігатися локальне прогорання автомобільних шин і ЛФП капота (рис. 5 і 6).

Якщо легкозаймисті рідини вносять до салону, вони осідають або на подушках сидінь, або на підлозі й гумових килимках, де їх залишки можна виявити після пожежі. Зовнішній підпал АТЗ зазвичай здійснюють шляхом розливу прискорювача горіння на вітрове скло. Особливості розтікання рідини й візуальні ознаки її присутності ми розглядали раніше.

Під час огляду зони горіння визначають передбачуваний осередок пожежі та шляхи поширення вогню²².

На цьому етапі фіксують сліди термічного впливу на зовнішніх поверхнях

22 Кріса І. Я., Михайлов Ю. М., Белан С. В., Штангей Г. В., Єременко В. П. Методи визначення осередку пожежі : навч. посіб. / за заг. ред. П. Ф. Борисова. Харків, 2005. 215 с.



Рис. 5, 6. Відображення локальних слідів поверхневого вигорання рідини

АТЗ. Особливу увагу звертають на пошкодження ЛФП, елементів скління, бамперів, фар, ліхтарів, коліс тощо. Далі переходять до огляду салону, зокрема джгутів провідників у зоні приладової панелі. Провідники зі слідами оплавлення вилучають із дотриманням усіх процесуальних норм. На пакуванні необхідно зазначити точне місце вилучення елемента, а до протоколу огляду долучити пояснювальну схему. У процесі огляду багажного відділення визначають ступінь термічного впливу на розташовані там предмети. Під час огляду моторного відсіку фіксують пошкодження вузлів і агрегатів у підкапотному просторі. Особливу увагу слід приділити таким елементам, як карбюратори, інжектори, паливні насоси та паливопроводи, система випуску відпрацьованих газів, електрообладнання та джгути електропроводки. За потреби ці компоненти вилучають для подальшого дослідження. Окрім того, необхідно зафіксувати наявність акумуляторної батареї та вимикача «маси» (за наявності), а також визначити, чи перебувало електрообладнання АТЗ під напругою на момент дії термічного впливу.

Одним із ключових способів визначення осередку виникнення пожежі є аналіз непрямих ознак несправностей паливної системи АТЗ (під час опитування свідків): порушення в роботі системи впорскування, а також дефекти інших її

конструктивних елементів, поміж яких: зниження ефективності роботи паливного насоса (неможливість створення робочого тиску); засмічення паливного фільтра; блокування або деформування зливного паливопроводу; порушення герметичності системи; механічні пошкодження.

Під час пожежі надзвичайно важливо зважати на напрямок вітру, оскільки сильний вітер може суттєво вплинути на характер руйнувань: якщо вітер дме з боку задньої частини АТЗ, то передня частина зазвичай зазнає більш значних пошкоджень від вогню; якщо вітер спрямований із боку передньої частини, основні пошкодження можна спостерігати в задній частині АТЗ.

Під час огляду вантажних транспортних засобів описують термічні пошкодження причепів (напівпричепів) і вантажу. Огляд передбачає зазначення характеристик пошкоджень (кількість, тип, спосіб розміщення та ступінь термічного впливу). Як і з будь-яким іншим об'єктом, першим етапом з'ясування причини пожежі стає визначення її осередку — місця, де вона виникла. В АТЗ цей процес починається з ідентифікації зони найсильніших термічних ушкоджень у трьох основних відсіках: моторному, салоні (кабіні водія) або багажнику (платформі або причепі). Хоча це не завжди можливо, у більшості випадків

порівняння ступеня пошкоджень у цих зонах допомагає виявити місце, яке зазнало найбільшого ураження.

Якщо осередок пожежі розташований в салоні АТЗ, його внутрішня частина зазнає значних пошкоджень: салон вигоряє майже остаточно, дах може деформуватися, а моторний відсік і багажник частково або цілком обгоряють і вкриваються кіптявою. Водночас ці зони зазвичай зберігаються в кращому стані порівняно із салоном. Якщо пожежу ліквідували на початковій стадії, визначити її осередок доволі легко,

орієнтуючись на ступінь пошкодження оздоблювальних матеріалів. Наприклад, осередок пожежі у вантажівці, яка перебувала на стоянці, визначили за «осередковим конусом», утвореним продуктами горіння на лобовому склі, та обгорянням приладової панелі: звернена донизу вершина конуса (рис. 7) свідчила про виникнення пожежі в приладовій панелі, а ступінь пошкоджень самої панелі дала змогу конкретніше виявити місце первісного виникнення горіння — поруч із попільничкою (рис. 8).



Рис. 7, 8. Осередковий конус

Під час демонтажу приладової панелі зафіксували ще одну ознаку, яка свідчила про розташування осередку пожежі поруч із попільничкою: на металевому каркасі (основі для панелі) виявили сліди зміни структури металу помаранчевого кольору, тоді як інші його частини вкрили сліди кіптяви (отже, саме в цій ділянці метал зазнав впливу найвищої температури). Термічні зміни на металевих елементах можуть бути обумовлені окремими або сукупними діями певних чинників і процесів. Ці зміни виявляються як деформації, оплавлення, трансформації поверхневого рельєфу, структурні зміни різного характеру й утворення окисної плівки різних відтінків на поверхні металу. Ін-

тенсивність таких змін прямо залежить від сили нагрівання та тривалості його впливу. Деякі з них незворотні, тож їх потрібно зафіксувати під час проведення огляду АТЗ (у протоколі огляду, фотографуючи):

- деформацію металевих деталей та елементів АТЗ зумовлено термічним впливом на них та, як наслідок, зміною фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей; утворення оксидів на поверхні металу — за температури 200—300 °C на поверхні сталі утворюється шар окисної плівки, що зумовлює появу на металі так званих кольорів мінливості. Слід розрізняти кольори мінливості,

які утворюються на поверхні сталі після нагрівання й охолодження, і колірні відтінки, що виникають у разі перебування сталі в зоні дії високих температур;

- розплавлення та проплавлення металу виникають під впливом температури, що перевищує точку плавлення цього матеріалу. У разі займання в моторному відсіку зазвичай спостерігають значні локалізовані uszkodження, вигорання гумових елементів, прокладок і розплавлення деталей із силуміну. В АТЗ із переднім розташуванням двигуна зазвичай вигоряють передні колеса, тоді як задні зазнають менших пошкоджень. Полум'я може поширитися в салон, спричиняючи його цілковите вигорання, тоді як багажник, особливо на периферійних ділянках, зазнає меншого впливу. Якщо осередок пожежі розташований у багажнику (платформі або напівпричепі), то він зазвичай вигоряє, тоді як салон і моторний відсік лише затягує кіптявою. Помітніші uszkodження, як від розплавлення, у цих зонах виникають рідко. Водночас згадані ознаки не завжди зберігаються: горючі матеріали АТЗ, особливо в разі тривалого горіння без гасіння, можуть вигоріти повністю. Тож відокремлення трьох основних зон uszkodження залишається важливим. Додаткову інформацію про місце займання можна здобути під час огляду електропроводки АТЗ.

Якщо під час огляду після пожежі пошкодження електропроводки електричною дугою виявляють у зоні фар або рульового колеса, то можна констатувати, що пожежа розпочалася не в моторному відсіку і не в приладовій панелі. Доказ

тут буде методом від протилежного. Якщо припустити протилежне — пожежа, наприклад, виникла в моторному відсіку, то обгорання дротів у моторному відсіку мало призвести до знеструмлення автомобіля раніше, ніж горіння вийде за межі моторного відсіку. Тож коли фронт полум'я дійде до передніх фар або рульової колонки, проводи там явно не перебуватимуть під напругою. Якщо там виявлено дугові оплавлення, то горіння виникло там раніше. Отже, як і на всіх інших об'єктах, на згорілих АТЗ первинне вогнище слід шукати в зоні перебування оплавлень, найбільш віддалених від джерела живлення.

Наведемо приклад. Під час огляду вантажного автомобіля, що загорівся під час руху, виявили зону максимальних термічних uszkodжень (праворуч у нижній частині кузова, між кабіною та причепом). Утім, точного місця виникнення пожежі одразу не визначили. Електропроводка у цій зоні не мала видимих дефектів або оплавлень, ознаки аварійної роботи інших систем також відсутні. Лише огляд простору під причепом допоміг з'ясувати ситуацію. Після демонтажу дерев'яного покриття підлоги причепа, неподалік від зони максимальних пошкоджень, знайшли обгорілий плюсовий провід акумуляторної батареї, що проходив під причепом. Один із кінців цього проводу був намертво сплавлений із металевим кронштейном кріплення коробки передач, тоді як інший залишався з'єднаним із генератором у моторному відсіку. Докладне обстеження ділянки проводу між акумуляторною батареєю і точкою спаювання з кронштейном виявило чотири зони оплавлення струмопровідних жил. Цю ділянку вилучили для подальшого дослідження. Оплавлення проаналізували за допомогою металографічного методу, щоби з'ясувати природу короткого

замикання — первинне чи вторинне. Результати дослідження засвідчили, що найбільш віддалене від джерела струму оплавлення (у точці контакту з кронштейном) виникло через первинне коротке замикання. Це дало змогу точно визначити початкове місце займання та причину виникнення пожежі в АТЗ.

У разі виявлення під час огляду пошкодженого пожежею АТЗ дугових оплавлень бажано з'ясувати, до якого електричного кола належить дріт з оплавленнями. Потім слід вилучити ділянку з оплавленнями та відправити на дослідження для з'ясування первинності (вторинності) короткого зами-

кання. У протоколі огляду місця події необхідно зафіксувати, звідки вилучено цей провідник. Правила вилучення автомобільних дротів ті самі, що і звичайної електропроводки.

Відомі випадки пожеж великовантажних АТЗ, де джерелом займання стала теплова енергія, виділена під час тертя покришки колеса об покриття підлоги платформи напівпричепа. Так, під час пожежі, що виникла в напівпричепі вантажного АТЗ під час його руху, осередок пожежі виявили на покритті підлоги вантажної платформи (у задній частині) у районі розташування лівого заднього колеса останньої осі (рис. 9 і 10).



Рис. 9, 10. Фото осередка пожежі

У цій зоні в покритті платформи виявили прогар. Ступінь перевуглювання цього покриття з боку коліс був більшим, аніж з боку розташування вантажу. Покриття підлоги платформи з боку коліс мало потертості, розташовані безпосередньо над покришками коліс і відповідні їхнім розмірам. Названі ознаки, а також відсутність у зоні осередку пожежі будь-яких елементів паливної системи та системи електрообладнання АТЗ дали підставу говорити про те, що в процесі руху АТЗ мав місце процес тертя покришок коліс об покриття підлоги вантажної платформи напівпричепа,

що і призвело до виникнення пожежі. У процесі дослідження з'ясували, що напівпричіп був завантажений на 81 % від допустимої маси вантажу. Під час огляду напівпричепа, ідентичного згорілому, заміряли відстані між покришкою колеса й покриттям підлоги — у штатному режимі експлуатації (напівпричіп порожній, подушки пневматичної підвіски в накачаному стані) відстань становила приблизно 85 мм, а за спущеної подушки — приблизно 25 мм. Ці та інші дані дали змогу дійти висновку: у процесі руху АТЗ подушка пневматичної підвіски лівого заднього колеса остан-

ньої осі напівпричепа вийшла з ладу (спустилася), унаслідок чого виникло тертя покришок коліс об покриття підлоги вантажної платформи напівпричепа, що призвело до підвищення їхнього нагрівання та подальшого займання.

Основна мета дослідження пожеж в АТЗ полягає у виявленні механізму їх виникнення, а також у визначенні цієї події як ключового чинника, що призвів до займання. Аналіз причин загоряння АТЗ є складним завданням через руйнування або суттєве пошкодження слідів горіння на об'єкті. Це зумовлено компактністю вузлів та агрегатів, швидкістю розвитку пожежі, а також сильними термічним і полум'яним впливами. У результаті проведеного аналізу створюють інформаційну модель, яка відображає механізм виникнення та розвитку пожежі. Для визначення причини займання застосовують версійний аналіз, що ґрунтується на відстеженні механізму виникнення горіння від потенційного джерела запалювання. Зважаючи на місце локалізації первинного вогнища пожежі та характеристики горючого навантаження, формують експертні припущення щодо можливого джерела запалювання. Якщо запропонована версія не відповідає координатам первинного вогнища або потужності джерела недостатньо для займання матеріалу, її відхиляють. Ухвалена версія стає підставою для збору, систематизації та аналізу інформації. Вона є ймовірнісною логічною конструкцією — попередньою гіпотезою, яка потребує подальшого уточнення, перевірки й аргументованого підтвердження.

Перевірка висунутих версій передбачає два моменти: спростування версій, які суперечать фактам об'єктивної дійсності, та обґрунтування версії, що лишається після виключення решти.

Висновки

Розглянуто основні причини виникнення пожеж на АТЗ. Класифіковано більшість причин виникнення таких пожеж. Докладно розглянуто навмисні й ненавмисні пожежі. Наведено основні відмінні ознаки цих груп пожеж. Основними причинами ненавмисних пожеж на АТЗ визнано взаємодію горючої речовини в разі розгерметизації паливної системи з потенційним тепловим імпульсом системи випуску відпрацьованих газів, а також теплові вияви електричної енергії, зокрема коротке замикання електроапаратури АТЗ. Під час візуального огляду специфічних слідів на АТЗ експерт має змогу належно обґрунтувати застосування на пожежі інтенсифікатора горіння. Для захисту від пожежі рекомендовано запровадити систему пожежогасіння в підкапотному просторі (найбільш потенційно небезпечне місце) як додаткову опцію під час комплектування АТЗ на заводі або у спеціалізованих сервісах. Окрім того, електромобілі й гібридні АТЗ слід забезпечувати вогнегасниками відповідного типу, що передбачають гасіння саме літію, із відповідними змінами в нормах оснащення АТЗ вогнегасниками.

Specifics of Occurrence and Research on Fires in Modern Vehicles

**Anatolii Puhachov, Valerii Suprun,
Ruslan Huseinov**

This article purpose is to set out an algorithm for determining mechanism of fire occurrence, taking into account the tangible and materialized sources of information submitted for examination. For achieving this goal, the author uses both general scientific and specialized methods of scientific cognition, including systematic approach, comparative legal method, deduction and induction, as well as

methods of interpretation, structural analysis and observation. The author analyzes existing fire hazards in various types of motor vehicles and provides relevant statistical data. Characteristic causes of fires for motor vehicles are investigated and their conditional differentiation is performed. Possible scenarios for the course of such fires are presented and the probable places of occurrence of fires are indicated. Specifics of intentional and unintentional fires are analyzed in detail. The main distinguishing signs of these groups of fires are given. The main causes of unintentional fires in motor vehicles are interaction of combustible substances in case of depressurization of fuel system with the potential thermal impulse of the exhaust gas exhaust system, as well as thermal manifestations of electrical energy, in particular, short circuits in electrical equipment of the vehicle. Vehicle manufacturers and/or their owners are proposed to equip vehicles with an automatic fire extinguishing system and fire extinguishers of appropriate type that provide for extinguishing precisely in order to minimize material losses and the impact of fire hazards on people and environment.

Keywords: car; ignition source; combustion intensifier; fire hazard; cause of fire; vehicles.

Фінансування

Це дослідження не отримало жодного спеціального гранту від фінансових установ у державному, комерційному або некомерційному секторах.

Відмова від відповідальності

Засновники не грали жодної ролі у розробленні дослідження, добиранні й аналізованні даних, рішенні про публікацію або підготовку рукопису.

Учасники

Автори зробили свій внесок винятково в інтелектуальну дискусію, що є основою цього документа, дослідження судової практики, написання та редагування, і беруть на себе відповідальність за її зміст і тлумачення.

Декларація щодо конфлікту інтересів

Автори заявляють, що у них відсутній конфлікт інтересів.

References

- Analitichna dovidka pro pozhezhi ta yikh naslidky v Ukraini za 12 misiatsiv 2023 roku [Analytical report on fires and their consequences in Ukraine for 12 months of 2023] (2024). Kyiv. URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/2/0/1/8/2/6/2/analitichna-dovidka-pro-pojeji-122023.pdf> [in Ukrainian].
- Barkova, S. P. (2013). Shchodo poniattia «transportni zasoby» [On the Concept of «Means of Transport»]. *Forum prava*. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/FP_index.htm_2013_2_4 [in Ukrainian].
- Bazhynov, O. V., Kravtsov, M. M. (2022). *Nebezpeka transportnykh zasobiv* [Danger of vehicles] : monohrafiia. Kharkiv. URL: <http://surl.li/arqlkp> [in Ukrainian].
- Havryliuk, A. F. (2017). Protypozhezhnyi zakhyst kolisnykh transportnykh zasobiv ta shliakhy yoho pidvyshchennia [Fire Protection of Wheeled Vehicles: Analysis and Ways of its Improvement]. *Pozhezhna bezpeka*. № 31. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/4671> [in Ukrainian].
- Havryliuk, A. F. (2018). *Pozhezhna nebezpeka kolisnykh transportnykh zasobiv* [Fire hazards of wheeled vehicles] : monohrafiia. Lviv. URL: <http://surl.li/xddyyp> [in Ukrainian].
- Hudym, V. I., Havryliuk, A. F. (2013). Analiz system ta ahrehativ avtotransportnykh zasobiv za rivnem pozhezhnoi nebezpeky [Systems and Aggregates Analysis of Motor Vehicles by the Level of Fire Hazard]. *Pozhezhna bezpeka*. № 23. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pb_2013_23_10 [in Ukrainian].
- Kravcov, M. N. (2017). *Pozharnaya opasnost elektro, gibridov i avtomobilej* [Fire Hazard of Electric, Hybrid and Automobiles]. *Avtomobil i elektronika. Suchasni tehnologii*. № 12. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/veit_2017_12_23 [in Russian].
- Krisa, I. Ya., Mykhailov, Yu. M., Bielan, S. V., Shtanhei, H. V., Yeremenko, V. P. (2005). *Metody vyznachennia osередku pozhezhi* [Methods for determining the source of

- a fire] : navch. posib. / za zah. red. P. F. Borysova. Kharkiv [in Ukrainian].
- Lee, E.-P. (2019). Analysis of Car Fire Cases Related to a Lithium Battery and Cause Investigation Technique. *Fire Science and Engineering*. Vol. 33. No. 2. DOI: 10.7731/KIFSE.2019.33.2.098.
- Matiuk, O. O., Riabinin, I. M., Huseinov, R. N., Shebalkov, I. L. (2020). Investigation of External (Visual) Signs of Flammable and Combustible Liquids Detected at the Scene of Fire. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics*. Is. 21 (1). DOI: 10.32353/khrife.1.2020_26.
- Pozhezhna bezpeka avtomobilia* (2021) [Fire safety of the vehicle] / Navch.-metod. tsentr tsyviln. zakhystu ta bezpeky zhyttiedialn. Zakarpat. obl. : ofits. sait. URL: <https://nmc.dsns.gov.ua/zk/news/ostanni-novini/494> [in Ukrainian].
- Prakshin, Yu. K., Zernov, S. I. (1988). *Metodika osmotra mesta pozhara* [Inspection methods of fire place]. Kiev [in Russian].
- Stepanenko, S. H., Bilkun, D. H., Yanyk, Ya. M., Tymoshchuk, Yu. T. (1999). *Doslidzhennia pozhezh* [Fire Research] : dovidk.-metod. posib. Kyiv [in Ukrainian].
- Vovk, S., Kharchuk, A., Sukhai, A., Sheliukh, Yu. (2022). *Doslidzhennia pozhezh* [Fire Research] : navch. posib. Lviv. URL: <https://books.ldubgd.edu.ua/index.php/ed/catalog/view/196/147/637-1> [in Ukrainian].

Пугачов, А., Супрун, В., Гусейнов, Р. Н. (2025). Особливості виникнення та дослідження пожеж у сучасних транспортних засобах. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*. Вип. 1 (38). С. 217—241. DOI: 10.32353/khrife.1.2025.14.