

В. М. Болдовський, А. М. Григорович

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Частина 3

ТЕХНІЧНІ РІДИНИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

В. М. Болдовський, А. М. Григорович

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Частина 3

ТЕХНІЧНІ РІДИНИ

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2026

УДК 629.331.083–63(075.8)
Б79

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. Д. В. Абрамов,
канд. техн. наук, доц. І. А. Мармут

Болдовський, В. М.

Б79 Експлуатаційні матеріали [Електронний ресурс] : навч. посіб.
Ч. 3. Технічні рідини / В. М. Болдовський, А. М. Григорович. – Харків :
Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін-т», 2026. – 54 с.

ISBN 978-966-996-093-1

Розглянуто теоретичні й практичні частини класифікації та застосування технічних рідин, які використовуються в автомобільному транспорті на сучасному етапі його розвитку. Велику увагу приділено фізико-хімічним і експлуатаційним властивостям автомобільних технічних рідин.

Для здобувачів освіти, які навчаються за спеціальністю «Автомобільний транспорт», а також спеціалістів в області автомобільної та спеціальної техніки.

Іл. 24. Табл.13. Бібліогр.: 4 назви

УДК 629.331.083–63(075.8)

© Болдовський В. М., Григорович А. М., 2026
© Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», 2026

ISBN 978-966-996-093-1

ВСТУП

Сучасний автомобіль є складним технічним об'єктом, ефективна та надійна робота якого залежить від узгодженої дії сотень вузлів і агрегатів. Забезпечення їх працездатності неможливе без застосування спеціальних технічних рідин, які виконують функції змащування, охолодження, очищення, передавання енергії та захисту від корозії. Вони є невід'ємним елементом конструкції автомобілів, адже безпосередньо впливають на довговічність двигуна, трансмісії, гальмівної системи та інших механізмів.

Поняття «технічні автомобільні рідини» охоплює широкий спектр матеріалів: охолоджувальні рідини, гальмівні та гідравлічні рідини та ін. Кожен із цих видів має власні функції, вимоги до складу, експлуатаційних властивостей і стандартів застосування. Вибір та використання невідповідної рідини може призвести до зниження ефективності роботи системи та навіть до відмови автомобіля.

Особливу актуальність вивчення цієї теми визначають кілька чинників. По-перше, зростання інтенсивності експлуатації автомобілів, що потребує більш жорстких вимог до якості та стабільності властивостей рідин. По-друге, розвиток систем керування, що приводить до застосування інноваційних матеріалів та технологій, які потребують спеціальних композицій мастильних та охолоджувальних засобів. По-третє, посилення екологічних норм та вимог безпеки, що зумовлює необхідність створення нових екологічно безпечних та енергоощадних рідин.

У навчальному процесі дисципліна «Експлуатаційні матеріали» спрямована на формування у здобувачів освіти знань щодо їх складу, властивостей, класифікації, вимог та методів випробування. Особлива увага приділяється питанням сумісності різних груп рідин, впливу умов експлуатації на їхні характеристики, а також правильній організації технічного обслуговування автомобіля з урахуванням регламентованих інтервалів заміни.

Засвоївши цей матеріал, майбутні фахівці автотранспортної галузі зможуть не лише грамотно підбирати технічні рідини для конкретних умов роботи, а й оцінювати їх вплив на ресурс автомобіля, економічність його використання та екологічну безпеку. Саме тому вивчення технічних рідин є важливим елементом підготовки інженерів, механіків і спеціалістів з експлуатації та ремонту автомобілів.

Розділ 1 ОХОЛОДЖУВАЛЬНІ РІДИНИ

1.1 Призначення та будова систем охолодження двигуна

Система охолодження двигуна призначена для підтримання стабільного теплового стану двигуна, при якому досягаються оптимальні економічні та енергетичні показники у всьому діапазоні навантажувальних і швидкісних режимів його роботи.

Перегрівання двигуна призводить до втрати рухливості деталей, короблення і руйнування клапанів і головок циліндрів, виплавлення вкладишів підшипників, утворення нагару і лаку на поверхнях деталей циліндропоршневої групи, заклинювання тертьових деталей, виникнення парових пробок у системі живлення, детонації в циліндрах двигунів з іскровою системою запалювання.

Переохолодження двигуна погіршує якість робочої суміші, збільшує теплові втрати, ускладнює і унеможлиблює пуск двигуна, ускладнює самозаймання палива в дизелях.

Переохолодження, як і перегрівання, інтенсифікує зношення, збільшує механічні втрати і погіршує економічні показники двигуна.

Нормальний тепловий режим двигуна – це такий тепловий стан, при якому температура деталей двигуна сприяє ефективному проходженню робочого процесу і забезпечує його високу працездатність і довговічність.

Для забезпечення нормального режиму роботи двигуна необхідно підтримувати оптимальну температуру його деталей, палива, моторної оливи й охолоджувальної рідини.

Рідинне охолодження допускає високе форсування робочого процесу і забезпечує стабільний тепловий стан у широкому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимів роботи двигуна.

Однак рідинне охолодження потребує дорогого теплорозсіювального вузла (радіатора) і постійного обслуговування рідинного теплоносія.

Конструктивно система рідинного охолодження складається з двох контурів: рідинного, заповненого проміжним теплоносієм, і повітряного.

Рідкий теплоносій в охолодній оболонці двигуна стикається з відповідними гарячими поверхнями циліндра і його головки, сприймає від них тепло і нагрівається.

У повітряному тракті (радіаторі) отримана теплота передається повітрю, а охолоджувальна рідина знову повертається в охолодну оболонку.

Таким чином, циркуляція рідинного теплоносія забезпечує безперервне відведення необхідної кількості теплоти від деталей двигуна, підтримуючи їх нормальний тепловий стан (рисунок 1.1).

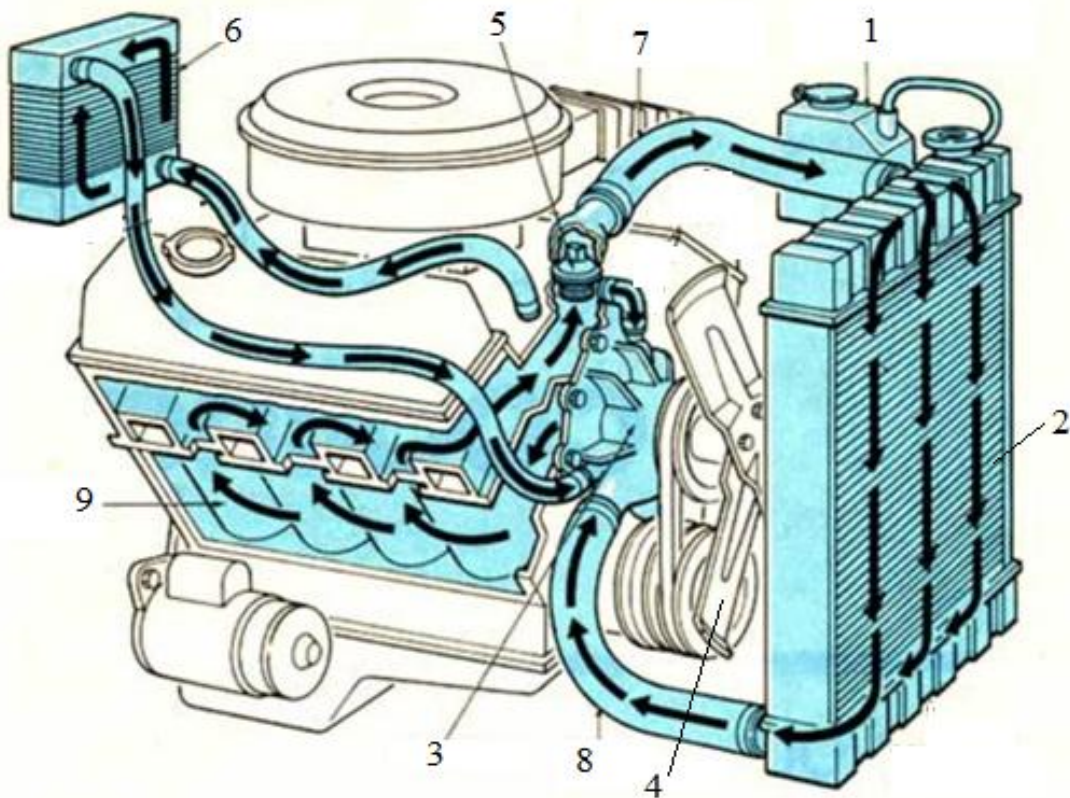
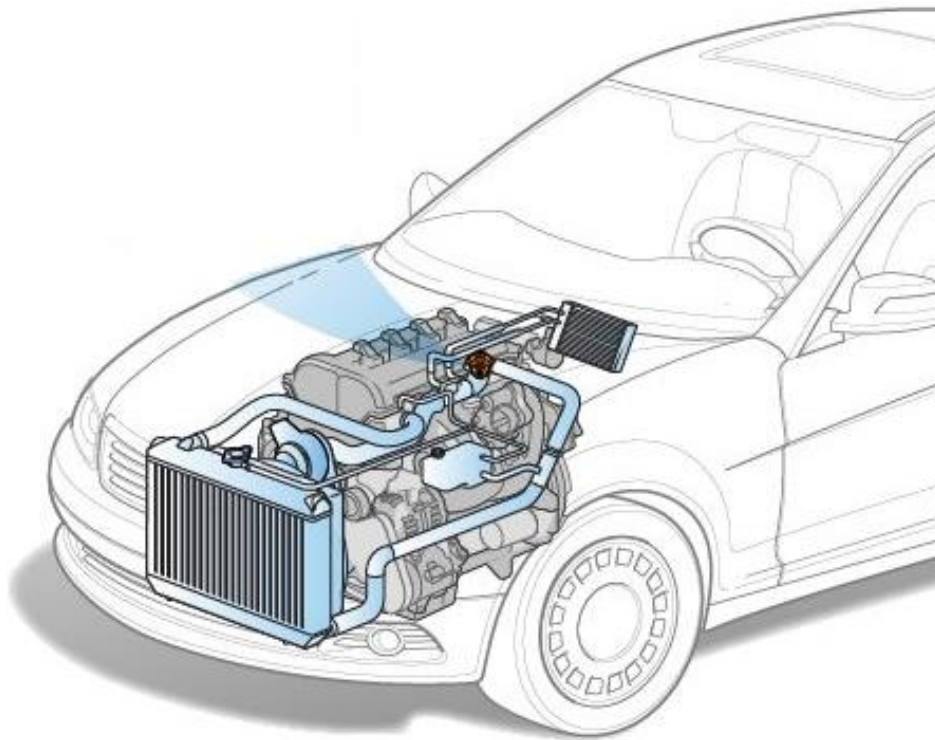


Рисунок 1.1 – Система охолодження двигуна автомобіля:
1 – розширювальний бачок; 2 – радіатор; 3 – рідинний насос;
4 – вентилятор; 5 – термостат; 6 – обігрівач салону автомобіля; 7 – верхній патрубок радіатора; 8 – нижній патрубок радіатора; 9 – охолодна оболонка

Під час роботи двигуна деякі деталі, стикаючись з гарячими газами, сильно нагріваються. Висока температура поршнів, циліндрів, головки циліндрів та клапанів призводить до посиленого нагаро- та лакоутворення, підвищеного тертя, задирок і зношування деталей.

Для нормальної роботи двигуна температуру деталей слід підтримувати на певному рівні. Це забезпечує система охолодження, яка залежно від швидкості та потужності двигуна відводить 15...35 % теплоти, що утворюється під час згоряння палива.

У бензинових і газових двигунах частка теплоти, що відводиться, завжди більша, ніж у дизельних.

1.2 Експлуатаційні властивості охолоджувальних рідин

Температуру в системі охолодження двигуна необхідно підтримувати на певному рівні відповідно до вказівок заводу-виробника для конкретної марки двигуна.

Хороша робота системи охолодження залежить від правильного вибору та якості охолоджувальної рідини.

Загальними вимогами до експлуатаційних властивостей охолоджувальних рідин є такі [1]:

1) висока охолоджувальна здатність, що забезпечується оптимальними значеннями теплопоглинальних і теплопередавальних показників, таких як теплоємність, теплота випаровування, теплопровідність і тепловіддача;

2) надійна прокачуваність в умовах експлуатації, що забезпечується оптимальними значеннями в'язкотемпературних, низькотемпературних і високотемпературних показників;

3) стійкість до утворення парових пробок;

4) сумісність з конструкційними матеріалами (здатність не викликати корозії металевих деталей та не руйнувати гумові деталі системи охолодження);

5) стабільність фізико-хімічних властивостей і збереження якості рідини під час зберігання, транспортування та експлуатації;

6) бути дешевими, пожежобезпечними та нешкідливими для здоров'я.

Класифікацію експлуатаційних властивостей з основними характеристиками якості сучасних охолоджувальних рідин для двигунів внутрішнього згоряння показано на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Класифікація експлуатаційних властивостей охолоджувальних рідин [1]

1.3 Охолоджувальна здатність рідини

Охолоджувальна здатність рідини виявляється в процесах теплообміну і характеризується теплофізичними показниками:

- теплоємністю;
- теплотою випаровування;
- коефіцієнтом теплопровідності;
- коефіцієнтом температуропровідності.

Виняткову роль відіграє залежність цих показників від температури, коли змінюється стан рідини при переході її в пароподібний або рідкий стан.

При цьому величина теплофізичних показників стрибкоподібно збільшується або зменшується, що негайно позначається на теплопередачі, а отже, на ефективності охолодження.

Охолоджувальна здатність рідини є складною експлуатаційною властивістю, для оцінювання якої немає єдиного комплексного показника, тому її характеризують відносно простішими показниками.

До таких простіших показників належать:

- температура початку кипіння рідини;
- показники спінюваності;
- температура утворення твердої фази;
- масова частка рідини, що перегоняється, до певної температури при кваліфікаційних випробуваннях.

Для більш повного теоретичного вивчення процесів теплообміну розглянемо теплофізичні показники охолоджувальних рідин.

Теплоємність – це кількість теплоти, яка поглинається тілом під час нагрівання на 1 градус ($1\text{ }^{\circ}\text{C} = 1\text{ K}$).

Теплоємність однієї одиниці маси речовини (г, кг) називають питомою масою (вагою).

Вимірювання теплоємності проводять в Дж/(кг·К) або Дж/(моль·К) (маса 1 моля речовини називається молярною масою), а також Дж/(м³·К).

Теплоємність рідини залежить від її хімічного складу та способу нагрівання.

Теплоємність газів при постійному тиску C_p завжди вища за теплоємність при постійному об'ємі C_v .

Для рідини різниця $C_p - C_v$ незначна. Для газів різницю $C_p - C_v$ називають універсальною газовою сталою; цю різницю $C_p - C_v$ позначають як $R = 8,314\text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$.

Зі збільшенням густини і молекулярної маси вуглеводнів теплоємність зменшується незначно, а зі збільшенням температури вона збільшується.

Питому теплоємність C рідких вуглеводнів розраховують за емпіричною формулою

$$C = \frac{A}{\sqrt{\rho}}, \quad (1.1)$$

де A – коефіцієнт (для вуглеводневих палив $A = 53,5$; для алканів $A = 55,7$; для бензолу $A = 49,0$);

ρ – густина, кг/м^3 .

Теплота випаровування – це кількість теплоти, яку необхідно надати речовині в рівноважному ізобарно-ізотермічному процесі, щоб перевести її з рідкого в газоподібний стан. При конденсації пари в рідину виділяється така ж кількість теплоти.

Теплота випаровування – це окремий випадок теплоти фазового переходу 1-го роду. Вона характеризує міжмолекулярні взаємодії в рідині. Зі збільшенням сил міжмолекулярних зв'язків теплота випаровування рідини збільшується. Водневі зв'язки гідроксильних груп у воді, спиртах, гліколях підвищують теплоту випаровування.

Теплоту випаровування і температуру кипіння деяких рідин наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Теплота випаровування і температура кипіння деяких рідин

Речовина	Температура кипіння, °С	Питома теплота випаровування	
		кДж/кг	кДж/моль
Вода	100	2261	125,61
Етиленгліколь	197	837	13,50
Етиловий спирт	78	846	18,38
Метиловий спирт	65	1120	35,00

Коефіцієнт теплопровідності – це показник, який кількісно характеризує властивість тіла переносити теплоту. Перенесення теплоти (теплопровідність) відбувається внаслідок безпосередньої передачі енергії від часток речовини, що мають більшу енергію, до часток з меншою енергією.

Коефіцієнт теплопровідності рідини з підвищенням температури зменшується, а зі зростанням тиску збільшується.

При переході рідини в пароподібний стан стрибкоподібно зменшуються теплопровідність і густина, унаслідок чого тепловідведення від охолоджуваної поверхні знижується.

При зниженні температури кипіння охолоджувальна здатність рідини зменшується.

З початком кипіння при утворенні парової фази теплоємність зменшується, що призводить до зниження теплового потоку від стінки до рідини.

1.4 Прокачуваність охолоджувальної рідини

Прокачуваність охолоджувальної рідини характеризує її плинність і здатність забезпечувати необхідну швидкість циркуляції в системі охолодження.

Прокачуваність оцінюється:

а) фізико-хімічними характеристиками рідини: в'язкістю, густиною, температурою кристалізації, температурою застигання, показниками летючості, чистоти та іншими показниками;

б) параметрами конструкції системи охолодження: лінійними розмірами охолодної оболонки, довжиною і діаметрами трубопроводів, конструкційними матеріалами, конструкцією вузлів і механізмів системи охолодження;

в) параметрами умов теплообміну: температурою, тиском, гідродинамічними параметрами потоку рідини.

Аналітичні залежності цих параметрів мають складний характер. Для інженерних розрахунків використовуються емпіричні залежності основних факторів і властивостей охолоджувальних рідин, а решта враховуються відповідними коефіцієнтами.

Прокачуваність рідини виражають у вигляді залежностей параметрів процесу перекачування від конструктивних і експлуатаційних факторів при заданих властивостях охолоджувальної рідини. Ці залежності, отримані для різних зразків рідини, визначають прокачуваність.

Фізико-хімічні характеристики прокачуваності охолоджувальних рідин показують їх здатність циркулювати в системі охолодження двигуна з необхідною швидкістю.

Основними характеристиками прокачуваності є в'язкість, густина, температури кипіння, кристалізації та застигання, летючість парів рідини та їх здатність поглинати і виділяти газу, а також чистота рідини.

В'язкість – це властивість рідини чинити опір при переміщенні її шарів під дією зовнішньої сили. Ця властивість є наслідком тертя, що виникає між молекулами рідини. Розрізняють динамічну і кінематичну в'язкість.

Температура кипіння – температура рівноважного переходу рідини в пару при постійному зовнішньому тиску. Це окремий випадок температури фазового переходу 1-го роду. Іншими словами, при кипінні рідини тиск насиченої пари над її плоскою поверхнею стає таким, що дорівнює зовнішньому тиску, унаслідок чого по всьому об'єму рідини утворюються бульбашки насиченої пари. При цьому парові пробки будуть порушувати рух суцільного потоку рідини і погіршувати процеси тепломасообміну.

Зміна температури кристалізації призводить до втрати плинності, застигання рідини. При низькій температурі прокачуваність рідини

погіршується і можливе повне припинення подачі рідини внаслідок втрати плинності при застиганні.

Зміну плинності рідини при зниженні температури можна оцінити:

- за температурою помутніння;
- температурою початку кристалізації;
- температурою застигання.

Температура помутніння – це максимальна температура, при якій рідина мутніє. Ця температура пов'язана з виділенням у рідині мікрокрапель води, мікрокристалів льоду або інших нерозчинних у рідині речовин. Для вуглеводневих рідин помутніння викликається утворенням мікрокрапель води, кристалів льоду, високоплавких високомолекулярних парафінів. Для низькозамерзаючих рідин цей показник не нормується.

Температура початку кристалізації – це максимальна температура, при якій охолоджувальна рідина в стандартних умовах починає мутніти. Це можна помітити неозброєним оком і визнати початком кристалізації.

Температура початку кристалізації нормується для всіх низькозамерзаючих охолоджувальних рідин.

Кристалізація рідини охоплює два процеси: утворення центрів кристалізації та ріст кристалів.

Температура застигання – це температура, при якій рідина втрачає плинність у стандартних умовах випробувань.

Причиною втрати плинності є утворення і зрощення кристалів між собою в жорсткі кристалічні решітки.

Потім відбувається утворення аморфної твердої маси або суміші аморфної і кристалічної твердої маси. Температура застигання характеризує поведінку рідини в момент запуску двигуна, а також у момент заправлення або зливання палива.

Чистота рідини характеризує наявність у ній небажаних домішок (забруднень), які можуть потрапити під час виробництва, зберігання або в процесі застосування і негативно вплинути на експлуатаційні властивості. Чистота – це не тільки кількість можливих забруднень, а й здатність рідини утримувати і накопичувати забруднення.

Густина охолоджувальної рідини опосередковано характеризує багато її експлуатаційних властивостей і залежить від хімічного складу. Для низькозамерзаючих рідин на основі водних розчинів етиленгліколю густина обов'язково нормується при оцінюванні якості.

В Україні густину охолоджувальної рідини прийнято визначати при температурі 20 °С і відносити її до густини води при 4 °С, узятій за одиницю, тому відносну густину позначають як ρ_4^{20} .

За кордоном (стандарт ASTM D 1298) густину визначають при 15 °С, а відносну густину (питому вагу) – як відношення маси певного об'єму рідини при температурі 15 °С до маси такого самого об'єму чистої води

при тій же температурі. Під час запису результатів вказують стандартну температуру.

1.5 Сумісність охолоджувальної рідини з матеріалами

Сумісність охолоджувальної рідини з матеріалами характеризує її здатність взаємодіяти з конструктивними та експлуатаційними матеріалами двигуна, із засобами зберігання, транспортування та заправлення.

Основними наслідками цієї взаємодії можуть бути:

- руйнування металевих матеріалів унаслідок корозії;
- набухання гумових, герметичних і пластмасових деталей;
- корозійний вплив охолоджувальної рідини на металеві деталі.

Основними показниками, які характеризують сумісність охолоджувальної рідини з матеріалами, є:

- корозійна агресивність рідини;
- здатність рідини захищати метал від корозії.

Корозійну агресивність оцінюють за швидкістю корозійного впливу рідини на метали в стандартних умовах випробувань. Вимірюють її в корозійних втратах металу – г/(м²·доба).

Крім того, корозійну агресивність можна оцінити за показником концентрації водневих іонів рідини рН, а сумісність з неметалевими матеріалами – за зміною об'єму зразка (у відсотках) гідростатичним методом.

Захисні властивості охолоджувальної рідини характеризують її здатність захищати метал від корозії та знижувати швидкість корозії в системі охолодження двигуна.

Ці властивості рідини забезпечуються завдяки застосуванню антикорозійних присадок і оцінюються за зниженням корозійної агресивності рідини після додавання в неї присадок (інгібіторів).

Корозія проходить на межі фаз метал – навколишнє середовище. Причиною корозії є термодинамічна нестійкість металів у різних середовищах: метал руйнується внаслідок хімічного або електрохімічного впливу.

Хімічна корозія відбувається під час прямої взаємодії металу з навколишнім середовищем. При цьому окислення металу і відновлення окислювального компонента проходить в одному акті. Реакції підкоряються законам хімічної кінетики. Руйнування металу полягає в дифузії атомів (іонів) металу крізь плівку продуктів корозії і зустрічній дифузії корозійно-агресивних речовин із зовнішнього середовища.

Коли в охолоджувальну рідину додають інгібітори корозії, відбувається утворення багат шарової захисної плівки, що являє собою продукти взаємодії активних компонентів присадки з металом.

Електрохімічна корозія супроводжується появою електричного струму внаслідок електрохімічної взаємодії металу з навколишнім електропровідним середовищем.

Поділ корозійних процесів на хімічні та електрохімічні є дещо умовним, оскільки на практиці ці процеси дуже часто відбуваються одночасно і спостерігається перехід одного виду корозії в інший.

Практично корозійна стійкість металів визначається не тільки електронними потенціалами, а й реально встановленими швидкостями корозійного процесу. У реальних умовах швидкість корозії системи охолодження двигуна змінюється за складними залежностями у зв'язку з нестандартністю процесів тепломасообміну.

Лужність характеризує вміст в охолоджувальній рідині речовин, що мають лужні властивості, зокрема антикорозійних та інших присадок, що додаються в рідину для поліпшення захисних властивостей. Охолоджувальна рідина повинна мати певну лужність для зменшення процесів корозії з кислими речовинами та нейтралізації кислот, що утворюються.

Лужність може характеризувати як корозійну агресивність охолоджувальної рідини, так і її захисні властивості.

Лужність рідини виражають у мілілітрах титрованого розчину соляної кислоти (HCl), що дорівнює 0,1 моль/дм³, витраченого на потенціометричне титрування 10 см³ охолоджувальної рідини до рН = 5,5.

Корозійний вплив охолоджувальної рідини зумовлено насамперед вмістом у ній кисневих сполук і хлор-іонів. Кисень є складовою частиною молекули води і спиртів, а хлор входить до складу солей, які надають жорсткість воді. Зазвичай він потрапляє в питну воду в процесі хлорування. Продукти дисоціації кисневих сполук і солей при високій температурі є активними корозійними компонентами хімічної та електричної корозії.

Вода, призначена для приготування антифризів, повинна містити хлор-іонів не більше 0,0007 % і мати загальну жорсткість не більше 6 мг-екв/л.

Корозійний вплив етиленгліколевих антифризів знижують введенням антикорозійних присадок.

1.6 Токсичність охолоджувальної рідини

Ступінь шкідливого впливу охолоджувальної рідини на людину та навколишнє середовище визначає її токсичність. Шкідливі речовини, що містяться в охолоджувальних рідинах, за ступенем свого впливу на організм людини і тварин поділяються на чотири класи небезпеки:

- перший – надзвичайно небезпечні;
- другий – високонебезпечні;

- третій – помірно небезпечні;
- четвертий – малонебезпечні.

Норми вмісту шкідливої речовини кожного класу безпеки для організму людини наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Класифікація безпеки шкідливих речовин

Показник	Норма для класу безпеки			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³	< 0,1	0,1...1,0	1,1...10,0	> 10,0
Зона гострої дії	< 6,0	6,0...18	18,1...54,0	> 54,1
Середня смертельна концентрація в повітрі, мг/м ³	< 500	501...5000	5001...50 000	> 50 000
Середня смертельна доза при потраплянні в шлунок людини, мг/кг	< 15	15...150	151...5000	> 5000
Середня смертельна доза при потраплянні на шкіру людини, мг/кг	< 100	100...500	501...2500	> 2500

Для кожної марки охолоджувальної рідини для двигунів внутрішнього згоряння визначаються та наводяться в технічних вимогах норми вмісту шкідливої речовини.

1.7 Збережність охолоджувальної рідини

Збережність характеризує стабільність показників якості охолоджувальної рідини при зберіганні, транспортуванні та застосуванні.

Здатність рідини протистояти зміні якості під дією фізичних процесів називають *фізичною стабільністю*.

Основними фізичними процесами зміни якості є випаровування, забруднення механічними домішками, змішування рідини з іншими речовинами, а зміни фазового стану при зниженні температури – випадіння кристалів, застигання, розшарування.

Здатність рідини протистояти зміні якості під дією хімічних процесів називають *хімічною стабільністю*.

Основними факторами, що впливають на зміну якості охолоджувальної рідини, є такі:

- хімічний і компонентний склад (вміст технологічних домішок і присадок), що забезпечує необхідний рівень експлуатаційних властивостей;

- параметри експлуатації: температура, тиск, тривалість роботи до заміни, конструкційні матеріали, частота доливання рідини в систему охолодження;

- параметри зовнішніх умов експлуатації та зберігання рідини: температура, тиск, вологість, запиленість атмосфери, конструкція та матеріали технічних засобів зберігання, транспортування та заправки.

Збережність якості охолоджувальної рідини оцінюють на реальному двигуні та на безмоторній лабораторній установці, яка імітує роботу реального двигуна за такими показниками фізико-хімічних властивостей рідини:

- зовнішній вигляд (візуально);
- густина, г/см³;
- водневий показник (рН);
- лужність, см³.

Крім того, оцінювання збережності якості охолоджувальної рідини проводиться за станом зразків металів (мідь, латунь, алюміній, чавун, сталь) і деталей вузлів системи охолодження після випробувань.

Збережність якості рідини при тривалому зберіганні оцінюють шляхом дослідного зберігання виходячи зі статистичних показників зміни якості в різних умовах.

За допомогою отриманих даних встановлюють показники якості охолоджувальної рідини, що мають найбільшу схильність до зміни, а також визначають комплексний показник стабільності якості – гарантійний термін зберігання.

1.8 Піноутворення охолоджувальної рідини

У процесі перекачування рідини по системі охолодження утворюється піна, яка погіршує охолоджувальні властивості рідини, прискорює корозійні процеси, зменшує продуктивність рідинного насоса. Піноутворення залежить від хімічного складу охолоджувальної рідини, в'язкості, поверхневого натягу, наявності присадок, умов експлуатації та забрудненості.

Наприклад, у чистому вигляді гліколеві охолоджувальні рідини не схильні до утворення піни. Інтенсивне утворення стійкої піни відбувається при потраплянні в них нафтопродуктів.

Піна знижує теплоємність і теплопровідність рідини, а також призводить до викидання її з радіатора, тому необхідно ретельно

контролювати чистоту рідини як при зберіганні, так і при заправленні системи охолодження.

Піноутворюваність охолоджувальної рідини оцінюють двома показниками:

- об'ємом піни (в кубічних сантиметрах);
- стійкістю (в секундах).

Суть цього оцінювання полягає в тому, що випробування проводять у стандартних умовах, коли крізь певний об'єм рідини продувають повітря, а потім вимірюють об'єм утвореної піни (в кубічних сантиметрах) і засікають час, протягом якого вона зберігається.

1.9 Вода як охолоджувальна рідина

Вода – це найпростіша, стійка в звичайних умовах хімічна сполука водню з киснем H_2O (рисунок 1.3).

Масові частки у складі води такі:

- водень – 11,19 %;
- кисень – 88,81 %.

Молекулярна маса – 18,160.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд посудини з дистильованою водою

Вода широко використовується для охолодження двигунів внутрішнього згорання, коли вони експлуатуються при додатних температурах навколишнього повітря.

Вона має хорошу охолоджувальну здатність завдяки хорошим теплофізичним характеристикам, таким як висока теплоємність, висока теплота випаровування, пожежна безпека, нетоксичність, хороша прокачуваність при позитивних температурах і доступність.

Водночас вода має істотні недоліки.

При 0 °С вона замерзає зі значним збільшенням об'єму, що спричиняє розморожування (руйнування) системи охолодження при температурах навколишнього повітря нижче 0 °С унаслідок високого тиску на стінки блока циліндрів (до 2500 МПа).

Вода кипить при порівняно низькій температурі, що не дає змоги підняти робочу температуру у відкритій системі охолодження двигуна вище 90 °С. При більш високій температурі вода інтенсивно випаровується, унаслідок чого зменшується тепловіддача, порушується циркуляція рідини в системі охолодження внаслідок парової фази і двигун перегрівається. За наявності у воді розчинних солей і мінеральних домішок у системі охолодження утворюються відкладення (накип), що також спричиняють перегрівання двигуна.

При експлуатації двигуна в гірських умовах, де тиск атмосферного повітря знижений, температура кипіння води знижується, через що в радіаторі допустима гранична температура води також зменшується. Цю залежність показано в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Залежність температури води в системі охолодження двигуна від висоти над рівнем моря

Висота над рівнем моря, м	0	1500	3000
Температура кипіння води на висоті, °С	100	95	90
Допустима гранична температура води в радіаторі, °С	90	85	80

Жорсткість води визначається вмістом у ній мінеральних домішок, переважно солей лужноземельних елементів: кальцію, магнію, калію, натрію. Різновиди жорсткості води залежно від складу і концентрації показано на рисунку 1.4.

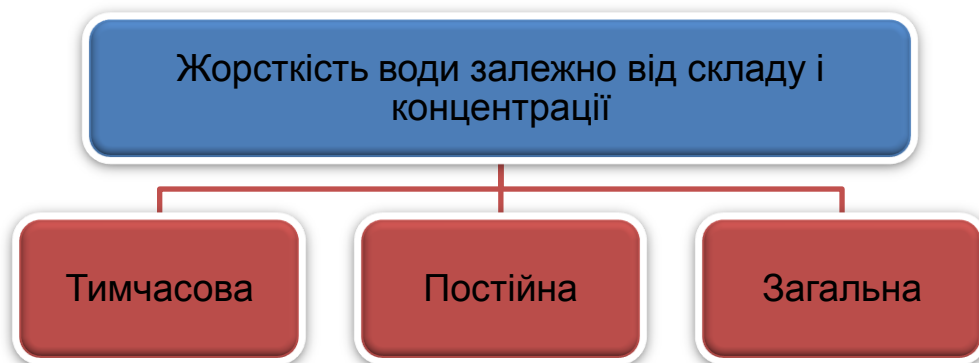
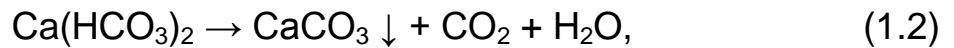


Рисунок 1.4 – Різновиди жорсткості залежно від складу і концентрації

Тимчасова, або усувна, жорсткість води залежить від вмісту в ній бікарбонату кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і бікарбонату магнію $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Ці солі містяться в розчині в присутності певної кількості вільної вуглекислоти. Під час кип'ятіння води вуглекислота видаляється, а солі тимчасової жорсткості випадають в осад:



Постійна жорсткість води характеризується присутністю солей, які не випадають в осад при кип'ятінні. Солі постійної жорсткості складаються з сірчаноокислого кальцію (гіпсу) CaSO_4 , хлористого кальцію CaCl_2 , сірчаноокислого магнію MgSO_4 , хлористого магнію MgCl_2 .

Загальна жорсткість води – це сума тимчасової та постійної жорсткості.

За одиницю жорсткості води беруть один міліграм-еквівалент (1 мг-екв) солей на 1 л води.

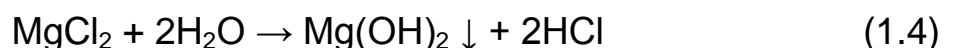
За походженням і групою жорсткості воду поділяють на атмосферну, поверхневу, ґрунтову і морську (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Класифікація води за походженням і групою жорсткості

Клас води	Походження	Група жорсткості
Атмосферна	Дощова, снігова	Дуже м'яка
Поверхнева	Річкова, озерна	Дуже м'яка, м'яка, середньожорстка
Ґрунтова	Джерельна, колодезна, артезіанська	Жорстка і дуже жорстка
Морська	Моря	Дуже жорстка

При використанні води як охолоджувальної рідини утворення відкладень у системі охолодження двигуна визначається в основному наявністю розчинених у воді солей, що утворюють накип, теплопровідність якого набагато менше теплопровідності сталі.

Кількість і густина накипу залежать від наявності у воді сірчаноокислих солей кальцію та окису кремнію. Крім того, шкідливий вплив на роботу системи охолодження має хлористий магній MgCl_2 , який при високій температурі гідролізується з утворенням соляної кислоти:



Гідрат окису магнію випадає в осад у вигляді твердого накипу, а соляна кислота сильно кородує метали.

При взаємодії із залізом утворюється хлористе залізо $FeCl_2$, яке добре розчиняється водою, а стінки охолодної оболонки легко протравлюються.

Іони хлору мають корозійний вплив на кольорові метали. Іони хлору зазвичай потрапляють в охолоджувальну рідину при використанні хлорованої питної води, тому якість охолоджувальної рідини обов'язково повинна контролюватися на вміст у ній іона хлору за водневим показником рН.

Накип, відкладаючись на стінках радіаторних трубок, зменшує площу їх перетину, скорочує об'єм рідини, що протікає в одиницю часу, і знижує теплопровідність. Унаслідок цього відбуваються перегрівання двигуна, перевитрата палива і моторної оливи, падіння потужності і підвищення зношення деталей.

Крім накипу, у системі охолодження двигуна утворюються шлами, тобто мулоподібні відкладення в застійних місцях системи. Накип і шлами підлягають періодичній перевірці та видаленню.

Залежно від жорсткості води встановлюють режим експлуатації та технічного обслуговування двигунів (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 – Режим технічного обслуговування двигуна залежно від жорсткості води

Група жорсткості води	Загальна жорсткість, мг-екв/л	Рекомендації щодо обслуговування
Дуже м'яка	До 1,5	Накип не утворюється
М'яка	1,5...4,0	Накип майже не утворюється
Середньожорстка	4,0...8,0	Накип видаляти не рідше двох разів на рік
Жорстка	8,0...12	Воду без пом'якшення або без присадок застосовувати не рекомендується
Дуже жорстка	Понад 12,0	Не можна застосовувати воду без пом'якшення

Для запобігання утворенню та видалення накипу з системи охолодження застосовують різні хімічні реагенти залежно від групи жорсткості води та металу головки циліндрів.

Під час технічного обслуговування зазвичай для видалення накипу виконують дії в такій послідовності:

- демонтують термостат;
- заливають мийний розчин;
- прогрівають двигун 10...20 хв;
- зупиняють двигун;
- зливають мийний розчин;
- два-три рази промивають водою.

У двигунах внутрішнього згорання необхідно використовувати тільки м'яку воду, що майже не утворює накипу. Перед заправленням води в систему охолодження її потрібно профільтрувати для видалення механічних домішок.

Воду середньої жорсткості і жорстку слід пом'якшувати різними способами. Найпростішим із них є кип'ятіння. Прокип'ячену воду треба профільтрувати крізь щільну тканину для видалення осаду. При хімічних способах пом'якшення води всі солі перетворюються на осад, який потім видаляють відстоюванням та фільтрацією. Для пом'якшення води використовують розчини соди та вапна, тринатрійфосфат, гексаметафосфат та інші реагенти. Дуже поширений катіоновий спосіб. Катіонами називають речовини, які можуть обмінювати свої катіони на катіони розчинених у воді солей, завдяки чому накип не утворюється.

1.10 Низькозамерзаючі охолоджувальні рідини

Низькозамерзаючі охолоджувальні рідини – антифризи (від англ. «antifreeze» – незамерзаючий) замінили воду в системах охолодження двигунів сучасних автомобілів.

Загальний вигляд низькозамерзаючих охолоджувальних рідин показано на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд низькозамерзаючих охолоджувальних рідин

Найбільш значного поширення набули низькозамерзаючі рідини на гліколевій основі, що є сумішшю етиленгліколю з водою.

Зараз усе частіше використовуються більш екологічні охолоджувальні рідини на основі пропіленгліколю.

1.11 Етиленгліколеві водні розчини

Гліколями називають двоатомні спирти вуглеводнів метанового ряду.

Найпростішим двоатомним спиртом цього ряду є етиленгліколь – похідне етану $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$, в молекулі якого для кожної метильної групи відбувається заміщення одного атома водню групою OH .

Гліколі знайшли найширше застосування в техніці приготування низькозамерзаючих охолоджувальних рідин унаслідок здатності двоатомних спиртів знижувати температуру застигання водних розчинів.

Порівняльну характеристику фізико-хімічних властивостей гліколів наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Фізико-хімічні властивості гліколів

Показники	Етиленгліколь	Пропіленгліколь
Молекулярна маса	62,07	76,09
Відносна густина при 20 °С	1,116	1,034
Температура кипіння, °С	197,3	188,2
Температура застигання, °С	-13	-60
Тиск насиченої пари при 20 °С, Па	8,0	10,7
В'язкість при 20 °С, Па·с	20,9	56 (при 25 °С)
Теплота пароутворення при температурі кипіння, ккал/моль	13,64	–

Етиленгліколь – це двоатомний спирт ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$, або $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$), що являє собою отруйну маслянисту жовту рідину без запаху. Він добре змішується з водою у будь-яких співвідношеннях і замерзає при $-11,5$ °С, однак при змішуванні етиленгліколю з водою температура застигання суміші нижче, ніж кожного з компонентів окремо. При змішуванні етиленгліколю з водою у різних співвідношеннях можна отримати суміші, що замерзають від 0 до -75 °С. У міру додавання у воду етиленгліколю температура суміші знижується (рисунок 1.6).

Мінімальна температура суміші досягається при вмісті у ній 33 % води. Подальше зменшення вмісту веде до підвищення температури застигання. Залежність температури застигання водних розчинів сумішей

від концентрації в них етиленгліколю має складний характер, на рисунку 1.6 показано цю характеристику.

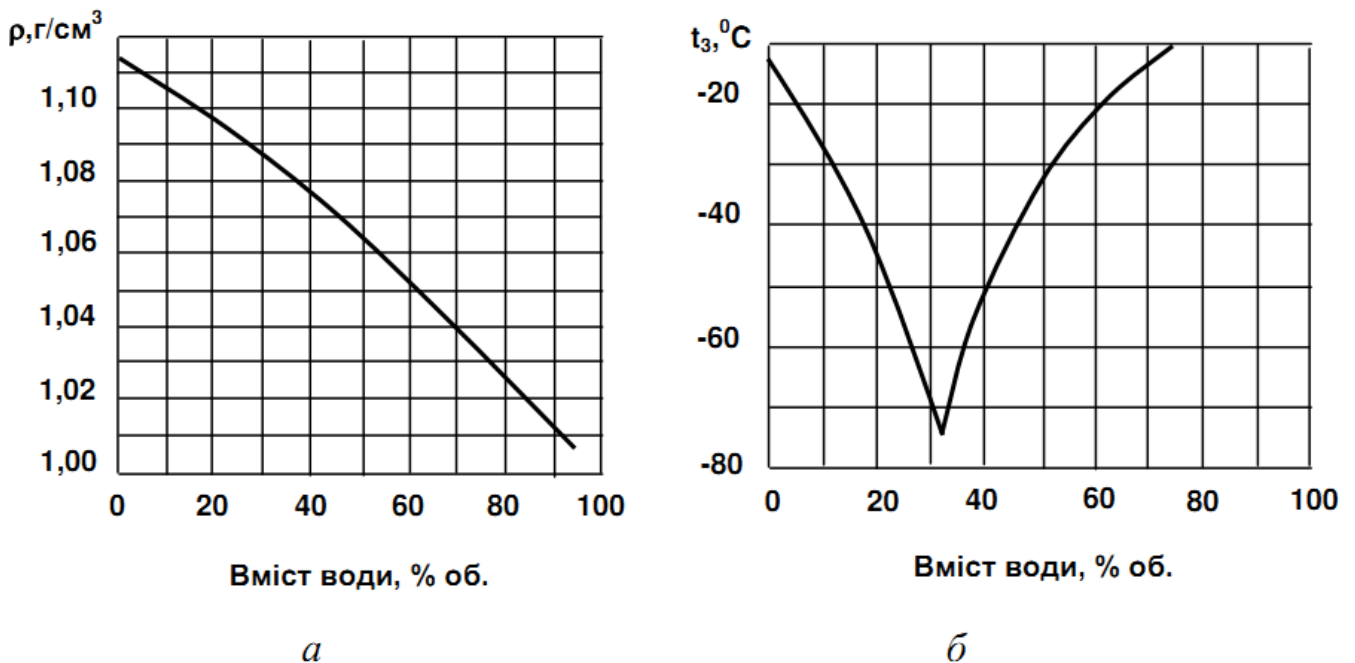


Рисунок 1.6 – Залежності густини ρ при 20 °С (а) і температури застигання t_3 антифризів від вмісту в них води (б)

Оскільки густина етиленгліколю та води різні, то при змішуванні їх у різних співвідношеннях змінюється густина антифризу. За густиною охолоджувальної рідини можна визначити температуру її застигання [4].

При змішуванні етиленгліколю з водою виділяється тепло.

Теплота утворення гідрату етиленгліколю $C_2H_4(OH)_2 \cdot H_2O$ становить 0,6 кал/моль. Це є максимальним тепловим ефектом, коли відбувається змішування 37 % етиленгліколю і 63 % води.

Етиленгліколь дуже добре в усіх відношеннях змішується з водою, гліцерином, етиловим, метиловим та іншими спиртами.

Водні розчини етиленгліколю при замерзанні утворюють пухку масу, об'єм якої порівняно з об'ємом рідини збільшується не більше ніж на 0,25 %, а при вмісті етиленгліколю 40 % – не більше ніж на 0,3 %, тому в разі застигання етиленгліколевих рідин не руйнують систему охолодження.

При нагріванні розчини мають високий коефіцієнт об'ємного розширення. Для запобігання переповненню системи охолодження об'єм залитої рідини має становити 92...95 % повного об'єму системи. В процесі експлуатації в систему охолодження зазвичай доливають антифриз і тільки у виняткових випадках доливають воду.

Температура кипіння охолоджувальної рідини має бути на 20...30 °С вище максимальної робочої температури двигуна.

Склад низькозамерзаючих охолоджувальних рідин визначають за їх густиною ареометром або гідрометром.

Гідрометр (рисунок 1.7) являє собою ареометр, в якому замість шкали густини є подвійна шкала – вмісту етиленгліколю та температури застигання.

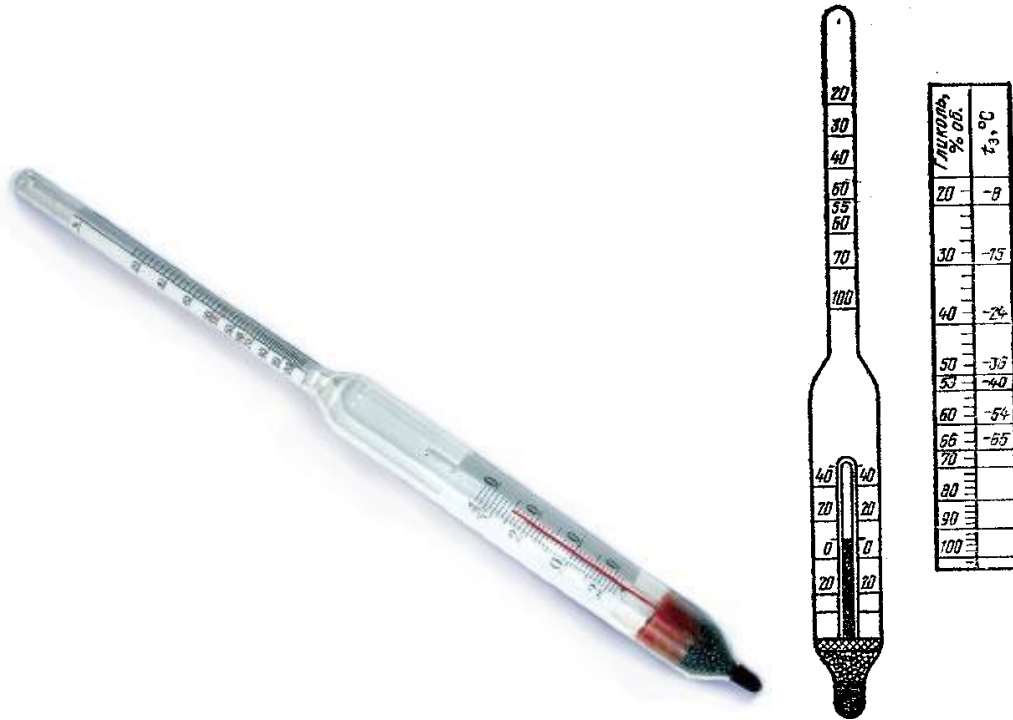


Рисунок 1.7 – Гідрометр і його шкала

Чистий етиленгліколь може бути використаний для охолодження в тих випадках, коли потрібно зменшити тепловіддачу від двигуна до охолоджувальної рідини, а при цьому робочу температуру самого двигуна підняти до 120...130 °С.

Теплоємність водних розчинів етиленгліколю зростає при збільшенні вмісту в розчині води (таблиця 1.7).

Таблиця 1.7 – Теплоємність етиленгліколю та його водних розчинів

Концентрація етиленгліколю, % мас.	Теплоємність при температурі		
	20,2 °С	47,2 °С	78,4 °С
100	0,5608	0,5954	0,6255
90	0,6077	0,6384	0,6757
80	0,6486	0,6852	0,7226
70	0,6936	0,7339	0,7691
50	0,7912	0,8247	0,8553
25	0,9104	0,9252	0,9422

1.12 Пропіленгліколеві водні розчини

Пропіленгліколь – це безбарвна в'язка рідина зі слабким характерним запахом, солодкуватим смаком, що має гігроскопічні властивості, двоатомний спирт (гліколь) з формулою $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_3$ або $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$.

Температура кипіння при нормальному атмосферному тиску $187,4\text{ }^\circ\text{C}$, температура застигання $-60\text{ }^\circ\text{C}$, густина при $20\text{ }^\circ\text{C}$ становить $1,0363\text{ г/см}^3$.

На відміну від етиленгліколю, пропіленгліколь не є токсичним.

Переваги пропіленгліколю:

- екологічно безпечний. Не становить загрози для людини і навколишнього середовища. Навіть якщо його пролити, негативного впливу на шкіру та дихання не буде помічено;

- корозійна стійкість. Практично не роз'їдає метали, пластики та гуму;

- практично не горючий.

Недоліки пропіленгліколю:

- висока вартість (вартість пропіленгліколю в 1,5–2 рази вище вартості етиленгліколю);

- висока в'язкість.

1.13 Низькозамерзаючі рідини ОР-К, ОР-65, ОР-40

Низькозамерзаючі охолоджувальні рідини ОР-К, ОР-65, ОР-40 являють собою водні розчини етиленгліколю зі стабілізуючими антикорозійними, антипінними та фарбувальними домішками [1].

Охолоджувальна рідина ОР-К. Це концентрат етиленгліколю з масовою часткою води не більше 5 %.

Рідина призначена для приготування робочих охолоджувальних рідин ОР-65 і ОР-40 шляхом розведення її водою.

За горючістю основного компонента (етиленгліколю) ця рідина належить до групи горючих речовин. Температура спалаху її парів становить $120\text{ }^\circ\text{C}$, а температура самозаймання – $380\text{ }^\circ\text{C}$. Температурні межі займання парів у повітрі відповідно становлять: нижня – $112\text{ }^\circ\text{C}$, верхня – $124\text{ }^\circ\text{C}$. Засобом для пожежогасіння є піна.

Охолоджувальна рідина ОР-65. Цю рідину готують змішуванням 65 % концентрату ОР-К і 35 % води. Температура початку кристалізації не вище $-65\text{ }^\circ\text{C}$. Рідина застосовується в районах з дуже холодним кліматом.

Охолоджувальна рідина ОР-40. Цю рідину готують змішуванням 56 % концентрату ОР-К і 44 % води. Температура початку кристалізації не вище $-40\text{ }^\circ\text{C}$. Рідина застосовується в районах з температурою навколишнього середовища не нижче $-40\text{ }^\circ\text{C}$.

Для розведення концентрату використовують дистильовану воду, конденсат і прісну воду загальної жорсткості до 6,0 моль/м³.

Вимоги безпеки визначаються токсичними властивостями етиленгліколю.

Гранично допустима концентрація (ГДК) етиленгліколю в повітрі робочої зони становить 5 мг/м³.

Етиленгліколь належить до третього класу небезпеки, тобто є речовиною помірно небезпечною.

Кумулятивних властивостей він не має, але найбільшу небезпеку для людини виявляє при попаданні в шлунково-кишковий тракт.

Охолоджувальні рідини ОР-65 і ОР-40 пожежовибухобезпечні. Гарантійний термін зберігання їх з моменту виготовлення – не менше п'яти років.

Рідини призначені для двигунів внутрішнього згоряння і теплових апаратів, що працюють при низьких і помірних температурах.

1.14 Антифриз «Тосол-АМ» і охолоджувальні авторідини марок «Тосол-А40М» і «Тосол-А65М»

Ці рідини, так само як низькозамерзаючі рідини ОР-65 і ОР-40, призначені для двигунів внутрішнього згоряння, що експлуатуються при низьких температурах.

«Тосол-АМ» являє собою концентрований етиленгліколь, що містить антикорозійні та антипінні присадки.

«Тосол-А40М» і «Тосол-А65М» – це водні розчини «Тосола-АМ» з додаванням у них барвників. Для їх отримання концентрат «Тосола-АМ» розбавляють дистильованою водою (таблиця 1.8) з додаванням органічного кислотного барвника. Для «Тосола-А40М» барвник має блакитний колір, а для «Тосола-А65М» застосовують барвник бордового кольору.

Таблиця 1.8 – Склад і умови застосування охолоджувальних рідин «Тосол-А40М» і «Тосол-А65М»

Об'ємні частки, %		Температура початку кристалізації, °С, не вище
«Тосол-АМ»	Вода	
65	35	-65
56	44	-40

Показники якості цих рідин повинні відповідати вимогам і нормам, зазначеним у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Вимоги до фізико-хімічних показників якості антифризу «Тосол-АМ» і охолоджувальних авторідин на його основі

Найменування показника	Норми		
	«Тосол-АМ»	«Тосол-А40М»	«Тосол-А65М»
Зовнішній вигляд	Однорідна рухлива рідина блакитного кольору без механічних домішок	Однорідна прозора рідина блакитного кольору без механічних домішок	Однорідна прозора рідина червонувато-бордового кольору без механічних домішок
Густина при температурі 20 °С, г/см ³	1,120...1,140	1,078...1,085	1,085...1,100
Температура початку кристалізації, °С, не вище	-35 (при розведенні дистильованою водою в об'ємному відношенні 1:1)	-40	-65
Температура кипіння при тиску 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), °С, не нижче	170	108	110

Термін експлуатації таких охолоджувальних рідин становить три роки.

1.15 Робочі характеристики зарубіжних низькозамерзаючих охолоджувальних рідин

Іноземні держави встановлюють спеціальні норми якості для охолоджувальних рідин.

Охолоджувальним рідинам, що пройшли перевірку та тести з боку автовиробників та органів стандартизації, надаються відповідні свідоцтва – стандарти.

Вимоги до антифризів зарубіжного виробництва зазвичай визначаються стандартами ASTM (Американська асоціація з випробування матеріалів) і SAE (Товариство автомобільних інженерів США). Ці стандарти регламентують властивості концентратів та антифризів виходячи з їх основи (етиленгліколю або пропіленгліколю) та умов експлуатації. Наприклад, етиленгліколеві рідини призначені:

- за ASTM D 3306 та ASTM D 4656 – для легкових автомобілів та малих вантажівок;

- за ASTM D 4985 та ASTM D 5345 – для двигунів, що працюють у важких умовах: довгостроково експлуатуються в режимах, близьких до максимальної потужності, на позашляховій техніці, великих вантажівках, стаціонарних силових установках тощо. Ці рідини відрізняються тим, що перед використанням необхідно додавати спеціальну присадку.

Імпортні антифризи ASTM D 3306 можна використовувати для вітчизняних легкових автомобілів.

Наведено приклади деяких визнаних міжнародних стандартів:

- ASTM D 3306; ASTM D 4340; ASTM D 4985; SAE J1034 (США);
- BS 6580; B5 5117 (Велика Британія);
- JIS K 2234 (Японія);
- AFNOR NF R 15-601 (Франція);
- FVV HEFT R 443 (Німеччина) і т. д.

З початку 90-х років минулого століття на зміну традиційним антифризам прийшли антифризи нового покоління, виготовлені на основі карбоксилатної технології.

До складу цих антифризів крім етиленгліколю та води вводять пакети інгібіторів корозії на основі композиції солей моно- та дикарбонових кислот [2].

Такі охолоджувальні рідини найбільш повно відповідають вимогам, що ставлять автомобілісти до охолоджувальних рідин. Вони мають високу температуру кипіння, низьку температуру застигання, надійно захищають металеві деталі системи охолодження автомобілів від корозії, мають гарну сумісність із гумовими та пластмасовими складовими системи, високий термін експлуатації (до п'яти років).

До складу сучасних антифризів входять етиленгліколь або пропіленгліколь, вода та присадки.

Базові компоненти, вода та етиленгліколь або пропіленгліколь, становлять 90 % об'єму рідини, решта – присадки.

Саме присадки визначають антикорозійні та антикавітаційні властивості антифризу, його термін експлуатації та вартість. І саме за присадками відрізняються один від одного антифризи різних класів та компаній-виробників.

Типи антифризів залежно від складу присадок показано на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Типи антифризів залежно від складу присадок

Традиційні антифризи

Традиційні антифризи у своєму складі мають неорганічні присадки (силікати, фосфати, борати, аміни, нітрити) і нині вважаються морально застарілими, оскільки неорганічні інгібітори мають невеликий (не більше двох років) термін експлуатації та не витримують високих (понад 105 °С) температур.

Загальний вигляд традиційного антифризу показано на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд традиційного антифризу

Карбоксилатні антифризи

Карбоксилатні антифризи вважаються кращими за своїми змащувальними та антикорозійними властивостями, за температурою застигання та кипіння, мають меншу агресивність порівняно з такими деталями, як сальники, прокладки, патрубки тощо, а також високий термін експлуатації.

Загальний вигляд карбоксилатного антифризу показано на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 – Загальний вигляд карбоксилатного антифризу

Основу присадок карбоксилатних антифризів становлять солі карбонових кислот.

Карбоксилатні антифризи використовуються на більшості світових автозаводів для першого заправлення автомобілів, а також у сервісних центрах при технічному обслуговуванні.

Карбоксилатні антифризи здатні експлуатуватися протягом тривалого періоду часу – не менше п'яти років, з пробігами 250 тис. км у легкових та 650 тис. км у вантажних автомобілях.

Гібридні антифризи

До складу їх пакетів присадок також входять солі карбонових кислот та невеликі домішки силікатів (європейська технологія) або фосфатів (японська та корейська технології).

Загальний вигляд гібридного антифризу показано на рисунку 1.11.

Термін експлуатації гібридних антифризів становить у середньому три роки.



Рисунок 1.11 – Загальний вигляд гібридного антифризу

Лобридни антифризи

Лобридни антифризи мають фіолетовий колір.

Найдосконаліший на цей час їх склад – це мінеральні захисні речовини + органічні сполуки. Принцип їх роботи можна описати так: мінеральні речовини утворюють дуже тонку захисну плівку, яка не перешкоджає охолодженню, а органічні сполуки витрачаються лише у тому випадку, коли виникає корозія. Загальний вигляд лобридного антифризу показано на рисунку 1.12.



Рисунок 1.12 – Загальний вигляд лобридного антифризу

Отже, вибір охолоджувальної рідини – дуже важливий процес, адже від нього залежить довговічність і надійність роботи двигуна автомобіля.

1.16 Міжнародна класифікація охолоджувальних рідин

В Україні за класифікацію антифризів узятو стандарт компанії Volkswagen. Він передбачає поділ охолоджувальних рідин на класи за складом присадок на традиційні, гібридні, карбоксилатні та лобридні антифризи.

Антифризи випускають або у вигляді концентратів, або у вигляді готових до застосування охолоджувальних рідин.

Концентрат антифризу містить лише етиленгліколь або пропіленгліколь та присадки.

Передбачається, що воду споживач додасть самостійно, а оптимальне співвідношення концентрату та води становить для наших кліматичних зон 50:50.

Готові до застосування охолоджувальні рідини вже містять необхідну кількість демінералізованої води та розраховані на температуру початку кристалізації залежно від клімату, в якому експлуатується автомобіль.

Традиційні антифризи (клас G11) у своєму складі мають етиленгліколь та неорганічні присадки (силікати, фосфати, борати, аміни, нітрити) і зараз вважаються морально застарілими, оскільки неорганічні інгібітори мають невеликий (не більше 2...3 років або 45...60 тис. км пробігу) термін експлуатації та не витримують високих (понад 105 °С) температур.

Силікати в процесі експлуатації покривають всю внутрішню поверхню системи охолодження силікатним шаром, що погіршує теплообмін та знижує ефективність охолодження двигуна.

Силікатні антифризи також не захищають від кавітації.

Сьогодні вони використовуються в старих моделях автомобілів і в автомобілях, що відслужили свій термін, для яких головна перевага охолоджувальної рідини – її дешевизна. Класифікуються як антифризи для автомобілів до 1996 року випуску.

До традиційних антифризів належать різні варіації Тосола.

Гібридні антифризи

На відміну від традиційних антифризів термін експлуатації гібридних антифризів (клас G12) більший – у середньому 3...5 років, або 250 тис. км пробігу.

До складу їх пакетів присадок також входять солі карбонових кислот та невеликі домішки силікатів (європейська технологія) або фосфатів (японська та корейська технології).

У технічній літературі гібридні антифризи позначають: Hybrid Technology, NF (Nitrite Free), G12 (за специфікацією VW TL 774C). Цей клас

антифризу має свої підкласи G12+ та G12++, що відрізняються складом присадок або основою.

Клас G12

Антифризи на основі органічних карбоксилатних сполук.

Класифікуються як антифризи для автомобілів 1996-2001 років випуску. Найкращим чином підходять для високооборотних і температуронавантажених двигунів.

Максимальний термін експлуатації антифризів цього класу – п'ять-шість років.

Клас G12+

Класифікується як антифризи для автомобілів із 2001 року випуску. Не містять нітритів, фосфатів, боратів, силікатів, амінів.

Клас G13

Вважаються кращими за своїми охолоджувальними, змащувальними й антикорозійними властивостями, за температурою замерзання та кипіння, мають меншу агресивність до таких деталей, як сальники, прокладки, патрубки тощо, а також високий термін експлуатації.

У складі антифризів замість етиленгліколю використовується пропіленгліколь, а також різні присадки.

Це екологічніший продукт (неотруйний, швидше розкладається).

Це група антифризів для форсованих/спортивних двигунів автомобілів та мотоциклів, що працюють в екстремальних режимах.

1.17 Сумісність охолоджувальних рідин

Сумісність охолоджувальних рідин (антифризів) для автомобільних двигунів – дуже важлива тема, адже неправильне змішування може призвести до пошкодження системи охолодження.

Потрібно змішувати антифризи відповідних класів (рисунок 1.13), тобто:

- антифризи G11 з антифризами G11;
- антифризи G12 з антифризами G12;
- антифризи G13 з антифризами G13.

Необхідно використовувати охолоджувальні рідини, марка яких вказана виробником автомобіля.

При несумісності охолоджувальних рідин відбувається:

- випадіння осаду, забивання каналів системи охолодження;
- корозія алюмінієвих радіаторів і охолодних оболонки;
- перегрівання двигуна через поганий теплообмін;
- втрата властивостей антикорозійного захисту.



Рисунок 1.13 – Класи охолоджувальних рідин

Змішувати різні типи охолоджувальних рідин небезпечно. Доливати можна тільки той самий клас і бажано того самого виробника. При сумнівах – краще промити систему і залити нову охолоджувальну рідину.

Контрольні запитання

1. Яке призначення охолоджувальної рідини?
2. Які існують типи низькозамерзаючих охолоджувальних рідин?
3. За якими ознаками класифікують низькозамерзаючі охолоджувальні рідини?

Розділ 2. ГАЛЬМІВНІ РІДИНИ

2.1 Призначення та характеристики гальмівних рідин

Призначення гальмівної рідини полягає у передачі енергії від головного гальмівного циліндра до колісних циліндрів, які притискають гальмівні накладки до гальмівних дисків або барабанів.

Тиск у гідроприводі гальм досягає 10 МПа, а температура рідини в дискових гальмах – 150...190 °С.

Під час роботи в гальмівну систему через гумові ущільнення проникає вологе повітря, внаслідок чого гальмівна рідина «зволожується» та температура її кипіння знижується.

Якщо під час експлуатації автомобіля температура кипіння рідини стане нижчою за 150 °С, то в ній виділяються бульбашки газу та пари, утворюючи парові пробки. Це може призвести до відмови гальм та аварії.

Загальний вигляд автомобіля з позначенням розташування гальмівної системи автомобіля показано на рисунку 2.1.

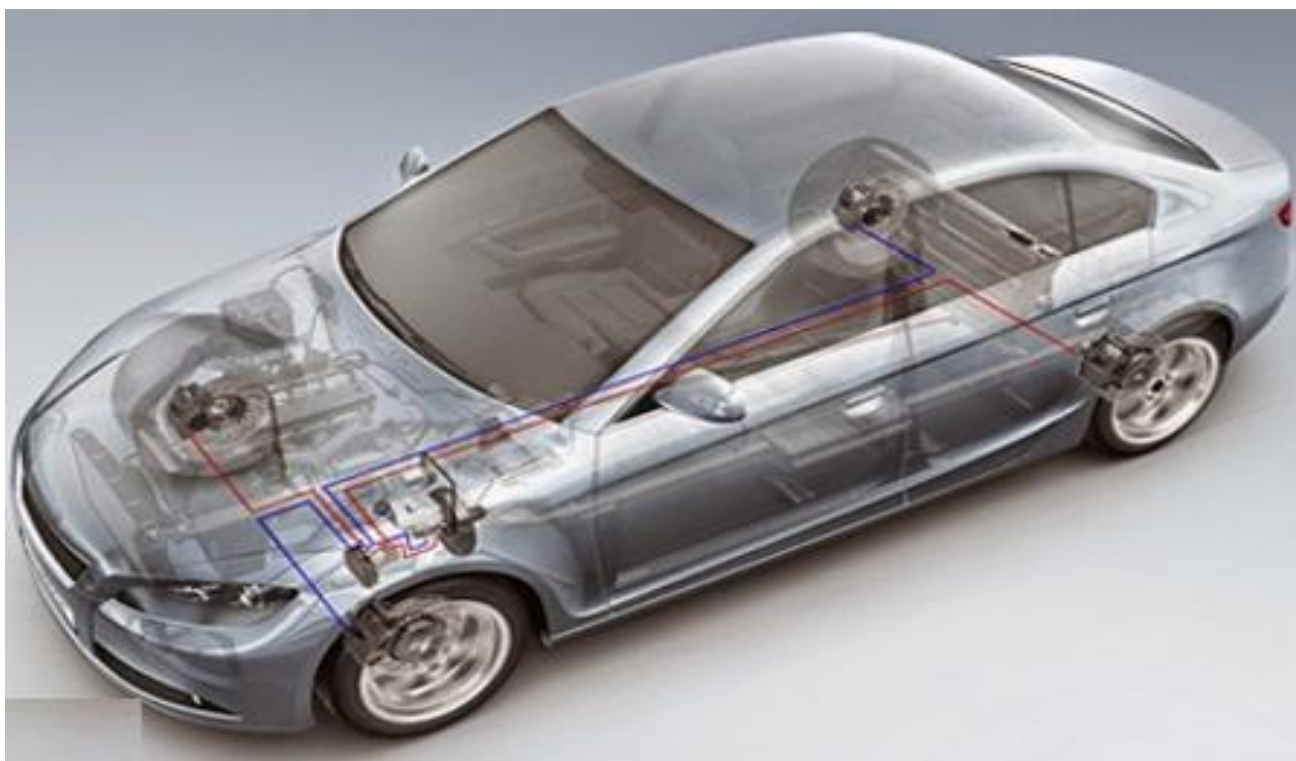


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд автомобіля з позначенням розташування гальмівної системи автомобіля

Температура кипіння гальмівної рідини – головний показник, що визначає гранично допустиму робочу температуру гідроприводів гальм.

При експлуатації автомобіля внаслідок обводнення температура кипіння гальмівної рідини поступово знижується. Тому визначають температуру зволоженої рідини, що містить 3,5 % води.

Цей показник побічно характеризує температуру, за якої рідина «закипатиме» через 1,5–2 роки роботи у гідроприводі гальм.

На більшості легкових автомобілів гальмівна система має гідравлічний привід, надійність роботи якого залежить від якості гальмівної рідини.

Приклад конструктивного виконання гальмівного механізму автомобіля показано на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Приклад конструктивного виконання гальмівного механізму автомобіля

Експлуатаційні вимоги до гальмівних рідин такі:

- досить висока температура кипіння;
- велика рухливість;
- низька в'язкість;
- температура застигання нижче температури навколишнього повітря;
- збереження однорідності, тобто гальмівна рідина не повинна розшаровуватися і в ній не допускається випадання згустків та осаду;
- повна сумісність із гумовими деталями та металом гальмівної системи;
- хороша змащувальна здатність.

Гальмівні рідини відрізняються також якістю та кількістю присадок, барвників та інших хімічних речовин.

Залежно від відсоткового вмісту води бувають сухі гальмівні рідини (нові розробки) та зволожені (кількість води 3,5 %).

Різниця між сухою і вологою гальмівними рідинами – точка кипіння.

Стандарт DOT вказує точку кипіння гальмівної рідини.

Розрізняють точки кипіння гальмівної рідини:

1. Суха точка кипіння, коли гальмівна рідина містить 0 % води.
2. Волога точка кипіння, коли спостерігається максимальне насичення 3,5 % води.

Ці 3,5 % – це і є межа температури, до якої розігрівається речовина в гальмівній системі.

Сучасні гальмівні рідини – це суміші ефірів з полімерами і присадками.

Властивості гальмівних рідин на основі полігліколей регламентуються різними міжнародними специфікаціями (SAE 1703, JAN 80, DOT-3, DOT-4, DOT-5, ISO 4952).

Приклади наявних гальмівних рідин показано на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Приклади наявних гальмівних рідин

Усі специфікації аналогічні одна одній і розрізняються лише значеннями низькотемпературної в'язкості, мінімальної температури кипіння чистої гальмівної рідини та температури кипіння після зволоження.

2.2 Основні характеристики гальмівної рідини

Характеристики гальмівної рідини у багатьох випадках визначають ефективність роботи гальмівної системи у цілому [1].

Основні параметри, за якими визначають якість гальмівної рідини, є:

- температура кипіння;
- в'язкість;
- гігроскопічність.

Температура кипіння

Під час експлуатації гальмівна рідина не повинна закипати від тепла, яке виділяється при роботі гальм [4].

Якщо рідина закипить, то наявні бульбашки пари суттєво підвищать її стисливість, що призведе до падіння гальмівного зусилля.

Розрізняють такі температури кипіння гальмівних рідин:

1. Температура кипіння у стані поставки (суха точка кипіння), що характеризує рідину, яка ще не експлуатувалась.

2. Нижня температура кипіння (вогка точка кипіння) – це температура зволоженої рідини, після поглинання нею в умовах експлуатації певної кількості води (до 3,5 % за масою).

Температура кипіння гальмівних рідин може бути від 205 °C (DOT3) до 260 °C (DOT5.1).

В'язкість

Гальмівна рідина повинна добре циркулювати у гальмівній системі, і в'язкість рідини в умовах низьких температур є важливим показником.

Якщо рідина замерзне, роботу гальмівної системи буде заблоковано, занадто в'язка рідина сповільнює роботу гальмівної системи, а занадто рідка – збільшує ймовірність витоків і втрати рідини.

Гігроскопічність

Гігроскопічність – здатність матеріалу поглинати водяні пари з повітря внаслідок абсорбції.

Чим меншою є здатність гальмівної рідини поглинати вологу, тим краще.

Зайва волога може бути причиною зниження температури закипання рідини та загущення її при низьких температурах.

Окрім цих характеристик, важливими є антикорозійні та мастильні властивості гальмівної рідини – вони сприяють збільшенню терміну експлуатації поршнів, манжет та циліндрів у гальмівній системі.

Рідина також не повинна змінювати властивості, розміри і форму гумових деталей системи.

2.3 Класифікація гальмівних рідин

Гальмівні рідини повинні відповідати певним вимогам, визначеним різними стандартами, встановленими такими організаціями, як SAE International (Співтовариство автотранспортних інженерів), або еквівалентними документами урядових органів країн.

SAE опубліковано стандарти J1703, J1704 і J1705, що відображають поступове зростання вимог до гальмівних рідин.

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) оприлюднила свій стандарт ISO 4925, що визначає еквівалентні класи 3, 4 та 5, а також клас 5.1 і клас 6.

Більшість гальмівних рідин, що є на ринку у Північній Америці, класифікуються Міністерством транспорту США (DOT – англ. Department Of Transport – Міністерство транспорту) за власними шкалами, такими як «DOT 3» та «DOT 4», і ці шкали широко використовуються в інших країнах. Їх класифікація певною мірою віддзеркалює специфікації SAE, але з урахуванням місцевих особливостей, наприклад, вони мають дещо інші діапазони нормальної температури та вологості.

DOT 3 можна розглядати як еквівалент SAE J1703 та ISO класу 3, DOT 4 відповідає SAE J1704 і ISO класу 4 і т. ін.

Основні класифікаційні показники гальмівних рідин наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні класифікаційні показники гальмівних рідин

Класи гальмівних рідин	Вимоги за стандартом FMVSS № 116 «Гальмівні рідини для автомобіля»				Колір
	Температура кипіння, °C		В'язкість кінематична, мм ² /с		
	Сухої гальмівної рідини	Зволоженої гальмівної рідини (вміст води 3,5 %)	Зволоженої гальмівної рідини при температурі 100 °C	При температурі –40 °C	
DOT 3	205 не менше	140 не менше	1,5 не більше	1500 max	Від світло-жовтого до світло-коричневого
DOT 4	230 не менше	155 не менше	1,5 не більше	1800 max	
DOT 5.1	250 не менше	165 не менше	1,5 не більше	900 max	
DOT 5*	260 не менше	180 не менше	1,5 не більше	900 max	Темно-червоний
*Гальмівна рідина DOT 5 виготовляється на основі силікону та з іншими класами гальмівних рідин не сумісна					

Класифікація гальмівних рідин

Усі відомі гальмівні рідини за в'язкістю і температурою кипіння поділяються згідно з американською системою стандартів DOT на такі класи:

– DOT 3 – призначена для автомобілів з гідроприводною системою з барабанним і дисковим типом гальм. Температура кипіння становить 230 °С, а кінематична в'язкість – до 1500 мм²/с;

– DOT 4 – використовується для автомобілів з гальмами дискових типів на обох осях, зокрема оснащених ABS. Її температура кипіння 240 °С, показник кінематичної в'язкості не перевищує 1800 мм²/с;

– DOT 5 – це рідина на силіконовій основі, що має підвищені експлуатаційні характеристики. Використовується для автомобілів з частим розгоном та тривалим гальмуванням. Температура кипіння становить 260 °С, в'язкість – 900 мм²/с;

– DOT 5.1 – це рідина на гліколевій основі, яка використовується для автомобілів з високотемпературними навантаженнями, наприклад для спортивних автомобілів.

2.4 Склад гальмівної рідини

Гальмівна рідина складається:

а) з основи (базової рідини);

б) додаткових присадок (антикорозійних, мастильних тощо).

Класифікацію гальмівних рідин за складом основи показано на рисунку 2.4.

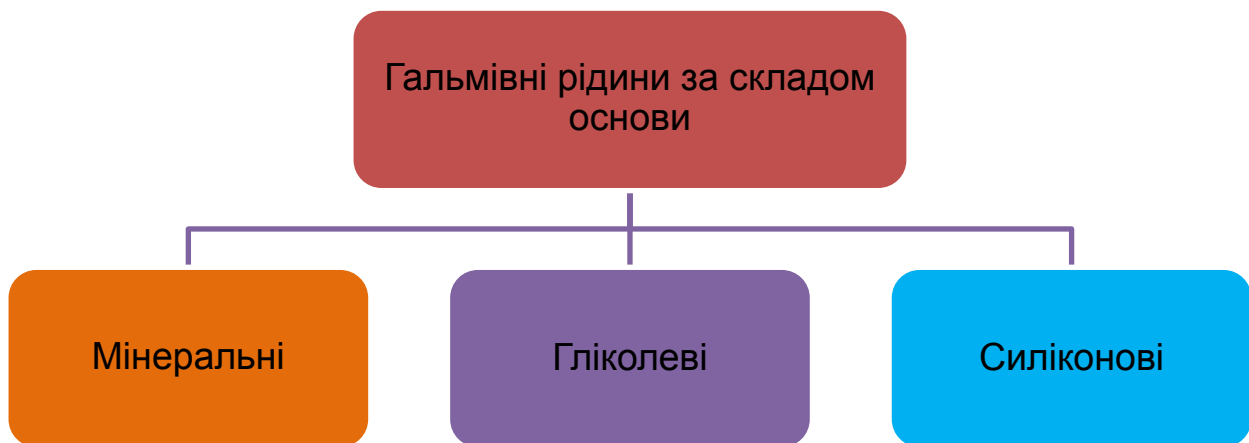


Рисунок 2.4 – Класифікація гальмівних рідин за складом основи

Різні типи гальмівних рідин змішуванню не підлягають.

Мінеральні гальмівні рідини

Мінеральні гальмівні рідини (DOT 2) – найдавніший тип, з якого почалась сучасна історія гальмівних рідин.

Вони мали основою касторову (рицинову) оливу з додаванням бутилового або етилового спирту. Окрім касторової оливи як основа використовувались й інші мінеральні оливи та нафтопродукти.

Для того щоб в'язкість гальмівної рідини меншою мірою залежала від температури, до мінеральної основи додають спеціальні присадки.

Переваги мінеральних рідин:

- відмінні змащувальні властивості;
- низька гігроскопічність.

Недоліки мінеральних рідин:

- занадто низька температура кипіння (суха точка кипіння 205 °С, вога точка кипіння 140 °С);
- застигають такі рідини вже при температурі –20 °С;
- рідини на основі касторової оливи негативно впливають на деталі з міді, латуні та алюмінію;
- рідини на основі нафтопродуктів негативно впливають на гумові манжети гідравлічної системи.

Мінеральні рідини ще можуть використовуватись на «застарілих» моделях автомобілів, оскільки їх гумові деталі є несумісними із сучасними гліколевіми рідинами.

Через низьку температуру кипіння мінеральні рідини не застосовують на автомобілях з дисковими гальмами.

В інших же гальмівних системах можна використовувати їх у міжсезоння, коли замерзання рідини виключається. Також деякі виробники допускають застосування на своїх авто спеціально розроблених мінеральних рідин для конкретних гальмівних систем.

Гліколеві гальмівні рідини

Гліколеві гальмівні рідини (DOT 3, DOT 4, DOT 5.1) – найпоширеніші гальмівні рідини на сучасних автомобілях (рисунок 2.5).

Гальмівні рідини, в основі яких поліетиленгліколі та поліефіри борної кислоти, за всіма параметрами відповідають сучасним світовим стандартам.

Єдиним значним недоліком гліколевих рідин є гігроскопічність, що потребує відносно часті (один раз на два-три роки) заміни гальмівної рідини.

Заміну гліколевих гальмівних рідин потрібно виконувати через два-три роки.



Рисунок 2.5 – Гліколеві гальмівні рідини

Силіконові гальмівні рідини (DOT 5). Основою таких рідин є кремнійорганічні полімери.

Гальмівна рідина на основі силікону не вбирає вологи, не руйнує гуми і металевих деталей, має стабільну в'язкість, яка не залежить від температури.

Однак змащувальні властивості силіконових рідин не дуже високі та потребують поліпшення.

Гальмівні рідини з силікону частіше застосовуються в гальмівній системі спортивних і гоночних автомобілів.

Заміну силіконових гальмівних рідин потрібно виконувати через чотири-п'ять років.



Рисунок 2.6 – Силіконові гальмівні рідини

В Україні випускають рідини «Роса», «Роса-3», «Роса ДОТ-3», «Роса ДОТ-4». Характеристики цих гальмівних рідин наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики гальмівних рідин

Показник	«Роса», «Роса-3», «Роса ДОТ-4»	БСК
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна рідина від світло-жовтого до темно-жовтого кольору без осаду	Прозора однорідна рідина оранжево- червоного кольору
Кінематична в'язкість, мм ² /с, при температурі:		
50 °С, не менше	5	9
100 °С, не менше	2	–
–40 °С, не більше	1450	2500
Низькотемпературні властивості: зовнішній вигляд витримки (6 годин, –50 °С)	Прозора рідина без розшарування й осадів	
Час проходження бульбашки повітря через шар рідини при перекиданні сосуда, с, не більше	8	–
Температура кипіння, °С, не нижче	260	115
Температура кипіння «вологої» рідини, не менше	165	110
Вміст механічних домішок, %	Відсутній	
pH	7,5...9,0	≥6
Взаємодія з металами, що оцінюється за зміною маси пластинок, мг/см ² , не більше:		
сталь 10	0,1	0,2
алюмінієвий сплав Д-16	0,1	0,1
чавун СЧ 18	0,1	0,2
латунь Л62	0,2	0,4
мідь М1	0,2	0,4
Вплив на гуму, %:		
зміна об'єму гуми марки 7-2462 при 70 °С	2...10	5...10
зміна об'єму гуми марки 51-1524 при 120 °С	2...10	–

Продовження таблиці 2.2

Показник	«Роса», «Роса-3», «Роса ДОТ-4»	БСК
Зміна межі міцності гуми марки 51-1524, %, не більше	25	–

Гальмівні рідини «Роса ДОТ-4», «Роса ДОТ-3», «Роса-3» і «Роса» – високотемпературні рідини, що виробляються на основі поліефіру, що містить бор, і в який вводять антиокислювальні і антикорозійні присадки.

Гальмівні рідини «Роса» та «Роса-3» відрізняються від рідини «Роса ДОТ-4» лише наявністю у своєму складі різних пластифікаторів. Рідина працездатна при температурах навколишнього середовища від –40 до +45 °С. Їх застосовують у гальмівних системах сучасних легкових та вантажних автомобілів. Термін експлуатації рідин становить три роки.

Гальмівна рідина БСК прозора, однорідна, червоного кольору, без осадків та механічних домішок. Вона являє собою суміш 50 % касторової оливи та 50 % бутилового спирту.

Густина рідини при 20 °С становить 890...900 кг/м³, кінематична в'язкість за нормальної температури 50 °С – у межах 9...13 сСт.

Завдяки наявності касторової оливи рідина має хороші змащувальні властивості, не викликає великого набухання або розм'якшення гумових ущільнювальних деталей гальмівної системи. Однак в'язкісно-температурні властивості цієї рідини незадовільні, тому її рекомендують застосовувати тільки в середній смузі країни.

Нестача спиртокасторової суміші зумовлює високу температура кристалізації касторової оливи.

Кристалізація починається при –5 °С та інтенсивно проходить при –20 °С. Унаслідок цього утворюються згустки, які можуть закупорити трубопроводи гідравлічного приводу та спричинити відмову гальм автомобіля. Рідину БСК не рекомендується застосовувати за температури навколишнього повітря нижче –20 і вище +30 °С. Її слід оберігати від води, яка може призвести до розшарування рідини.

2.5 Сумісність гальмівних рідин

Змішувати рідини між собою або заливати нову рідину без попереднього очищення системи можна лише в одному випадку – коли ці рідини гліколеві, просто належать до різних класів (DOT 3, DOT 4 та DOT 5.1).

Виробники гальмівних рідин рекомендують змішувати рідини одного класу, а ще краще – однієї марки.

Несумісними між собою є мінеральні та гліколеві рідини, якщо їх змішати – гумові манжети гідروприводу деформуються.

Гальмівні рідини, в яких присутній силікон, категорично несумісні ні з якими іншими. Хімічні реакції в разі змішування таких рідин з іншими є агресивними до деталей системи та повністю змінюють властивості гальмівної рідини.

Можливі варіанти сумісності гальмівних рідин різних класів наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Сумісність гальмівних рідин

	DOT 3	DOT 4	DOT 4 CLASS 6	DOT 5	DOT 5.1	DOT 5.1/ABS
DOT 3	✓	✓	✓	✗	✓	✗
DOT 4	✓	✓	✓	✗	✓	✗
DOT 4 CLASS 6	✓	✓	✓	✗	✓	✗
DOT 5	✗	✗	✗	✓	✗	✗
DOT 5.1	✓	✓	✓	✗	✓	✗
DOT 5.1/ABS	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Не можна змішувати рідини, виготовлені на різних основах, оскільки це призводить до розшарування гальмівної рідини та погіршення її експлуатаційних властивостей.

Якщо марка гідравлічної рідини, залитої в гальмівну систему, невідома, роблять пробу на змішування. У пробірку наливають в однакових кількостях рідину з гальмівної системи та рідину, яку передбачається долити в систему. Потім їх збовтують. Якщо відбулося розшарування суміші, то доливати гальмівну рідину в систему не можна.

Контрольні запитання

1. Яке призначення гальмівної рідини?
2. Які основні характеристики гальмівних рідин?
3. Які існують основні типи гальмівних рідин?
4. Яка сумісність гальмівних рідин?

Розділ 3 АМОРТИЗАЦІЙНІ РІДИНИ

3.1 Призначення та властивості амортизаційної рідини

Амортизаційна рідина – це технічна рідина, призначена для гасіння механічних коливань.

Амортизаційні рідини є робочим тілом у гідравлічних амортизаторах телескопічного та важільно-кулачкового типу.

Амортизатори призначені для гасіння коливань кузова на пружних елементах підвіски.

Загальний вигляд амортизаторів та стояків автомобілів наведено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд амортизатора та стояка автомобілів

При цьому хід автомобіля стає плавним навіть під час руху поганими дорогами.

Робота амортизаторів основана на поглинанні кінетичної енергії коливання кузова автомобіля при протіканні під тиском рідини амортизатора крізь вузькі отвори з однієї порожнини в іншу.

Тиск рідини в амортизаторах становить 8...11 МПа, а температура змінюється залежно від пори року та кліматичних умов місцевості від -50 до $+140$ °С.

Основні відмінності амортизатора від стояка:

1. Амортизатор зазвичай є складовою частиною стояка.
 2. Стояк – це група деталей, в які входить корпус і демпфувальний елемент із пружиною.
 3. Амортизатор ефективно гасить коливання, проте менш витривалий до бічних навантажень. Стояк виконує обидва завдання.
 4. На відміну від амортизатора, стояк утримує вагу автомобіля.
 5. При виході з ладу амортизатора автомобіль буде в робочому стані, а якщо вийде з ладу стояк – переміщатися на автомобілі не можна.
- Приклад розміщення амортизаторів на автомобілі показано на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Приклад розміщення амортизаторів на автомобілі

Амортизаційні рідини повинні мати хороші в'язкісно-температурні, змащувальні й антипінні властивості, низьку температуру застигання, високу антиокислювальну і механічну стабільність, а також сумісність із гумовими ущільненнями.

Головний експлуатаційний показник амортизаційних рідин – в'язкість при позитивних та негативних температурах.

При температурі $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ кінематична в'язкість не повинна перевищувати 800 сСт. За більшої в'язкості робота амортизаторів значно погіршується, відбувається блокування підвіски.

Як амортизаційні рідини використовують малов'язкі нафтові оливи різних марок або їх суміші, які містять в'язкісну, депресорну, антиокислювальну, протизношувальну, диспергувальну й антипінну присадки. Випускають такі амортизаційні рідини: АЖ-12Т, МГП-12, ГРЖ-12 [3].

Характеристики різних марок амортизаційних рідин наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики амортизаційних рідин

Показник	АЖ-12Т	МГП-12	ГРЖ-12
Кінематична в'язкість, мм ² /с			
при температурі:			
40 °С, не менше	-	-	16...20
50 °С, не менше	12	12	-
100 °С, не менше	3,6	3,8	3,9
-20 °С, не більше	-	800	800
-40 °С, не більше	6500	-	-
Температура, °С:			
спалаху, не нижче	165	140	140
застигання, не вище	-52	-50	-50
Густина при 20 °С, мг/см ³ , не більше	-	917	917
стійкість проти окислення;			
осад після окислення, %	Відсутній	-	-
Кислотне число до (після) окислення, мг КОН/г, не більше	0,04 (0,1)	-	-
Вміст механічних домішок та води, %	-	Відсутні	Відсутні
Випробування на корозію	Витримують		

3.2 Склад та марки амортизаційних рідин

Амортизаційні рідини виробляють з нафтових дистилатів селективного очищення змішуванням з кремнійорганічними рідинами (8...10 % за масою).

Як амортизаційні рідини використовують спеціальні рідини: суміш мінеральної оливи із синтетичним компонентом – полісилоксановою оливою, з комплексом присадок, а також малов'язкі оливи та їх суміші, наприклад, суміш турбінної і трансформаторної олив [3].

АЖ-170 – суміш поліетилсилоксанів з очищеною нафтовою оливою. Використовують в інтервалі температур -60...+130 °С; $t_{\text{спалаху}}=+245$ °С.

МГП-10 – суміш малов'язкої трансформаторної оливи і синтетичної поліетилсилоксанової рідини, у яку для поліпшення експлуатаційних властивостей уведені осіркований кашалотовий жир, полімерна депресорна, а також антиокиснювальна і протипінна присадки. Загусає рідина при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{спалаху}} = +150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

МГП-12 – покращений аналог *МГП-10*, становить малов'язку низькозагусну нафтову основу, у яку введені депресорна, диспергувальна, протизношувальна, антиокиснювальна і протипінна присадки. Кінематична в'язкість при $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ $12\text{ мм}^2/\text{с}$.

АЖ-12m – фракція трансформаторної оливи, загущена поліетилсилоксановою рідиною з додаванням протизношувальної і антиокиснювальної присадок. Кінематична в'язкість при $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить $10\text{ мм}^2/\text{с}$; $t_{\text{загусання}} = -55\text{ }^{\circ}\text{C}$, що забезпечує м'яку роботу амортизаторів незалежно від пори року. Це прозора рідина від світло-жовтого до світло-коричневого кольору.

ГРЖ-12 – це суміш очищених трансформаторного і веретенного дистиллятів з додаванням депресорної, антиокиснювальної, протизношувальної і протипінної присадок. Використовують в амортизаторах і телескопічних стояках автомобілів. Властивості *ГРЖ-12*: кінематична в'язкість при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $16\text{...}20\text{ мм}^2/\text{с}$; $t_{\text{загусання}} = -50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{спалаху}} = +140\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Використовують також замітники амортизаційних рідин – гідравлічні оливи *МГ-22-А (АУ)* і *МГ-22-Б (АУП)*. Однак у них незадовільна в'язкісно-температурна характеристика. Їх в'язкість стрімко зростає зі зниженням температури, що, у свою чергу, спричиняє збільшення жорсткості амортизаторів.

Крім того, як замітник амортизаційних рідин застосовують суміш турбінної і трансформаторної оливи у пропорції приблизно 1:1. Однак ця суміш не повною мірою відповідає вимогам, оскільки має недостатньо хорошу в'язкісно-температурну характеристику і високу температуру загусання ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Контрольні запитання

1. Яке призначення амортизаційної рідини?
2. Які основні властивості амортизаційних рідин?
3. За якими типами класифікують амортизаційні рідини?

Розділ 4 РІДИНИ ДЛЯ ОМИВАННЯ СКЛА ТА ФАР АВТОМОБІЛЯ

4.1 Призначення рідини для омивання скла

Склоомивальна рідина (омивальна рідина) – рідина, призначена для видалення бруду з лобового та заднього скла, а також фар головного світла автомобіля.

У багатьох сучасних автомобілях крім стекол омиваються фари. Розчин розбризкується через спеціальні форсунки та зчищається щітками склоочисників. Приклад виконання процесу використання омивальних рідин показано на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Приклад виконання процесу використання омивальних рідин

Омивальні рідини зазвичай поділяються залежно від сезону використання (рисунок 4.2).

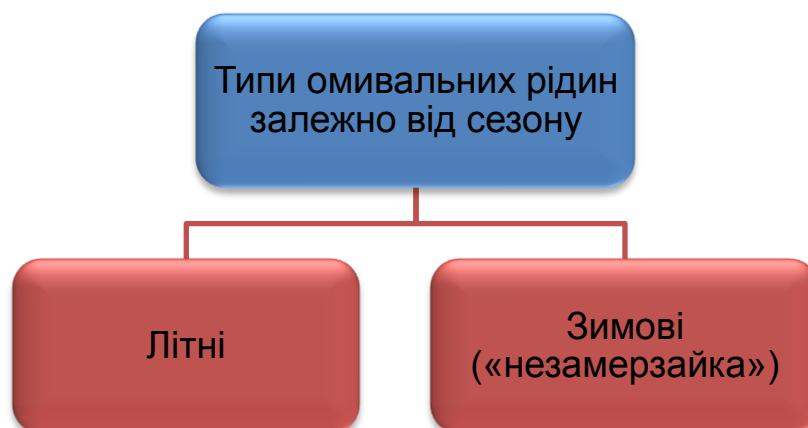


Рисунок 4.2 – Типи омивальних рідин залежно від сезону

Зимові омивальні рідини також поділяються на такі:

- готова до використання рідина;
- концентрат.

При використанні готової рідини важливо пам'ятати, що її не можна розбавляти водою, тому що в такому разі всі її якості буде втрачено. А ось концентрат якраз і потрібно розбавляти водою, але обов'язково дистильованою та відповідно до інструкцій виробника.

Омивальні рідини є сумішшю таких компонентів:

- спирту;
- мийних засобів і домішок;
- барвників;
- ароматичних домішок;
- води.

4.2 Склад омивальних рідин

Існує достатньо велика кількість марок омивальних рідин, деякі їх приклади показано на рисунку 4.3.



Рисунок 4.3 – Загальний вигляд різних омивальних рідин

Основа омивальних рідин – це спирт (етиловий, ізопропіловий).

Більш дорогий та якісний компонент – ізопропіловий спирт.

Найдешевший – метиловий спирт, але він небезпечний для здоров'я, причому як у рідкому стані, так і його пари.

Однак на ринку достатня кількість дешевих рідин, вироблених на основі метилу.

Як мийні засоби в омивальних рідинах використовують поверхнево-активні речовини (ПАР), які очищають скло від масляних відкладень, сажі, жирів, бруду.

Ароматизатори (віддушки) і барвники призначено для того, щоб надати омивальній рідині товарний вигляд і «перебити» запах спирту, який проникає в салон автомобіля під час очищення скла.

Крім цього, барвники роблять рідини такими, що не можна вживати.

Для отримання омивальної рідини використовується дистильована вода.

Деякі виробники застосовують різні домішки, які, наприклад, покривають скло тонкою плівкою, що змінює картину заломлення променів. Завдяки цьому зображення стає чистішим і чіткішим. Така плівка на склі може зберігатись до двох тижнів.

Контрольні запитання

1. Яке призначення рідини для омивання скла?
2. Які основні властивості рідин для омивання скла?
3. Який склад рідин для омивання скла?
4. Які існують типи рідин для омивання скла?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення / В. Чабанний, М. Черновол, Є. Солових, С. Магопець, О. Бевз, А. Солових, С. Катеринич. – Кропивницький : Центральноукр. нац. техн. ун-т, 2022. – 487 с.
2. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість : підручник / С. Бойченко, А. Пушак, П. Топільницький, Й. Любінін, К. Лейда. – Київ : Центр учбової літератури, 2019. – 323 с.
3. Колосюк, Д. С. Експлуатаційні матеріали : підручник / Д. С. Колосюк, Д. В. Зеркалов. – Київ : Арістей, 2005. – 241 с.
4. Експлуатаційні матеріали : метод. вказівки до виконання практ. робіт [Електронний ресурс] / уклад. В. М. Болдовський. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін-т», 2024. – 90 с. – Режим доступу: <https://library.khai.edu/library/fulltexts/metod>

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Розділ 1 ОХОЛОДЖУВАЛЬНІ РІДИНИ.....	4
1.1 Призначення та будова систем охолодження двигуна	4
1.2 Експлуатаційні властивості охолоджувальних рідин	6
1.3 Охолоджувальна здатність рідини	8
1.4 Прокачуваність охолоджувальної рідини	10
1.5 Сумісність охолоджувальної рідини з матеріалами	12
1.6 Токсичність охолоджувальної рідини.....	13
1.7 Збережність охолоджувальної рідини.....	14
1.8 Піноутворення охолоджувальної рідини.....	15
1.9 Вода як охолоджувальна рідина	16
1.10 Низькозамерзаючі охолоджувальні рідини.....	20
1.11 Етиленгліколеві водні розчини	21
1.12 Пропіленгліколеві водні розчини.....	24
1.13 Низькозамерзаючі рідини OP-K, OP-65, OP-40	24
1.14 Антифриз «Тосол-AM» і охолоджувальні авторідини марок «Тосол-A40M» і «Тосол-A65M»	25
1.15 Робочі характеристики зарубіжних низькозамерзаючих охолоджувальних рідин.....	26
1.16 Міжнародна класифікація охолоджувальних рідин	31
1.17 Сумісність охолоджувальних рідин	32
Розділ 2 ГАЛЬМІВНІ РІДИНИ.....	34
2.1 Призначення та характеристики гальмівних рідин.....	34
2.2 Основні характеристики гальмівної рідини.....	37
2.3 Класифікація гальмівних рідин.....	38
2.4 Склад гальмівної рідини	39
2.5 Сумісність гальмівних рідин	43
Розділ 3 АМОРТИЗАЦІЙНІ РІДИНИ	45
3.1 Призначення та властивості амортизаційної рідини.....	45
3.2 Склад та марки амортизаційних рідин... ..	47
Розділ 4 РІДИНИ ДЛЯ ОМИВАННЯ СКЛА ТА ФАР АВТОМОБІЛЯ	49
4.1 Призначення рідини для омивання скла	49
4.2 Склад омивальних рідин	50
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	52

Навчальне видання

**Болдовський Володимир Миколайович
Григорович Антон Михайлович**

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

**Частина 3
ТЕХНІЧНІ РІДИНИ**

Редактор Н. В. Мазепа

Зв. план, 2026

Підписано до видання 18.05.2026

Ум. друк. арк. 3,0. Обл.-вид. арк. 3,37. Електронний ресурс

Видавець і виготовлювач
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Вадима Манька, 17
<http://www.khai.edu>

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої
продукції серія ДК № 391 від 30.03.2001