



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ЛОКОМОТИВНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**

*Навчальний посібник*

**Частина 3**

**Харків – 2022**

**УДК 629.41:(075.8)**

**Л 732**

*Рекомендовано вченою радою Українського державного університету залізничного транспорту як навчальний посібник (витяг з протоколу № 6 від 30 листопада 2022 р.)*

**Рецензенти:**

професори В. Г. Маслієв (НТУ «ХП»),  
О. С. Полянський (ХНАДУ)

**Авторський колектив:**

Д. С. Жалкін, С. Г. Жалкін, В. Г. Пузир, О. О. Анацький

**Л 732** Локомотивні експлуатаційні матеріали: Навч. посібник. Ч. 3.  
Вода, пісок, полімерні матеріали / Д. С. Жалкін, С. Г. Жалкін,  
В. Г. Пузир, О. О. Анацький. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – 161 с.,  
рис. 20, табл. 12.

ISBN

Розглянуто класифікацію та способи виготовлення охолодних рідин, піску та полімерних матеріалів, застосовуваних при експлуатації та ремонті локомотивів, їхні основні фізико-хімічні властивості. Окремо розглянуто основні причини старіння та погіршення їхньої якості, наведено методи контролю якості в експлуатації. Надано правила поведінки з охолодними рідинами, піском, ЛФМ і полімерними матеріалами під час їх виготовлення, ремонту та екіпірування автономного рухомого складу, складено списки запитань з підготовки до модульного контролю та література.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти спеціальності 273 «Залізничний транспорт», ОПП «Локомотиви та локомотивне господарство» (перший освітній рівень «бакалавр»), які вивчають курс «Локомотивні експлуатаційні матеріали» або «Експлуатаційні матеріали рухомого складу».

Навчальний посібник також буде корисним для здобувачів вищої освіти інших навчальних закладів, студентів коледжів, технікумів, учнів професійно-технічних училищ, слухачів курсів підвищення кваліфікації, а також фахівців, спеціальність яких пов'язана з експлуатацією та технічним обслуговуванням локомотивів.

УДК 629.41: (075.8)

ISBN

© Жалкін Д. С., Жалкін С. Г., Пузир В. Г., Анацький О. О. 2022.

© Український державний університет залізничного транспорту, 2022.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1.....	9
1.1. Застосування води в локомотивному господарстві.....	9
1.2. Різновиди природних вод.....	10
1.3. Основні фізико-хімічні властивості води.....	13
1.4. Жорсткість і лужність води.....	18
1.4.1. Накип і його утворення.....	20
1.5. Корозія, ерозія і кавітація металів від дії води.....	23
1.5.1. Захист металів від корозії.....	26
1.6. Підготовка води для технічних цілей.....	27
1.7. Приготування охолодної води для дизелів тепловозів і дизель-поїздів.....	33
1.7.1. Інші охолодні рідини.....	40
1.8. Загальні вимоги до контролю якості охолодної води.....	44
1.9. Виробничо-побутове споживання води в локомотивному господарстві.....	49
1.10. Охорона праці при приготуванні та застосуванні охолодної води.....	61
РОЗДІЛ 2.....	65
2.1. Застосування піску для покращення коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою.....	65
2.2. Технічні вимоги до якості піску для тягового рухомого складу...	66
2.3. Контроль якості піску і методи випробувань.....	70
2.3.1. Визначення зернового складу.....	72
2.3.2. Визначення вмісту кварцу.....	77
2.3.3. Визначення вмісту вологи.....	77
2.4. Системи піскопостачання локомотивів.....	78

2.5. Охорона праці і пожежна безпека при постачанні локомотивів піском.....	80
РОЗДІЛ 3.....	82
3.1. Застосування лакофарбових матеріалів у локомотивному господарстві.....	82
3.1.1. Вимоги до лакофарбового покриття.....	82
3.1.2. Структура лакофарбового покриття і вимоги до основних матеріалів.....	83
3.1.3. Склад лакофарбових матеріалів. Допоміжні матеріали.....	84
3.1.4. Класифікація і маркування лакофарбових матеріалів і покриттів.....	90
3.1.5. Основні властивості лакофарбових матеріалів.....	92
3.1.6. Технологія фарбування локомотивів.....	95
3.1.7. Застосування люмінофорів і флуоресцентних емалей.....	101
РОЗДІЛ 4.....	105
4.1. Застосування полімерних матеріалів у локомотивному господарстві.....	105
4.1.1. Застосування полімерів і пластмас при виробництві та ремонті локомотивів.....	105
4.1.2. Застосування клеїв і еластомерів при ремонті локомотивів...	110
4.1.3. Технологічні особливості застосування полімерних композицій.....	113
4.2. Техніка безпеки при роботі з лакофарбовими і полімерними матеріалами.....	119
РОЗДІЛ 5.....	123
5.1. Застосування гумотехнічних виробів і матеріалів у локомотивному господарстві.....	123
5.1.1. Особливості експлуатації гумотехнічних виробів.....	132
5.2. Застосування ущільнювачів у локомотивному господарстві.....	133

5.3. Застосування електроізоляційних матеріалів у локомотивному господарстві.....	136
5.3.1. Ізоляційні матеріали для ремонту електричного обладнання та електричних машин локомотивів.....	144
Запитання для підготовки до модульного контролю.....	147
Бібліографічний список.....	151
Додаток 1. Розрахунок кількості хімікатів для приготування охолодної води.....	155
Додаток 2. Бланк-довідка якості піску.....	161

## ВСТУП

У першому розділі третьої частини посібника основну увагу приділено охолодним рідинам, застосовуваним в енергетичних установках локомотивів і рухомого складу. Стійка та економічна робота дизеля (ЛЕУ) тепловоза значною мірою залежить від технічного стану системи охолодження. Шкідливі домішки у воді або антифризі, застосовувані для охолодження дизелів тепловозів, спричиняють корозійні пошкодження та відкладення накипу на блоках і циліндрових втулках, зашламлення трубопроводів і секцій холодильників. Корозія руйнує деталі дизеля, а накип і шлам ускладнюють передачу тепла від металу до води. Це спричиняє перегрів деталей, пошкодження та інтенсивніший знос їх, знижує економічність дизеля.

Безаварійна та економічна робота тепловоза виявиться неможливою, якщо в системі охолодження циркулюватиме рідина, що за своєю якістю не відповідає певним вимогам [1-3, 14, 20, 23, 30]. Вода, що охолоджує дизель, повинна мати незначну кількість солей, бути вільною від завислих речовин і містити необхідні протикорозійні присадки.

У другому розділі посібника наведено вимоги до піску [4, 21], застосовуваному для збільшення коефіцієнта зчеплення коліс з рейками, який обумовлюється станом головок рейок, досягаючи найбільшого значення при сухих чистих рейках. Рейки залізничних шляхів нерідко бувають вологими від роси та дощу, а крім того, часто бувають покриті пилом та оливою. Усе це різко знижує коефіцієнт зчеплення коліс із рейками, а отже, не використовується повною мірою сила тяги локомотива або він буксує. У зв'язку з цим якість піску і надійна подача його під колеса рухомого складу мають важливе значення.

У третьому розділі посібника розглянуто застосування полімерних матеріалів під час експлуатації та ремонту локомотивів і рухомого складу.

Фарбування локомотивів і покриття сучасними ЛФМ здійснюється насамперед для захисту від корозії та впливу негативних факторів навколишнього середовища, механічних пошкоджень, надання декоративного вигляду. Фарбування локомотивів – це дуже відповідальний і складний технологічний процес. Для фарбування рухомого складу залізничного транспорту застосовують переважно уретаналкідні, епоксидні, поліуретанові, акрилуретанові, водно-дисперсійні лакофарбові матеріали. Тип лакофарбових матеріалів вибирається з урахуванням умов експлуатації та впливу хімічних і механічних факторів [8]. При остаточному виборі враховується необхідна якість покриттів і технологія фарбування.

Термін служби (довговічність) лакофарбових покриттів на зовнішніх металевих поверхнях кузовів рухомого складу при використанні матеріалів на поліуретановій основі – 6–7 років, алкідних і водно-дисперсійних матеріалів – 4 роки; на внутрішніх металевих поверхнях кузовів – 16 років за дотримання правил експлуатації та ремонту.

Матеріали на основі полімерів мають широкий комплекс властивостей, що дозволяють використовувати їх на залізничному транспорті як конструкційні, електро-, тепло-, звукоізоляційні та антифрикційні матеріали. Застосування на транспорті матеріалів на основі полімерів дає змогу насамперед отримати економію дорогих кольорових металів і високолегованих сталей, знизити навантаження на вісь колісної пари, забезпечити комфорт пасажиром. Перевагами синтетичних полімерів є мала вага виготовлених з них деталей, велика міцність, мала трудомісткість виготовлення.

Полімерні матеріали широко використовують у ремонтному виробництві під час відновлення деталей [6, 25-27]. Ці матеріали забезпечують необхідну зносостійкість і міцність відновлених виробів, а

технологія їхнього відновлення відрізняється простотою виконання операцій без застосування складного обладнання.

Відновлюють деталі шляхом нанесення на зношені або пошкоджені поверхні тим чи іншим способом шару пластмаси, склеювання або закладення тріщин і розривів.

У ремонтному виробництві найчастіше застосовують поліамідні смоли, поліетилен, волокніт, скловолокніт, склади на основі епоксидних смол, синтетичні клеї, фторопласти, термопласти та ін. До технічних вимог, що висуваються до полімерів, належать висока термостійкість, міцність в умовах вібраційних і змінних навантажень, стійкість до дії води, палива, олив.

Гума широко застосовується для виготовлення деталей рухомого складу, захисту від корозії, герметизації з'єднань, амортизації обладнання та інструменту, а також як електроізоляційний матеріал для виготовлення силових кабелів, шнурів, дротів тощо. До гумотехнічних виробів належать втулки, манжети, сальники, ущільнювачі, кільця, прокладки, діафрагми, амортизатори та інші вироби.

У кожному розділі посібника розглянуто основні властивості експлуатаційних матеріалів, правила поведження та охороні праці при їх використанні, контролю їхньої якості під час експлуатації. Наведено вимоги інструкцій з виготовлення охолодних рідин, піску, фарбування рухомого складу, застосування полімерів при ремонті.

Наприкінці п'ятого розділу навчального посібника за дисциплінами «Локомотивні експлуатаційні матеріали» та «Експлуатаційні матеріали рухомого складу» наведено списки запитань для підготовки до модульного контролю та література.



## РОЗДІЛ 1

### 1.1. Застосування води в локомотивному господарстві

При згоранні палива у двигуні внутрішнього згорання частина тепла йде на нагрівання стінок камери згорання і всього двигуна. Досягши критичної температури, двигун перегрівается, при цьому погіршується наповнення циліндрів і умови мащення, з'являється детонація, розжарювальне запалення, збільшуються витрати палива, знижується потужність двигуна. Для підтримки нормальної температури двигуна його охолоджують, використовуючи спеціальні рідини.

До охолодних рідин висувають такі вимоги [16, 19, 22, 32, 33]:

- висока температура кипіння (щоб уникнути утворення парових пробок і втрат рідини);
- низька температура замерзання;
- висока теплоємність і теплопровідність;
- висока хімічна і фізична стабільність;
- корозійна пасивність;
- можливість не вступати в реакцію з гумовими деталями;
- оптимальна в'язкість;
- відсутність утворення накипу;
- низька вартість і недефіцитність;
- нетоксичність і пожежна безпека.

При температурах, вищих за нуль, усім перерахованим вимогам відповідає вода, основними перевагами якої є нешкідливість, доступність, вартість.

Вода має найвищу для всіх рідин питому теплоємність (4,2 кДж/кг·град), низьку в'язкість ( $\nu = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$ ), що забезпечує легкість її циркуляції в системі охолодження, а також високу температуру кипіння

(105–108 °С при тиску 0,11–0,12 МПа у закритих системах охолодження).

Однак воді притаманні такі недоліки:

- замерзає за низьких температур, збільшуючись в об'ємі майже на 10 %;
- утворює накип у системі охолодження двигуна та теплообмінника.

Вода в енергетичному господарстві залізничного транспорту використовується для охолодження дизелів тепловозів, дизель-поїздів та інших двигунів внутрішнього згорання, приготування електроліту для акумуляторних батарей [4, 14], а також служить джерелом отримання пари в стаціонарних установках.

Відкладення накипу в парових котлах і теплообмінних апаратах погіршує тепловіддачу. Високий вміст у воді розчинених солей, шламу і механічних домішок призводить до спінювання і витоків котельної води, зниження температури перегрітої пари і забивання елементів теплообмінника солями.

При живленні парових котлів і систем дизелів, охолоджуваних водою з високим вмістом хлоридів (хлористих солей), сульфатів (сірчаноокислих солей), розчинених газів (кисню і вуглекислоти), виникають корозійні пошкодження, що значно збільшують об'єм ремонту.

## **1.2. Різновиди природних вод**

Джерелами водопостачання населених пунктів, промисловості, транспорту і сільського господарства є підземні й поверхневі води, а також атмосферні опади [34]. До підземних вод належать верховодка, ґрунтові, міжпластові, артезіанські, карстові. Склад підземних вод визначається переважно умовами їх формування. Так, розрізняють води, мінеральний склад яких сформувався в процесі вилуговування гірських порід; води, що потрапили в осадкові породи в процесі утворення цих порід на дні морів і

океанів (вони близькі за складом до вод океану); води, що утворилися під час переходу води зі зв'язаного стану у вільний під впливом високої температури і тиску.

До поверхневих належать води відкритих водоймищ: річок, озер, морів, каналів, водосховищ тощо. Їхній склад визначається кліматичними, геоморфологічними й антропогенними факторами (рельєф, форма і розмір басейну, фауна, флора); ґрунтово-геологічними умовами (стан ґрунту і порід); агро- і гідротехнічними заходами.

Для підземних вод характерний значний вміст мінеральних солей і невеликий, порівняно з поверхневими водами, вміст органічних речовин. Часто поверхневі і підземні води сполучаються між собою, що значно впливає на їхній хімічний склад. Насамперед це стосується верховодки і ґрунтових вод.

Ґрунтові води підживлюються за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і води поверхневих водоймищ у період її високого стояння, а іноді і за рахунок підземних напірних вод. Склад ґрунтових вод визначається переважно джерелами їхнього підживлення. Велику роль у формуванні складу цих вод відіграє випаровування. Так, у засушливих районах випаровування води призводить до підвищення вмісту солей у ґрунтових водах до 100–200 г/дм<sup>3</sup>. Вміст органічних речовин у ґрунтових водах досягає 8 мг/дм<sup>3</sup>, а каламутність їхня зазвичай незначна.

Джерела живлення артезіанських вод ті самі, що й ґрунтових, проте формуються вони протягом тривалішого часу.

Залежно від кількості завислих речовин води поверхневих джерел поділяються [9, 34] за каламутністю на малокаламутні (менше 50 мг/дм<sup>3</sup>), середньої каламутності (50–250), каламутні (250–1500) і висококаламутні (більше 1500 мг/д<sup>3</sup>); а залежно від наявності гумусових речовин – на малокольорові (менше 35 град), середньої кольоровості (більше 35–120 град), високої кольоровості (більше 120 град).

Залежно від вмісту солей ступінь мінералізації води в річках може бути дуже малим (менше 100 мг/дм<sup>3</sup>), малим (100–200), середнім (200–500), підвищеним (500–1000) і високим (більше 1000 мг/дм<sup>3</sup>).

Опади, що випадають у вигляді дощу і снігу, належать до атмосферних вод. Вони збираються в штучних водосховищах або природних резервуарах – долинах. Склад таких вод визначається чистотою атмосфери, кількістю опадів, що випала, та умовами, супутніми їхньому випаданню, гідрогеологічними властивостями ґрунтів басейну збору води, способом її накопичення і зберігання.

У безводних і посушливих районах атмосферні опади використовуються як джерела водопостачання. До складу атмосферних опадів входять гази ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$  та ін.), солі, бактерії та інші речовини. Вміст солей і органічних сполук у них зазвичай невеликий.

Якість природних вод визначається домішками, що містяться у воді у вигляді механічної суспензії, колоїдному або розчиненому стані. Механічні домішки мають розміри частинок від 0,1 мкм і вище. До них належать частинки піску, глини й залишки рослинних і тваринних організмів. Наявність у воді великої кількості механічних домішок перешкоджає застосуванню її в необробленому вигляді для охолодження двигунів і при експлуатації теплообмінників. Механічні домішки видаляють з води відстоюванням і фільтрацією.

Колоїдні речовини характеризуються розміром частинок від 0,1 до 0,001 мкм. У колоїдному вигляді в природних водах містяться сполуки заліза, алюмінію, кремнію, а також органічні речовини, що є продуктами розпаду організмів. Колоїдні домішки видаляють з води за допомогою відстоювання з коагуляцією і фільтруванням.

Розчинені домішки містяться у воді у вигляді іонів або молекул. Розміри їхніх частинок менше 0,001 мкм. До них належать гази (кисень  $O_2$ , вуглекислий газ  $CO_2$ , азот  $N_2$ , сірководень  $H_2S$ , метан  $CH_4$ ) мінеральні солі

(хлористі, сірчаноокислі, кремнекислі, двовуглекислі та ін.) і деякі органічні сполуки. Вплив розчинених солей різний: одні, що залишаються при кип'ятінні води в розчиненому стані, викликають корозію металу, інші, що випадають при нагріванні у вигляді твердої фази, утворюють накип.

Отже, хімічний склад і фізичний стан домішок визначають ступінь придатності води для технічних цілей.

### **1.3. Основні фізико-хімічні властивості води**

Якість води природних джерел визначають за наявністю в ній речовин неорганічного й органічного походження, а також мікроорганізмів і характеризують різними фізичними, хімічними, бактеріологічними і біологічними показниками.

До фізичних показників належать температура, запах, смак, каламутність, кольоровість, електропровідність.

Хімічними показниками якості води є загальна кількість розчинених речовин, або сухий залишок, прожарений залишок, активна реакція, або рН води, окиснюваність, лужність, вміст газів, наявність азотовмісних сполук, хлоридів, сульфатів, заліза, марганцю, кальцію, магнію, деяких отруйних і радіоактивних речовин.

Бактеріологічні, або санітарні, показники характеризують загальну бактеріальну забрудненість води, а також вміст у ній бактерій кишкової палички (colі-індекс).

Біологічні показники визначають наявність водних організмів, що містяться на поверхні (планктон) і в товщі (нейстон) води або розташовані на дні водоймища, берегів і на поверхні підводних предметів (бентос).

Вимоги до якості природних вод можуть бути різними і залежать вони від цільового призначення вод [9].

Хімічні властивості залежать від розчинених у воді солей, газів і органічних речовин. У природних водах головну масу розчинених речовин складають електроліти, тобто речовини, водні розчини яких здатні проводити електричний струм. Молекули електролітів у водних розчинах розпадаються на іони, що мають позитивні і негативні заряди. Позитивно заряджені іони називаються катіонами, негативно заряджені іони – аніонами.

Катіонами, зазвичай наявними в природних водах, є іони металів  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Al^{3+}$  і водню  $H^+$ .

До аніонів належать іони кислотних залишків  $Cl^-$ ,  $O_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  і гідроксильна група  $OH^-$ .

Розпад солей на іони має важливе значення в процесах накиповідтворення і корозії металу. У природних водах у великій кількості наявні сім основних іонів. За класифікацією, природні води поділяють на три великі класи: гідрокарбонатні (і карбонатні), сульфатні і хлоридні.

Кожен клас за переважальним катіоном ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) поділяють на три групи: кальцієву, магнієву і натрієву. Використання цієї класифікації дає змогу з'ясувати походження природних вод і охарактеризувати їхні властивості.

За вмістом іонів (солей) у воді визначають загальний ступінь її мінералізації  $M$ , мг/дм<sup>3</sup>,

$$M = \sum K_{\text{кат}} + \sum A_{\text{ан}}, \quad (1.1)$$

де  $\sum K_{\text{кат}}$  – сума катіонів, мг/дм<sup>3</sup>;

$\sum A_{\text{ан}}$  – сума аніонів, мг/дм<sup>3</sup>.

Іони  $Na^+$  і  $K^+$  потрапляють у природні води в результаті розчинення корінних порід. Так, велика кількість  $Na^+$  надходить у воду в результаті

розчинення відкладень  $NaCl$ . Переважання іонів  $Na^+$  над іонами  $K^+$  в природних водах пояснюється великим поглинанням калію ґрунтами і витяганням його з води рослинами.

Іони  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  є у всіх мінералізованих водах. Їхнім джерелом є природні відкладення вапняків, гіпсу і доломіту. У маломінералізованих водах найбільше іонів  $Ca^{2+}$ . Із збільшенням ступеня мінералізації води вміст іонів  $Ca^{2+}$  швидко падає і рідко перевищує  $1 \text{ г/дм}^3$ . Вміст же іонів  $Mg^{2+}$  у мінералізованих водах може досягати декількох грамів, а в солоних озерах – декількох десятків грамів на 1 л води. Іони  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  зумовлюють жорсткість води.

Іони  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$  в істинно розчиненому стані перебувають у дуже невеликих концентраціях. Велика частина заліза і марганцю в природних водах міститься у вигляді колоїдів і суспензій. У підземних водах переважають сполуки заліза і марганцю у вигляді гідрокарбонатів, сульфатів і хлоридів, у поверхневих — у вигляді органічних комплексних сполук (наприклад гуміновокислих) або високодисперсної суспензії.

До складу природних вод можуть входити також іони радіоактивних елементів, що надходять у воду в результаті вимивання радіоактивних мінералів або випробувань атомної зброї і скидання відпрацьованих вод атомних реакторів.

Іони  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Se^{6+}$ ,  $As^{3+}$ ,  $As^{5+}$  і багато інших, що належать до отруйних, у природних водах у природному стані зустрічаються, як правило, у незначних кількостях і потрапляють до них у великих кількостях у результаті скидання неочищених побутових і промислових стічних вод.

Наявність у воді декількох міліграмів на літр отруйних речовин призводить до шкідливого впливу на здоров'я людини і теплокровних тварин, а також згубно діє на рибу і їхні кормові ресурси, гальмує процеси

самоочищення водоймищ. До цієї групи речовин належать *Be, Mo, As, Pb, Se, Sr, Cu, Zn* та ін., а також деякі органічні речовини.

Вода може мати кислу, нейтральну або лужну реакцію. Реакцію води визначають за допомогою індикаторів – фенолфталеїну, метилоранжу, лакмусу або кількісно за концентрацією водневих іонів, що виражається кількістю грамів водневих іонів в 1 дм<sup>3</sup> води.

Зазвичай концентрацію водневих іонів ( $H^+$ ) виражають за допомогою водневого показника ( $pH$ ) [34], рівного від'ємному логарифму, концентрації іонів водню. Для води з нейтральною реакцією  $pH = \lg^{-7} = 7$ ; у кислому розчині  $pH < 7$ ; у лужному розчині  $pH > 7$ .

Величина концентрації водневих іонів є однією з найважливіших характеристик води. Корозійні властивості води значною мірою зумовлюються величиною концентрації водневих іонів, і чим нижче  $pH$ , тим небезпечніша вода в корозійному відношенні. Вода, що йде для технічних потреб, повинна мати слаболужну або нейтральну реакцію. Для більшості природних вод значення  $pH$  становить 7–8.

З урахуванням ступеня мінералізації природні води поділяють на прісні, мінералізовані, з морською солоністю і розсоли, що відповідно містять до 1, від 1 до 25, від 25 до 50 і більше 50 г/дм<sup>3</sup> солей. Про вміст у природних водах солей можна судити за кількістю сухого залишку і втратою маси при прожарюванні. Виражають його в міліграмах на кубічний дециметр (мг/дм<sup>3</sup>).

Наявність у воді органічних і деяких неорганічних домішок, що легко окиснюються ( $H_2S, MeSO_3, Fe^{2+}$  та ін.), зумовлює певну її окиснюваність. Окиснюваність характеризує приблизно вміст у воді органічних речовин. Виражається вона кількістю міліграмів кисню, необхідного для окиснення в певних умовах органічних речовин, що містяться в 1 л досліджуваної води, і позначається міліграм на кубічний дециметр кисню (мг/дм<sup>3</sup>  $O_2$ ).



Найменшою окиснюваністю ( $2 \text{ мг/дм}^3$ ) характеризуються артезіанські води. Окиснюваність ґрунтових вод залежить від глибини їх залягання і для ґрунтових незабруднених вод близька до окиснюваності артезіанських. Окиснюваність чистих озерних вод у середньому становить  $5\text{--}8 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$ ; у річковій воді вона коливається в широких межах, досягаючи  $60 \text{ мг/дм}^3$  і більше. Високою окиснюваністю води відзначаються річки, басейни яких розташовані в болотистих місцевостях. У болотяних водах у деяких випадках вона досягає  $400 \text{ мг/дм}^3$ . Окиснюваність більшості поверхневих вод становить  $6\text{--}8 \text{ мг/дм}^3$ , підземних –  $2\text{--}3 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$ . Висока окиснюваність служить одним з непрямих показників схильності води до спінювання і винесення.

У кожній природній воді розчинена деяка кількість кисню, азоту й вуглекислого газу. У водах, мінералізованих і забруднених органічними речовинами, зустрічається ще й сірководень.

Кисень, наявний у воді, що застосовується для живлення парових котлів і охолодження двигунів, є основним фактором, що підсилює корозію металу. Вода, що містить сірководень, також спричиняє інтенсивну корозію металу.

Хлориди у воді можуть бути мінерального й органічного походження. Основним джерелом розчинених у воді хлоридів є відкладення хлористих солей у ґрунті. Вміст хлоридів у воді коливається в межах від  $8$  до  $250 \text{ мг/дм}^3$  і вище, середній же вміст хлоридів у природних водах становить  $15\text{--}33 \text{ мг/дм}^3$ . Високий вміст хлоридів (більше  $80 \text{ мг/дм}^3$ ) є показником високих корозійних властивостей води.

Сульфати, тобто солі сірчаної кислоти ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaSO}_4$ ), містяться майже у всіх природних водах. У середньому вміст сульфатів у природних водах становить  $30\text{--}75 \text{ мг/дм}^3$ , але іноді досягає  $500 \text{ мг/дм}^3$ . Підвищений вміст сульфатів призводить до корозії металу. Наявність у воді сульфатів кальцію сприяє утворенню твердого гіпсового накипу.

Вміст силікатів (солей кремнієвої кислоти  $NaSiO_3$  та ін.) коливається в межах від 2 до 30 мг/дм<sup>3</sup>. Силікати утворюють дуже твердий накип, що погано проводить тепло.

Нітритів, тобто солей азотистої кислоти ( $NaNO_2$ ), у природних водах або зовсім нема, або концентрація їхня дуже мала. Необхідність у кількісному визначенні нітриту у воді може виникнути переважно у зв'язку з застосуванням нітриту натрію як протикорозійної присадки до котельної води та охолодної води для двигунів тепловозів і дизель-поїздів.

Завислі речовини потрапляють у воду в результаті змиву твердих частинок (глини, піску, лесу, мулистих речовин) верхнього покриву землі дощами або талими водами під час весняних і осінніх паводків, а також у результаті розмиву русел річок. Завислі речовини мають різний гранулометричний склад, який характеризується гідравлічною крупністю, що виражається як швидкість осідання частинок при температурі 10 °С у нерухомій воді.

#### **1.4. Жорсткість і лужність води**

Абсолютно чистої води в природі нема – вона завжди містить домішки різних речовин. Зокрема, взаємодіючи з солями, що містяться в земній корі, вона набуває певної жорсткості.

Жорсткість води є одним з важливих показників якості води, використовуваної в теплосилових установках і котлах. Жорсткість води зумовлена переважно розчиненими в ній солями кальцію і магнію або точніше наявністю іонів кальцію ( $Ca^{2+}$ ) і магнію ( $Mg^{2+}$ ). Позначають жорсткість буквою Ж. Розрізняють жорсткість загальну Ж<sub>о</sub>, карбонатну Ж<sub>к</sub> (тимчасову) і некарбонатну Ж<sub>нк</sub> (постійну) [22, 32, 33].

Карбонатною називають жорсткість, викликану наявністю у воді переважно гідрокарбонатів кальцію і магнію. При кип'ятінні ці солі

руйнуються, а малорозчинні карбонати, що утворюються, випадають в осад, і жорсткість води стає значно нижчою. Тому карбонатну жорсткість називають також тимчасовою жорсткістю.

Некарбонатна жорсткість визначається вмістом у воді переважно сульфатів і хлоридів кальцію і магнію. При кип'ятінні ці солі не відділяються, тому некарбонатну жорсткість називають також постійною жорсткістю.

Загальна жорсткість води дорівнює сумі карбонатної (тимчасової) і некарбонатної (постійної) жорсткості, мг·екв/дм<sup>3</sup>,

$$Ж_з = Ж_к + Ж_{нк}. \quad (1.2)$$

При користуванні жорсткою водою для охолодження двигунів внутрішнього згорання на поверхнях системи, що охолоджується, утворюється накип.

Жорсткість води виражають числом міліграм-еквівалентів іонів  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ , що містяться в 1 дм<sup>3</sup> води. Оскільки 1 мг·екв іонів  $Ca^{2+}$  важить 20,04 мг, а 1 мг·екв іонів  $Mg^{2+} = 12,16$  мг, то загальну жорсткість води  $Ж_з$  можна обчислити за формулою, мг·екв/дм<sup>3</sup>,

$$Ж_о = \frac{(Ca^{2+})}{20,04} + \frac{(Mg^{2+})}{12,16}, \quad (1.3)$$

де  $(Ca^{2+})$  і  $(Mg^{2+})$  – концентрації іонів кальцію і магнію, мг/дм<sup>3</sup>.

За величиною жорсткості природну воду розрізняють як дуже м'яку – з жорсткістю до 1,5 мг·екв/дм<sup>3</sup>; просто м'яку – від 1,5 до 4 мг·екв/дм<sup>3</sup>; середньої жорсткості – від 4 до 8 мг·екв/дм<sup>3</sup>; жорстку – від 8 до 12 мг·екв/дм<sup>3</sup> і дуже жорстку - понад 12 мг·екв/дм<sup>3</sup> (морська вода).

Для визначення карбонатної (або тимчасової) жорсткості відміряють піпеткою 100 мл аналізованої води, додають 2–3 краплі розчину метилоранжу і титрують децинормальним розчином соляної кислоти до переходу забарвлення з жовтого в червоно-оранжеве. Витрати кислоти відповідають карбонатній жорсткості в міліграм-еквівалентах на літр. Якщо при визначенні карбонатної жорсткості води на титрування проби об'ємом 100 мл витрачено 2,5 мл децинормального розчину соляної кислоти, то карбонатна жорсткість аналізованої води буде  $J_k = 2,5 \text{ мг} \cdot \text{екв}/\text{дм}^3$ .

Лужність води зумовлюється вмістом у ній гідратів ( $\text{NaOH}$ ), карбонатів ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), гідрокарбонатів ( $\text{NaHCO}_3$ ) та інших катіонів [34].

Залежно від аніонів, що зумовлюють лужність, розрізняють лужність гідратну, карбонатну і бікарбонатну.

Лужність води, як і жорсткість, виражається в міліграм-еквівалентах на кубічний дециметр – 1 мг·екв/дм<sup>3</sup> лужності відповідає вмісту 40,0 мг/дм<sup>3</sup>  $\text{NaOH}$ ; 53,0 мг/дм<sup>3</sup>  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і 84,22 мг/дм<sup>3</sup>  $\text{NaHCO}_3$ . Загальна лужність є однією з найважливіших характеристик води для живлення котлів і охолодження. Для визначення загальної лужності природної води до 100 мл аналізованої води, відміряної піпеткою, до конічної колби додають три краплі розчину метилоранжу і титрують децинормальним розчином соляної кислоти до початку переходу жовтого забарвлення в оранжевий.

#### **1.4.1. Накип і його утворення**

Утворення накипу зумовлено жорсткістю природної води, тобто наявністю розчинених у ній солей кальцію та магнію, що з часом відкладаються у вигляді шару накипу товщиною до 5 мм і більше. При цьому можуть спостерігатися перегрівання двигуна, детонація, підвищення

зношування, зниження потужності двигуна (на 20–25 %), збільшення витрат палива (на 25–30 %) і оливи (на 30–40 %).

Накип – це нерозчинні у воді тверді відкладення, що утворюються на поверхні нагрівання в процесі роботи котлів, при охолодженні поверхонь теплообмінників і двигунів внутрішнього згорання [5, 16, 19].

Хімічний склад накипу залежить від властивостей води – її сольового складу і домішок. Розрізняють нижченаведені види накипу.

*Карбонатний накип*, що складається переважно з вуглекислих солей кальцію і магнію. Він зазвичай утворюється у вигляді крихких відкладень, але може виділятися й у вигляді твердого накипу. Карбонатні відкладення найбільш поширені, вони зустрічаються як у парових котлах, так і в різних нагрівачах, а також системах охолодження двигунів.

*Гіпсовий (сульфатний) накип* містить більше 50 % сірчаноокислого кальцію. Це твердий щільний накип, теплопровідність його менша, ніж карбонатного, у 2–3 рази.

*Силікатний накип* має тверді відкладення, до складу яких входить значна кількість кремнекислих сполучень, переважно солей кальцію. Цей накип має вкрай низьку теплопровідність, утворюється він переважно на теплонапружених поверхнях нагріву котла, деталях дизеля і секцій холодильника.

*Змішані накипи* складаються з суміші вуглекислих, сірчаноокислих і кремнекислих солей кальцію, магнію і сполук заліза. Залежно від складу змішані накипи мають різні властивості. Накипи цього виду найбільш поширені в парових котлах. Товщина шару накипу, що відклався на поверхні нагрівання, залежить від хімічних властивостей живильної води, дотримання встановленого водного режиму і певного температурного режиму.

Утворення накипу є складним фізико-хімічним процесом. В основі процесу лежить залежність між розчинністю солей, що утворюють накип, і зміною температури.

При паротворенні або випаровуванні вміст солі у воді досягає такої концентрації, коли настає межа розчинності, і розчин робиться перенасиченим. Речовини, концентрація яких досягла межі розчинності, випадають у вигляді накипу або шламу.

Солі, що містяться у воді, поділяють на добре розчинні і погано розчинні. Добре розчинні майже всі хлористі і азотнокислі солі, значна частина сірчаноокислих та інших солей. До погано розчинних солей належать двовуглекислі солі кальцію і магнію, вуглекислий кальцій і магній (карбонат кальцію і магнію), сірчаноокислий кальцій та ін.

Розчинність деяких солей з підвищенням температури води збільшується, інших – зменшується. Перші мають додатний коефіцієнт розчинності, другі – від'ємний. Речовини з від'ємним коефіцієнтом розчинності відкладаються у вигляді накипу переважно на найбільш нагрітих поверхнях котлів, теплообмінників, двигунів; солі з додатним коефіцієнтом – у місцях з менш високою температурою.

На процес розкладання гідрокарбонат-іонів, зміну карбонатної жорсткості оборотної води й інтенсивність відкладень  $CaCO_3$  впливають концентрації іонів  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ , температура нагрівання охолодної води і температурний перепад, вміст у воді завислих речовин, концентрація нерозчинених і розчинених органічних сполук, швидкість руху води, концентрація розчинених солей (сухий залишок).

Для запобігання відкладенням проводять такі заходи:

- безперервне додавання до системи охолодження води з меншою карбонатною жорсткістю при спуску частини води з системи;
- фосфатування;
- підкиснювання;

- сумісне підкиснювання і фосфатування;
- обробка води димовими газами (рекарбонізація води).

Окрім перерахованих методів обробки охолодної води [34], можна використовувати також вапнування і пом'якшення частини додаткової води  $Na^+$  або  $H^+$  катіонуванням. Доцільність застосування тих або інших методів у кожному конкретному випадку визначають на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням складу води і її призначення.

### **1.5. Корозія, ерозія і кавітація металів від дії води**

Корозією називають руйнування металів чи сплавів під впливом хімічної або електрохімічної взаємодії їх із зовнішнім середовищем. Найголовнішими факторами, що зумовлюють корозію, є гази (кисень, вуглекислий газ, сірководень); високий вміст солей, переважно хлоридів і сульфатів; висока концентрація іонів водню; контакт різнорідних металів; сумісна дія перегрітої пари з продуктами розкладання накипу [31].

*Хімічна корозія* характеризується руйнуванням металу внаслідок взаємодії з газами або парою за відсутності електролітів. Приклади корозії цього типу: утворення в топках котлів сірчистого заліза під дією сірчистого газу, безпосереднє окиснення металу високоперегрітою парою.

*Електрохімічна корозія* виникає в результаті взаємодії металу з електролітом і супроводжується протіканням електричного струму між різними металами або окремими ділянками одного й того самого металу. До цього виду корозії належать усі корозійні процеси, що здійснюються в котельних установках, водопровідних трубах, баках водопідготовчих установок тощо. Електрохімічна корозія відбувається тільки за наявності води. Збудниками електрохімічної корозії є розчинені у воді хлористі і сірчаноокислі солі і гази – кисень, вуглекислота, сірководень.

За сучасною теорією [31], поверхня кожного металу покрита тонким, не видимим для очей, захисним шаром своїх оксидів. Корозія металу зазвичай починається в місцях, де порушена цілісність цієї захисної плівки. Практично встановлено, що домішки, які містяться у воді, насамперед хлористі солі, руйнують захисну плівку і тому сприяють виникненню гальванічних процесів, що протікають між чистим металом і шаром оксидів. Відновлення захисної плівки може відбуватися при додаванні до води відповідних присадок (тринатрійфосфату, нітриту натрію, хромпіку та ін.).

Істотний вплив на швидкість корозії має концентрація іонів водню. Із збільшенням концентрації, тобто зі зменшенням  $pH$  приблизно до 4, корозійний процес заліза проходить енергійно; із збільшенням  $pH$  до 9–9,5 захисна плівка на залізі стає стійкішою, що сприяє уповільненню процесу, а при  $pH$  9,5–10 корозія фактично припиняється. У той же час для алюмінієвих сплавів підвищення  $pH$  до 9–9,5 збільшує корозію.

Наявність у воді розчинених газів  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  (особливо кисню) значно прискорює корозійний процес.

За характером руйнування металу розрізняють корозію рівномірну, або загальну, тобто таку, що охоплює всю або велику частину поверхні металу, і нерівномірну, або місцеву, яка зосереджується на окремих невеликих ділянках поверхні і проявляється у вигляді виразок, плям і точок, що мають різну глибину і площу.

Визначають також корозію, що проявляється у вигляді мікротріщин, які йдуть углиб металу. Мікротріщини можуть йти між кристалами металу; тоді корозія називається міжкристалітною. Якщо мікротріщини проходять через кристали, корозія називається транскристалітною. Перераховані види корозії показані на рис. 1.1.



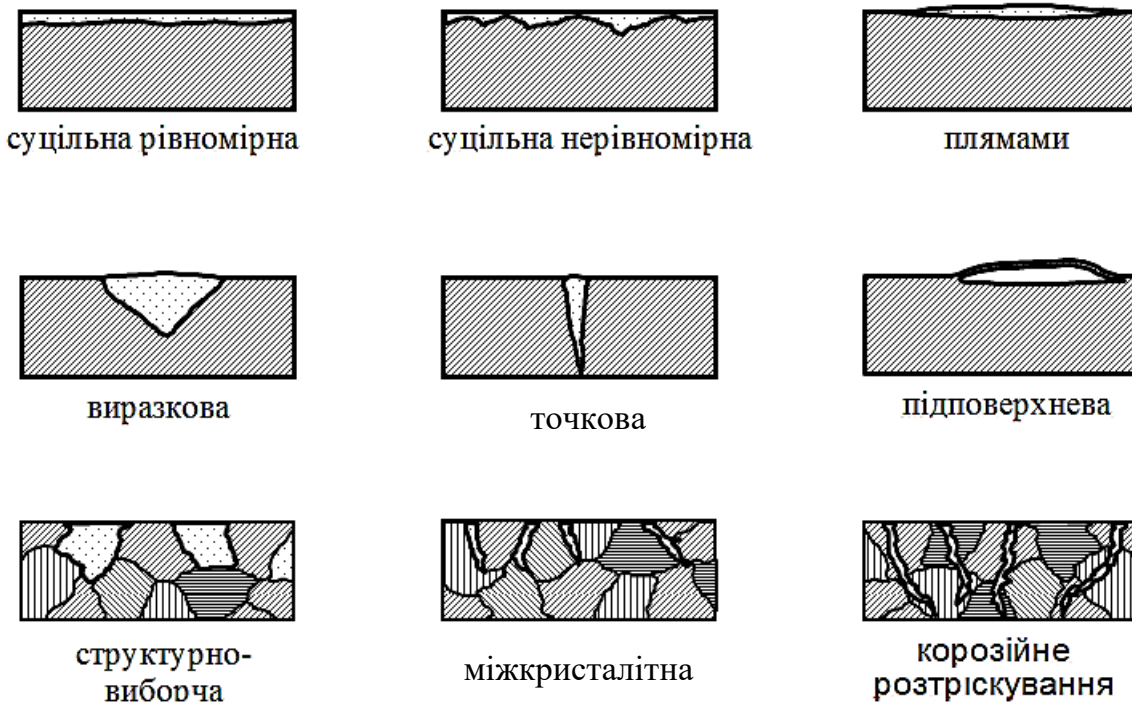


Рис. 1.1. Основні види корозійних руйнувань

Необхідно також зупинитися на явищі ерозії блоків і втулок у двигунах внутрішнього згорання, з якими доводиться зустрічатися в експлуатації.

*Ерозія металу* (пітінг) – це послідовне руйнування металевих деталей від ударів водяних струменів об поверхню металу. Середня швидкість розвитку пошкоджень углибину в деяких випадках досягає 0,5–1 мм на місяць. Ерозія блоків, що завдає особливо великого збитку блокам двигуна, значною мірою пов'язана з явищами кавітації.

У потоці рідини в результаті турбулентної течії і зустрічних потоків створюється знижений тиск і утворюються парові бульбашки, що зникають при конденсації пари. Це призводить до удару при заповненні пустот, що утворилися, рідиною. Процес повторюється багато разів і викликає виривання частинок металу з розтріскуванням і подальше руйнування. Вид руйнувань залежить від інтенсивності кавітації і якості металу.

Сумісна дія кавітації і корозії прискорюють руйнування. Зазвичай осередки руйнування з'являються там, де струмені води протікають з великою швидкістю і змінюють свій напрямок.

### **1.5.1. Захист металів від корозії**

Основний напрям у вирішенні завдання боротьби з корозією – правильний вибір стійких до корозії матеріалів і використання інгібіторів корозії.

Для захисту металу від корозії на його поверхні створюють неметалеву плівку регульованої товщини з неорганічних або органічних речовин. На практиці отримують плівки карбонатну, мета-фосфорну, силікатну, хроматну або з суміші реагентів. Наприклад, силікатна плівка утворюється при розчиненні силікату натрію у воді і супроводжується гідролізом з утворенням  $NaOH$  і  $SiO_2$ , що адсорбується на поверхні металу разом з оксидами заліза, утворюючи захисну плівку, що перешкоджає подальшій корозії.

Захисні плівки на теплообмінній поверхні і стінках трубопроводів можна створювати використовуючи й інші інгібітори, наприклад кремнефторид цинку, а також суміш поліфосфатів і хроматів, динатрійфосфату і дихромату, фосфатнохроматної цинкової суміші та ін. Органічні сполуки, що утворюють захисні плівки: лужні й алкіламініні солі карбонових кислот, лужні й алкіламініні солі нафтонових кислот (нафтенати), аміни, похідні бензойної кислоти (похідні *n*-трет-бутилбензойної кислоти), аміни солі кислих складних ефірів фосфорної кислоти, сполуки бору (амід борної кислоти), похідні карбонової кислоти, алкілсульфонаміди карбонових кислот, арилсульфонаміди карбонових кислот. Проте заздалегідь у кожному конкретному випадку необхідно провести попереднє дослідження їхньої ефективності й умов застосування.

Заходи, застосовувані для боротьби з корозією, зводяться до дегазації живильної води і застосування інгібіторів (сповільнювачів корозії). У процесі дегазації в так званих дегазаторах виділення розчинених газів з живильної води здійснюється її нагріванням до температури 100–104 °С.

Інгібітори утворюють на поверхні металу захисну оксидну плівку, що знижує швидкість корозійного процесу [31]. Як сповільнювачі корозії на практиці застосовують тринатрійфосфат  $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$  і нітрит натрію  $NaNO_2$ , що додають до живильної води разом або порізно в суміші з антинакипіном.

Для парових котлів найбільш доступним методом боротьби з корозією є підвищення лужності котельної води за рахунок їдкого натру і фосфату, а також раціонального продування котла. Присадки  $NaOH$  і  $Na_3PO_4$  зумовлюють утворення захисної плівки, а за допомогою продування знижується вміст хлоридів і сульфатів.

Найбільш ефективним інгібітором для систем тепловозів, що охолоджуються, є суміш тринатрійфосфату, біхромату, нітриту натрію і каустику. Результати застосування цих присадок показали, що пошкоджень блоків і втулок при дотриманні дозувань не спостерігається.

Основним способом боротьби з ерозією і кавітацією є правильна конструкція блока двигуна з належним розповсюдженням потоку рідини і плавною зміною швидкості.

## **1.6. Підготовка води для технічних цілей**

На залізничному транспорті для теплосилових установок використовуються природна вода, хімічно пом'якшена вода і конденсат.

До якості води відповідно до умов її застосування висуваються певні вимоги. Так, вода, застосовувана для охолодження двигунів і живлення котлів, не має утворювати в них накип і корозію.

Для охолодження дизелів тепловозів і дизель-поїздів застосовують конденсат з загальною жорсткістю не більше  $0,2 \text{ мг} \cdot \text{екв}/\text{дм}^3$ , вмістом хлоридів не більше  $10 \text{ мг}/\text{дм}^3$  з домішкою протикорозійних реагентів [14].

Вода, застосовувана для охолодження циліндрів двигунів внутрішнього згорання, має бути вільною від сірководню, завислих речовин, мати мінімальну карбонатну жорсткість і не містити заліза більше  $0,1\text{--}0,2 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .

Для приготування електроліту для кислотних і лужних акумуляторних батарей застосовують дистильовану воду, що містить хлоридів не більше  $0,02 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , має жорсткість не більше  $0,1 \text{ мг} \cdot \text{екв}/\text{дм}^3$  і окиснюваність не більше  $1 \text{ мг } O_2$  на  $1 \text{ дм}^3$ . У ній не має бути важких металів, сірководня та ін.

Для отримання води необхідної якості застосовують різні способи обробки, що зводяться до очищення води від механічних домішок і колоїдних речовин, а також до її пом'якшування.

Після відстоювання воду зазвичай фільтрують. Фільтруванням називається процес звільнення води від завислих речовин пропусканням її через шар матеріалу, що фільтрує. Таким матеріалом зазвичай служить кварцовий пісок (розмір частинок від  $0,6$  до  $1 \text{ мм}$ ). Просочуючись через шар, що фільтрує, вода залишає на поверхні і в товщі фільтра завислі речовини і завдяки цьому освітлюється. У разі значного вмісту у воді колоїдних речовин для їх видалення застосовується коагуляція. При коагуляції природна вода очищується від колоїдних і завислих речовин.

Як коагулянти застосовують сірчаноокислий алюміній  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , залізний купорос  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  і хлорне залізо  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ . Коагулянт, взаємодіючи з завислими і колоїдними речовинами, що містяться у воді, утворює пластівці. У процесі коагуляції пластівці збільшуються, стають важкими та осідають на дно відстійника. Для

поліпшення коагуляції до води з недостатньою лужністю (до  $1 \text{ мг} \cdot \text{екв}/\text{дм}^3$  і нижче) додають гашене вапно або кальциновану соду.

Якнайкраще процес коагуляції протікає при підігріванні води до температури  $30\text{--}40 \text{ }^\circ\text{C}$  і хорошому перемішуванні розчину коагулянту з водою. Для освітлення води без вапнування частіше за інші використовується сірчаноокислий алюміній. При коагуляції води на водопом'якшувальних установках рекомендується використовувати сірчаноокисле або хлорне залізо.

Для зменшення зносу устаткування котельних необхідно видаляти з води  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  і  $\text{H}_2\text{S}$ . Ці гази належать до агресивних, вони зумовлюють або підсилюють корозію металів. Комплекс заходів, пов'язаних з видаленням з води розчинених у ній газів, називається дегазацією води. Існують фізичні і хімічні методи дегазації води.

Суть фізичних методів дегазації полягає в такому: вода, що містить газ, який видаляється, приводиться в зіткнення з повітрям, якщо парціальний тиск цього газу в повітрі близький до нуля; створюються умови, за яких розчинність газу у воді стає дуже малою.

Першим прийомом – аеруванням води – видаляють вільні  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , оскільки парціальний тиск цих газів в атмосферному повітрі близький до нуля.

До другого прийому вдаються при знекисненні води (при кипінні води розчинність усіх газів у ній падає до нуля). Для цього або застосовують нагрівання води (у термічних деаераторах), або знижують тиск до значення, при якому вода кипить без додаткового підігрівання. Останній процес здійснюється у вакуумних дегазаторах.

Хімічні методи засновані на певних реакціях, у результаті яких розчинені гази зв'язуються хімічно. Наприклад,  $\text{CO}_2$  видаляють з води скріпленням його вапном у малорозчинний  $\text{CaCO}_3$ .

Кисень  $O_2$  з води видаляють фільтруванням її через речовини, що легко окиснюються, наприклад через сталеву стружку, обробкою сульфідом натрію або оксидом сірки  $SO^{+4}$ . При використанні сталевий стружки її знежирюють і завантажують у спеціальний фільтр.

Найчастіше застосовують обробку води сульфідом натрію або оксидом сірки  $SO^{+4}$ . Сірчиста кислота, що утворюється, окиснюється киснем, що міститься у воді, до сірчаної кислоти. Для видалення  $O_2$  воду обробляють гідразином  $N_2H_4$  потужним знекиснювальним реагентом.

Процес скріплення  $O_2$  відновниками проходить швидше при температурі 95–100 °С і закінчується за 1–2 хв.

Видалення розчиненого кисню без підігрівання води може бути досягнуте фільтруванням її через електроніообмінні (ЕО) і електроніонообмінні смоли (продукти конденсації пірогалолу, гідрохінону або пірокатехіну з фенолом і формальдегідом). Відновна здатність електроніообмінних смол така: ЕО-6 – 450; ЕО-7 – 600-800; ЕО-11 – 5000 г·екв/м<sup>3</sup>.

Для видалення з води  $H_2S$  хімічними методами його окиснюють киснем повітря, газоподібним  $Cl_2$  або  $ClO_2$ , розчином  $KMnO_4$ , крім того, можна використовувати взаємодію  $H_2S$  з  $Fe(OH)_3$ . Для повнішого видалення сірководню киснем повітря при аеруванні воду підкиснюють сірчаною або соляною кислотою до  $pH=5,5$ .  $H_2S$  окиснюють хлором до вільної  $S$  або до  $H_2SO_4$  оксидом хлору. Застосовується також перманганат калію і метод озонування. Оброблена вода після 2–3 год відстоювання придатна для технічних цілей.

У котельних залізничних підприємств здійснюється термічний процес деаерації живильної води. Цей спосіб заснований на залежності кількості розчинених у воді газів від температури. Досягши температури кипіння, розчинені у воді гази повністю виділяються.

*Пом'якшуванням води* називається процес, що призводить до видалення з неї катіонів жорсткості, тобто  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ .

Для пом'якшування води застосовують такі методи: термічні, засновані на нагріванні води, її дистиляції або виморожуванні; реагентні, при яких іони  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ , що містяться у воді, зв'язуються різними реагентами в практично нерозчинні сполуки; іонного обміну, комбіновані. Вибір того або іншого методу зниження жорсткості визначається якістю початкової води, необхідною глибиною пом'якшування і техніко-економічними розрахунками.

Пом'якшування води термічним методом (нагріванням) засноване на зсуві вуглекислотної рівноваги в бік утворення карбонату кальцію. Рівновага зміщується за рахунок зниження розчинності  $CO_2$ , що викликається підвищенням температури і тиску. Кип'ятінням можна повністю видалити  $CO_2$  і тим самим набагато знизити карбонатно-кальцієву жорсткість. Проте повністю усунути її не вдається, оскільки карбонат кальцію, хоча і незначно ( $13 \text{ мг/дм}^3$  при  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ ), але все ж таки розчинний у воді.

Отже, при кип'ятінні води жорсткість, зумовлена наявністю гідрокарбонатів кальцію і магнію, значно знижується. Кип'ятінням частково усувається також жорсткість, зумовлена наявністю  $CaSO_4$ , розчинність якого при  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  зменшується до  $0,65 \text{ г/дм}^3$ .

Пом'якшування води реагентними методами засноване на обробці її реагентами, аніони яких утворюють з катіонами  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  малорозчинні сполуки:  $CaCO_3$ ,  $Mg(OH)_2$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$ ,  $Mg_3(PO_4)_2$  та інші з подальшим їх відділенням в освітлювачах і освітлювальних фільтрах. Як реагенти для пом'якшування води застосовують вапно, кальциновану соду, гідроксиди натрію, барій та інші речовини. Найбільш поширеним методом осадження є вапняно-содовий. Як хімічні реагенти в ньому застосовують вапно  $Ca(OH)_2$  і кальциновану соду  $Na_2CO_3$ .

Залишкова жорсткість води, обробленої за вапняно-содовим методом, залежно від якості і температури початкової води, а також якості роботи водопом'якшувача коливається в межах 1,0–2,0 мг·екв/дм<sup>3</sup> і при роботі з підігріванням води (від 40 до 80 °С) у межах 0,3–0,4 мг·екв/дм<sup>3</sup>.

Катіонітовий метод пом'якшування води заснований на реакції іонного обміну. Іони кальцію і магнію тут переходять з розчину в катіоніт, а іони натрію і водню – з катіоніту в розчин; жорсткість води при цьому усувається. Після використання більшої частини іонів натрію і водню катіоніти піддають регенерації.

*Метод знесолювання води* заснований на застосуванні *H*-катіонітового і *OH*-аніонітового фільтрів.

Жорстку воду послідовно пропускають через *H*-катіоніт, де вона звільняється від іонів кальцію і магнію, а потім через *OH*-аніоніт. При проходженні через *OH*-аніонітовий фільтр аніони мінеральних кислот обмінюються на гідроксильний іон (*OH*) [34].

Реакції, що протікають при знесолюванні води, оборотні, що дає можливість відновлювати працездатність фільтрів. *H*-катіонітовий фільтр регенерують розчином соляної кислоти, *OH*-аніонітовий фільтр – розчином лугу (*NaOH*, *KOH*) і розчином соди (*Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>*, *NaHCO<sub>3</sub>*).

При пом'якшуванні води методом катіонного обміну залежно від поставлених вимог до якості живильної води і прийнятої схеми можна отримати мінімальну залишкову жорсткість у пом'якшеній воді 0,05 мг·екв/дм<sup>3</sup> і бажану лужність.

З метою інтенсифікації процесів очищення води для боротьби з накипоутворенням застосовується магнітна обробка.

Механізм впливу магнітного поля на воду і її домішки остаточно не визначений, проте гіпотези класифіковані на три групи [5]:



- перша об'єднує більшість гіпотез і пояснює дію магнітного поля його впливом на іони солей, наявних у воді (під впливом магнітного поля відбувається утворення центрів кристалізації);

- друга припускає дію магнітного поля на домішки води, що містяться в колоїдному стані;

- третя група об'єднує уявлення про можливий вплив магнітного поля на структуру води.

Найширше метод магнітної обробки води застосовують для боротьби з накипоутворенням.

Принцип методу полягає в тому, що при перетині водою магнітних силових ліній накипоутворювачі виділяються не на поверхні нагрівання, а в масі води. Утворюються при цьому крихкі осади (шлам), які можна легко видаляти. Метод ефективний не для всіх вод. У більшості випадків позитивні результати отримуть при обробці вод кальцієво-карбонатного класу, що становлять близько 80 % вод усіх водоймищ нашої країни (85 % її території).

Порівняно з пом'якшуванням води методами осадження з застосуванням реагентів, термохімічними методами і методами катіонного обміну основними перевагами магнітної обробки води є простота, дешевизна, безпека і майже повна відсутність експлуатаційних витрат.

### **1.7. Приготування охолодної води для дизелів тепловозів і дизель-поїздів**

Порядок приготування і застосування води для охолодження дизелів тепловозів і дизель-поїздів експлуатаційного парку залізниць передбачено інструкцією з приготування та застосування води для охолодження двигунів тепловозів, дизель-поїздів ЦТ-0047-2002, затвердженою та введеною в дію наказом № 171-Ц від 05.04.2002 р. [14].

Ця інструкція встановлює вимоги до порядку організації робіт з приготування і контролю якості охолодної води, а також лабораторні методи оцінювання її якості.

Вода, що застосовується в системах охолодження дизелів тепловозів і дизель-поїздів, має бути попередньо оброблена, тобто мати відповідну жорсткість, бути вивільненою від завислих речовин і містити необхідні протикорозійні присадки.

Застосування води належної якості забезпечує тривалий захист поліметалевої системи охолодження від корозійних і корозійно-ерозійних руйнувань, накипоутворювань і шламовідкладень і забезпечує роботу дизеля без зниження його економічності й показників надійності.

Для приготування охолодної води може використовуватися:

- конденсат, одержуваний з відпрацьованої пари будь-якої стаціонарної котельної установки;
- вода іонообмінної обробки;
- вода, одержувана методом зворотного осмосу.

Якість вихідної води має відповідати таким вимогам:

- загальна жорсткість – не більше 0,2 моль/м<sup>3</sup>;
- вміст хлоридів – не більше 25 мг/дм<sup>3</sup>;
- загальна лужність – не більше 0,6 моль/м<sup>3</sup> за метилоранжем.

Для захисту систем охолодження тепловозів і дизель-поїздів від корозійних і корозійно-ерозійних руйнувань до приготовленої охолодної води вводять компоненти антикорозійних присадок [14]:

- їдкий натр технічний ( $NaOH$ ) – ГОСТ 2263;
- тринатрійфосфат ( $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ ) – ГОСТ 201;
- калію біхромат ( $K_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ ) – ГОСТ 2652;
- натрію біхромат ( $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ ) – ГОСТ 2651;
- нітрит натрію ( $NaNO_2$ ) – ГОСТ 19906;
- скло натрієве рідке ( $NaSiO_2$ ) – ГОСТ 13078;

- хромпик ( $K_2Cr_2O_7$ ).

Норми вмісту компонентів антикорозійних присадок в охолодній воді зазначені в табл. 1.1. При приготуванні води необхідно виходити з максимального вмісту компонентів.

Таблиця 1.1

Норми вмісту компонентів антикорозійних присадок  
в охолодній воді

Нормований показник	Розмір-ність	Охолодна вода з присадкою			
		Нітрито-фосфатна (лужна)	Нітрито-силікатна	Нітрито-фосфато-хроматна	Нітрито-фосфатна (без лугу)
Вміст нітриту натрію ( $NaNO_2$ )	мг/дм <sup>3</sup>	2500-3000	1000-1500	1500-2000 (-)*	2500-3000
Вміст фосфорного ангідриду ( $P_2O_5$ )	мг/дм <sup>3</sup>	15-25	-	15-25	15-25
Вміст силікату натрію ( $Na_2SiO_3$ )	мг/дм <sup>3</sup>	-	300-600	-	-
Вміст хромового ангідриду ( $CrO_3$ )	мг/дм <sup>3</sup>	-	-	800-1000	-
Вміст їдкого натру ( $NaOH$ )	З розрахунку для одержання необхідного значення лужності				

Примітка. \* Допускається для охолодної води двигунів дизель-поїздів Д1, ДР1, ДР1А з блоками з алюмінієвих сплавів.

У двигунах тепловозів і дизель-поїздів допускається до застосування охолодна вода з антикорозійними присадками [14], зазначеними в табл. 1.2.

Охолодна вода з іншими видами антикорозійних присадок допускається до застосування тільки з дозволу Департаменту локомотивного господарства ПАТ «Укрзалізниця». Тимчасово двигуни модернізованих тепловозів ЧМЕ-3П, М62М охолоджуються водою з нітрито-фосфато-хроматними або нітрито-силікатними антикорозійними присадками [2, 17, 18, 20].

Таблиця 1.2

Охолодна вода з присадками

Серія тепловоза чи дизель-поїзда	Охолодна вода з антикорозійними присадками
ЧМЕЗв/і, 2ТЕ10 в/і, ТГМ4, ТГМ4А, ТЕМ1	Нітрито-фосфатна (лужна)
2ТЕ10в/і, 2ТЕ116, ТЕП70	Нітрито-фосфатна (без луку)
Д1, ДР1, ДР1А, М62, 2М62, 2М62У	Нітрито-фосфато-хроматна або нітрито-силікатна
ТГМ2, ТГМ3, ТГМ23, ТУ2-7, ТГК2	Нітрито-фосфато-хроматна

Для приготування до видачі води на тепловози і дизель-поїзди залежно від місцевих умов виділяється при екіпірувальному господарстві або в депо відповідне приміщення, обладнане водопроводом, каналізацією, опаленням, вентиляцією і підведенням пари.

У приміщенні з приготування води встановлюються ваги, дерев'яні скрині з кришками, що замикаються, для збереження тринатрійфосфату і нітриту натрію, залізний бачок із краном і кришкою, що замикається, для збереження розчину їдкого натру і бідони, що щільно закриваються, для збереження біхромату натрію і біхромату калію.

У зимову пору року в приміщенні слід підтримувати температуру не нижче 15 °С. Підлога приміщення має бути водонепроникною, гладкою і мати дренаж для стоку води.

У приміщенні встановлюються чотири баки:

- бак № 1 – для збору конденсату;
- бак № 2 –приготування води;
- бак № 3 –видачі води на тепловози і дизель-поїзди;
- бак № 4 –збору і накопичення води з тепловозів і дизель-поїздів при відставленні їх для ремонту.

Схема установки з приготування води для охолодження дизелів тепловозів і дизель-поїздів наведена на рис. 1.2 [4].

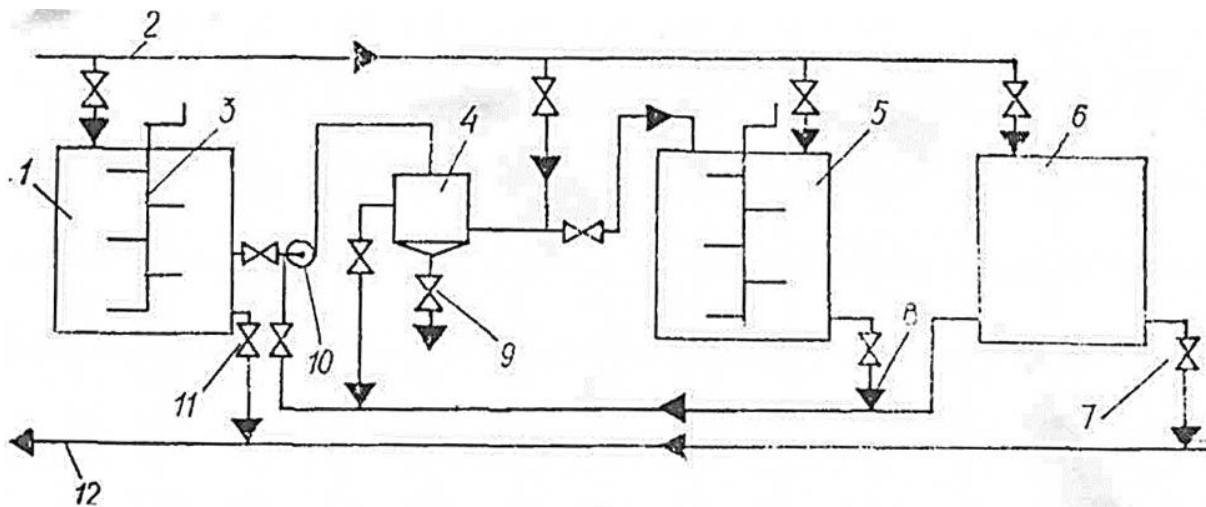


Рис. 1.2. Схема установки з приготування води для охолодження дизелів тепловозів і дизель-поїздів:

- 1 – бак для конденсату; 2 – подача води на обробку; 3 – вал з лопатями для перемішування; 4 – фільтр; 5 – роздавальний бак;  
6 – збірний бак; 7, 9, 11 – крани для очищення баків; 8 – подача приготованої води на тепловоз; 10 – насос; 12 – злив у каналізацію

Місткість перших двох баків встановлюється з огляду на добові витрати води тепловозами цього депо. Місткість бака № 4 розраховується згідно з планом ремонту тепловозів і дизель-поїздів.

У цеху поточного ремонту депо додатково встановлюються бак № 3 і бак № 4 для зливу якісної води з водяної системи тепловозів, дизель-поїздів при постановці їх на ремонт.

При експлуатації в депо тепловозів декількох серій з різними видами води для охолодження двигунів встановлюється відповідна кількість баків № 2, 3, 4 для приготування і видачі на тепловози охолодної води з відповідною антикорозійною присадкою. Баки, призначені для приготування і збору води, обладнуються термометрами, змішувачами для підігрівання, повинні мати кришки з запорами, крани, встановлені в нижній частині, для видачі води на тепловози і дизель-поїзди, крани для відбору проб води і конденсату, водомірне скло з тарованими відмітками, крани для спуску шламу і таблички з зазначенням місткості бака і найменуванням розчинів.

Бак № 2 має бути обладнаний механічною мішалкою або іншим пристроєм для перемішування води (барботаж, циркуляція).

Перекачування води з бака № 1 у баки № 2, 3 виконується відцентровим насосом.

Прогрівання і заправлення двигунів тепловозів і дизель-поїздів виконується водою, підігрітою до температури плюс 40–60 °С, що подається відцентровими насосами з бака № 3.

Для зручності та безпеки робіт, пов'язаних з приготуванням води, у баках мають бути передбачені службові площадки, підмостки, сходи й освітлення, що відповідають вимогам техніки безпеки.

Приготування води провадиться в баку № 2 у такий спосіб: з бака № 1 конденсат перекачується в бак № 2; до заміряної кількості води в баку № 2 додають відповідну кількість компонентів антикорозійної присадки.

Потрібна кількість хімікатів, необхідна для приготування певного об'єму води для охолодження двигунів тепловозів і дизель-поїздів, а також доведення до норми вмісту компонентів присадок у воді системи

охолодження двигуна, розраховується відповідно до дод. 1. Цими розрахунками треба також керуватися при виконанні контрольної роботи з дисципліни.

Протикорозійні присадки вводяться в бак № 2 у вигляді розчинів. Для цього вони попередньо розчиняються окремо в невеликих ємностях і перед введенням у бак профільтровуються через неворсисту тканину. Хімікати вводяться в бак у будь-якій послідовності. Після введення в бак № 2 протикорозійних присадок вода, нагріта в ньому до температури плюс 40–50 °С, ретельно перемішується за допомогою механічної мішалки або іншого пристрою протягом 10–15 хв до повного розчинення присадок.

Для ощадливих витрат присадок вода з водяної системи при постановці тепловоза в ремонт, у випадку відповідності поставленим до неї вимогам за жорсткістю і вмістом хлоридів, збирається в збірний бак № 4 для повторного використання. З бака № 4 після фільтрації воду перекачують у бак № 2 і за потреби до неї додають компоненти протикорозійних присадок, яких бракує, або вона розбавляється водою з бака № 1 до одержання якості, що задовольняє вимоги, зазначені в табл. 1.1.

При експлуатації тепловозів і дизель-поїздів на довгих тягових плечах передбачається запас води в кількості не менше 20 дм<sup>3</sup>. Цей запас води видається на тепловози і дизель-поїзди в залізні бідони з кришками, що щільно закриваються, і відповідними написами «Вода отруєна, для пиття непридатна». Машиністи тепловоза і дизель-поїзда зобов'язані забезпечити застосування води для охолодження двигунів згідно з інструкцією, що діє в депо, не допускаючи застосування для цього непідготовленої води.

Отримання хімікатів як у сухому, так і рідкому вигляді провадиться тільки за вагою. Приймання хімікатів тарованим об'ємним посудом забороняється.

Якщо в депо експлуатуються тепловози з сучасними системами охолодження – тепловози ЧМЕЗП, 2М62М, ТЕ33АС, дизель-поїзди ДП<sub>кр-2,3</sub>, рейкові автобуси тощо 620М, які як охолодну рідину мають низькозамерзаючу рідину – антифриз, то в такому разі в приміщенні для приготування та видачі води встановлюється додатковий бак. Бак обладнано окремим відцентровим насосом, відповідним трубопроводом для видачі рідини на рухомий склад, підігрівання тощо.

### 1.7.1. Інші охолодні рідини

У сучасних транспортних двигунах як охолоджувач застосовують низькозамерзаючі охолодні рідини, або антифризи. Антифриз – це міжнародна назва охолодних рідин для двигунів. У перекладі з англійської слово Antifreeze позначає «не замерзає».

У складі всіх антифризів гліколева основа: етиленгліколь або пропіленгліколь, плюс пакет присадок, що поліпшують їхні властивості [1].

Найбільшого поширення набули етиленгліколеві антифризи, що є розчином етиленгліколю у воді. Етиленгліколь – це двохатомний спирт  $CH_2OH-CH_2OH$  – безбарвна і без запаху рідина, що кипить при температурі 197 °С і застигає при мінус 12 °С. Водні розчини етиленгліколю застигають при нижчій температурі. Так, розчин, що містить 67 % етиленгліколю і 33 % води, застигає при температурі мінус 75 °С. Залежності густини і температури застигання антифризу від його складу подано на рис. 1.3. Останнім часом у локомотивному господарстві також застосовуються незамерзаючі при низькій температурі рідини (антифризи). Наприклад, двигуни рейкових автобусів 620М охолоджуються антифризом марки Тосол А-40М. Крім загальних вимог, антифризи повинні мати якомога меншу корозійну агресивність, тобто



містити присадки, бути фізично та хімічно стабільними. Ці рідини не мають пінитися під час роботи, а їхня вартість має бути невелика.

Як антифризи можуть бути використані водні розчини солей, спиртів, етиленгліколів тощо. Найбільшого поширення набули етиленгліколеві рідини. Нині застосовують дві етиленгліколеві рідини марок 40 і 65 з температурою замерзання відповідно мінус 40 і мінус 65 °С.

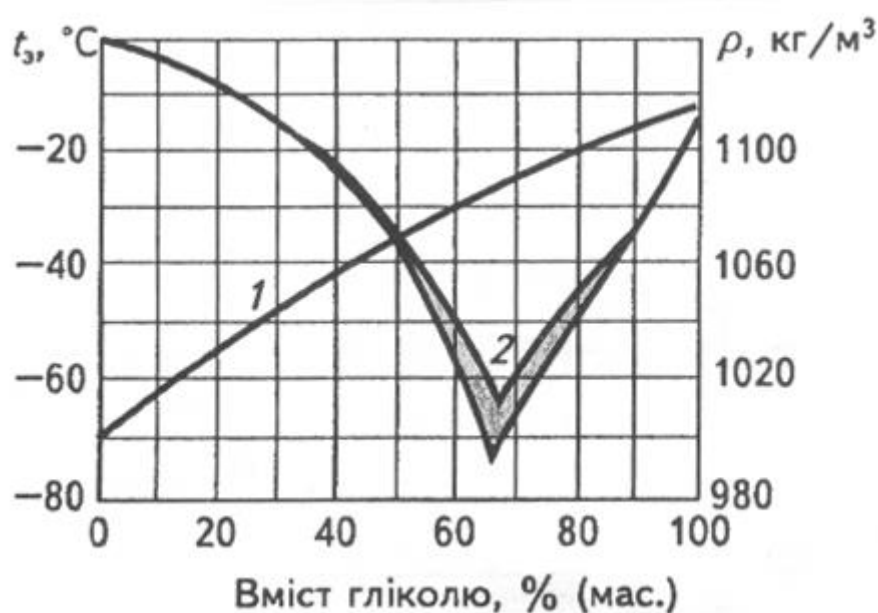


Рис. 1.3. Залежність густини (1) і температури замерзання (2) водно-етиленгліколевої охолодної рідини від її складу

Етиленгліколеві антифризи мають підвищену корозійну активність до металів і руйнують гуму. Для усунення цих недоліків до антифризів вводять присадки: декстрин, що оберігає від руйнування свинцево-олов'янисті припої, алюміній і мідь; динатрійфосфат, що захищає чорні метали, мідь і латунь. Іноді вводять молібденовий натрій, що запобігає корозії цинкових і хромових покриттів на деталях системи охолодження. У цьому випадку до марки антифризу додають індекс «М».

Значення деяких показників антифризів наведено в табл. 1.3.

Тосол А – концентрований етиленгліколь з присадками, що розбавляються дистильованою водою до потрібної концентрації.

Тосоли відрізняються від простих антифризів наявністю протипінних і антифрикційних присадок. Цифра в марці антифризу показує найвищу температуру застигання.

Таблиця 1.3

Низькозамерзаючі охолодні рідини

Показник	Простий антифриз			Тосол		
	Концентрат	40	65	А (концентрат)	А-40М	А-65М
Колір рідини	Світло-жовтий (злегка каламутна рідина)			Жовто-зелений		
Колір фарбника	-	-	Оранжевий	Блакитний	Блакитний	Червоний
Густина при температурі 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	1110-1116	1067-1072	1085-1090	1120-1140	1075-1085	1085-1095
Температура кристалізації, °С, не вище	-	-40	-65	-	-40	-65
Температура кипіння, °С, не нижче	-	100	100	170	105	105
Етиленгліколь, % (за масою), не менше	94	52	64	96	53	63
Вода, % (за масою), не більше	5	47	35	3	44	35
Присадки, г/дм <sup>3</sup> :						
декстрин	1,80-1,85	1	1	1,0	0,4	0,5
динатрійфосфат	4,4-5,6	2,5-3,5	3,0-3,5	-	-	-
антипінна	-	-	-	0,1	0,05	0,08
антифрикційні	-	-	-	5	2,55	2,95

Промисловість випускає такі марки антифризів: прості антифризи – 40, 65, 40М, 65М; тосоли – Тосол А, Тосол А-40М, Тосол А-65М [16, 20, 32, 33].

Змішувати прості антифризи 40 та 65 з тосолом не слід, а при заміні одного іншим треба промити систему охолодження двигуна.

Якщо система охолодження довгий час заправлялася водою, то перед заливанням антифризу її потрібно старанно промити, інакше відбудеться реакція накипу з антифризом і агресивність останнього збільшиться.

Якщо колір антифризу дуже змінився при скаламученні, то його слід замінити свіжим, попередньо промивши систему охолодження двигуна.

При експлуатації антифризів передусім випаровується вода, оскільки температура кипіння етиленгліколю 197,5 °С. Тому в разі википання в систему охолодження треба доливати не антифриз, а воду. Якщо система охолодження негерметична, то в неї додають тільки антифриз.

Температурний коефіцієнт об'ємного розширення в антифризах більший, ніж у води, тому заливати його слід на 5–8 % менше, ніж води, або використовувати у складі системи охолодження розширювальний бачок.

Не можна допускати потрапляння до антифризу нафтопродуктів, оскільки в цьому випадку руйнуються присадки.

Кожна країна/фірма виробляє охолодні рідини відповідно до своїх національних стандартів/допусків. Нижче наведені найбільш поширені їхні версії: ГОСТ 28084-89 (РФ); BS 6580:1992 (Великобританія); SAE J 1034, ASTM D 5345, ASTM D 4985 (США); AFNOR NF R15-601 (Франція); JIS K2234 (Японія); General Motors USA - GM 1899-M, GM 6038-M; MAN 324 Typ N/F/NSF; MTU MTL 5048/5049; Volkswagen TL-774 G11/G12/G12+/G12++/G13 (Німеччина) [3, 16, 20, 23, 30, 32].

Згідно з кваліфікацією фірми Volkswagen антифризи поділяють на мінеральні (клас G11), органічні (клас G12), гібридні (клас G12+) і

лобридні (клас G12++ і G13) – різниця між ними полягає в типі застосовуваній основі та присадок.

Під класом G11 виробляють антифризи, створені за традиційною технологією (її ще називають силікатною). Як присадки, що захищають від корозії, у таких антифризах використовують неорганічні речовини і різні їхні комбінації – силікати, фосфати, борати, нітрити, аміни, нітрати. Силікатні присадки, що містяться в антифризах G11, покривають усю внутрішню поверхню системи охолодження захисним шаром.

Як антикорозійні присадки в антифризах G12 використовуються карбонові (органічні) кислоти. Звідси друга назва цих антифризів – карбоксилатні. Їхньою особливістю є те, що карбоксилатні присадки не утворюють захисного шару на всій поверхні системи охолодження, а починають діяти лише в місцях виникнення корозії з утворенням захисних шарів товщиною не більше одного мікрона. Гібридні антифризи G12+ містять, крім органічних (карбоксилатних) присадок, також і неорганічні.

Антифризи класу G12++ є новим видом охолодних рідин, у яких органічна основа поєднується з невеликою кількістю мінеральних присадок. У своєму складі не мають нітритів, фосфатів, боратів, силікатів, амінів, а тому можуть бути сумісні з іншими класами антифризів.

Антифризи, у складі яких замість етиленгліколю використовується не токсичний пропіленгліколь, отримали позначення G13.

## **1.8. Загальні вимоги до контролю якості охолодної води**

Відповідальними за організацію і керування підготовкою води для охолодження двигунів тепловозів, дизель-поїздів і хімічного контролю в межах залізниці є начальники служби локомотивного господарства і завідувачі хіміко-технічної лабораторії; начальники депо і завідувачі деповської хіміко-технічної лабораторії [14].

Метою хімічного контролю охолодної води є своєчасне виявлення відхилень основних показників якості води від заданих нормами значень. Хімічний контроль у локомотивному депо організується і здійснюється хіміко-технічною лабораторією.

Хімічному контролю підлягають:

- компоненти антикорозійних присадок;
- вихідна вода відповідно до вимог;
- вода, що видається на тепловоз і дизель-поїзд;
- вода з системи охолодження двигуна в період експлуатації тепловозів і дизель-поїздів;
- вода, що підлягає спуску з водяної системи двигунів при постановці тепловозів і дизель-поїздів на ремонт для можливості повторного її використання.

Хімічний аналіз води проводиться [14]:

- вихідної води – у всіх випадках перед перекачуванням її з бака № 1 у бак № 2;
- води з бака № 2 – після кожного її приготування; води з бака № 3 – один раз на добу;
- води з системи охолодження двигунів поїзних тепловозів і дизель-поїздів – на кожному ТО-3 та поточних ремонтах;
- протикорозійних присадок – при надходженні нових партій на склад зберігання.

Відібрані проби піддаються аналізам на визначення твердості, вмісту хлоридів, лужності і вмісту компонентів присадок. Результати аналізу води заносять до журналів облікової форми ТУ-142 та ТУ-28.

Експлуатаційна придатність охолодної води оцінюється шляхом зіставлення даних аналізу з бракувальними показниками [14], наведеними в табл. 1.4.

## Норми бракувань охолодної води

Бракувальний показник	Розмірність	Охолодна вода з присадками			
		Нітрито-фосфатна (лужна)	Нітрито-силікатна	Нітрито-фосфато-хроматна	Нітрито-фосфатна (без лугу)
Лужність (за фенолфталеїном)	моль/м <sup>3</sup>	Менше 1,5 більше 2,5	Менше 1,0 більше 3,0	Більше 0,3	Більше 1,0 (більше 0,5**)
Загальна твердість	моль/м <sup>3</sup>	Вище 0,3	Вище 0,3	Вище 0,3	Вище 0,3
Вміст хлоридів	мг/дм <sup>3</sup>	Вище 50	Вище 50	Вище 50	Вище 50
Вміст нітриту натрію	мг/дм <sup>3</sup>	Менше 2500 більше 3000	Менше 1000 більше 1500	Менше 1500 більше 2000 (-)*	Менше 2500 більше 3000
Вміст фосфорного ангідриду	мг/дм <sup>3</sup>	Менше 15 більше 25	-	Менше 15 більше 25	Менше 15 більше 25
Вміст хромового ангідриду	мг/дм <sup>3</sup>	-	-	Менше 800 більше 1000	-
Вміст силікату натрію	мг/дм <sup>3</sup>	-	Менше 300 більше 600	-	-

Примітки: \* Допускається для охолодної води двигунів дизель-поїздів Д1, ДР1, ДР1А з блоками із алюмінієвих сплавів.

\*\* Для тепловозів 2ТЕ116, 2ТЕ121, ТЕП150 з деталями з алюмінієвих сплавів.

При досягненні бракувальних параметрів охолодної води проводиться заміна її в системі охолодження локомотивів і дизель-поїздів.

При зниженому вмісті у воді антикорозійних присадок вони вводяться працівником з приготування води до системи охолодження двигуна тепловоза, дизель-поїзда у кількостях, розрахованих лабораторією відповідно до робіт [11, 14] і дод. 1. Присадки вводяться до системи

охолодження дизеля в розчиненому вигляді. Якщо вміст антикорозійних присадок у воді перевищено понад норми, до водяної системи двигуна тепловоза, дизель-поїзда додається пом'якшена вода чи конденсат у кількості, вказаній лабораторією.

Для тепловозів ЧМЕЗП з двигунами типу Cat3500В фірма Caterpillar рекомендує для застосування охолодну рідину (ОР) з подовженим терміном використання типу ELC [17, 18, 20]. Ця охолодна рідина містить етиленгліколь з комплексом органічних присадок і забезпечує роботу двигуна в діапазоні температур рідини від мінус 37 до 129 °С. Термін служби рідини шість років або 12000 год (приблизно 1000000 км пробігу). Раз на рік обов'язково проводиться аналіз якості. Перед заміною охолодної рідини водяна система промивається водою без додавання очищувача від накипу.

Допускається заміна на DEAC (Diesel Engine Antifreeze Coolant) – охолодну рідину з антифризом для дизельного двигуна на основі гліколю. Ця рідина забезпечує захист обладнання в діапазоні температур від мінус 37 до 129 °С. Термін служби до 3000 год (два роки). Містить інгібітори для охолодної рідини, що забезпечують захист від корозії. Потребує періодичного додавання SCA (Supplemental Coolant Additive), присадки від корозії, в інтервали технічного обслуговування (через кожні 250–300 год) і одночасного проведення аналізу. Перед заміною охолодної рідини водяна система промивається з використанням спеціального очищувача для видалення накипу.

У разі неможливості застосування рекомендованих рідин для охолодження допускається їх заміна на ОР, що відповідають вимогам ASTM D5345, ASTM D4985, або на спеціально підготовлену воду з додаванням присадок на основі силікату натрію. Термін служби такої охолодної рідини два або один рік відповідно з обов'язковим контролем якості на кожному ТО-3 та ПР1.

При експлуатації тепловозів ЧМЕЗП з дизелями Cat3512B і тепловозів 2М62 з дизелями EMD645E3 в умовах АТ «Укрзалізниця» використовують спеціально підготовлену воду з комплексом нітрито-силікатних або нітрито-фосфато-хроматних присадок для захисту обладнання від накипу та корозії.

Для рейкових автобусів 610М, 620М, 630М і дизель-потягів ДП<sub>кр-2,3</sub>, на яких встановлюються дизелі фірм MTU або MAN виробником [3, 29, 30] рекомендовано застосовувати охолодну рідину на основі концентрату антифризу (40 % антифризу та 60 % води). Ця рідина забезпечує роботу двигуна при температурі рідини до мінус 27 °С. Зниження концентрації антифризу менше 40 % не забезпечує захисту від корозії.

При заправці та додаванні охолодної рідини до системи дизеля під час технічного обслуговування дотримуються пропорції 50 на 50 %, за рахунок чого температура замерзання рідини знижується до мінус 37 °С і з'являється можливість додавання чистої води до системи під час експлуатації.

Для виготовлення охолодної рідини застосовують чисту, прозору водопровідну або демінералізовану воду, що відповідає таким вимогам: жорсткість не більше 2,7 моль/м<sup>3</sup>, значення *pH* при 20 °С від 6,5 до 8,5, вміст хлоридів до 100 мг/дм<sup>3</sup>, вміст сульфатів до 150 мг/дм<sup>3</sup>. Через кожні шість місяців і при кожній дозаправці визначають допустимі показники та концентрацію антифризу. Термін служби ОР становить чотири роки або 500 тис. км пробігу.

У виняткових випадках фірма MAN допускає роботу дизеля на ОР, що містить підготовлену воду та комплект присадок для захисту від корозії MAN248. При використанні присадок іншого виробника не гарантується захист від пітінг корозії гільз циліндрів. Термін служби ОР у цьому випадку становить один рік.



Для виготовлення охолодної рідини використовують концентрат антифризу, який рекомендовано фірмою-виробником (наприклад MAN 324, MTU MTL5048) або відповідає місцевим діючим стандартам [3, 29].

При експлуатації рейкових автобусів в умовах АТ «Укрзалізниця» застосовують концентрат тосола А-40М, який забезпечує роботу двигуна у діапазоні температур рідини від мінус 37 до 108 °С. Строк служби до заміни приблизно два роки. Незалежно від цих інтервалів охолодна рідина замінюється, якщо вона забарвлюється в бурий колір або стає каламутною.

Контроль якості антифризів систем охолодження має виконуватися згідно з тимчасовою інструкцією Департаменту локомотивного господарства АТ «Укрзалізниця».

### **1.9. Виробничо-побутове споживання води в локомотивному господарстві**

При експлуатації акумуляторних батарей відбувається випаровування електроліту, густина його підвищується і виникає необхідність періодичного доливання води. Дистильована вода не має містити більше 0,5 мг/дм<sup>3</sup> заліза, 5,5 мг/дм<sup>3</sup> хлору, 17,5 мг/дм<sup>3</sup> оксиду кальцію, 5,0 мг/дм<sup>3</sup> оксиду магнію, 12,5 мг/дм<sup>3</sup> оксиду кремнію.

*Електроліт для кислотних і лужних батарей* готують з дистильованої води, що містить хлоридів не більше 0,02 мг/дм<sup>3</sup>, має жорсткість не більше 0,1 мг·екв/дм<sup>3</sup> і окиснюваність 1 мг О<sub>2</sub> на 1 л. Вода не має містити важкі метали, сірководень [14].

Для отримання електроліту використовується знесолена вода, оскільки електрична дистиляція обходиться дорого. Метод знесолювання заснований на застосуванні катіонітового й аніонітового фільтрів. У катіонітовому фільтрі відбувається витіснення іонів кальцію і магнію, а в аніонітовому – заміна мінеральних кислот на гідроксильну групу.

Для отримання глибоко знесоленої води використовують звичайну водопровідну воду з загальним вмістом солей близько  $5 \text{ мг/дм}^3$ , загальною жорсткістю до  $4,3 \text{ мг·екв/дм}^3$ . Схема отримання такої води показана на рис. 1.4, продуктивність установки  $5\text{--}150 \text{ дм}^3/\text{год}$  [4]. Електроліт із застосуванням знесоленої води готують у металевих ваннах, викладених вініпластом. Метод отримання знесоленої води має ряд недоліків: потреба в складному і громіздкому устаткуванні, висока вартість застосовуваних реагентів, великі витрати води на власні потреби, труднощі з автоматизацією процесу. У разі невеликої потреби води для приготування конденсату можна використовувати електродистилятори спеціального призначення.

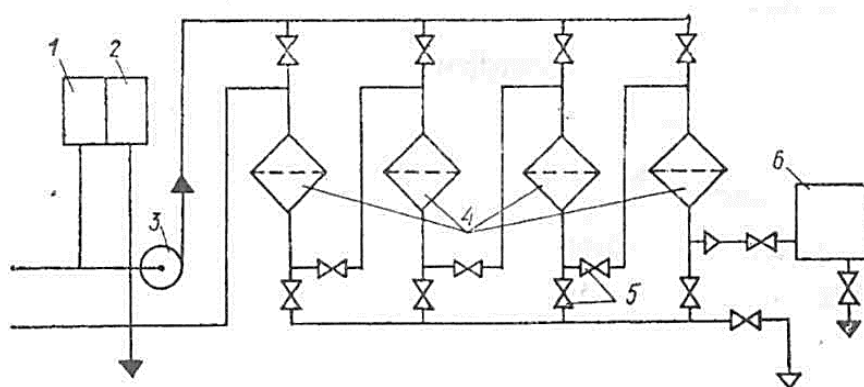


Рис. 1.4. Схема установки для глибокого знесолювання (пом'якшування) води:

- 1, 2 – баки для коагулянтів; 3 – насос; 4 – фільтр;  
5 – вентиль; 6 – збірний бак для знесоленої води

*Механізм дії води на робочий процес двигунів внутрішнього згорання вивчений не повністю, але вважається, що при додаванні води підвищується октанове число палива, завдяки чому зростає потужність і поліпшується економічність роботи двигуна.*

Ця дія зумовлюється в основному трьома факторами:

- охолодженням робочої суміші;
- охолодженням деталей камери згорання;
- дією водяної пари як інертного середовища, що регулює процес згорання суміші.

Деякі фахівці вважають, що вода є не тільки каталізатором, а й безпосередньо бере участь у процесі горіння суміші.

Вода може подаватися безпосереднім впорскуванням у циліндри або впускну систему двигуна, а також у вигляді *водобензинової емульсії* (ВБЕ), приготовленої раніше [19]. Практика показала, що через підвищену в'язкість ВБЕ до її складу поки що можна вводити не більше 10 % води. Але в Японії проводяться дослідження з додавання води до 30 %.

Незважаючи на перелічені недоліки, практика показує, що при роботі двигуна на ВБЕ з вмістом 10...30 % води питомі витрати бензину знижуються на 12–22 % при повних навантаженнях і на 7–10 % при середніх. Крім того, приблизно у 2–6 разів знижується вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах двигуна. Впорскування 10 % води до бензину еквівалентне підвищенню октанового числа на 8–10 одиниць, що дає змогу застосовувати бензин з меншим октановим числом. При цьому потужність та економічні показники двигуна зберігаються, а іноді й поліпшуються.

Додання води до бензину потребує встановлення на двигуні додаткової системи живлення або створення стабільних водобензинових емульсій, які дадуть змогу зменшити використання стабілізаторів, що теж дорого коштують.

У дизелях можна також використовувати *обводнене дизельне паливо* – *водопаливну емульсію* (ВПЕ), що характеризується вищою фізичною стабільністю, ніж ВБЕ, і для її приготування потрібно значно менше поверхнево-активних речовин (ПАР).

При використанні в дизелях ВПЕ питомі витрати палива можна знизити на 2–6 %. Димність відпрацьованих газів при цьому зменшується завдяки впливу водяних парів на процес газифікації вуглецю (сажі).

Обводнене дизельне паливо характеризується зниженням цетанового числа і великим періодом затримки samozапалювання. Однак наявність мікрровибухів крапель емульсії та вплив на згорання суміші наявності води в паливі призводять до інтенсифікації виділення тепла і скорочення тривалості згорання палива, що сприяє зниженню його витрат.

*Як склоомивну рідину* на локомотивах зазвичай використовують воду. Проте вода замерзає при температурі навколишнього середовища нижче за нуль і не надходить до форсунок системи обмивання. Другим недоліком води є те, що вона через високе поверхнєве натягнення погано змочує скло і у вигляді крапель стікає з нього. Для усунення цих недоліків виробляють спеціальні склоомивні рідини, що є сумішами води, спирту і мийної речовини. Як спирти використовують етанол, метанол та ізопропанол. Виробники випускають, як правило, концентрати (60–80 % спирту), що розбавляються водою у 2–4 рази. За оптимальну концентрацію можна вважати 10–29 % спирту (залежно від температури навколишнього середовища), що забезпечує нормальну подачу рідини до форсунок і хороше розтікання по склу.

Якщо спеціальних рідин проти обледеніння нема, то скло можна протирати сумішшю 63 % спирту з гліцерином (на 100 мл 63 % спирту додають 5,5 г гліцерину), сумішшю калійного мила з гліцерином і скипидаром (60 г мила розчиняють у 30 г гліцерину та 10 г скипидару) чи сумішшю насиченого розчину кухонної солі з гліцерином.

Значними є *витрати води для миття, очищення ТРС і вагонів* дизель-електропоїздів перед постановкою на технічні обслуговування та поточні ремонти.

Для цього застосовують механізовані й автоматизовані мийні й обдувальні установки відкритого і закритого типу на стаціонарних позиціях, а також пересувні самохідні мийні засоби. Найбільшого поширення набули стаціонарні пристрої (рис. 1.5), змонтовані на відкритому майданчику в зонах теплого і помірного клімату [4].

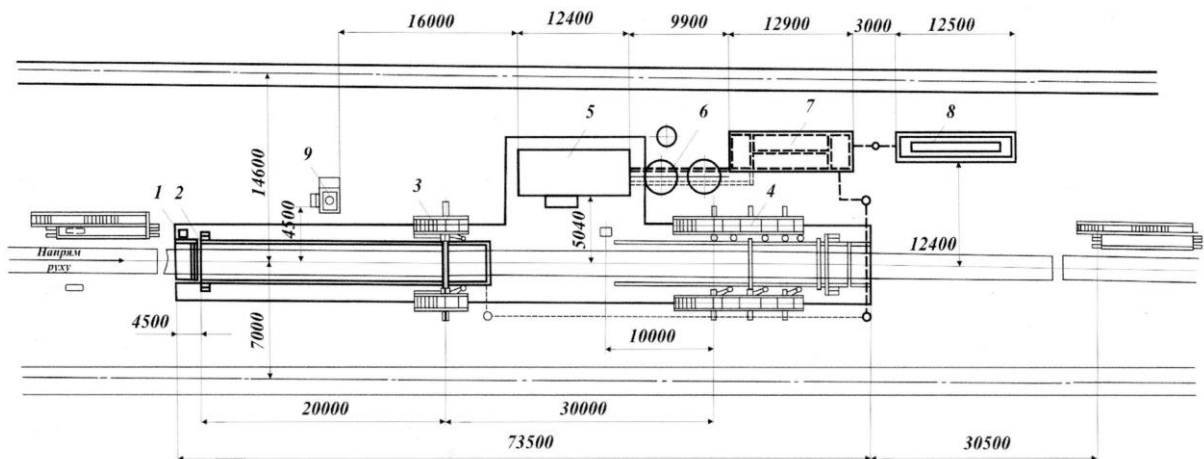


Рис. 1.5. Стаціонарна мийна установка відкритого типу:

- 1 – колонка для обмивання торців; 2 – змочувальний пристрій;
- 3 – нанесення та розтирання емульсії; 4 – мийна установка;
- 5 – насосна станція; 6 – баки для гарячої води;
- 7 – брудо-нафтоуловлювач; 8 – позиція для зневоднення пульпи;
- 9 – резервуар для газового контакту

Стаціонарна мийна установка містить мийну рамку, що має соплові наконечники для обприскування бічних стінок і даху локомотива спеціальною емульсією на водній основі, що подається насосами під тиском  $(4-5) \cdot 10^5$  Па; мийний механізм барабанного типу з капроновими щітками для розтирання нанесеної на локомотив мийної емульсії; пристрій для натирання кузова захисною пастою; пристосування для обмивання бічних стінок і даху локомотива (мийний душ); апарат для сушіння локомотива гарячим повітрям; мийний візок, використовуваний для миття

екіпажа знизу і миття підлоги оглядової канави. Устаткування для миття містить також пристрій для затримання бруду та нафтопродуктів. Для захисту навколишнього середовища від забруднення використовують мийні установки з замкненим циклом використання мийного розчину.

Розроблені останнім часом мийні установки відрізняються використанням спеціальних додаткових щіток. Це викликано появою рухомого складу нових типів, зовнішні обриси якого характеризуються значною криволінійністю. З огляду на це пара звичайних щіток уже не може забезпечити ефективне очищення. Такі додаткові щітки виконуються вигнутими або циліндричними і встановлюються під різними кутами для обробки верхніх і нижніх скосів бічних стінок кузова або горизонтально для обробки даху.

На рис. 1.6 показана сучасна мийна установка, оснащена вісьма бічними й двома даховими щітками, пристроєм для попереднього зволоження, порталом для остаточного миття, ополіскування і чотирима потужними вентиляторами для прискорення висихання обмитих поверхонь.



Рис. 1.6. Сучасна мийна установка

Останнім часом у закордонній практиці обслуговування автомобілів сільськогосподарської техніки, рухомого складу залізниць, очищення виробничих приміщень набув розповсюдження гідродинамічний метод очищення струменями води високого тиску (до 300 МПа). Він одержав назву гідроджетинг [4]. Цей метод у більшості випадків витісняє спосіб пароструминного очищення через високу продуктивність, зниження собівартості очищення й забезпечення екологічних вимог.

Гідроджетингове обладнання відзначається простотою й зручністю в роботі, гарним зовнішнім виглядом, високими техніко-економічними показниками. Мийні машини з подачею гарячої/холодної води під високим тиском (гідроджетинг) застосовуються для очищення підкузовного простору локомотивів, що особливо важливо перед проведенням ТО або ПР. Недоліком цих установок є те, що миття сучасного електрорухомого МВРС струменями високого тиску може призвести до пошкодження обладнання й проникнення води в підкузовні контейнери з електроапаратурою та в тягові двигуни.

На залізницях України створені пункти відкритого типу, де здійснюється очищення та миття локомотивів з додатковим пристроєм для миття даху тепловозів (рис. 1.7).

Вологе щоденне прибирання вагонів електро- і дизель-поїздів робиться гарячою водою з додаванням розчину хлорного вапна або хлориду й іншого дезінфекційного засобу.

У той же час чистою водопровідною водою поновлюються запаси в туалетних установках локомотивів і моторвагонного складу.

На водній основі готують мийні розчини для миття деталей локомотивів під час ремонту: поршнів дизелів, кожухів осьових редукторів, корпусів букс, рам візка, сітчастих повітряних і оливних фільтрів та ін. Для вогкого прибирання підлог приміщень та оглядових канав також застосовують воду з додаванням мийних речовин.





Рис. 1.7. Модернізований мийний пункт відкритого типу

*Противопожежне устаткування* локомотивів і МВРС зазвичай складається зі стаціонарної установки для гасіння пожежі, пересувних вогнегасників і системи автоматичної пожежної сигналізації для виявлення пожежі. Можливість виникнення пожежі вірогідніше на тепловозах і дизель-поїздах через пошкодження дизеля або електроустаткування, високі температури основних вузлів і наявність горючих матеріалів (паливо, олива) і можливості їх витоку.

Установка для гасіння пожежі, застосовувана на магістральних тепловозах, за принципом дії є повітропінною [24-26]. У резервуар установки, розміщений у задній частині дизельного приміщення під дахом або на підлозі, заправляють 260–270 л води і 11 л піноутворювача ПО1 (4 % загального об'єму розчину). Отриманий вогнегасний розчин має кратність виходу піни 25–35, тобто вихід піни при повному використанні



розчину становить від 7000 до 10000 л. Установка підключена через крани до повітряної системи тепловоза. Повітря надходить безпосередньо до змішувачів, де при відкритому крані змішувача потік рідини розпилюється повітрям у дифузорі з інтенсивним утворенням піни.

Для гасіння пожежі в депо споруджують самостійну лінію пожежного водопроводу з певним запасом води. У разі виникнення пожежі на великій площі застосовують протипожежні поїзди, що мають великий запас води.

Значна кількість води використовується *при реостатних випробуваннях тепловозів і дизель-поїздів* [4, 26, 27]. Реостатні установки для випробування можуть бути повітряні з застосуванням металевих резисторів та рідинні.

В умовах депо і заводів переважно застосовуються рідинні реостати, де електрична енергія генератора витрачається на нагрівання води в баку реостата. В установці передбачені реостати навантажень конструкції ПКБ ЦТ типів А-95 та А-158.

Рідинний реостат складається з резервуара об'ємом 17,4 або 10,2 м<sup>3</sup>, що заливається водою через напірну трубу. Для стоку зайвої води служить зливна труба, а для вимірювання рівня води – поплавцевий пристрій. Піднімаючи і опускаючи пластини, можна змінювати омичний опір реостата, а тому і напругу генератора.

Втрати води при реостатних випробуваннях належать до безповоротних унаслідок випаровування при випробуваннях дизель-генераторів, особливо в літній період. Велика тривалість випробувань і значна сила струму електроенергії потребують постійного поповнення установки водою.

Залізничний транспорт 80–85 % води одержує *від власних (відомчих) систем*. Інші потреби задовольняються промисловими чи комунальними водопроводами. Відомчі системи водопостачання забезпечують водою

житлові селища, використовуваною в цьому разі як питну та для побутово-господарських цілей. Тому, крім методів підготовки води для технічних цілей (п. 1.6), така вода підлягає додатковій обробці (механічні, хімічні і біологічні методи).

До цієї категорії підготовки можна віднести насичення води киснем (озоном) і хлором для зниження кількості небезпечних мікробів, бактерій, грибків, вірусів, тобто застосування біологічного методу.

*Установка для озонування води* містить блок компримування та підготовки повітря, блок електропостачання, генератор озону, пристрій для контакту озоно-повітряної суміші з водою, що очищується.

Воду, що очищується, можна різними способами змішувати з озонованим повітрям: барботуванням, змішуванням за допомогою ежекторів, мішалок та ін. У сучасних установках застосовують барботаж пористими або перфорованими дифузорами, гідравлічним емульсуванням, механічною інжекцією і змішуванням у контактних басейнах, що дає змогу використовувати озон на 98–100 %. Потрібна тривалість контакту води, що очищується, з озоно-повітряною сумішшю становить близько 1 год.

*Хлорування* застосовують для знезараження води, використовуваної для питного водопостачання, а також для знезараження стічних вод, що пройшли біологічне очищення іншими методами, очищення стічних вод від тетраетилсвинцю й інших шкідливих органічних сполук. При хлоруванні використовують газоподібний хлор, хлорне вапно або гіпохлорид кальцію  $Ca(ClO)_2$ , або гіпохлорид натрію  $NaClO \cdot 5H_2O$ .

Хлор – газоподібна речовина, і якщо перевищена гранична його концентрація, він є небезпечним для здоров'я людини. Гіпохлорний натрій перебуває в рідкому стані, має високі бактерицидні властивості і при цьому він безпечний для організму людини. На сьогодні використання гіпохлориду натрію та кальцію є найдоцільнішим. Знезараження води ультрафіолетом не дає довготривалого ефекту, а дезінфекція озоном –

дуже енергоємний процес. Уперше реагент гіпохлорид був застосований у Німеччині в 1893 р., у США використовується з 1908 р. Зараз гіпохлорид натрію застосовується більш ніж у 60 країнах. У деяких країнах також застосовують і інші методи знезараження води – ультрафіолетовими променями, ультразвуком, іонами срібла  $\text{Ag}^+$ , термічним або рентгенівським і радіоактивним випромінюванням, струмами високої частоти, вакуумуванням.

У локомотивних депо питна вода використовується в їдальнях (кафе), побутових корпусах (умивальники, душові), будинках відпочинку локомотивних бригад.

Вода, використовувана як господарсько-питна, має відповідати вимогам ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [9]. Для цього застосовується насамперед вода підземних джерел. Водневий показник  $pH$  води господарсько-питного призначення має бути в межах 6,0–9,0.

На ремонтних заводах, у локомотивних і вагонних депо стічні води утворюються при обмиванні рухомого складу, очищенні вузлів і деталей, у мийних машинах і ваннах, гальванічній обробці деталей, промиванні акумуляторів, регенерації пом'якшувальних фільтрів, промиванні і продуванні котлів, гідравлічних випробуваннях різних ємностей, спуску підтоварної води зі сховищ для нафтопродуктів; митті підлог, оглядових каналів та ін. У цих процесах вода забруднюється нафтопродуктами, мінеральною й органічною суспензією, лугами, кислотами, поверхнево-активними речовинами, солями металів (хрому, нікелю, міді та ін.). Гідросфера також забруднюється поверхневими стоками з території станцій, депо, автобаз, ремонтних заводів рухомого складу. Ці стоки містять, крім нафти і її складових, також антисептики, поверхнево-активні речовини, феноли, кислоти, луги, солі металів і багато інших забруднень.

Методи очищення води поділяються на механічні, хімічні і біологічні, схожі на методи підготовки води для технічних і побутово-господарських цілей (п. 1.6, 1.9). Але є й спеціальні методи – відстоювання води в наземних водоймищах, застосування нафтопасток.

Для механічного очищення виробничих стоків застосовують нафтопастки, відстійники, фільтри. У стічних водах найбільшу частку домішок становлять нафтопродукти (300–600 мг/дм<sup>3</sup>). Для видалення нафтопродуктів із стічних вод, як правило, використовують нафтопастки у вигляді горизонтального відстійника (прямокутний залізобетонний або металевий проточний резервуар).

Для остаточного очищення й освітлення, особливо при великому надходженні стічних вод, використовують спеціальні установки і методи. Наприклад, фільтри з активованим вугіллям, коксом, що знижують вміст нафтопродуктів у 3–5 разів; коагуляцію, засновану на утворенні згустків під впливом реагентів; пінні апарати, що в десятки разів прискорюють процес відстоювання. Для зручності експлуатації і забезпечення безперебійної роботи очисних споруд нафтопастки бувають дво- і багатосекційними.

При біологічному очищенні стічних вод використовують відповідні мікроорганізми для розкладання шкідливих речовин, що важко піддаються чи не піддаються хімічному впливу. Основним засобом біологічного очищення служить активний мул, що містить мікроби. Біологічного окиснення можуть зазнавати і деякі мінеральні речовини (сірководень, нафта, нафтопродукти тощо). Для розвитку мікроорганізмів у стоках необхідна наявність азоту, фосфору, калію. До основних об'єктів біологічного очищення стічних вод належать станції біоочищення, головними очисними спорудами яких є біофільтри або аеротенки.

На залізничному транспорті впроваджуються ефективні відстійники для освітлення мутних і кольорових вод, а для видалення нафтопродуктів

створені флотаційні установки, якими обладнані депо та ремонтні заводи. У флотаційних установках видалення нафтопродуктів з води значно інтенсифіковано за допомогою дрібних бульбашок повітря, що призводить до створення суспензії з нафтопродуктами, які видаляються у вигляді піни. Одночасно видаляється понад 90 % завислих речовин, і вода стає прозорою.

Більшість залізничних депо розміщено в містах, на великих станціях поруч з потужними промисловими підприємствами, де є споруди біологічного очищення. За рахунок передачі стоків на ці споруди може бути значно скорочене скидання шкідливих речовин у водойми. Такий шлях більш ефективний і з економічного погляду.

Генеральним напрямом економії води для виробничих потреб і запобігання забрудненню гідросфери є створення на підприємствах замкнених обігових систем водопостачання, створення яких дешевше, ніж великих очисних споруд.

## **1.10. Охорона праці при приготуванні та застосуванні охолодної води**

Працівники, зайняті на приготуванні і видачі води, повинні знати небезпечні властивості вживаних для обробки води хімікатів, методи захисту й умови поводження з ними. Усі особи, пов'язані з приготуванням і застосуванням води для охолодження двигунів тепловозів і дизель-поїздів, повинні пройти навчання та перевірку знань інструкцій з охорони праці й технології приготування і застосування води, вміти володіти засобами захисту від шкідливого впливу хімічних речовин [12-14]. Хімічні речовини, застосовувані для приготування води, характеризуються такими властивостями:

- технічний їдкий натр є сильним лугом і при потраплянні на шкіру людини спричиняє важкі опіки. Особливо небезпечне потрапляння їдкого натру в очі, у результаті чого можлива втрата зору. При потраплянні на одяг, особливо вовняний, їдкий натр руйнує його;

- тринатрійфосфат має лужні властивості. Пил тринатрійфосфату спричиняє подразнення слизових оболонок очей і верхніх дихальних шляхів, а також зміну шкірних покривів типу дерматитів і екзем;

- хромовий ангідрид, біхромат калію чи натрію, нітрит натрію при потраплянні на шкіру, особливо в місцях порізів, спричиняють сильне роз'їдання її, а також подразнення слизової оболонки очей і дихальних шляхів. Технічний нітрит натрію дуже токсичний. Сполуки хрому спричиняють атрофію зорового нерва.

У місцях збереження нітриту натрію і сполук хрому мають бути знаки безпеки «Отрута». Вивантаження сухих хімікатів для подальшого їх збереження в складських приміщеннях слід провадити в тій самій тарі, у якій прибули хімікати; злив з цистерни рідких хімікатів – у приймальні резервуари; злив і вивантаження хімічних речовин – на спеціальних обвалованих майданчиках з покриттям, що не допускає їх потрапляння в ґрунт. У випадку розливу їдкого натру чи розсипу сухих хімікатів місце засипається сухим піском, збирається зі зрізанням шару забрудненого ґрунту в спеціальну тару і вивозиться в місця очищення чи переробки за погодженням з місцевою екологічною інспекцією.

Працівники, пов'язані з вивантаженням і навантаженням хімікатів, повинні бути проінструктовані про дотримання запобіжних заходів відповідно до «Типової інструкції з техніки безпеки і виробничої санітарії для вантажників підприємств залізничного транспорту» і «Правил з техніки безпеки і виробничої санітарії при вантажно-розвантажувальних роботах на залізничному транспорті» [12, 14].

Видача води на тепловози і дизель-поїзди провадиться тільки в бідонах, використання відер забороняється. Бідони повинні мати кришки, упори і ручки. Для уникнення отруєнь на бідонах і ємностях, у яких зберігається і готується вода, має бути чіткий напис «Вода отруєна, для пиття непридатна». Категорично забороняється видача на тепловози і дизель-поїзди хімікатів у чистому вигляді як у сухому, так і розчиненому стані.

Працівники, пов'язані з приготуванням і видачею води на тепловози та дизель-поїзди, повинні забезпечуватися і працювати в спеціальному одязі, взутті з використанням засобів індивідуального захисту відповідно до встановлених норм і діючої інструкції про порядок видачі, збереження і використання спецодягу, спецвзуття і захисних пристосувань. При роботі з хімікатами і приготуванні води не можна торкатися руками обличчя, особливо очей; треба ретельно мити руки і полоскати рот, забороняється класти їжу на інвентар або устаткування, вживати їжу на місці роботи. Після роботи обов'язково прийняти душ. Працівники, пов'язані з вивантаженням хімікатів, приготуванням і застосуванням води, забезпечуються постійним медобслуговуванням у строки, встановлені Міністерством охорони здоров'я України.

Для надання першої медичної допомоги при нещасних випадках у пунктах з приготування і видачі води на тепловози і дизель-поїзди має бути аптечка зі встановленим переліком медикаментів і Правила користування ними. Крім типового набору медикаментів і перев'язного матеріалу, в аптечці має бути таке:

- розчин 2 % борної кислоти;
- розчин 1 % ацетату алюмінію (буровської рідини);
- розчин 2 % питної соди  $NaHCO_3$ .

До самостійної роботи, пов'язаної з приготуванням води для тепловозів і дизель-поїздів, вивантаженням хімікатів, допускаються особи,

які пройшли навчання і перевірку знань за фахом і охороною праці в обсязі, що відповідає займаній посаді.

Антифризи та ОР на основі етиленгліколю дуже отруйні (смертельна доза етиленгліколю становить лише 20–30 г). Однак отруйна дія цих рідин проявляється тільки при потраплянні до шлунково-кишкового тракту, тому спеціальні заходи для захисту шкірних покривів і дихальних шляхів при використанні антифризів не потрібні. Після контакту з етиленгліколем потрібно ретельно вимити руки з милом, а в разі проникнення рідини у шлунок – промити його розчином 2 % соди.

До затвердження Департаментом локомотивного господарства АТ «Укрзалізниця» інструкції з застосування антифризів (тосолів) слід керуватися вказівками фірм-виробників дизельного ТРС [2, 3, 17, 18, 20, 23, 29, 30].



## РОЗДІЛ 2

### 2.1. Застосування піску для покращення коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою

Оливні плями, бруд на рейках викликають значне зниження коефіцієнта зчеплення. При підвищеній вологості повітря, росі або слабому дощі пил і частинки глини, що знаходяться на рейках, утворюють плівку, яка також знижує коефіцієнт зчеплення. Сильний дощ змиває цю плівку з поверхні рейок, і коефіцієнт зчеплення стає більше [4].

Для збільшення коефіцієнта зчеплення коліс локомотива з рейками і запобігання їх буксуванню у складних погодних умовах використовують дрібний кварцовий пісок. Його за допомогою спеціальних пристроїв подають між колом кочення колісної пари і рейкою. Потрапляючи на рейки, цей пісок з достатньо твердими і міцними зернами заповнює величезну кількість западин і заглиблень на поверхнях рейки та бандажу, збільшуючи тим самим кількість точок їхнього взаємного зіткнення. У результаті цього значно покращується зчеплення коліс з рейками.

Зазвичай передня колісна пара локомотива більш схильна до буксування. Якщо розвантажена колісна пара розвиває велику тягу, буксування її настане при меншій силі тяги всього локомотива. Підвищена схильність до буксування не дає змоги повністю використовувати потужність локомотивів, викликає інтенсивне наростання прокату і призводить до руйнування елементів передачі потужності. Буксування небезпечне і тим, що на тяговому двигуні збільшується напруга і, отже, підвищується вірогідність виникнення кругового вогню на колекторі і перекидання електричної дуги на корпус двигуна. Тому весь тяговий рухомий склад (ТРС) обладнано системами зберігання і подачі піску під ведучі колісні пари.

*Примітка* – під терміном «локомотиви» треба розуміти весь тяговий рухомий склад (ТРС): тепловози, електровози, тягові агрегати, дизель-електропоїзди, рейкові автобуси, мотовози тощо.

## **2.2. Технічні вимоги до якості піску для тягового рухомого складу**

Пісок на поверхні контакту рушійних коліс і рейок сприяє реалізації локомотивом найбільшої і стійкої сили тяги зі зчеплення. Найкращі умови зчеплення локомотива з рейками створює однорідний за розмірами частинок (0,2-0,5 мм) пісок з найбільшим відсотковим вмістом кварцу в його робочій масі і мінімальним вмістом шкідливих, особливо глинистих, домішок.

Такі розміри відповідають умовам мінімального розсіювання піску в момент потрапляння його на головку рейки і сприяють збереженню високих зчіпних властивостей при розчавлюванні колесами локомотива.

Пісок, призначений для пісочниць локомотивів, має задовольняти технічні вимоги за зерновим, мінералогічним, хімічним складом і вологістю [4, 21]. Кварцовий пісок буває двох категорій: нормальної і підвищеної якості (табл. 2.1). На дорогах, де в зимовий період спостерігається відкладення інею на рейках, необхідно використовувати пісок підвищеної якості. При експлуатації локомотивів на промисловому транспорті також застосовують кварцовий пісок двох категорій – нормальної і підвищеної якості. У літній час застосовують пісок нормальної якості, а в зимовий – підвищеної.

Пісок, використовуваний у пісочницях локомотивів, має відповідати таким основним вимогам:

- вільно і рівномірно проходити по пісочних трубах, не забиваючи їх грудками і не створюючи його накопичення;

- не злежуватися та не злипатися в пісочних бункерах локомотива під час його руху, залишаючись весь час (незалежно від кліматичних і інших умов) у сипкому стані;

- бути визначеної крупності, тому що дрібні частинки піску досить легко здуваються з рейок, а крупні погано втримуються у шорсткості їхньої поверхні та створюють підвищення супротиву руху;

- мати достатню твердість і міцність, не всмоктувати вологу з повітря і не відволожуватися в пісочницях локомотивів і піскоподавальних бункерах;

- легко віддавати вологу, не знижуючи своїх якостей під час нагрівання в сушильних печах.

Таблиця 2.1

Технічні вимоги до піску для локомотивів

Склад піску	Показник	Вміст для категорії якості, %	
		нормальної	підвищеної
<i>Зерновий</i>	Робоча маса, не менше	90	95
	Пилоподібні частинки, не більше	10	5
	Зокрема глиниста складова, не більше	3	1
<i>Мінералогічний</i>	Зерна кварцу, не менше	75	90
	Польовий шпат і інші гірські породи, не більше	25	10
<i>Хімічний</i>	Двоокис кремнію (кремнезем), не менше	85	92
	Оксид алюмінію (глинозем), не менше	5	3
	Решта складових піску, не більше	9	4
	Втрати при прожарюванні, не більше	1	1
<i>Вологість</i>	<i>Відсоток маси піску</i>	0,5	0,5

Для запобігання буксуванню під колеса локомотива в потрібних випадках подають пісок. Підтримка зчеплення на рівні, близькому до розрахункового, залежить також від правильного регулювання пісочних форсунок, стану і положення пісочних труб, уміння правильно управляти пісочницями і локомотивом у цілому.

Зерновий склад і вміст кварцу є основними показниками якості піску. Зерновий склад характеризується розподілом частинок за розмірами, вираженим у відсотках загальної маси піску. Зерновий склад піску поділяється на робочу масу і пилоподібні частинки. Робочу масу піску, що надходить після сушіння і просіювання до пісочниць локомотивів, складають зерна розміром від 0,1 до 2 мм включно. Пісок має містити робочу масу в кількості не менше 90 %.

У піску, що надходить до пісочниць локомотивів, вміст зерен розміром понад 2 мм не допускається; крупні зерна після просушування піску в сушильних печах слід відсіювати через сітку з розміром сторони отвору на світло 2 мм. Вміст пилоподібних частинок, зерен діаметром менше 0,1 мм у піску допускається не більше 10 %, зокрема глинистої складової в піску – не більше 3 %.

До глинистої складової умовно належать частинки (незалежно від їхнього мінералогічного і хімічного складу), швидкість осідання яких у воді середньої жорсткості при температурі 15-20 °С складає менше 25 мм за хвилину. Такі частинки мають розмір у поперечнику менше 0,022 мм. Пилоподібні частинки, поглинаючи вологу, перетворюються в пульпу, що різко знижує коефіцієнт зчеплення колеса з рейками, тому не можна допускати збільшення максимальної норми вмісту їх у піску.

Вміст частинок за розмірами (фракціями) у піску має відповідати даним табл. 2.2. Дані вказані у відсотках залишків зерен піску на ситах (за вагою) при послідовному просіюванні піску через комплект сит.

Під вологістю піску розуміють сумарний вміст у ньому механічно домішеної води і гігроскопічної вологи, виражений у відсотках маси піску. Вологість піску, що подається в пісочниці локомотивів, не має перевищувати 0,5 %, оскільки більш зволожений пісок виявляє схильність до злежування, прилипає до стінок труб і може викликати закупорку горловини корпусу форсунки пісочниці. Наведені умови вимагають спеціальної підготовки піску – сушіння і просіювання.

Таблиця 2.2

Склад піску за фракціями

Нормальний розмір сторони отворів сита на світло, мм					Пилоподібні частинки, не більше	
2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	Залишок у тазі	Глиниста складова
Не має бути	Не більше 10 %	Не більше 30 %	Не менше 30 %	Не більше 25 %	7,0 %	3,0 %

Пісок за своїм хімічним складом має задовольняти вимоги табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Хімічний склад піску

Втрати при прожарюванні, не більше, %	Двооксид кремнію (кремнезем) $SiO_2$ , не менше, %	Оксид алюмінію (глинозем) $Al_2O_3$ , не більше, %	Решта складових піску: $CaO$ ; $MgO$ ; $(K_2O + Na_2O)$ та ін., не більше, %
1	85	5	9

Хімічний аналіз піску досить складний, тому його роблять у місцях видобування піску [10]. Лабораторії депо здійснюють контроль зернового (розмірів зерен), мінералогічного складу і вмісту вологи в піску.

### 2.3. Контроль якості піску і методи випробувань

Відповідальність за відбір проб з родовищ піску і проведення їхнього аналізу щодо відповідності технічним вимогам несе постачальник. Відбір проб і аналіз піску повинні проводити постачальники відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-131:2007 «Будівельні матеріали. Пісок кварцовий. Технічні умови» [7, 10]. У договорі постачання оговорюється відповідальність постачальника за відповідність усього об'єму продукції, що поставляється, технічним вимогам. Постачальник з кожною партією піску подає бланк-довідку якості (дод. 2).

Відбір контрольних проб у депо проводиться в такому порядку:

- від кожної партії піску, що прибула з родовища в локомотивне депо, працівником лабораторії і керівником, відповідальним за екіпіровку локомотивів, у кількості не менше 5 кг з кожного п'ятого вагона поїзда (вертушки), що прибув до складу, або з кожного штабеля вивантаженого піску;

- з піскосушарки – працівником лабораторії і керівником, відповідальним за екіпіровку локомотивів, у кількості близько 1 кг для випробування на вологість і визначення складу не менше двох разів на місяць;

- з пісочниці локомотива – працівником лабораторії і екіпірувальником у кількості близько 1 кг, при несправній роботі пісочниць унаслідок засмічення труб вибірково, але не менш ніж з трьох локомотивів щомісячно.

В оборотних експлуатаційних локомотивних депо відбір контрольних проб дозволяється проводити черговому по депо або його помічникові разом з керівником, відповідальним за екіпіровку локомотивів, і машиністом (мотористом) піскоподачі.

Із залізничних вагонів (платформ, напіввагонів) відбір проб проводиться в кутах не ближче 300 мм від стінок і з середини насипу на перетині її діагоналей (рис. 2.1). Щуп, совок або лопата мають проникати на глибину 100-200 мм.

Зі штабелів проби відбираються не ближче 300 мм від країв насипу на глибині 100-200 мм від поверхні в 10-25 рівномірно віддалених один від одного точках залежно від кількості партії, що перевіряється.

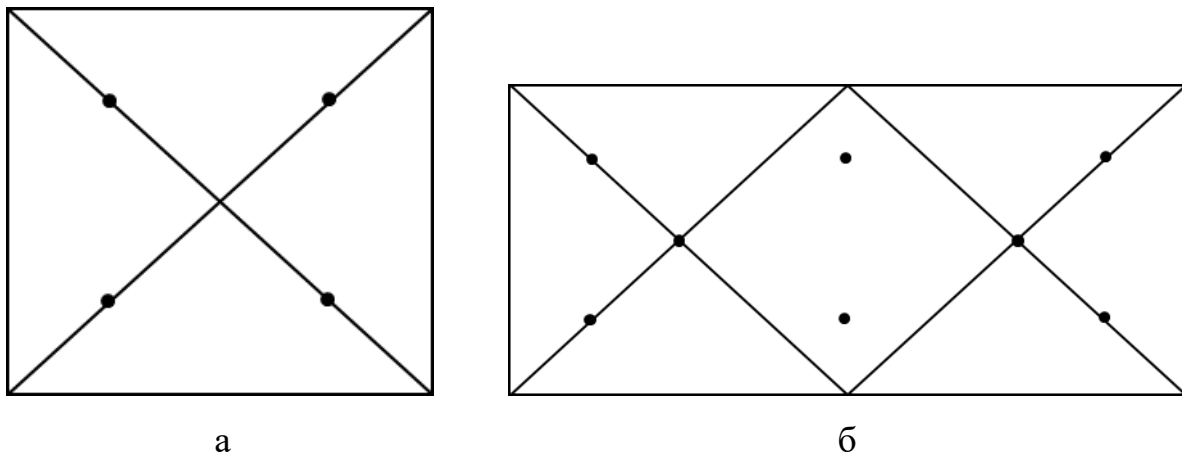


Рис. 2.1. Відбір проб:

а – з платформи або напіввагона; б – зі штабеля

З піскосушарок проби відбираються після просушування піску і його відсіву через сітку з розмірами отворів 2 мм (у барабанних сушилках з розвантажувальної камери).

З пісочниць локомотивів проби відбираються: на електровозах і тепловозах через очисний люк форсунки; на іншому рухомому складі з різних місць за глибиною шару в пісочниці та місцях підведення піску до форсунки.

Кожна проба піску в лабораторії депо просіюється через сито з отворами 2 мм і після визначення відсоткового складу частинок більше

2 мм скорочується квартуванням до 300-500 г для подальших випробувань і аналізу піску.

При невідповідності результатів аналізу контрольної проби, узятої з партії піску, що прибула, умовам технічних вимог на його якість контрольна проба відсилається в лабораторію залізниці, про що сповіщуються служба локомотивного господарства, локомотивне депо і керівництво кар'єру. При відсиланні піску на контрольний аналіз в лабораторію залізниці попередній відсів піску через сито з отворами 2 мм не проводиться.

Усі дані про відбір проб для лабораторних аналізів піску для локомотивів у лабораторіях залізниці і депо заносяться до спеціального журналу з зазначенням місця і дати відбору проби і результатів аналізу. Журнал зберігається в керівника лабораторії.

### **2.3.1. Визначення зернового складу**

Спочатку визначаються фракції з розмірами частинок менше 0,022 мм (глиниста складова) методом відмучування, а потім піщана основа розсіюванням на ситах.

*Визначення глинистої складової.* Виділення глинистої складової з піску проводиться шляхом відмучування нормальним або прискореним методом (прискорений метод відмучування піску застосовується тільки в лабораторіях залізниць).

Для визначення глинистої складової з наявної в лабораторії представницької проби відбирають 300-500 г піску і висушують його до постійної маси. З висушеного піску відбирають два навішування по  $(50 \pm 0,01)$  г, у яких визначається методом відмучування вміст глинистої складової. За показник приймають середнє арифметичне обох результатів. У випадку, якщо розбіжності між результатами цих випробувань



перевищують 10 % значення середнього арифметичного, випробування має бути проведене повторно на двох нових зразках з тієї самої проби.

*Нормальний метод відмучування.* (50 ± 0,01) г піску, заздалегідь висушеного до постійної маси, засипають у посудину ємкістю 1 дм<sup>3</sup> та діаметром 90-100 мм, потім наливають в нього 475 см<sup>3</sup> води середньої жорсткості (близько 4 мг-екв/дм<sup>3</sup>) при температурі 15-20 °С і 25 см<sup>3</sup> водного розчину їдкого натру (концентрація 10 г їдкого натру на 1000 см<sup>3</sup> дистильованої води).

Наповнену посудину щільно закривають пробкою і встановлюють на прилад для збовтування. Збовтування проводиться протягом години при обертанні приладу зі швидкістю близько 60 хв<sup>-1</sup> (допускається використання будь-якого приладу, призначеного для збовтування, за умови, щоб була забезпечена вказана швидкість обертання і посудина при кожному оберті поверталася вверх дном).

Після закінчення збовтування посудину знімають з приладу, відкривають її та ретельно змивають водою всередину посудини частинки піску, що пристали до пробки. Потім посудину доливають водою до заздалегідь відміченої межі на висоті 150 мм від дна посудини, енергійно змучують (збовтують) вміст струменем наливоної води або паличкою і дають йому спокійно відстоятися протягом 10 хв. Через 10 хв воду з посудини зливають до рівня 25 мм від дна за допомогою введеної в посудину сифонової трубки з внутрішнім діаметром 6-9 мм (рис. 2.2). Операції доливання водою, змучування, відстоювання протягом 10 хв і зливання води сифоном повторюють ще раз.

Утретє посудину доливають водою до того самого рівня і змучують (збовтують) вміст, залишають у спокої на 5 хв і знову зливають воду так само.

Надалі вміст посудини переносять на заздалегідь висушений і зважений фільтрувальний папір, закладений у відсмоктувальну воронку

або воронку діаметром 9 см. Коли вода стече, осад разом з фільтром переносять на годинникове скло і просушують до постійної маси при температурі 105-110 °С. Допускається сушіння осаду у фарфоровій чашці.

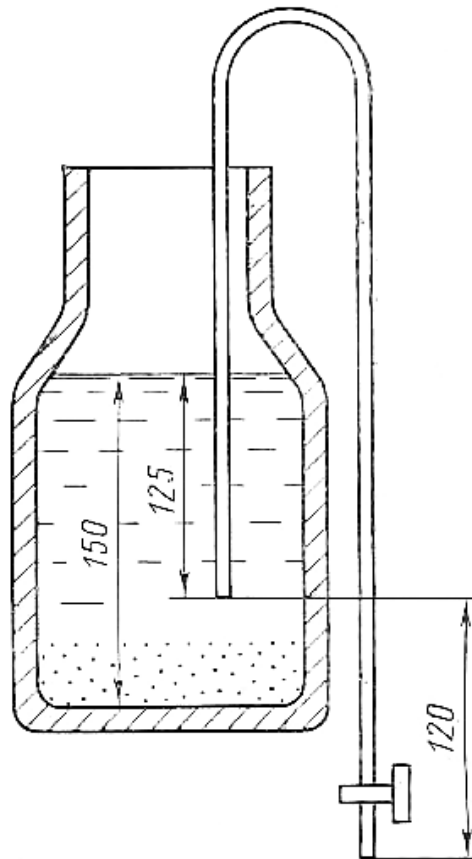


Рис. 2.2. Злив води за допомогою сифонної трубки

Висушений осад зважують з точністю до 0,01 г. Втрати в масі проти первинної дають величину глинистої складової в грамах, а множенням на два визначається її значення у відсотках.

*Прискорений метод відмучування.* (50±0,01) г піску, заздалегідь висушеного до постійної маси, засипають у склянку ємністю 1 дм<sup>3</sup>, потім наливають у неї 250 см<sup>3</sup> киплячої води середньої жорсткості або дистилату і 10 см<sup>3</sup> розчину їдкого натру (концентрація 10 г їдкого натру в 1000 см<sup>3</sup> дистильованої води). Склянку поміщають на нагрівальний прилад і

кип'ятять вміст протягом 3 хв (починаючи з початку кипіння) при постійному перемішуванні скляною паличкою. Після цього склянку знімають з приладу і додають у неї при енергійному змучуванні (збовтуванні)  $10 \text{ см}^3$  розчину їдкого натру і стільки води при температурі 15-20 °С, скільки потрібно для того, щоб рівень рідини знаходився на висоті близько 150 мм від дна склянки.

Вмісту склянки дають відстоятися протягом 10 хв, а потім воду зливають, як вказано вище. Після цього знову доливають водою до того самого рівня, але вже без додавання розчину їдкого натру, енергійно змучують вміст і дають йому відстоятися протягом 5 хв, після завершення повторно зливають воду так само. Надалі діють, як описано вище, тобто доливають водою, змучують, відстоюють протягом 5 хв і зливають воду сифоном, повторюючи ці операції до тих пір, поки вода над піском у посудині після відстоювання не буде абсолютно прозорою.

*Визначення піщаної основи.* Після визначення у двох навішуваннях глинистої складової відмучений пісок змішується.

Для визначення зернового складу з цього піску відбирається одне навішування масою  $[(50-a) \pm 0,01]$  г, де  $a$  – середня маса глинистої складової. Зерновий склад визначають за допомогою приладу, що складається з набору сит діаметром 200 мм з номінальним розміром сторони чарунки або діаметра отворів на світло: 2,0; 1,0; 0,5; 0,2 і 0,1 мм і верхньої і нижньої (таз – дно приладу) кришок того самого діаметра.

Навішування висипають у цей прилад і проводять розсіювання на вібраторі або вручну протягом 15 хв при періодичному постукуванні приладу, після чого набір сит обережно розбирають, залишки на кожному з сит і в тазі, який є дном приладу, висипають окремо на глясовий папір або плівку і ретельно прочищають дно і стінки сит м'якою щіткою.

Кожен із залишків зважують з точністю до 0,01 г. Сукупність зерен, що залишилися на кожному ситі, складає окрему фракцію з розмірами

частинок у межах розмірів отворів вищого і цього сита. Сукупність частинок, що скупчилися в тазі, складає фракцію з розмірами частинок менше 0,10 мм, але більше 0,022 мм.

Для визначення відсоткового вмісту в піску окремих фракцій отриману масу кожної з них у грамах, включаючи і масу відмученої фракції (глинистої складової), помножують на 2. Обчислені дані заносять до спеціальної форми (табл. 2.4) [21].

Таблиця 2.4

Склад піску за фракціями

Розмір отворів сит, мм	Віднесення зерен до фракцій	Залишки в ситах за фракціями	
		г	%
2,0	2,0	0,5	1
1,0	1,0-2,0	1,0	2
0,5	0,5-1,0	12,0	24
0,2	0,2-0,5	32,0	64
0,1	0,1-0,2	3,0	6
Таз	Менше 0,1	1,0	2
Разом піщана основа		49,5	99
Глиниста складова		0,5	1
Разом		50	100

Розбіжності в результатах аналізу не мають перевищувати  $\pm 1$  % від узятого навішування. У разі відсутності повного набору сит з тазом розсіювання піску проводять послідовно через кожне наявне сито вказаного розміру. У деповських лабораторіях при випробуванні контрольних проб допускається просіювання піску тільки на двох ситах 2,0 і 0,1 мм. Перед проведенням випробувань проб піску, але не рідше двох разів на рік, необхідно провести огляд сит через лупу для перевірки і усунення дефектів сіток.

### 2.3.2. Визначення вмісту кварцу

З частини відмученого піску (після визначення глинистої складової), що залишилася, відбирають навішування 0,5 г. З цього навішування піску, насипаного на аркуш білого паперу або скло при розгляді через лупу з 10- або 20-кратним збільшенням, укріплену на штативі, або біноккулярну лупу, або мікроскоп проводиться ретельний відбір зерен кварцу (прозорих склоподібних піщинок) дерев'яною паличкою завтовшки близько 1,5-2 мм. За наявності в піску прозорих, але неоднорідно забарвлених або округлених за кутами, мутнуватою кольору кристалів віднесення їх до кварцу слід проводити за еталонними зразками, встановленими мінералогічним аналізом при геологічній розвідці певного родовища піску. Маса відібраних зерен, віднесена до спочатку узятій кількості і помножена на 100, дає відсотковий вміст кварцу в піску. При визначенні кварцу в чистих і одноколірних пісках допускається мати навішування 0,2 г замість 0,5 г.

### 2.3.3. Визначення вмісту вологи

Для визначення вмісту вологи з представницької проби відважують ( $50 \pm 0,01$  г) піску в заздалегідь висушеній і зваженій склянці (або фарфоровій чашці) і висушують у сушильній шафі до постійної маси при температурі 105-110 °С протягом 1-2 год. Після висушування навішування охолоджують в ексикаторі до температури 15-20 °С і знову зважують.

Вміст вологи ( $\bar{X}$ ), %,

$$\bar{X} = \frac{G - G_1}{G} \times 100, \quad (2.1)$$

де  $G$  – первинна маса навішування піску, г;

$G_1$  – маса навішування піску після сушіння, г.

Допускається визначення вмісту вологи в піску проводити за допомогою вологоміра.

#### **2.4. Системи піскопостачання локомотивів**

Вологість піску, що подається до пісочниці локомотива, не має перевищувати 0,5 %, тому що більш вологий пісок виявляє схильність до злежування, прилипає до стінок піскоподавальних труб і може викликати повне закупорювання системи піскоподачі на локомотиві.

Наведені умови потребують спеціальної технології обробки піску, тобто його сушіння і просіювання. Виходячи з цього організовується спеціальний комплекс пристроїв господарства піскопостачання, що у свою чергу складається зі складів для зберігання вогкого і сухого піску, піскосушарного обладнання й обладнання та комунікацій для транспортування піску до місця зберігання та подачі на локомотиви [4]. Кількість пристроїв і їхня потужність визначаються добовими витратами піску в метрах кубічних (м<sup>3</sup>).

Як правило, вогкий пісок складається на відкритому майданчику біля приміщення піскосушарки. Розвантаження вогкого піску з вагонів здійснюється за допомогою спеціальних грейферних кранів.

Транспортування вогкого піску зі складу до сушильної печі може здійснюватися за допомогою скреперного пристрою, скреперного підйомника або стрічкового транспортера.

На залізницях для сушіння піску найбільшого поширення набули барабанні сушарки СОБУ-1, СОБУ-1м і СОБУ-2 (сушарка вогнева барабанна вугільна). Вони розрізняються між собою діаметром і довжиною барабана, частотою його обертання й відповідно продуктивністю (табл. 2.5).

## Характеристики сушарок

Показник	Тип сушарки	
	СОБУ-1	СОБУ-2М
Діаметр барабана, м	800	1 200
Довжина барабана, м	6 000	6 024
Швидкість обертання барабана, хв <sup>-1</sup>	10	6
Продуктивність сушарки, $A_{п}$ , кг/год	2 200	3 000

При застосуванні будь-якого методу сушіння піску його температура не має перевищувати межу нагрівання 350 °С (інакше починається оплавлення частинок піску і округлення їх, що погіршує коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою).

Згідно з розрахованою продуктивністю вибирають тип сушарної печі, а для зберігання сухого піску – відповідні склади баштового типу.

Сучасні склади сухого піску будуються у вигляді критих приміщень залізобетонної конструкції баштового типу місткістю 120, 800 та 3000 м<sup>3</sup>.

Баштові склади відрізняються компактністю, зручні і надійні в експлуатації. Завантаження їх виконується елеватором або пневмотранспортними пристроями.

Сухий пісок до роздавальних пристроїв транспортується пневматичним методом. У цьому випадку використовують пристрої вичавного типу, що працюють на стисненому повітрі від компресорів, а також вентиляторні, що діють за принципом ежекції.

Подача піску на локомотиві проводиться після завершення екіпірування оливою, паливом, водою і після виконання огляду екіпажної частини.

## **2.5. Охорона праці і пожежна безпека при постачанні локомотивів піском**

При приготуванні і подачі піску на локомотиви виділяється значна кількість силікатного пилу, що має токсичні властивості (викликає важке захворювання легенів – силікоз). Для запобігання шкідливим наслідкам здійснюють запобіжні засоби. Використовують барабанні сушила типу СОБУ, що дозволяють сушити і просіювати пісок у закритих камерах з примусовою вентиляцією. Повітря, що транспортує пісок, перед викидом в атмосферу піддають очищенню від пилу. Піскороздавальні бункери і баштові ємності сухого піску обладнані спеціальними затримувальними пристроями, а баштові ємності ще і витяжною вентиляцією.

При пуску барабанної сушарки пристрій для подачі сирого піску вмикають останнім. Чищення топки сушарки проводять у захисних окулярах і рукавицях при ввімкненій припливно-витяжній вентиляції. Вихідний отвір тарілчастого живильника піскосушарної печі очищують тільки при його зупинці, користуючись захисними окулярами і спеціальним гачком [13].

Зовнішня поверхня сушильної печі повинна мати хорошу теплоізоляцію, температура поверхонь не має перевищувати 60 °С. При роботі компресора стежать, щоб температура оливи в картері не перевищувала 50 °С, температура стисненого повітря була не вище 140...180 °С, а води, що охолоджує, не більше 35...50 °С. При відхиленнях від цих величин компресор зупиняють.

Перед виконанням роботи з подачі піску на локомотиви слід одягти бавовняний костюм, шкіряні черевики, комбіновані рукавиці, захисні окуляри, респіратор і плащ із прогумованої тканини [12].



Перед підніманням на бункерну площадку, оглядову площадку складу піску або площадку для набору піску необхідно переконатися в справності драбин і обмежувальних поручнів.

Перед завантаженням локомотива піском необхідно переконатися в надійності кріплення кришок пісочниць і їхньому ущільненні, наявності сітки, що фільтрує, а також у тому, що піскозаправний рукав правильно спрямований у пісочницю. Пісок слід подавати в торцеві пісочниці тепловозів, знаходячись на площадках, обгороджених перилами, або на спеціальних переносних драбинах із поручнями. Під час завантаження піску в локомотиви необхідно стежити за тим, щоб внизу, біля локомотива, не знаходилися люди.

На деповських коліях виходити з драбин на стаціонарну площадку, призначену для набору піску в пісочниці електровоза, слід по спеціальних переходах, що закриваються дверцятами з блокувальними замками.

## РОЗДІЛ 3

### 3.1. Застосування лакофарбових матеріалів у локомотивному господарстві

При тривалій експлуатації на локомотив діють різноманітні фізичні фактори. Крім того, не варто забувати і про погодні умови. Різкі перепади температурних режимів, різноманітні опади і прямі сонячні промені негативно впливають на рухомий склад.

Лакофарбові матеріали (ЛФМ) служать для створення на поверхні, що фарбується, міцного шару з лаків і фарб, які оберігають виріб від руйнівної дії зовнішнього середовища та для декоративного оздоблення [8]. У локомотивному господарстві застосовується велика кількість різноманітних ЛФМ. Для виробництва останніх як сировина і напівфабрикати використовуються плівкотвірні речовини (олії, смоли), пігменти, пластифікатори, розчинники тощо. Сировинними джерелами для отримання численних синтетичних ЛФМ та їх складових частин є нафта і нафтові гази, кам'яне вугілля й деревина [7].

#### 3.1.1. Вимоги до лакофарбового покриття

Лакофарбове покриття повинне: добре триматися на поверхні; мати необхідну механічну міцність, твердість і еластичність та стійкість проти впливу вологи, нафтопродуктів, відпрацьованих газів і сонячних променів; бути водо- і газонепроникними; зберігати свої якості при додатних температурах улітку, від'ємних температурах узимку; бути нейтральними, не спричиняти корозії пофарбованих поверхонь; швидко висихати після нанесення на поверхню і не потребувати для цього складних сушильних пристроїв; забезпечувати необхідний колір фарбування при мінімальних товщині і кількості шарів, що наносяться, тобто мати гарну покривність;

бути недорогими, довговічними і давати змогу проводити часткове або повне відновлення недорогими і доступними засобами.

Ні один із сучасних матеріалів повністю не відповідає зазначеним вимогам. З цієї та ряду інших причин у більшості випадків покриття робляться багатошаровими.

### **3.1.2. Структура лакофарбового покриття і вимоги до основних матеріалів**

Основними елементами багатошарового лакофарбового покриття є шар ґрунтовки, шар шпаклівки і кілька шарів фарби (рис. 3.1).

На підготовлену поверхню наноситься перший шар покриття – ґрунтовка. Основне її призначення – забезпечувати високу адгезію між металом і наступними шарами покриття.

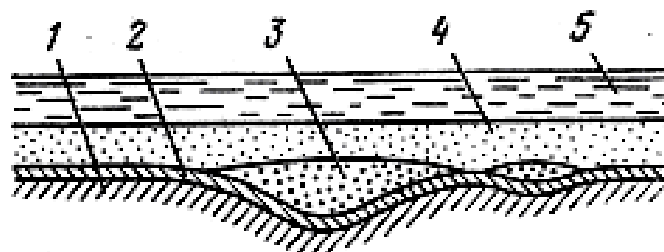


Рис. 3.1. Структура багатошарового лакофарбового покриття:

- 1 – поверхня, що фарбується; 2 – шар ґрунту; 3 – шар місцевої шпаклівки;  
4 – шар загальної шпаклівки; 5 – шар фарби

З огляду на це від ґрунтовок потрібно високе прилипання (адгезія) до металів, деревини та інших конструкційних матеріалів; здатність утримувати на собі наступні шари покриття за рахунок взаємопроникнення матеріалів; гарні антикорозійні властивості; за можливості швидке висихання.

Шпаклівка служить для вирівнювання поверхні, що фарбується. Розрізняють місцевий і загальний шпаклювальні шари. Перший має на меті вирівнювання великих дефектів, другий – отримання гладкого покриття всієї площі, що фарбується.

Від шпаклювальних матеріалів потрібно гарне прилипання до ґрунтовок; достатня механічна міцність, значна ударо- і вібростійкість; здатність до швидкого висихання та шліфування.

Оброблена шпаклівка або ґрунтовка покривається декількома шарами фарби або емалі. Кожен шар проходить етап сушіння.

Від фарб потрібна достатня адгезія до ґрунтовок і шпаклівок; здатність утворювати суцільну захисну плівку; висока атмосферостійкість; стійкість до впливу палива, оливи та інших речовин, з якими покриття контактує при експлуатації локомотивів.

### **3.1.3. Склад лакофарбових матеріалів. Допоміжні матеріали**

Лакофарбові матеріали містять такі основні компоненти: плівкоутворювачі, пігменти, розчинники, розріджувачі, пластифікатори, сикативи, наповнювачі [6, 7, 16, 22].

Основними єднальними компонентами ЛФМ є *плівкоутворювачі*. Ці речовини висихають тонким шаром на поверхні під дією світла, тепла та утворюють суцільну плівку. Від плівкоутворювачів залежить міцність з'єднання покриттів з поверхнею, стійкість до впливу навколишнього середовища та інші якості покриття.

Застосовуються рідкі, тверді і комбіновані плівкоутворювачі. До них належать смоли, нітроцелюлози, олії (оліфи).

Найбільш поширеними рідкими плівкоутворювачами є оліфи (льняна, конопляна, соняшникова, бавовняна та ін.). Усі оліфи поділяють на три групи: натуральні, напівнатуральні і синтетичні.

*Натуральні оліфи* готують шляхом обробки олій при температурі +100...150 °С з додаванням 0,1...2,5 % сикативів. Кращі сорти натуральної оліфи отримують з лляної олії.

Температурна обробка олії і введення сикативу прискорюють затвердіння плівок при нанесенні фарби на поверхню в 5...6 разів порівняно з сирою олією.

*Ущільнені, або напівнатуральні, оліфи* – продукт ущільнення олій, що утворюється при продуванні повітря через олію, що зазнає тривалого нагрівання до температури +280...300 °С.

*До синтетичних* належить гліфталева оліфа, що складається з суміші гліфталевих смол і ущільнених олій. Така оліфа повноцінно заміняє натуральну.

*Твердими плівкоутворювачами* є природні і синтетичні смоли. До природних смол належать каніфоль, шелак, асфальт тощо. Ці смоли розчиняють уайт-спіритом, ксилолом тощо.

До синтетичних твердих плівкоутворювачів належать високомолекулярні полімерні сполуки – терморективні, термопластичні і затверджувальні пластмаси: гліфталеві, меламінні, фенольні, полівінілацетатні, епоксидні тощо.

Плівки поділяються на оборотні та необоротні. Плівки, що після висихання під дією розчинника можуть стати знову рідкими, називаються оборотними. Натуральні смоли створюють оборотні плівки. Необоротні плівки після висихання не розчиняються. Нерозчинні плівки утворюють терморективні смоли й олії.

*Розчинники* служать для розчинення плівкоутворювача, надання йому певної в'язкості. До них належать леткі рідкі органічні сполуки, що повністю випаровуються після нанесення ЛФМ на поверхню.

*Розріджувачі* призначені для зниження в'язкості готових ЛФМ, але самі розчинити плівкоутворювачі не можуть. Розріджувачі дешевші від

розчинників. При надлишку розчинника плівкоутворювач може згорнутися і випасти в осад. Розчинник повинен мати меншу леткість, ніж розріджувач, що необхідно враховувати при виборі розріджувачів.

Найбільш широко використовуються як розріджувачі уайт-спірит, сольвент-нафта, скипидар, ксилол.

*Уайт-спірит* – це вузька фракція бензину прямої перегонки, що википає при температурах від +165 до +200 °С.

*Сольвент-нафта* є продуктом перегонки кам'яновугільної смоли і складається з суміші ароматичних та інших вуглеводнів.

*Скипидар* отримують перегонкою хвойної смоли. Він википає в межах +153...170 °С і являє собою летку прозору рідину.

*Ксилол* – це ароматичний вуглеводень, отримуваний перегонкою бензолу.

*Пігменти* – це сухі фарби, що надають ЛФМ кольору і непрозорості. Пігменти нерозчинні в лаках і оліфі. Тому пігменти містяться в плівкоутворювачах і розчинниках у підвішеному стані. При висиханні суспензія пігментів збільшує міцність покриття, атмосферостійкість та ін. Поширеними пігментами є оксиди і солі металів (заліза, свинцю, цинку, титану тощо), сажа, алюмінієва пудра, глина, крейда, охра.

*Пластифікатори*, або пом'якшувачі, додаються до ЛФМ для надання покриттю еластичності, гнучкості, довговічності. Крім того, вони підвищують прилипання, світло-, тепло-, морозостійкість. Пластифікаторами служать лляна і касторова олії, ефіри кислот, камфора, термопластичні смоли. При недостатній кількості пластифікатора в ЛФМ з часом підвищується крихкість покриття і здатність до руйнування.

*Сикативи* – це речовини, що прискорюють процес утворення плівки. Як сикативи застосовують оксиди свинцю, марганцю, кобальту або солі органічних кислот цих металів. Сикативи використовують у рідкому і

твердому вигляді в певних кількостях. При занадто великій кількості сикативів відбувається не скорочення, а збільшення часу висихання.

*Наповнювачі* застосовують як домішки до надмірно насичених і непрозорих барвників для часткової їх заміни. Це сприяє більш повному осадженню барвника і кращому його закріпленню. До поширених наповнювачів належать крейда, гіпс, каолін, тальк, гідрат оксиду алюмінію.

*Лаки та емалі.* Розчини твердих плівкоутворювачів у розчинниках називають лаками. Лаки широко застосовують як самостійний матеріал і в складі різних фарб, ґрунтовок, шпаклівок.

*Суспензію твердого барвника (пігменту) у лаку називають емаллю або емалевою фарбою.* До складу емалей можуть входити пластифікатори, сикативи і розчинники.

*Нітроемалі.* Це розчин нітроцелюлози з додаванням пластифікаторів, смол і фарбувальних речовин. Нітроцелюлози отримують шляхом обробки деревини або бавовняних пачосів азотною кислотою. Як розчинники використовують суміші бутилацетату, етилацетату, бутилового й етилового спиртів, толуолу. Ці суміші залежно від складу маркують різними номерами (розчинники 646, 647, 648 тощо). Позитивною якістю нітроемалей є здатність швидко висихати на повітрі і після шліфування й полірування давати рівну, красиву, блискучу плівку. Однак нітроемалі мають ряд недоліків: схильність до розтріскування плівки в процесі експлуатації внаслідок недостатньої механічної міцності; знижену адгезію; легку займистість; необхідність у трудомістких шліфувальних і полірувальних роботах. Нітроемалі наносять на заґрунтовані поверхні, оскільки їхні плівки погано зчіплюються з металом і без застосування ґрунтовки вони мають газо- і водопроникність. Їх наносять на поверхню за допомогою розпилювача в чотири-шість шарів.

Необхідність у багатошаровості цього покриття викликана тим, що один шар плівки дуже тонкий – 8...10 мкм.

*Грунтовки і шпаклівки.* Нанесення першого шару на поверхню металу, дерева тощо називають ґрунтуванням. Ґрунтовки мають гарну адгезію. Під адгезією розуміють міцність зчеплення речовини, яка наноситься на поверхню, що фарбується, з наступним шаром покриття. Для поліпшення адгезійних властивостей до складу ґрунтовок додають поверхнево-активні речовини. Крім того, міцність зчеплення лакофарбового покриття залежить від хорошого змочування поверхні і суцільності самого покриття. Для досягнення хорошого змочування поверхні необхідно при нанесенні перших шарів покриття знижувати в'язкість ЛФМ, а для міцності покриття домагатися повного затвердіння ґрунтовки перед нанесенням наступних шарів.

Ґрунтовка є суспензією пігментів і наповнювачів у лаках. До складу ґрунтовок входить зв'язуюче – це олійні лаки, оліфи або лаки, виготовлені на синтетичних смолах (гліфталевій, пентофталевій тощо). Як пігменти застосовують залізний сурик, цинкове і свинцеве білило, охру тощо. Наповнювачами служать тальк, крейда тощо.

Кожному типу ґрунтовок відповідає свій розчинник. Наприклад, фенолоформальдегідну ґрунтовку розбавляють ксилолом або сольвентом, а гліфталеву – уайт-спіритом. Для прискорення сушіння ґрунтовки застосовують домішки, що називають сикативами. Прикладом є марки ґрунтовки ГФ-020.

Для вирівнювання зовнішньої поверхні покриття, заповнення рисок і подряпин застосовують шпаклівки. До складу шпаклівки входять пігменти і наповнювачі, як і для фарб, але в значно більшій кількості. Як зв'язуюче застосовують нітролакові, алкідностирольні та епоксидні смоли. Шпаклівка являє собою густу пасту, що практично не має еластичності. Тому, щоб уникнути її розтріскування, загальна товщина всіх



шпаклювальних шарів не має перевищувати 2 мм. Приклад шпаклівок: ПФ-002, КФ-00-3, МС-00-6, НЦ-00-7 тощо.

Допоміжні матеріали призначені для підготовки поверхні перед фарбуванням, розведення ЛФМ до робочої в'язкості, прискорення сушіння покриття.

*Змивки* призначені для видалення старих лакофарбових покриттів. Вони розчиняють оборотні плівки і спричиняють набухання необоротних. Змивки і розчинники, що видаляють стару фарбу з кузова локомотива, можуть знімати нанесене покриття до ґрунтового-шпаклювальних шарів.

Змивка звичайна – суміш органічних розчинників: ацетону – 47, етилового спирту – 6, бензолу – 8, етилацетату – 19, скипидару – 7, нафталіну 10,8 і парафіну – 2,2 %. Для руйнування нітроемалевого покриття потрібно 10...20 хв, для інших емалей – 2...3 год. Перед вживанням змивку підігрівають на водяній бані до температури +30...40 °С, оскільки на холоді відбувається випадання парафіну.

*Препарати для видалення іржі.* Перед нанесенням ґрунтовки на металеву поверхню необхідно видалити іржу й окалину. Суміш № 1120 містить ортофосфору кислоту – 74 %, етиловий – 20 %, бутиловий спирт – 5 % і гідрохінон – 1 % як антиокиснювальну домішку.

Ортофосфорна кислота розчиняє іржу й утворює на поверхні фосфору плівку. Мийну суміш можна наносити щіткою або фарборозпилювачем. Наліт іржі розчиняється протягом 2 хв, після чого суміш змивають водою, сушать і обробляють нейтралізуючою сумішшю № 107 – водним розчином етилового спирту з аміаком.

*Перетворювачі іржі* призначені для підготовки поверхонь з корозією. Дія їх заснована на перетворенні гідрооксидів і оксидів заліза в нешкідливий або навіть захисний шар нерозчинних комплексних сполук заліза.

*Суміші для знежирення.* Для знежирення поверхні застосовують органічні розчинники: уайт-спірит, бензин-розчинник (БР-1) і лужні

препарати, що обмилюють жири, розчинні у воді. Жирові плівки краще знімати сумішами, у яких містяться поверхнево-активні речовини. Необхідний ступінь знежирення досягається поєднанням різних засобів знежирення в одній технології.

*Фосфатування поверхні* металу перед фарбуванням дає змогу забезпечити необхідний рівень захисних властивостей лакофарбових покриттів – підвищити адгезію покриття до металу і суттєво загальмувати розвиток підплівкової корозії. Для фосфатування застосовуються розчини на основі солей цинку, заліза, марганцю, а також їхні суміші. Обробка поверхні, що фосфатується, у заводських умовах здійснюється зануренням або розпиленням. У ремонтній технології застосовується обливання та нанесення щіткою або тампоном.

### **3.1.4. Класифікація і маркування лакофарбових матеріалів і покриттів**

Лакофарбові матеріали позначаються п'ятьма групами знаків [7, 22].

*Перша група* знаків визначає вид ЛФМ і позначається повним словом, наприклад «грунтовка», «шпаклівка», «емаль», «лак».

*Друга група* знаків визначає основну смолу, що входить до складу плівкотвірної речовини, і позначається двома буквами: ГФ – гліфталі, ПФ – пентафталі, ФО – феноли, МЛ – меламіни, ЕП – епоксидні, ВЛ – полівінілацетатні, НЦ – нітроцелюлоза, МА – олії тощо.

*Третя група* знаків визначає ту групу, до якої віднесений ЛФМ за його призначенням: 0 – грунтовки і лаки-напівфабрикати, 00 – шпаклівки, 1 – атмосферостійкі, 2 – стійкі всередині приміщення, 3 – консерваційні, 4 – водостійкі, 5 – спеціальні (для шкіри, гуми тощо), 6 – оливобензостійкі, 7 – хімічностійкі, 8 – термостійкі, 9 – електроізоляційні. Між другою і третьою групами знаків ставиться тире.

*Четверта група* означає порядковий номер, присвоєний цьому ЛФМ, і містить одну, дві або три цифри.

*П'ята група* стосується переважно емалей, визначає колір і пишеться повним словом. За наявності відтінків через дефіс додається цифра.

Приклад умовного позначення: «Емаль ПФ-115 біла» означає: ЛФМ емаль, пентафталева ПФ, атмосферостійка 1, порядковий номер 15, колір білий. «Лак ФО-97» означає: ЛФМ лак, фенольний ФО, електроізоляційний 9, порядковий номер 7.

Якщо кольору емалі присвоєно номер, то в п'ятій групі спочатку вказується номер, а потім колір, наприклад «Емаль ГФ-12-38 блакитна-1», означає: ЛФМ емаль, гліфталева ГФ, атмосферостійка 1, порядковий номер 2, колір 38 блакитний з відтінком 1.

*Лакофарбові покриття* класифікують за матеріалом покриття, зовнішнім виглядом поверхні покриття (клас покриття) і за умовами експлуатації.

*За зовнішнім виглядом* поверхні лакофарбових покриттів поділяються на вісім класів [7, 22]. Перший клас характеризується рівною, однотонною поверхнею, без дефектів, видимих неозброєним оком. Другий клас допускає на поверхні окремі малопомітні дефекти: смітинки, штрихи, слід зачищення тощо. Третій клас допускає нерівності, пов'язані зі станом поверхні, що фарбується, до її зафарбовування. Четвертий і п'ятий класи допускають видимі дефекти, що не впливають на захисні властивості покриття. За четвертим і п'ятим класами фарбують рами, осі, колеса та інші частини локомотивів, що потребують лише протикорозійного захисту. Зовнішній вигляд покриття за шостим, сьомим і восьмим класами не нормується.

*За умовами експлуатації* (стійкості) лакофарбові покриття поділяють на вісім груп [7]: стійкі всередині приміщення (П); атмосферостійкі (А) (покриття для локомотивів); хімічно стійкі (Х, ХК, ХЦ); водостійкі в

прісній (В) і морській воді (ВМ); термостійкі (Т); оливостійкі (М); бензостійкі (Б) та електроізоляційні (Е).

За ступенем блиску лакофарбові покриття поділяються на глянцеві, напівгляцеві і матові [7, 8]. Приклад умовного позначення лакофарбового покриття: «Емаль НЦ-25, синій, І. А» (покриття нанесено нітроемаллю (НЦ) синього кольору, виконано за першим класом (І) та атмосферостійке (А)).

### 3.1.5. Основні властивості лакофарбових матеріалів

До основних показників якості ЛФМ належать *в'язкість, розлив, час висихання, покривність, адгезія, міцність і твердість плівки, водо- і оливобензостійкість, токсичність і пожежонебезпечність* [7, 16, 22].

Визначальне значення має *в'язкість* ЛФМ при нанесенні їх на поверхню як ручним, так і механічним способом. Умовною в'язкістю ЛФМ називають час протікання в секундах 100 мл рідини через каліброване сопло віскозиметра ВЗ-5 при температурі  $+20^{\circ}\text{C}$  (рис. 3.2).

В'язкість ЛФМ змінюють у межах 10...50 с залежно від методу нанесення покриття.

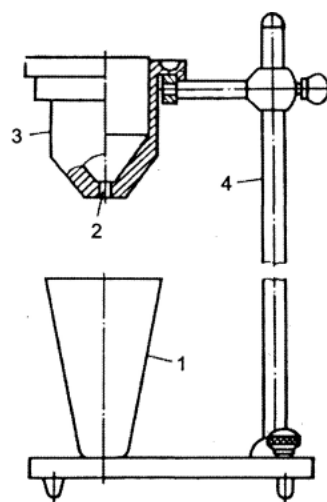


Рис. 3.2. Віскозиметр ВЗ-5:

1 – стакан; 2 – сопло; 3 – ємність місткістю 100 мл; 4 – штатив

*Твердість* плівки визначається як відношення часу загасання коливань ідентичних маятників, установлених на фарбованій поверхні скляної пластинки і на чистій скляній поверхні (рис. 3.3). Чим більший цей показник, тим твердіше покриття.

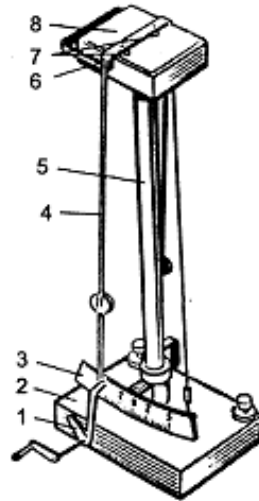


Рис. 3.3. Пристрій М-3 для визначення твердості ЛФМ:

1 – пусковий пристрій; 2 – основа; 3 – шкала маятника; 4 – маятник;  
5 – штатив; 6 – плита; 7 – сталеві кульки; 8 – пластина для випробувань

*Міцність на удар* плівки фарби визначається на лабораторному копрі, у якого маса бойка маятника дорівнює 1 кг, а висота його відхилення 1 м (рис. 3.4). Між напрямними копра закріплюють жорстку пластину, покриту ЛФМ. Максимальна висота відхилення вантажу, що не спричиняє руйнування покриття при ударі по ньому бойком, характеризує міцність плівки на удар.

*Міцність на вигин* плівки фарби випробовують шляхом згинання металевих стрічок з нанесеним покриттям навколо стрижнів різного діаметра (20, 15, 10, 3 та 1 мм). Еластичність покриття визначають мінімальною величиною діаметра стрижня, при згинанні навколо якого покриття ще не руйнується.

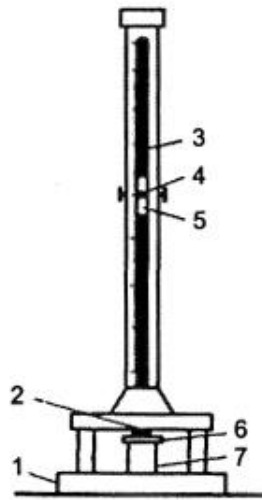


Рис. 3.4. Прилад У-1 для визначення міцності ЛФМ:

1 – станина; 2 – бойок; 3 – напрямна труба зі шкалою; 4 – пускова кнопка;  
5 – вантаж; 6 – пластина для випробувань; 7 – ковадло

*Міцність на розтяг* вимірюють глибиною в міліметрах прогину металевої пластини в момент руйнування нанесеної на неї плівки покриття.

*Розлив* – це здатність ЛФМ, що наносяться на поверхню, втрачати під впливом поверхневого натягу штрихи, що утворилися від щітки, або брижі при нанесенні шару фарборозпилювачем. Метод визначення розливу полягає у визначенні часу, протягом якого зникають нерівності з поверхні, що фарбується.

*Покривність* – здатність ЛФМ при нанесенні його найтоншим рівномірним шаром робити невидимим колір поверхні, що була зафарбована в інший колір. Покривність виражають у грамах на квадратний метр ( $\text{г/м}^2$ ), чим краща покривність, тим менша витрата ЛФМ.

*Час висихання* поділяють на «висихання від пилу» і повне висихання. Часом «висихання від пилу» є час, необхідний для утворення найтоншої плівки по всій зафарбованій поверхні. Настання цього моменту визначають можливістю здування вати з пофарбованої поверхні. Повне висихання

настає тоді, коли матеріал повністю затвердіє, про що свідчить відсутність відбитків на поверхні при тиску 0,02 МПа.

Крім перерахованих властивостей, покриття повинні мати достатню світлостійкість (здатність зберігати свій колір під дією освітлення) і атмосферостійкість (здатність протистояти дії вологи і коливань температури та ін.).

*Адгезією* називають здатність плівки прилипати до поверхні, що фарбується. Визначається в балах за відшаровуванням і луценням лакофарбової плівки після її надрізу лезом безпечної бритви у вигляді решітки надрізів на відстані 2 мм один від одного.

*Бензооливостійкістю* називається здатність лакофарбових покриттів перебувати в нафтопродуктах протягом певного часу при заданій температурі без видимих змін стану плівки, відшаровування, появи зморшок і пузирів.

*Токсичність і пожежонебезпечність.* Переважна більшість ЛФМ є токсичними, вогнебезпечними та вибухонебезпечними речовинами.

### **3.1.6. Технологія фарбування локомотивів**

Технологія фарбування кузовів локомотивів, як правило, містить такі основні операції: знежирення; фосфатування; первинне ґрунтування і сушіння; нанесення вторинної ґрунтовки або шпаклівки та сушіння; нанесення емалі певного кольору і сушіння [4, 7, 8, 22].

На заводах перший шар ґрунтовки (водорозчинної) наносять на кузови локомотивів методом електроосадження. Другий шар наносять методом електростатичного або пневматичного розпилення за допомогою установок, що працюють в автоматичному режимі. Емаль також наносять методом автоматичного пневморозпилення. І тільки важкодоступні місця фарбують пневморозпиленням вручну. Дрібні деталі фарбують зануренням.

При фарбуванні в депо використовують зазвичай два методи: пневморозпилення – для фарбування поверхонь, до яких висуваються високі вимоги, і щіткове фарбування – для всіх інших поверхонь. Ручне фарбування щітками або валиками малопродуктивне і пов'язане з великими втратами фарби. Найпоширеніший спосіб – пневморозпилення. Він полягає в дробленні ЛФМ струменем стисненого повітря до частинок розміром 10...60 мкм. Частинки аерозолі, перенесені струменем стисненого повітря до поверхні деталі, прилипають до неї і розтікаються. Фарборозпилювач переміщують паралельно поверхні на відстані 30 см від неї зі швидкістю 30...40 см/с. Кут коливання пістолета не має перевищувати 5...10 °. Перший шар наносять горизонтальними смугами, другий – вертикальними. Перекриття смуг має бути 40...60 мм. Зменшувати кількість шарів за рахунок збільшення їхньої товщини неприпустимо.

Недоліком цього способу є значне туманоутворення з частинок фарби, що погіршує умови праці малярів і спричиняє також непродуктивну витрату фарби. Застосування безповітряного розпилення фарби скорочує туманоутворення і в результаті цього економиться фарба на 25 ... 30 % порівняно з повітряним розпиленням. Крім того, підвищується якість покриття.

Підготовлена для фарбування металева поверхня кузова локомотива має бути абсолютно гладкою, рівною, без задирок і шорсткостей, іржі та жирових плям, пилу і бруду. Зазвичай стару фарбу кузова видаляють механічним (скребками, сталевими щітками або шарошками) або хімічним способом. В останньому випадку на поверхню наносять спеціальну суміш, що потім змивають теплою водою.

Підготовлений таким чином кузов обмивають слабким розчином каустичної соди і потім чистою водою. Висушену поверхню ґрунтують вручну або розпилювачами.



Усі ЛФМ, які застосовуються для фарбування, мають відповідати ДСТУ 31365:2008, технічним документам [8, 24, 25] і мати санітарно-епідеміологічний висновок. Металеві поверхні кузова і рами силових агрегатів тепловоза ґрунтуються ґрунтовкою ФЛ-03-К або ПФ-046. Після ґрунтування, перед фарбуванням, поверхні вирівнюються шпаклівкою, товщина шару якої не більше 0,5 мм. Кількість шарів шпаклівки визначається якістю поверхні і має бути загальною товщиною на дефектних місцях не більше 1,5 мм. Для шпаклювання металевих поверхонь кузова тепловоза застосовуються шпаклівки типу ПФ-002 або МС-00-6.

Фарбу на поверхню наносять рівним шаром, одного тону, без патьоків, пузирів, плям, бризок від інших фарб. За відсутності ушкоджень і хорошому стані зафарбування кузова (капота) допускається після промивання покрити його лаком без фарбування. Фарбування візків, рами тепловоза гальмівного обладнання, ресорного підвішування проводиться бітумним лаком № 177 або чорною емаллю ПФ-115. Товщина лакофарбових покриттів на зовнішніх поверхнях електровозів і тепловозів, включно з ґрунтовкою, шпаклівкою й емаллю, має бути не більше 2000 мкм; товщина на поверхнях без шпаклівки – не менше 80 мкм. Зовнішній вигляд пофарбованих поверхонь електровозів і тепловозів за ДСТУ 9.032 має відповідати:

класу III – пульт управління в кабіні машиніста;

класу IV – зовнішні бічні, лобові стінки кузовів, схили дахів пасажирських електровозів і тепловозів, видимі поверхні труб, віконних прорізів тощо в кабіні машиніста;

класу V – зовнішні бічні, лобові стінки кузовів, схили дахів вантажних електровозів і тепловозів, внутрішні приміщення та обладнання в кузові електровозів і тепловозів, крім кабіни машиніста.

Сушіння після фарбування є важливою складовою частиною технологічного процесу. Залежно від способу передачі тепла шару фарби розрізняють конвекційний, радіаційний та індукційний способи сушіння. Найбільшого поширення набув терморадіаційний спосіб сушіння.

Малярські роботи проводяться в окремому спеціально обладнаному приміщенні. Фарбувально-сушильна камера для рухомого складу (рис. 3.5) проектується у вигляді закритого приміщення зі спеціальним обладнанням для виконання фарбувальних робіт відповідно до нормативів пожежної безпеки та санітарно-гігієнічних положень, вона також виконує процедуру швидкого сушіння.

Специфіка роботи фарбувальної камери для рухомого складу передбачає установлення фільтрів повітря, причому з можливістю оперативного демонтажу/монтажу їхніх фільтрувальних елементів.

Фарбувально-сушильна камера для локомотивів обладнується фільтрами так, щоб очищувалося як припливне повітря, так і те, що видаляється з неї. Для цього в системах очищення фарбувальних камер використовується багатоступінчасте очищення (рис. 3.6).



Рис. 3.5. Фарбувально-сушильна камера



Рис. 3.6. Система підготовки повітря для фарбувальної камери

На початковому етапі повітря очищується від частинок великих розмірів, а в подальшому – послідовно від більш дрібнодисперсних фракцій і різних летких сполучень. Камери часто розділяють внутрішніми дверима, що дає змогу роздільно використовувати частини камери для виконання різних операцій технологічного ланцюга (фарбування і сушіння), підвищуючи тим самим продуктивність і ефективність використання обладнання.

Ліфти фарбувальної камери (рис. 3.7) поділяються за видом переміщень (вгору-вниз, уздовж стіни, від стіни до стіни) і за засобом привода. Використання сучасних технологій дає змогу виготовляти фарбувально-сушильні камери для локомотивів економними у витрачанні теплоносія й електроенергії.



Рис. 3.7. Ліфти фарбувальної камери

Після закінчення фарбування бічних стін на кузов наносять відмітні знаки і написи, передбачені Правилами технічної експлуатації: Державний герб, знак АТ «Укрзалізниця», ініціали залізниці приписки, серію і номер, номер єдиної мережевої нумерації, а також паспортну табличку з зазначенням дати і місця будівництва і конструкційної швидкості. Крім того, наноситься маркування про виконаний ремонт.

Строк служби (довговічність) лакофарбових покриттів на зовнішніх металевих поверхнях кузовів при використанні матеріалів на поліуретановій основі – 7...8 років, алкідних і водно-дисперсійних матеріалів – 5 років; на внутрішніх металевих поверхнях кузовів, що мають облицювання, – 18 років, на ходовій частини – 2 роки.

### 3.1.7. Застосування люмінофорів і флуоресцентних емалей

*Люмінофори.* Некогерентне світлове випромінювання, надлишкове над тепловим при тій самій температурі і що має тривалість більше  $10^{-10}$  с, називається люмінесценцією. На відміну від теплового, це випромінювання є нерівноважним і збуджується за рахунок будь-якого виду енергії, крім внутрішньої (теплової). Люмінесцентні речовини представляють клас люмінофорів [7].

Люмінесценція – це послідовність двох процесів: перший – поглинання енергії ззовні і перехід частини атомів з нормального стану в збуджений; другий – повернення системи в нормальний стан, що супроводжується випусканням світлових квантів (фотонів). Залежно від джерела збудження (світло, електронний пучок, електричне поле тощо) розрізняють кілька видів люмінесценції і відповідно люмінофорів. Люмінофори поділяють на фотолюмінофори (джерело збудження – світло), катодолюмінофори (джерело збудження – катодний пучок електронів), електролюмінофори (джерело збудження – електричне поле), радіолюмінофори (джерело збудження – радіоактивне випромінювання), хемілюмінофори (джерело збудження – хімічні реакції) тощо.

Люмінофори легують металами в кількості зазвичай 0,001...3 %, що обумовлюють не тільки появу світіння, а й його колір і тривалість післясвітіння. Ці легуючі домішки називають активаторами. У світлотехніці широко використовують різні порошкові люмінофори, більшість з яких мають змінний хімічний склад.

Для збільшення дальності видимості на лобові поверхні тягового рухомого складу наносять смуги, покриті денними флуоресцентними синтетичними емалями (ДФЕ). Вони значно яскравіші від звичайних фарб, що забезпечується за рахунок випромінювання люмінофорів, що входять до складу ДФЕ. Видимість рухомого складу з яскравими оранжево-червоними смугами на лобових поверхнях збільшується в три-чотири рази.

Навіть у складних метеорологічних умовах при денному світлі ці смуги не втрачають своєї яскравості.

З часом через сонячну радіацію, під дією атмосферних опадів світлостійкість ДФЕ різко погіршується. Вони вицвітають, втрачають блиск, стають матовими, білими. Стан покриття ДФЕ і тривалість збереження яскравості значною мірою залежать від дотримання технології нанесення їх на лобові поверхні тягового рухомого складу.

Правилами ремонту локомотивів установлюється періодичність нанесення і відновлення покриттів ДФЕ. Нанесення ДФЕ при ремонтах КР-1 і КР-2, а також поточних здійснюють за такою технологією.

Після очищення, обмивання, сушіння та знежирення поверхонь кузова локомотивів і МВРС проводять розмічання і ґрунтування ділянок лобової поверхні для нанесення смуг ДФЕ.

При механізованому способі нанесення використовують ґрунтовки ВЛ-0,2, АК-069 або АК-70, а при ручному – ґрунтовку ФЛ-ОЗК. Висушені заґрунтовані поверхні шліфують наждачним полотном № 320 – водостійкою шкуркою з застосуванням води, видаляють пил з очищених поверхонь волосяною щіткою. Нерівності видаляють шпаклівкою ПФ-002. Шпаклівку наносять тонким шаром товщиною 1-1,5 мм для запобігання появи тріщин, пазирів і відшарувань.

Шпаклівку шліфують так само, як і ґрунтовку, сушать і очищують від пилу. За контуром розміченої ділянки для нанесення смуг ДФЕ наклеюють клейову паперову стрічку і наносять флуоресцентні емалі. При механізованому способі наносять два шари білої емалі АС-599 або АС-131, при нанесенні пензлем – два шари білої ґрунтовки АС-071. Сушать поверхні, покриті ДФЕ, пошарово. Кожен шар емалі АС-599 або АС-131 сушать 1,5-2 год, а перший шар ґрунтовки АС-071 сушать 4 год, другий шар – 24 год. Для захисту флуоресціюючих емалей від вицвітання на їхню

поверхню наносять два шари фільтра-лаку АС-528, який також сушать пошарово: перший шар – 2 год, другий – 24 год.

При використанні сушильного обладнання на поверхні, покриті емаллю АС-599 або ґрунтовкою АС-071, наносять додатково два шари емалі АС-554, що сушать пошарово: кожен шар сушать 15 хв при температурі 20 °С, після чого температуру підвищують до 60 °С і сушать ще 20 хв. На висушені поверхні емалі АС-554 наносять два шари фільтра-лаку АС-528, що сушать також пошарово: перший шар при температурі 20 °С – 15 хв, а потім при 60 °С – 20 хв; другий шар при температурі 20 °С – 15 хв, потім при 60 °С – 3 год.

На завершення технологічного процесу нанесення ДФЕ знімають клейову паперову стрічку. Перед повним зафарбовуванням кузова смуги, покриті ДФЕ, ретельно ізолюють клейовою паперовою стрічкою.

За вказаною технологією також наносять ДФЕ на знімні металеві щитки, що встановлюють на лобові поверхні капотних кузовів локомотивів, замість нанесення смуг, покритих флуоресціюючими емалями.

Як зазначалося вище, у процесі експлуатації тягового рухомого складу погіршується стан смуг ДФЕ, на них з'являються незмивні забруднення, потемніння, що не піддаються очищенню, покриття стають блідими. У тих випадках, коли втрати яскраво-оранжево-червоного кольору більше 30 % поверхні смуг ДФЕ, необхідно їх відновити.

При ремонті ПР-3, а за необхідності і при проведенні ПР-2 відновлення виконують двома способами за такою технологією.

Перший спосіб застосовують у разі, коли покриття ДФЕ не має пошкоджень у вигляді сколів, здуття, розтріскувань і має необхідну адгезією з металевою поверхнею кузова. При такому стані поверхню смуг ДФЕ очищують від забруднень з використанням мийних засобів на основі



поверхнево-активних речовин з наступним обмиванням поверхні теплою водою до повного видалення залишків мийного складу.

За наявності на поверхні смуг глянцю їх шліфують, очищують від пилу і просушують. По контуру смуг ДФЕ наклеюють клейову паперову стрічку. Потім пензлем наносять два шари білої ґрунтовки АС-071 і після повного висихання наносять два шари емалі АС-554. Сушать смуги емалі пошарово: перший шар – 2 год, другий – 24 год.

Після повного висихання на поверхню смуг наносять два шари фільтра-лаку, що сушать пошарово з інтервалом 20 хв. Після повного висихання знімають клейову паперову стрічку.

Другий спосіб застосовують, коли на смугах ДФЕ є руйнування у вигляді відшарувань, здуття, тріщин, відколів та інших дефектів. У цьому випадку смуги повністю очищують від старого покриття до чистого металу. Наносять клейову паперову стрічку за контуром смуг і потім два шари ґрунтовки АС-071, що сушать і шліфують як і при першому способі. На заґрунтовані і повністю просушені смуги наносять два шари емалі АС-554 і два шари фільтра-лаку АС-528. Сушать емаль і фільтр-лак у тій самій послідовності, як і в першому способі.

У процесі експлуатації рухомого складу збереження яскравості ДФЕ значною мірою залежить від догляду за покриттям смуг. При технічних обслуговуваннях і поточних ремонтах обтирають пофарбовані поверхні ДФЕ чистою м'якою ганчіркою або серветкою, змоченою в теплому 3 % водному розчині господарського мила з подальшим обмиванням чистою водою. Не допускається очищувати поверхню ДФЕ дизельним паливом, оливою, бензином, гасом чи іншими нафтопродуктами, а також лужною водою, застосовувану для охолодження дизелів тепловозів. Флуоресцентні емалі і фільтр-лак не містять у своєму складі токсичних, радіоактивних або фосфоресцентних речовин і за своїм впливом на організм людини нічим не відрізняються від звичайних синтетичних лакофарбових матеріалів.



## РОЗДІЛ 4

### **4.1. Застосування полімерних матеріалів у локомотивному господарстві**

#### **4.1.1. Застосування полімерів і пластмас при виробництві та ремонті локомотивів**

*Полімерними матеріалами* (ПМ) називають високомолекулярні сполуки, що складаються з елементарних (мономерних) ланок, об'єднаних у макромолекули різної будови [6, 7, 15].

Головними критеріями класифікації ПМ є хімічна природа, походження, спосіб синтезу і тверднення, склад основного ланцюга макромолекул і характер їхньої будови, здатність до пластичних деформацій при циклічній дії температурного фактора.

*За хімічною природою* ПМ поділяють на органічні та неорганічні. У неорганічних високомолекулярних сполуках (полімерах) атоми карбону відсутні, а в органічних – макромолекули складаються переважно з цих атомів.

*За походженням* розрізняють ПМ природні й штучні. До природних полімерів відносять деревину, бавовну, вовну, шкіру, каучук, слюду, азбест тощо. Штучні ПМ отримують шляхом синтезу з простих низькомолекулярних речовин, відомих як мономери.

*За способом синтезу* й тверднення органічні полімерні речовини поділяються на полімеризаційні й поліконденсаційні.

*Полімеризація* – це процес об'єднання молекул низькомолекулярної речовини (мономеру) без виділення будь-яких побічних продуктів.

*Поліконденсація* – це процес одержання високомолекулярних сполук (поліконденсатів) з одночасним відщепленням низькомолекулярних продуктів реакції (води, хлороводню тощо).

*Поліприєднання* – процес утворення полімеру в результаті реакції множинного приєднання мономерів, що містять граничні реакційні групи, до мономерів, що містять ненасичені групи (подвійні зв'язки або активні цикли). На відміну від поліконденсації, поліприєднання здійснюється без виділення побічних продуктів. До найважливіших реакцій поліприєднання належать отримання поліуретанів і процес твердіння епоксидних смол.

*За здатністю до пластичних деформацій* при циклічній дії температурного фактора органічні полімери поділяють на термопластичні й термореактивні.

*Термопластичні полімери* (поліетилен, полістирол, поліпропілен, полівінілхлорид тощо) спроможні до пластичних деформацій при підвищенні температури, тобто здатні при нагріванні розм'якшуватися й переходити у в'язкопружний стан. При охолодженні вони твердіють, зберігаючи задану форму. Такі перетворення можуть повторюватися неодноразово.

*Термореактивні полімери* (фенолоформальдегідні, карбамідні, епоксидні тощо) проходять стадію пластичного деформування при підвищеній температурі, але при цьому після охолодження в їхній структурі відбуваються незворотні зміни, що призводять до неможливості переходу їх у пластичний стан при повторному нагріванні, тобто вони не можуть зворотно змінювати свої властивості й непридатні до повторного формування.

*Епоксидні смоли* (ЕП) – це дуже велика група матеріалів, для яких є характерним наявність у молекулах епоксидних груп



Найбільш поширеним видом ЕП є діанова, яку отримують шляхом поліконденсації епіхлоргідрину з діоксидифенілпропаном за наявності лугу. При цьому утворюються олігомери з різними значеннями молекулярної маси, в'язкості. До них належать смоли марок ЕД-24, ЕД-22, ЕД-20, ЕД-16, ЕД-14, ЕД-8, ЕД-4. Якщо ЕД-24 має молекулярну масу

350...400 і являє собою рідину з невисокою в'язкістю, то ЕД-4 має молекулярну масу  $(15...70) \cdot 10^3$  і при кімнатній температурі є твердим продуктом.

Усі ЕП у початковому стані розчиняються в ацетоні і ряді інших полярних розчинників. У такому вигляді ЕП можуть довго зберігатися без зміни властивостей. Якщо до них додати затверджувач (зазвичай 10 % маси), то відбудеться затвердіння й утвориться тривимірний (зшитий) полімер. Цінною властивістю ЕП є висока адгезія до різних матеріалів (металів, неорганічних стекол, кераміки, пластмас тощо), завдяки чому вони використовуються для виготовлення клеїв, лаків і різних компаундів.

*Пластичні маси*, або коротко пластмаси, – це композиційні матеріали (ПКМ), що складаються зазвичай з полімеру, наповнювачів та інших інгредієнтів і перебувають при експлуатації в склоподібному або кристалічному стані. Основними їхніми складовими є зв'язуючі і наповнювачі.

Як *полімер* зазвичай використовують органічні смоли синтетичні або природні, термопластичні або термореактивні, здатні при нагріванні й одночасному впливі тиску формуватися-деформуватися і набувати заданої форми.

*Наповнювачі* покращують механічні характеристики пластмаси, часто збільшують нагрівостійкість і суттєво здешевлюють її. За своєю природою вони поділяються на органічні та неорганічні, які у свою чергу поділяються на наповнювачі порошкоподібні, волокнисті й листові.

Крім наповнювача, до пластмас для надання їм бажаних властивостей вводять пластифікатори, затверджувачі, змашувальні речовини, барвники, антипірени та інші спеціальні домішки. Отже, пластмаса зазвичай є багатокомпонентною системою.

*Пластифікатори* застосовують для поліпшення технологічних і експлуатаційних властивостей пластмас.

*Затверджувачі* (агенти, що зшивають) вводять до композицій на певній стадії переробки з метою створення (або збільшення) поперечних (бічних) хімічних зв'язків між молекулами полімеру.

*Змащувальні речовини* (парафін, віск, силіконові рідини та інші речовини) використовують для збільшення плинності і запобігання прилипанню пластмас до обладнання під час їх виготовлення і переробки у виробі.

*Стабілізаторами* є речовини, що підвищують стійкість полімерів до дії тепла, світла чи кисню повітря.

*Пластмаси* – це великий клас матеріалів, що відзначаються широким діапазоном властивостей і галузей застосування. Вони використовуються як електроізоляційні, так і конструкційні матеріали, що зумовлено досить високим рівнем їхніх електричних і механічних властивостей, стійкістю до дії високих і низьких температур, хімо- і вологостійкістю, еластичністю, невеликою щільністю і легкістю переробки у виробі.

Залежно від фізичного стану полімеру в момент формоутворення розрізняють такі основні методи переробки пластмас:

- переробка у в'язкотекучому стані – лиття під тиском, екструзія;
- гаряче пресування, видавлювання та ін.;
- переробка у високоеластичному стані – гаряче штампування, пневмо- і вакуум-формування, обробка різанням та ін.;
- переробка в склоподібному стані – роздільне штампування, обробка різанням та ін.

Застосування ПКМ при виробництві рухомого залізничного складу забезпечує його полегшення, здешевлення, довговічність і менші витрати на експлуатацію. Особливо важливі вагові показники для високошвидкісного руху на існуючих лініях.

До найбільш значущих виробників рухомого складу, які застосовують ПКМ належать компанії Alstom Transport (Франція),

Amtrak (США), GE Transportation (США), Siemens AG (Німеччина), Bombardier Transportation (Німеччина), Stadler Rail AG (Швейцарія) і консорціум японських виробників Kawasaki Heavy Industries.

Практика застосування ПКМ у конструкції рухомого складу показує, що переважно для виготовлення виробів з ПКМ застосовують склопластики на основі поліефірного полімеру і склотканини. Основне застосування композиційних матеріалів припадає на вироби внутрішньої обробки кабіни машиніста, туалетного приміщення, елементів екстер'єру та інших деталей і вузлів (гальмівні колодки, накладки, елементи вентиляторів, кожухи редукторів тощо) рухомого складу. Маса ПКМ, застосовуваних у секції сучасного локомотива, становить 1000...1500 кг.

Головними причинами того, що традиційні матеріали слід активно замінювати ПКМ, є висока корозійна стійкість, підвищена міцність, мала щільність, гарні ізолюючі властивості, добре шумопоглинання. Крім того, вироби з ПКМ більш надійні і довговічні при роботі, ніж їхні аналоги з різних видів металів, переважно через відсутність у виробів з композиційних матеріалів зварних швів (врізок, переходів), концентраторів напружень і зон зниженої хімічної стійкості.

### **Основні типи ПКМ, що використовують при виробництві локомотивів**

*Прес-матеріали з листовим наповнювачем.* Прес-матеріали з листовим наповнювачем мають шарувату структуру, тому ці матеріали називають шаруватими пластиками. До них належать гетинакси, текстоліти, склотекстоліти, азботекстоліти, скловолокнисті анізотропні матеріали і деревношаруваті пластики.

*Шаруваті пластики* являють собою пластмаси, у яких наповнювачем є листовий волокнистий матеріал (папір, тканина, нетканий матеріал). Залежно від призначення розрізняють шаруваті пластики конструкційні, електроізоляційні і декоративні. Виробляють шаруваті

пластики листової будови, профільні і у вигляді трубок і циліндрів. Найбільш розповсюдженими видами цього матеріалу є гетинакс і текстоліт з різними наповнювачами.

*Текстоліт* являє собою шаруватий пластик, виготовлений з двох або більшої кількості шарів тканини, попередньо просоченої олігомером фенолоформальдегідної смоли або іншого реактопласту.

#### **4.1.2. Застосування клеїв і еластомерів при ремонті локомотивів**

*Клеями* називають рідкі і пастоподібні багатокomпонентні системи, основою яких є високомолекулярні речовини з високим прилипанням до твердих поверхонь. Залежно від походження зв'язуючого (основи) розрізняють клеї натуральні (органічного походження: тваринного і рослинного) і синтетичні. Синтетичний клей має велику перевагу перед натуральним. Як клеї широко застосовують полімерні матеріали та різні композиції, отримані на їхній основі [6, 15].

За призначенням клеї поділяють на універсальні і спеціальні. Універсальні клеї призначені для склеювання різнорідних матеріалів у різних поєднаннях: метал-метал, метал-дерево, метал-гума, дерево-гума, метал-пластмаса, дерево-пластмаса, метал-скло, дерево-скло, пластмаса-скло та ін. Спеціальні клеї використовуються для склеювання окремих матеріалів.

Клеї мають добре змочувати поверхні, що сполучаються, мати гарне прилипання (адгезію) до твердих поверхонь, механічну міцність (когезію), мінімальну крихкість і усадку при затвердінні.

Основним показником якості клею є *механічна міцність* клейового шва, який випробовують на розрив і сколювання та визначають питоме навантаження, при якому шов руйнується. Міцність клейового шва має бути за можливості не меншою від міцності матеріалу, що склеюють, і не

зменшуватися при зміні температур протягом часу експлуатації деталі, вузла, механізму.

До складу клеїв входять смоли, наповнювачі та затверджувачі, що під впливом температури переводять їх у твердий і неплавкий стан. Для зниження в'язкості і розчинення смол застосовуються органічні розчинники.

До можливих недоліків клейових сполук слід віднести крихкість, низьку термостійкість і значну усадку, у результаті чого з'являються розриви, що ослабляють міцність шва. Для усунення цих небажаних явищ до смоли вводять мінеральні наповнювачі, що підвищують теплостійкість і зменшують усадку клейової сполуки. Отже, підбираючи смолу і різні домішки до неї, можна отримати клеї, здатні забезпечити міцні й еластичні з'єднання.

Підготовка поверхонь до склеювання така сама, як і перед покриттям поверхні фарбою. Клей наносять на підготовлену поверхню пульверизатором або пензлем. Крім того, застосовують клейові пасти, що наносять шпателем. Товщина клейового шва має бути в межах від 0,05 до 0,25 мм.

Клеї можуть бути *гарячого і холодного затвердіння*. При гарячому взаємодія між полімером, затверджувачем і поверхнею, що склеюється, прискорюється, а також поліпшується якість шва. Холодне затвердіння клейових композицій відбувається без підігрівання при кімнатній температурі.

Асортимент марок клеїв дуже великий. Відмітною їхньою характеристикою є вид зв'язуючого (смоли), за яким відбувається розподіл клеїв: фенольні, епоксидні, поліамідні, поліакрилові, поліуретанові, карбінольні, кремнійорганічні, гумові тощо.

Багаторічний досвід застосування в ремонтному виробництві різних клеїв дав можливість вибіркоким шляхом відібрати невелику групу клеїв,

здатних забезпечити необхідну міцність і надійність клейових з'єднань при ремонті тягового рухомого складу.

Набули поширення клеї на *фенолоформальдегідних смолах*. До цієї групи належать клеї БФ-2, БФ-4, БФ-6. Вони здатні створювати високоміцні композиції. Клеї БФ-2 і БФ-4 застосовуються для склеювання металів, пластмас, скла. Клей БФ-2 має вищу термостійкість (робоча температура від  $-60$  до  $+80$  °С) порівняно з клеєм БФ-4 (робоча температура від  $-60$  до  $+60$  °С). Клейові шви стійкі проти дії нафтопродуктів. Клеї ВС-10Т і ВС-350 належать до теплостійких, ними склеюють конструкції і деталі з латуні, алюмінію і його сплавів, нікелю, цинку, склопластиків, кераміки. Клейові сполуки тривало працюють в інтервалі температур від  $-60$  до  $+150$  °С.

*Ціанакрилові* клеї марок КМ-200С, ТК-300С, ТК-301С, ТК-300Е є універсальними і завдяки швидкому затвердінню дають змогу спростити технологічні операції склеювання матеріалів. Ці клеї характеризуються високою адгезією до будь-яких металів, швидким затвердінням – від декількох секунд до декількох хвилин, збереженням експлуатаційних властивостей у широкому діапазоні температур.

*Акрилові* клеї застосовуються для склеювання металів, скла, кераміки. Це двокомпонентні клеї з нанесенням кожного компонента на поверхні, що склеюються, роздільно. Клейовий шов стійкий до ударних навантажень, вібрацій і добре зберігається в межах температур  $5...30$  °С. Випускають акрилові клеї марок Ан-105, Ан-106, Ан-109, Ан-110.

*Епоксидні* клеї і пасти відрізняються від усіх клеїв високою міцністю клейового шва. Застосовуються вони для склеювання різних матеріалів, як однорідних, так і різнорідних. Як затверджувач епоксидних клеїв холодного затвердіння застосовують гексаметилендіамін і поліетиленполіамін (ПЕПА). Епоксидні клеї готують на місці споживання змішуванням смоли і затверджувача. При неправильній пропорції смоли і



затверджувача їхня суміш може нагрітися аж до спінювання. Приготований клей використовується протягом 60...90 хв при температурі +20 °С, після чого клей для подальшого використання стає малопродатним. Повне затвердіння настає через 24...70 год. Застосовуються ці клеї для склеювання металів і неметалевих матеріалів у конструкціях несилового призначення. При ремонті використовують епоксидні клеї і компаунди ЕД-16, ЕД-20, К-115, К-153, К-158 [15]. Робоча температура клейових швів для холодного затвердіння від –60 до +100 °С, гарячого затвердіння від –60 до +120 °С.

Клеї на основі *кремнійорганічних сполук* мають високу теплостійкість. Їх застосовують при склеюванні металів, скла та інших матеріалів. Клейові сполуки на кремнійорганічних смолах витримують тривалий вплив температур до +200...250 °С і короткочасно до +300 °С.

*Гумові* клеї виготовляються з натуральних і деяких синтетичних каучуків, розчинених в органічних розчинниках. Клеї використовують для приклеювання гум на будь-якій основі до металу, дерева, скла і для склеювання цих матеріалів між собою. До асортименту гумових клеїв входять клеї № 88Н, № 61 тощо.

#### **4.1.3. Технологічні особливості застосування полімерних композицій**

Незалежно від ремонтної операції при виборі суміші епоксидної композиції потрібно враховувати властивості і призначення всіх компонентів.

Для технологічних операцій, пов'язаних з ремонтом деталей, що мають вузькі і глибокі тріщини і щілини, доцільно готувати композиції на основі смоли ЕД-20 без наповнювачів. За необхідності застосування більш в'язких сумішей (у вигляді шпаклівок) використовують епоксидну смолу ЕД-16. Найбільш технологічні модифіковані епоксидні компаунди К-115,

К-153, К-158, оскільки пластифікатори до цих смол додають безпосередньо при їх заводському виготовленні [15, 24-26].

Епоксидні композиції без наповнювачів відзначаються великою усадкою, підвищеним коефіцієнтом лінійного розширення, малою теплопровідністю. Крім того, наповнювачі сприяють економії епоксидної смоли. Найбільш широко застосовують наповнювачі у вигляді сталевого і чавунного порошку, колоїдного графіту, алюмінієвої пудри. Як мінеральні наповнювачі використовують кварцовий пісок формувальний і пилоподібний, порцелянове борошно, слюду мелену, портландцемент (марок 500-600). При відновленні зношених деталей у вузлах тертя не допускається застосування наповнювачів у вигляді пилоподібного кварцового піску, порцелянового борошна та інших абразивних матеріалів.

Досить ефективні при ремонті металевих вузлів і деталей комбінації, тобто введення до композиції декількох різнорідних наповнювачів, що дає змогу зменшити температурний коефіцієнт лінійного розширення, усадку при затвердінні і збільшити теплостійкість. Кількість наповнювачів має бути такою, щоб суміш мала достатню плинність.

Надійність відремонтованих деталей значною мірою залежить від кількості взятого затверджувача. При нестачі затверджувача в епоксидних композиціях подовжується процес затвердіння більш ніж удвічі, а при надлишку залишаються епоксидні групи, що не прореагували. Про надлишок затверджувача свідчить поява на поверхні покриття білястих нальотів. Вибрати епоксидну композицію для усунення пошкоджень, що найбільш часто зустрічаються при ремонті тягового рухомого складу, можуть допомогти рекомендовані суміші, наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

## Склади епоксидних композицій

Матеріал деталі, що ремонтується	Пошкодження, що усуваються	Суміш епоксидної композиції	Співвідношення компонентів епоксидної композиції
1	2	3	4
Чавун і сталь (несилові вузли дизеля та його систем)	Дрібні наскрізні і ненаскрізні тріщини, концентричні і поздовжні, раковини, вм'ятини і задирки	Смола ЕД-20. ДБФ. Сталевий або чавунний порошок. Слюда мелена або цемент. ПЕПА	100 20 60-80 20 10-12
Те саме (несилові вузли дизеля та його систем, електричних машин, посадочні поверхні)	Наскрізні тріщини, пробоїни. Зношення посадочних поверхонь	Смола ЕД-16. ДБФ. Сталевий або чавунний Порошок. Алюмінієва пудра. ПЕПА. Склотканина для посилення <sup>1</sup> . Компаунд К-115. Сталевий або чавунний Порошок. Графіт. Аеросил	100 20 120-150 10 12-15 - 100 80 60 5
Алюміній і алюмінієві сплави (блоки дизеля, корпус повітрянагнітача)	Тріщини, свищі, раковини, корозійні роз'їдання тощо	Смола ЕД-20. ДБФ. Сталевий порошок. Алюмінієва пудра. Слюда мелена. ПЕПА	100 16 90 25-30 30 10

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Прес-матеріал АГ-4В, склопластик ДСВ (електричні апарати)	Пробої або перекриття електричним струмом	Смола ЕД-20.	100
		Кварцове борошно або пилоподібний кварц.	300
		Метаенілендіамін (затверджувач)	20
Азбоцементні електроізоля- ційні матеріали (електричні апарати)	Наскрізні пропали, тріщини, відколи	Смола ЕД-20.	100
		Тонкоподрібнений порошок прес- матеріалу КМК-218. ПЕПА	120-140 10-14
Феноласти (електричні апарати)	Тріщини та відколи	Смола ЕД-20.	100
		ДФФ.	20-25
		Слюда молота.	50
		ПЕПА	10

Примітка. <sup>1</sup> Кількість шарів прокладають за необхідності.

У всіх випадках застосування епоксидних композицій холодного затвердіння нанесене на деталь покриття витримують при нормальній температурі не менше 4...6 год, і тільки після цього починають затвердіння при вищій температурі. При цьому не допускається різке нагрівання деталі, оскільки це призводить до стікання композиції й отримання нерівномірної товщини покриття. Не допускається нанесену на деталь епоксидну композицію затверджувати відкритим вогнем, паяльною лампою або газовим пальником.

#### **Застосування герметиків при ремонті локомотивів**

Одним з перших полімерних матеріалів для герметизації, який більше 55 років надійно застосовується при ремонті локомотивів, є еластомер ГЕН-150(В) (надалі еластомер).

Правилами ремонту, вказівками та інструкціями АТ «Укрзалізниця» [24-27] передбачається його використання разом з іншими матеріалами більш ніж у 50 технологічних процесах ремонту вузлів тягового рухомого складу. Причому щороку галузь застосування еластомеру розширюється.

Процес застосування еластомерів найпростіший, але за умови обов'язкового виконання нескладних технологічних операцій. Перша і безумовна вимога – це очищення і знежирення відновлюваних вузлів і деталей. Приступаючи до роботи з розчином еластомеру, потрібно знати його в'язкість, оскільки це зумовлює товщину нарощуваної поверхні і рівномірність нанесення плівки. Практично встановлено, що цілком достатньо мати два розчини еластомеру: один з умовною в'язкістю за віскозиметром ВЗ-5 20...30 с і розчин з умовною в'язкістю 40...50 с, щоб регулювати необхідну при ремонті товщину плівки.

Умовну в'язкість розчину перевіряють у деповській лабораторії через кожні 5...6 діб зберігання розчину в герметично закритій тарі. Знаючи умовну в'язкість розчину еластомеру, кількість шарів для нарощування необхідної товщини поверхні або герметизації з'єднання можна визначити користуючись даними табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Залежність товщини плівки від умовної в'язкості еластомеру

Потрібна товщина плівки, мм	Умовна в'язкість, с	Кількість шарів	Примітки
0,01-0,015	20-30	1	При нанесенні тонких плівок в'язкість розчину необхідно брати за нижньою межею. При нанесенні більш товстих шарів умовна в'язкість розчину має бути вищою і залежно від товщини плівки наближатися до верхньої межі
0,02-0,03	40-50	1	
0,035-0,045	40-50	2	
0,05-0,06	40-50	3	
0,065-0,07	40-50	3	

Якщо товщина нанесеного шару еластомеру перевищує необхідну, його змивають марлевым тампоном, змоченим в ацетоні, і після повного висихання поверхні наносять плівку знову. Нанесений перший шар еластомеру має просохнути на повітрі протягом 15...20 хв і тільки після цього за необхідності наносять через такий самий проміжок часу другий і наступні шари. Дуже важливо вберегти еластомерну плівку від доторкування до неї пальцями, а також від потрапляння пилу, оливи та бруду.

Для отримання максимальної міцності покриття необхідно правильно провести термічну (теплову) обробку вузла або деталі. Деталь, покриту еластомерною плівкою, після витримки на повітрі протягом 15...20 хв поміщають у сушильну шафу, термостат, електричну піч або інше нагрівальне обладнання, оснащене терморегуляторами. Для запобігання спінюванню еластомеру за рахунок інтенсивного виділення залишкових парів розчинника (ацетону) температуру нагрівальних приладів підвищують протягом 10...15 хв поступово на 2...3 °С/хв, потім температуру підвищують до 100...120 °С, витримують протягом 1 год і охолоджують нагрівальне обладнання разом з деталлю до кімнатної температури. Затверділа плівка еластомеру стійка до дизельного палива та оливи, гасу, бензину.

При приготуванні еластомеру ГЕН-150(В) слід урахувати, що строк його зберігання в сухому вигляді не більше одного року, потім він частково або повністю може втратити здатність розчинятися. До початку приготування розчину при тривалому зберіганні деповська лабораторія визначає розчинність сухого еластомеру в ацетоні.

Для цього в чисту пробірку заливають 9 г ацетону і насипають 1 г дрібно нарізаних шматочків сухого еластомеру і залишають на 8...10 год для його розчинення (набухання). Після закінчення зазначеного часу пробірку з вмістом періодично збовтують до повного розчинення і дають

відстоятися 30 хв. Якщо отриманий розчин однорідний, не містить нерозчинних частинок і при наливанні на скло утворює рівну гладку поверхню, еластомер може бути використаний для приготування робочого розчину. Якщо при вказаній перевірці сухий еластомер не розчинився, проводять його перевальцювання.

Для цього листи сухого еластомеру очищують від целофану, розрізають на смуги і пропускають протягом 5...7 хв через холодні вальці з зазором між ними 1 мм. Потім вальці зупиняють, циліндр, що утворився, розрізають навпіл і знову пропускають через вальці. Після вальцювання сухий еластомер перевіряють на розчинність, як зазначено вище.

Придатний до використання еластомер нарізають дрібними шматочками, 100 г еластомеру засипають у скляний або алюмінієвий посуд і заливають 300 г ацетону. Посуд закривають притертою пробкою і витримують протягом 8...10 год для набухання і розчинення еластомеру. Після закінчення зазначеної витримки посуд з вмістом установлюють у пристосування, де збовтують до повного розчинення еластомеру і після 30 хв відстоювання розчин фільтрують через металеву сітку з кількістю отворів не менше 100 і не більше 500 на 1 см<sup>2</sup>.

#### **4.2. Техніка безпеки при роботі з лакофарбовими і полімерними матеріалами**

Майже всі ЛФМ і ПМ пожежо- та вибухонебезпечні. При оцінюванні пожежо- та вибухонебезпечності ЛФМ, полімерів і розчинників, що застосовуються при ремонті локомотивів, використовують такі показники: температури спалаху і самозаймання, верхня і нижня концентраційні межі, нижня і верхня межі вибуховості, температура межі займання [7, 13, 33].

*Верхня і нижня концентраційні межі займання газів у повітрі – це значення граничних концентрацій області займання. Значення цих меж*

використовують для розрахунку гранично допустимої вибухобезпечної концентрації парів і газів у повітрі при роботі з застосуванням вогню або іскроутворювального інструменту.

*Нижня межа вибуховості* – мінімальна концентрація газу і пари в повітрі, при якій можливий вибух.

*Верхня межа вибуховості* – концентрація газу і пари в повітрі, вище якої вибуху не відбувається.

*Температурна межа займання* – температури речовини, при яких її насичені пари утворюють концентрації, відповідні концентраційним межам займання.

Відділ полімерної дільниці, на якій відливають деталі з термопластів, обладнується загальнообмінною вентиляцією, а термопластавтомати або ливарні установки та сушильні камери – додатково витяжними пристроями.

Робочі зони обладнання для лиття огорожують захисними огороженнями та прозорими щитами. Металеві частини литого обладнання, що можуть виявитися під напругою, заземлюють.

При ремонті деякі деталі виготовляють механічною обробкою з шаруватих пластиків. При механічній обробці виробнича дільниця забруднюється дрібнодисперсним пилом, змішаним з парами смоли, що має токсичний вплив на організм працівників. Відновлення пошкоджених великогабаритних полімерних деталей і насамперед склопластикових кожухів зубчастої передачі пов'язано з виділенням скляного пилу. Для запобігання забрудненню повітря необхідно безпосередньо біля верстатного обладнання встановлювати пристрої для місцевого відсмоктування повітря.

Частина технологічних процесів при ремонті вузлів і деталей передбачає застосування епоксидних композицій, компаундів клеїв, заливальних, просочувальних і електроізоляційних сумішей. Приготування



зазначених сумішей переважно виконують вручну, при цьому працівники стикаються з незатверділими смолами, затверджувачами, розчинниками, що мають токсичний вплив при потраплянні в органи дихання і на шкіру працівника.

Практикою встановлено, що найбільш подразнюючу дію на організм мають затверджувачі, зокрема поліетиленполіамін, робота з яким вимагає особливої обережності. Повністю затверділі епоксидні композиції шкоди організму не завдають, у той же час дрібнодисперсний пил, що утворюється при механічній обробці поверхонь з епоксидною композицією, має підвищену токсичність. При роботі з епоксидними композиціями необхідний захист від безпосереднього потрапляння смоли або затверджувача на шкіру рук, обличчя і слизову оболонку очей. Приготування і нанесення епоксидної композиції виконують у спецодязі: фартуху, наруківниках і обов'язково в головному уборі, гумових або поліетиленових рукавицях. У деяких випадках зручно під гумові надягати бавовняно-паперові рукавички, ефективними є біологічні рукавички.

У разі потрапляння смоли або затверджувача на шкіру рук або обличчя їх видаляють м'якою марлевою або паперовою серветкою і промивають теплою водою з милом. При потраплянні епоксидної композиції на слизову оболонку очей треба негайно промити очі водою і звернутися до лікаря.

Робочий інструмент, щітки, шпателі, лопатки, посуд із залишками епоксидних сумішей після закінчення роботи потрібно обов'язково промити ацетоном, а потім теплою водою з милом.

Синтетичні клеї певною мірою токсичні, тому місця проведення робіт з цими клеями обладнують витяжними пристроями у вигляді місцевих відсмоктувачів. Клей 88 являє собою легкозаймисту рідину (ЛЗР), тому при роботі з ним необхідно дотримуватися заходів пожежної безпеки. Категорично забороняється підігрівати його відкритим вогнем,

вмикати відкриті електронагрівачі, виконувати зварювальні роботи на відстані ближче 15 м від місця користування ним.

Анаеробні суміші і рідкі ущільнювальні прокладки вибухобезпечні, нелеткі і несамозаймісті. Працювати з анаеробними сумішами потрібно в гумових або біологічних рукавичках. Анаеробні суміші, що потрапили на шкіру рук, потрібно зняти ватяним тампоном, змоченим етиловим спиртом, і промити теплою водою з милом.

Приготування еластомеру ГЕН-150(В) із застосуванням ацетону виконують у витяжній шафі або приміщенні з витяжною вентиляцією. При цьому не допускається наявність у приміщенні відкритого вогню.

Приміщення, де виконується фарбування, мають припливно-витяжну вентиляцію. Вентилятори витяжних систем виконують вибухобезпечними. У приміщеннях, де містяться ЛФМ, забороняється палити, проводити зварювальні роботи і застосовувати відкритий вогонь. Забороняється зберігання ЛФМ у виробничих приміщеннях, застосування бензолу і метанолу як розчинників через їх токсичність. При видаленні старої фарби хімічним способом маляри обов'язково працюють у захисних окулярах, респіраторах, гумових фартухах і рукавицях. Відходи старої фарби при цьому необхідно видаляти з ділянки до їхнього висихання. Ганчір'я, просочене ЛФМ на основі олій, здатне самозайматися, тому після використання його слід своєчасно прибирати.

## РОЗДІЛ 5

### 5.1. Застосування гумотехнічних виробів і матеріалів у локомотивному господарстві

Гуми широко застосовують як конструкційний матеріал при виробництві та ремонті локомотивів [6, 15]. Вони допускають значні деформації, залишаючись при цьому пружними й еластичними, мають високу міцність (при розриві до  $40,0 \text{ МПа/см}^2$ ), водостійкість, низьку газопроникність, малу електропровідність. Ці властивості дали змогу гумі зайняти особливе місце серед конструкційних матеріалів. З неї виготовляють трубки, ремені, шланги і рукави, манжети, шайби, прокладки і кільця, ізолятори, ущільнювачі, амортизатори та віброізолятори. Номенклатура гумотехнічних виробів (ГТВ) на тепловозі з електричною передачею потужності перевищує 200 одиниць (рис. 5.1), а на тепловозах з гідравлічною передачею потужності доходить до 1000 (рис. 5.2).



Рис. 5.1. Гумотехнічні вироби для тепловозів

Широке застосування гуми пов'язано з її унікальними властивостями: здатністю до великих обертових деформацій; високою механічною міцністю; невеликою жорсткістю; високим опором до зносу; здатністю поглинати ударні навантаження і вібрацію; низькою теплопровідністю і звукопровідністю; газо- і водонепроникністю; стійкістю до агресивних середовищ; високими діелектричними властивостями.



Рис. 5.2. Гумотехнічні вироби для гідравлічної передачі потужності тепловозів і рухомого складу

Фізико-механічні властивості гуми оцінюються нижченаведеними показниками [6, 15].

*Міцність* характеризується *межею міцності при розтягуванні, відносним і залишковим подовженням.*

*Межею міцності при розтягуванні* називається напруга, що виникає в гумі в момент розриву зразка. Чисельна межа міцності дорівнює частці

від ділення навантаження, зафіксованого в момент розриву, на площу поперечного перерізу зразка до випробувань.

*Відносним подовженням при розриві* називається відношення приросту довжини зразка в момент розриву до його первісної довжини, виражене у відсотках.

*Залишковим подовженням при розриві* називається відношення довжини розірваного зразка до його початкової довжини, виражене у відсотках.

Відносне і залишкове подовження характеризують *еластичність* гуми. Чим більша різниця між цими показниками, тим краща еластичність гумового зразка.

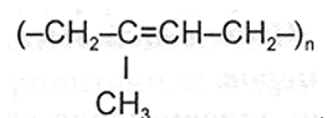
*Твердістю* називається здатність гуми чинити опір проникненню до зразка стороннього твердого тіла, що вдавлюють з певною силою. На зміні твердості матеріалу заснований один з методів контролю ступеня вулканізації. Через підвищену пластичність сирової гуми голка твердоміра залишає на зразку незникаючу з часом лунку, а при вимірюванні безперешкодно провалюється в зразок, у результаті чого прилад показує приблизно нуль. Надмірно висока твердість готової гуми говорить про *перевулканізацію*.

Показником *стійкості до зносу* є *питомий показник зносу*, що визначається втратою об'єму випробовуваного зразка як відношення до одиниці роботи, витраченої на знос. Цей показник визначає ресурс роботи гумотехнічного виробу, наприклад гумових втулок.

Експлуатаційні властивості гуми з часом змінюються в процесі роботи, що називається *старінням* і належить до категорії складних багатостадійних перетворень. У результаті зменшуються еластичність, зносостійкість, міцність гумотехнічних виробів, тобто знижується їхня працездатність і надійність. Зі зміною температури як при її підвищенні, так і зниженні працездатність виробів з гуми також знижується.

До складу гум входять [6, 15] каучук, вміст якого коливається від 5 до 98 %, пом'якшувачі, наповнювачі, агенти, що вулканізують, прискорювачі вулканізації, протистарителі, а також речовини, що підвищують морозостійкість.

У виробництві гум використовують суміші каучуків натурального та синтетичного. *Натуральний каучук* (НК) отримують з молочного соку (латексу) каучуконосних гевей, що ростуть у країнах з тропічним кліматом. У чистому вигляді НК є полімером ізопрену (метилдивінілу)



Натуральний каучук не може задовольнити значні потреби в гумі, тому промисловість виробляє велику кількість синтетичних каучуків.

*Синтетичні каучуки* виготовляють з продуктів переробки нафти. Усі види синтетичних каучуків (СК) є високомолекулярними органічними сполуками ланцюгової будови, отримувані в результаті полімеризації мономерів-каучукогенів (сполук, що містять ненасичені зв'язки) і полімерів. При виготовленні СК як мономери застосовують бутадієн, хлоропрен, ізопрен, ізобутилен та інші газоподібні вуглеводні.

До СК належать ізопреновий (СКИ-30), бутадієновий (СКБ), бутадієн-стирольний (СКС), бутилкаучук (БК), хлоропреновий (наїрит), бутадієн-нітрильний (СКН).

*Бутадієновий каучук*  $(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_{\text{n}}$  є продуктом полімеризації бутадієну (дивінілу). При температурі 200...300 °С, без агентів, що вулканізують у результаті додаткової полімеризації за місцем подвійних зв'язків, бутадієн переходить у твердий продукт, за механічними властивостями схожий на ебоніт, але більш стійкий до дії температури,

кислот і органічних розчинників. В Україні він відомий як СКД, у ЄС – Буна ЦБ (Buna-SB). У нього висока морозостійкість – до  $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Бутадієн-стирольний каучук є продуктом спільної полімеризації бутадієну  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$  і стиrolу  $\text{CH}_2=\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ . В Україні відомі його марки СКС-30, СКС-30 АРКМ-15, СКС-30 АРПД, у ЄС – Буна С-3, Буна С-4.

Відповідність вітчизняних і міжнародних назв каучуків і полімерів на їхній основі, а також коди ASTM (American Society for Testing and Materials) наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Назви гум і полімерів і їхні коди ASTM

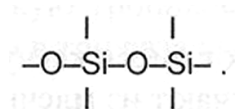
Назва	Код ASTM	Склад
Natural	NR	Ізопреновий каучук (натуральний)
SBR	SBR	Бутадієн-стирольний каучук
ЕРМ або EPDM	EPDM	Етиленпро-каучук
Neoprene	CR	Неопрен
Buna-N або Нітрил	NBR	Нітрилбутадієновий каучук
Nypalon	CSM	Хлорсульфирований поліетилен
CPE	CM	Хлорований поліетилен
Зшитий поліетилен	XLPE	Поліетилен з міжмолекулярними зв'язками
Butil	IR	Ізобутилен-каучук
Viton	FKM	Фторвуглеводний каучук (фтореластомер)
Тефлон	PTFE	Політетрафторетилен
ALFATER XL	EPDM + PP	Етиленпрополімер + поліпропілен
Поліетилен з надвисокою молекулярною вагою	UHMWPE	Поліетилен з надвисокою молекулярною вагою

*Бутилкаучук* отримують шляхом спільної полімеризації ізобутилену  $CH_2=C(CH_3)_2$  і невеликої кількості ізопрену. На його основі виробляють гуми, стійкі до дії озону, кисню і кислот; газопроникність у них нижче в 10...20 разів (важлива особливість), ніж у гум на основі НК, але менша еластичність.

*Хлоропреновий каучук* отримують шляхом полімеризації хлоропрену  $H_2C=CCl-CH=CH_2$ . В Україні він відомий під назвою наїрит, у ЄС, США, Японії – неопрен. На його основі виробляють оливо- та бензостійкі гуми.

*Бутадієн-нітрильний каучук* – продукт спільної полімеризації бутадієну та акрилонітрилу  $CH_2=CH-CN$ . В Україні ці каучуки випускають таких марок: СКН-40, СКН-26 і СКН-18, у ЄС – пербунан, Буна Н, Буна НН.

*Кремнійорганічні каучуки*, на відміну від вищерозглянутих, у яких в основі будови молекулярних ланцюгів стоять атоми вуглецю, мають остов макромолекул, побудований з атомів кремнію і кисню, що чергуються:



Це лінійні полімери, отримані шляхом поліконденсації. Вулканізують їх за допомогою перекису бензоїлу. Гуми на їхній основі мають високу нагрівостійкість (до 250 °С) і вологостійкість, високу стійкість до дії озону і кисню, олив, гарні діелектричні властивості. Вони мають високу стійкість до зносу, зберігають гнучкість до –70...100 °С. Недоліком є низька міцність на розрив.

*Вулканізація* – процес взаємодії каучуку з сіркою або іншими хімічними агентами, що призводить до перетворення каучуку в гуму, яка має кращі фізико-хімічні і механічні властивості, ніж невулканізований каучук. Вулканізація каучуку полягає в частковому розриві подвійних



зв'язків макромолекул і зшиванні їх атомами сірки (-S-) з утворенням за рахунок бічних хімічних зв'язків просторової структури. Процес вулканізації здійснюється при температурі 138...200 °С. Каучуки вулканізують, щоб усунути їхню пластичність і підвищити еластичність (пружність). У технічних гум відносне подовження при розриві становить 150...500 % і воно зберігається до – 40...60 °С.

При виготовленні гуми до її складу, крім каучуку, вводять агенти, що вулканізують (сірку або каптакс, тіурам, альтокс, дифенілгуанідин, а частіше їхню суміш), прискорювачі вулканізації, наповнювачі (крейда, тальк, каолін, оксид цинку та ін.), що покращують механічні властивості і здешевлюють гуму (наповнювачі дешевші від каучуку у 20...75 разів), пом'якшувачі (парафін, вазелін, олеїнова кислота, смоли, віск), що сприяють рівномірному розподілу порошкоподібних інгредієнтів у гумовій суміші, підвищують пластичність, а також покращують технологічність виробництва виробів з гуми.

З часом під впливом світла і тепла гума втрачає еластичність і стає жорсткою й крихкою. На поверхні виробу з'являються дрібні тріщини. Це явище називають старінням гуми, що пояснюють окисненням ненасичених вуглеводнів каучуку. Як *антиокиснювачі* (протистарителі) для каучуку застосовують аміни, феноли, хінони, смоли та інші сполуки, що істотно затримують процеси старіння.

Барвники призначені для надання гумі різного кольору. Як барвники використовують оксид цинку, літопон, оксид титану, сажу, охру, зелений крон, ультрамарин, анілінові фарби тощо. Барвники виконують також функції підсилювачів (оксид цинку, сажа).

Залежно від кількості сірки, що вводиться в каучук, розрізняють гуму м'яку і тверду. М'яка гума містить 1–3 % сірки і має високу еластичність. Тверда гума (ебоніт) містить 30...35 % сірки – це твердий

матеріал з високою стійкістю до ударних навантажень, але невисоким відносним подовженням при розриві (2...6 %).

При використанні гуми часто виникає необхідність поєднання її з іншими матеріалами для отримання необхідних властивостей. Найчастіше зустрічається поєднання гума–тканина (наприклад дюритові рукави). Тканини, що використовуються у виробництві гумових виробів, виготовляють з бавовняних, віскозних і капронових ниток. Деякі гумові вироби (наприклад гумометалеві елементи ресорного підвішування, опори дизеля) армуються металом.

Виготовлення дюритових рукавів – гумових шлангів, армованих волокнистим або дротяним обплетенням (рис. 5.3), відбувається таким чином: з гумової суміші вирізають смуги і накладають їх на металевий дорн, зовнішній діаметр якого дорівнює внутрішньому діаметру рукава, що виготовляється.

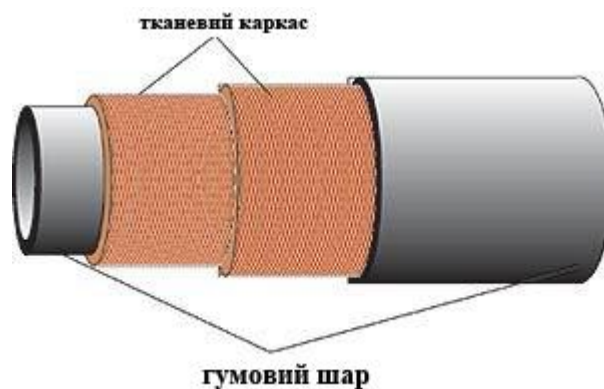


Рис. 5.3. Структура дюритових рукавів

Краї смуг змазують гумовим клеєм і накручують роликком, потім накладають один або кілька парних шарів тканини або обплітають металевим дротом і промазують їх гумовим клеєм, а зверху накладають ще шар гуми. Далі зібрану заготовку бинтують зволоженим бинтом і вулканізують в автоклаві.

Армована каркасна конструкція виробу забезпечує поєднання міцності і гнучкості. Внутрішній переріз залишається незмінним при скручуванні, згинанні. Дюрити застосовують як гнучкі трубопроводи у водяних та оливних системах тепловоза (рис. 5.4).



Рис. 5.4. Дюритовий рукав системи охолодження

Дюритові рукави працездатні в таких середовищах і температурних інтервалах: паливо дизельне від  $-55$  до  $+70$  °С; оливи М-14В<sub>2</sub>, М-16Г<sub>2</sub> від  $-55$  до  $+120$  °С; антифриз «40», «60» від  $-55$  до  $+120$  °С; повітря від  $-55$  до  $+60$  °С; вода системи охолодження від  $-55$  до  $+130$  °С.

Для отримання манжет, втулок, ущільнювачів з різними профілями сиру гуму пропускають через шприц-машину, у якій розігріта (до  $100...110$  °С) гумова суміш продавлюється через профілюючу головку. Одержані вироби вулканізують або в автоклаві при підвищеному тиску, або у вулканізаційній «трубі» при нормальному тиску, або в середовищі гарячого повітря, що циркулює, або в розплаві солей.

### 5.1.1. Особливості експлуатації гумотехнічних виробів

Незважаючи на високу еластичність, гума має остаточну деформацію. Чим вище навантаження і час його впливу, тим більша залишкова деформація. При зниженні температури еластичність гуми зменшується. Якщо температура нижче  $-10...15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то гума стає спочатку напівжорсткою, а потім жорсткою; при температурі  $-40...45\text{ }^{\circ}\text{C}$  гума стає твердою, крихкою і малоздатною до обернених деформацій. Лише спеціальні морозостійкі сорти гуми можуть зберігати деяку еластичність навіть при  $-50...55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Підвищення температури спричиняє розм'якшення гуми, її еластичність знижується, а схильність до залишкової деформації зростає. Ці явища помітні вже при температурі  $60...70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при температурі  $110...120\text{ }^{\circ}\text{C}$  межа міцності зменшується настільки, що можливе повне руйнування виробів.

Розчинники також скорочують строк служби гумових виробів. Від впливу нафтопродуктів і таких рідин, як ефір, бензол, скипидар, гума набухає, знижуються міцність, еластичність і опір зносу. Тому слід обережно уникати контакту гумових виробів з ПММ і розчинниками для фарб і емалей.

Спирти, ацетон, гліцерин, олії та гліколі, а також слабкі кислоти і луки практично не взаємодіють з гумою. Кислоти і їхні пари призводять до ущільнення гуми, втрачається її еластичність.

З часом через взаємодію гуми з киснем відбувається її старіння. Гума робиться жорсткою, покривається крихкою кіркою, що легко знімається при деформації, внаслідок чого утворюється мережа спочатку дрібних, а потім глибоких тріщин. У результаті старіння гума втрачає еластичність, знижується її межа міцності, збільшується стиранність, виріб з гуми стає непридатним. Старіння прискорюється під дією прямих сонячних (ультрафіолетових) променів і підвищених температур.

При старінні, «пересиханні», дюрити і всі інші гумотехнічні вироби підлягають обов'язковій заміні [24, 26, 27].

## 5.2. Застосування ущільнювачів у локомотивному господарстві

Для забезпечення герметизації в місцях з'єднань рухомих і нерухомих деталей і недопущення витoku з цих з'єднань води, оливи, палива і газів застосовують ущільнювачі [15].

Такі матеріали повинні мати високу міцність на стиск, пружність, еластичність, зносостійкість, термостійкість, стійкість до нафтопродуктів; добре формуватися, не підвищувати знос поверхонь, що ущільнюються.

Поширеним прокладним матеріалом є папір, оброблений хімічними засобами: пергамент, картон, фібра тощо. Гранична робоча температура цих матеріалів не вище +150 °С. Термостійким ущільнюючим матеріалом є азбест, що зустрічається в природі у вигляді волокон і має високу еластичність, гнучкість і вогнестійкість. Гранична температура застосування азбесту не вище +350 °С. Застосовують азбест як один з компонентів прокладок для впускного і випускного трубопроводів, кришки циліндра. Азбест як прокладний матеріал застосовують у поєднанні з металами, цементом, смолами.

*Азбест* – це мінерал волокнистої будови, волокна якого є агрегатами найтонших кристалітів. Довжина волокон коливається від десятих часток міліметра до декількох сантиметрів. Азбест – це нагрівостійкий матеріал, з невисокими електроізоляційними властивостями, досить еластичний, з високою механічною міцністю та здатністю до прядіння.

З азбесту виготовляють пряжу, стрічки, шнури, тканини, папір, картон та інші вироби. При температурі 450...700 °С він втрачає кристалізаційну воду і руйнується. Ця температура і визначає його нагрівостійкість. Азбест відносно гігроскопічний і розчиняється навіть у

слабких кислотах. При просочуванні азбесту оліфою, парафіном, бітумами або смолами його гігроскопічність і вологопоглинальність знижуються.

*Пароніт* є листовим азбестотехнічним виробом (АТВ), виготовлення якого здійснюється шляхом пошарового пресування суміші волокон азбесту, каучуку, розчинника, мінеральних наповнювачів і сірки з подальшою вулканізацією під пресом. У найбільш узагальненому вигляді пароніт використовується як матеріал прокладок (як і багато інших ГТВ) для ущільнення рознімань, що функціонують у середовищах із значеннями, що виходять за межі норми (висока агресивність, граничні значення температури і тиску). При цьому склад зовнішніх і внутрішніх шарів пароніту відрізняється для більшої пристосованості поверхні прокладок з нього до нерівностей деталей, що контактують у герметизованому з'єднанні.

Пароніт має низку незаперечних переваг – пластичність і здатність розтікатися при високому рівні тиску, що дає змогу герметично з'єднувати потрібні деталі. Пароніт відзначається великою адгезією – прилипанням; щоб цього не відбувалося, перед його застосуванням дотичні з ним поверхні обробляють тонким шаром графіту.

Склад пароніту:

- азбест – його вміст у загальній масі становить понад 60 % і забезпечує термостійкість;

- каучук – гумова суміш, що надає пластичності, її вміст становить близько 15 %;

- інші компоненти – сірка, мінеральний наповнювач та ін.

Згідно з особливостями застосування (ДСТУ 481-80) розрізняють пароніт загального призначення (ПЗП) і пароніт оливобензостійкий (ПМБ).

Види пароніту:

- ПЗП-А – потрібен для ущільнення деталей приладів, що працюють у середовищі соляних розчинів, гарячої води і пари;

- ПЗП-Б – використовується як прокладка в обладнанні, що може перебувати не тільки в середовищі гарячої води, але і в середовищі газу;

- ПЗП-В – застосовується як ущільнювач в оливному середовищі;

- ПМБ – використовується як частина промислових машин, компресорів, двигунів внутрішнього згорання, стиків трубопроводів та ін. Він має властивості, що дають змогу витримати вплив підвищеної кількості кисню, рідкого азоту і продуктів нафтопереробки;

- ПА (армований) – армується металевою сіткою;

- електролізований пароніт – використовується в обладнанні, що контактує з агресивним лугом;

- кислотостійкий пароніт – застосовується в обладнанні, що знаходиться в середовищі агресивних кислот;

- пароніт тропік – використовується як прокладка або ущільнювач плоских типів з'єднань посудин, насосів, арматури, насосів, компресорів та інших агрегатів, розміщених у тропічному кліматі.

У системах відведення відпрацьованих газів дизеля тепловоза може використовуватися пароніт, армований металевою сіткою (так званий фероніт), при цьому сполучною хімічною речовиною може бути нітрильний еластомер, а як армуючий наповнювач – тварон або кевлар.

Пароніт, як правило, поставляється в листах товщиною від 0,04 см до 6,0 мм, найбільш поширені розміри яких 1×1,7 і 1,5×3 м. Листи товщиною до 2 мм можуть бути згорнуті в рулони.

У подальшому, залежно від особливостей матеріалу, прокладні елементи вирізаються або вирубуються (як у випадку з армованими варіантами) під необхідний розмір технологічної пластини.

### 5.3. Застосування електроізоляційних матеріалів у локомотивному господарстві

До ізоляційних матеріалів відносять матеріали, що практично не проводять електричний струм. Вони використовуються як ізоляція при виробництві та ремонті електроустаткування локомотивів [6, 15].

До них висуваються такі вимоги: стійкість проти вологи, достатня механічна міцність, висока теплостійкість (до деяких матеріалів).

Як ізоляційні матеріали застосовують слюду, ізоляційний папір, пресшпон, ізоляційну стрічку, азбест, ебоніт, фібру, гетинакс, текстоліт, бакеліт, ізоляційні лаки і компаунди.

*Гетинакс* – це шаруватий пластик. Виготовляють його шляхом пресування паперу у два або більшу кількість шарів, просоченого олігомерами феноло- або крезолоформальдегідних смол, або інших реактопластів, або їхніми сумішами. Пресування проводиться при температурі 150...160 °С, тиску 6...10 МПа і часі витримки під тиском з розрахунку 2...5 хв на 1 мм товщини.

*Текстоліт* – це шаруватий пластик, виготовлений з двох або більшої кількості шарів тканини, попередньо просоченої олігомером фенолоформальдегідної смоли або іншого реактопласту. Тканина-наповнювач може бути бавовняною, скляною (склотекстоліт), поліетилентерефталатною (лавсановий текстоліт), азбестовою (азботекстоліт), можуть бути використані також неткані матеріали.

Найбільш поширеним є текстоліт на основі бавовняної тканини. Цей пластик порівняно з гетинаксом має більш високі значення питомої ударної в'язкості, стійкості до зносу й опору розколювання при втисненні клина в торець дошки. Електричні властивості його приблизно такі самі, що й гетинаксу, однак вартість текстоліту в кілька разів перевищує номінальну вартість гетинаксу. Тому його доцільно застосовувати лише у



виробах, що зазнають ударних навантажень або стирання (деталі перемикачів та ін.).

У виробництві електротехнічного склотекстоліту використовують склотканину, виготовлену з алюмоборсилікатного скла з вмістом оксидів лужних металів не більше 0,5 %. Як зв'язуюче використовують кремнійорганічні лаки або композиції на основі кремнійорганічних і епоксидних смол. Виготовляють також фольгований склотекстоліт, що порівняно з фольгованим гетинаксом має більш високу стійкість до підвищених температур і вологості. Електрична міцність склотекстоліту майже в три рази вища, ніж текстоліту з бавовняної тканини.

До просочених волокнистих електроізоляційних матеріалів належать лакотканини, лакопапери, електроізоляційні стрічки. Отримують ці матеріали шляхом просочення електроізоляційними лаками або спеціальними сумішами волокнистих матеріалів (тканин, паперу, стрічок) природних і синтетичних, рослинного і тваринного походження, органічних і мінеральних.

При просочуванні пори волокнистих матеріалів заповнюються електроізоляційною сумішшю, у результаті чого підвищується електрична міцність і теплопровідність, знижується гігроскопічність. У ряді випадків підвищується нагрівостійкість.

Для просочування використовують лаки олійні (клас нагрівостійкості *E*), бітумно-олійні (класи нагрівостійкості залежно від природи об'єкта, що просочується, *A*, *E*, *B*), поліефірноепоксидні (клас нагрівостійкості *E*), кремнійорганічні (клас нагрівостійкості *H*) тощо.

*Електроізоляційні лаки, емалі і компаунди.* Лаки, емалі і компаунди – це багатокомпонентні матеріали, що перебувають при виготовленні ізоляції в рідкому, а в готовій ізоляції – у твердому стані. За призначенням лаки поділяються на просочувальні, покривні і склеювальні.

Просочувальні лаки застосовують для просочення пористої і, зокрема, волокнистої ізоляції (паперу, тканини, ізоляції обмоток апаратів і електромашин). Після просочення збільшується електрична міцність і теплопровідність ізоляції, знижується гігроскопічність. При просочуванні органічної волокнистої ізоляції зростає також нагрівостійкість, оскільки зменшується вплив кисню повітря. До просочувальних лаків належать лаки кремнійорганічні (КО-921, КО-810), олійно-бітумні (БТ-980, БТ-987), олійно-гліфталеві (ГФ-95) тощо. Букви вказують на хімічну природу основного компонента лаку, перша цифра – призначення лаку (9 – електроізоляційний), наступні цифри – порядковий номер лаку у відповідній групі.

Покривні лаки служать для утворення на поверхні виробів гладкої, блискучої, механічно міцної і вологостійкої плівки. Часто покривні лаки використовують для покриття попередньо вже просоченої пористої (волокнистої) ізоляції.

Деякі покривні лаки, так звані емаль-лаки, наносять не на поверхню твердого діелектрика, а безпосередньо на поверхню металу, утворюючи електроізоляційний шар (одночасно маючи антикорозійний захист). Якщо в покривний лак ввести пігмент – дрібнодисперсний неорганічний наповнювач, що є одночасно і барвником, – отримаємо емаль.

Як покривні лаки застосовують кремнійорганічний лак (КО-928, КО-938В та ін.), поліуретановий (ВУЛ-1), оливний (ОЛ-1), поліамідний (АД-9113), полімідний (ПАК-1). Застосовують емаль-лаки на полівінілацетатній основі (ВЛ-941).

Склеювальні лаки застосовують для склеювання листів твердих діелектричних матеріалів, наприклад у виробництві міканітів – листочків розщепленої слюди. Використовують ці лаки також для склеювання твердих діелектриків з металами. Основні вимоги, що висуваються до цих

лаків, – висока адгезія до матеріалів, що склеюються, гарні механічні та електричні властивості.

До склеювальних лаків відносять клей на основі фенолоформальдегідних смол (БФ-2, БФ-4 і БФ-6), поліуретановий клей (ПУ-2), епоксидний гарячого затвердіння (ЕП, ЕПР), холодного затвердіння (ВС), епоксидно-кремнійорганічний холодного затвердіння (К-400) та ін.

Електроізоляційні лаки за режимом сушіння поділяються на лаки гарячого (вище 70 °С) і холодного (20 °С) сушіння. Лаки гарячого сушіння, як правило, мають більш високі електричні і механічні властивості.

*Компаунди* – це електроізоляційні просочувальні і заливальні суміші, що складаються з різних смол, бітумів, олій та ін. Ці суміші не містять розчинника. У момент застосування при нормальній або підвищеній температурі компаунди перебувають у рідкому стані. Потім компаунди тверднуть у результаті охолодження або перебігу хімічних процесів. За механізмом затвердіння компаунди поділяються на термопластичні (на основі бітумів, церезину тощо), що працюють при низьких температурах, і терморективні (на основі метакрилової кислоти, поліуретанів, епоксидних смол тощо), використовувани для роботи при підвищених температурах.

Компаунди залежно від призначення поділяються на просочувальні і заливальні. Особливу групу становлять порошкоподібні компаунди, що застосовуються для напилення ізоляції. Компаунди виробляють на основі синтетичних смол, бітумів, воскоподібних діелектриків. Для поліпшення механічних властивостей до них вводять пластифікатори, затверджувачі і наповнювачі (кварцове борошно, тальк тощо).

Компаунди застосовують для просочення обмоток електричних машин [15, 25], трансформаторів і дроселів, заливки радіосхем і приладів, герметизації різних вузлів, виготовлення литої ізоляції тощо.

Слюда і матеріали на її основі. Слюда – це природний кристалічний мінерал, що має хороші діелектричні властивості і високу нагрівостійкість. Її характерною особливістю є шарувата структура й анізотропія властивостей. Кристаліти слюди легко розщеплюються за поверхнями спайності на пластинки товщиною 0,5-5 мкм і більше.

Відомі кілька десятків різновидів слюди. Усі вони за хімічним складом є водними алюмосилікатами. В електроізоляційній техніці застосовують два види слюди: мусковіт, склад якого приблизно виражений формулою  $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ , і флогопіт –  $K_2O \cdot 6MgO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ . Фактично склад слюди може істотно змінюватися; до неї можуть входити й інші оксиди ( $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$ ).

Мусковіти за електричними властивостям кращі, ніж флогопіти. У них більш висока механічна міцність, твердість, гнучкість і пружність. Однак у флогопіту більш висока нагрівостійкість і, що дуже важливо для ізоляції колекторних пластин електромашин, практично однакова з міддю стираність. Колекторний міканіт (дивись нижче) на основі флогопіту стирається одночасно з міддю, тому не потрібно проводити «продорожування» колектора.

При нагріванні кристалізаційна вода починає виділятися в мусковіту при температурі 500...600 °С, а у флогопіту – при 800...900 °С. Слюда при цьому спучується в результаті розшарування, втрачає прозорість, електричні, і механічні властивості різко погіршуються. При температурі 1260...1330 °С слюда плавиться.

Крім слюди природної, набула поширення слюда синтетична – фторфлогопіт, яка відрізняється від флогопіта тим, що в її кристалічній решітці гідроксильні групи  $OH$  заміщені іонами фтору  $F$ . Фторфлогопіти мають більш високі нагрівостійкість (до 1000 °С) та електричні властивості і є більш стійкими хімічно.

*Мікалекси* - пресована маса, у якій зв'язуючим є легкоплавке скло (борно-свинцеве або борно-баритове), а наповнювачем – порошкоподібний мусковіт. Пресування проводиться при температурі розм'якшення скла – близько 600 °С і тиску 50...70 МПа, при цьому скло хімічно взаємодіє з поверхнею слюди.

*Міканіти* є композиційним матеріалом листової або рулонної будови, що виготовляють шляхом склеювання окремих пластинок щипаної слюди за допомогою склеювального лаку або сухої смоли, іноді з застосуванням волокнистої підкладки з паперу або тканини. Підкладка наклеюється з одного або з обох боків, збільшуючи міцність матеріалу на розрив і ускладнюючи відшаровування пластинок слюди при вигинанні матеріалу. Класифікують міканіти за допомогою двох або трьох букв і цифри. Перша буква позначає тип міканіту: К – колекторний, П – прокладний, Ф – формувальний, М – мікафолій, Г – гнучкий, Л – мікострічка. Друга буква характеризує вид слюди: М – мусковіт, Ф – флогопіт, С – суміш мусковіту і флогопіту. Третя і подальші букви і цифри вказують на вид склеювальної речовини і додаткові характеристики матеріалу.

За нагрівостійкістю міканіти при використанні звичайних склеювальних речовин і органічних підкладок належать до класу *B* (130 °С), при застосуванні спеціальних склеювальних речовин і неорганічних підкладок (склотканини, склосітки) – до класу *F* (155 °С) і *H* (180 °С).

*Колекторний міканіт* (К) виготовляють зі слюди флогопіту, що легше стирається. Як зв'язуюче беруть шелак, гліфталеву або іншу смолу в мінімальній кількості (до 4 %). Міканіт К має хороші механічні властивості і малу усадку. Його використовують як ізоляцію мідних колекторних пластин (міжпластинна ізоляція) електричних машин.

*Прокладний міканіт* (П) виробляють зі слюди мусковіту, флогопіту або їхній суміші. Як зв'язуюче використовують шелак, гліфталеву або кремнійорганічну смолу. Вміст слюди в міканіті П становить 80...97 %. Застосовують його для виготовлення різних електроізоляційних прокладок, шайб та ін.

*Формувальний міканіт* (Ф) виготовляють у вигляді листів товщиною від 0,1 до 0,5 мм з вмістом слюди 80...95 %, решта зв'язуючі – шелак, гліфталева або кремнійорганічна смола. При нормальній температурі міканіт Ф твердий, проте при нагріванні розм'якшується і стає здатним набувати заданої форми, що при охолодженні зберігається. Застосовують його для виготовлення колекторних манжет (ізоляція колектора від вала в електромашин), каркасів котушок, фланців, трубок та інших фасонних виробів.

*Мікафолій* (М) є різновидом формувального міканіту. Виготовляють його з флогопіту або мусковіту. Як зв'язуюче використовують гліфталевий, шелачний, поліефірний або кремнійорганічний лак. Вміст слюди в ньому не менше 45...50 %. Має з одного боку підкладку з паперу, склотканини або склосітки. Застосовують для ізоляції стрижнів якірних обмоток машин високої напруги, де потрібні великі зусилля під час намотування.

*Гнучкий міканіт* (Г) отримують на основі мусковіту або флогопіту у вигляді листів товщиною від 0,15 до 0,50 мм. Як зв'язуюче застосовують олійно-бітумні, олійно-гліфталеві або кремнійорганічні лаки. Вміст слюди (без підкладок) становить 75...90 %. Випускають також гнучкі міканіти на підкладці, тобто обклеєні з обох боків папером; вміст слюди в них не менше 50 %. Ці міканіти мають гнучкість і використовуються як ізоляція обмоток секцій, гнучких прокладок, пазової ізоляції тощо електричних машин і апаратів.

*Мікострічка* (Л) – різновид гнучкого міканіту. Отримують з великих пластин слюди, склеєних в один шар з перекриттям приблизно на одну третину. Має з одного або обох боків підкладки з паперу, склотканини або склосітки. Мікострічки випускаються товщиною 0,10; 0,12; 0,15 і 0,17 мм і шириною від 10 до 35 мм. Є одним з основних видів ізоляції електричних машин високої напруги. Зберігають у закритій металевій тарі, заповненій насиченою парою відповідного лакового розчинника. Якщо мікострічка пересохла, її необхідно витримати в парах лакового розчинника.

*Слюдиніт* (за кордоном – саміка) і слюдопласти виготовляють за допомогою папероробних машин, тому їх також називають слюдяними паперами. На відміну від міканітів, їхнє виробництво максимально механізоване і практично виключає ручну працю. Виготовляють слюдиніти і слюдопласт з подрібненої спеціальним методом очищеної вихідної (нещипаної) слюди мусковіт або флогопіт чи їхніх відходів. При подрібненні слюди утворюються пластинки (лусочки) товщиною до 1 мкм, довжиною і шириною близько десятих часток міліметра. З маси подрібненої слюди і води (пульпи) за допомогою папероробної машини отримують слюдинітовий папір товщиною від 10 до 150 мкм для виробництва слюденіту або товщиною від 40 до 200 мкм – для слюдопластів. Отриманий матеріал просочують зв'язуючим на основі смоли епоксидної, кремнійорганічної або ін.

*Електроніт і азбестоцемент* – матеріали на основі азбесту. Електроніт – це пластмаса, де наповнювачем є азбестове волокно, а зв'язуючий – каучук. Випускають електроніти в листах товщиною від 0,1 до 6 мм. Нагрівостійкість електроніту – клас В (130 °С). Застосовується він у низьковольтній апаратурі як втулки, прокладки та ін.

*Азбестоцемент* – неорганічна пластмаса, де наповнювачем є азбестове волокно, а зв'язуючим – портландцемент. Азбестоцемент має непогані механічні властивості і високу нагрівостійкість (у непросоченого

понад 220 °С), іскро- і дугостійкість. Завдяки останньому широко використовується у виробництві іскро- і дугогасильних камер і перегородок.

### **5.3.1. Ізоляційні матеріали для ремонту електричного обладнання та електричних машин локомотивів**

В електричних машинах магістральних тепловозів і електровозів, що випускаються у наш час, застосовують ізоляцію підвищеної нагрівостійкості класів *F* та *H* з гранично допустимими температурами нагрівання відповідно 155 і 180 °С. Нові види ізоляції впроваджують також при капітальних ремонтах електричних машин, виготовлених раніше [15, 24, 25].

Для корпусної ізоляції замість мікострічки використовують склослюдинітову стрічку ЛЗ-ЕП-934-Тпл товщиною 0,1 мм. Цю стрічку виготовляють зі слюдинітового паперу марки СБ-1, просоченого в поліефірно-епоксидному лаку ЕП-934. Цим же лаком до слюдинітового паперу з одного боку підклеюють склотканину марки 325, з другого – поліетилентерефталатну плівку. Стрічку накладають з перекриттям у половину ширини в чотири шари на котушку якоря та один шар – на зрівнювач.

Виткову ізоляцію підсилюють шляхом додаткової ізоляції середніх провідників фторопластовою або лавсановою плівкою або установленням між витками прокладок з мікострічки ЛФЧ-ББ-0,13.

Покривну ізоляцію катушок якоря і зрівнювачів виконують електроізоляційною скляною стрічкою ЛЕС товщиною 0,1 мм з перекриттям у половину ширини.

Для захисту катушок від механічних пошкоджень на виході з паза пакета якоря встановлюють ізоляційні гільзи, а при укладанні катушок паз вистилають плівко-склолакотканиною Г-ТТ-2Г1л товщиною 0,17 мм або



ізофлексом. Плівко-склолакотканину виготовляють з двох шарів поліетилентерефталатної плівки, армованої між шарами склотканиною.

Задню натискну шайбу обпресовують склотканиною ПС-ІФ/ЕП-Е. Як бандаж для кріплення лобових частин обмотки застосовують склобандажну стрічку ОСБ-Б товщиною 0,2 і шириною 20 мм. У пазах котушки закріплюють клинами зі склотекстоліту марки СТЕФ-1. Обмотаний якір просочують у лаку ФЛ-98 і покривають емаллю ГФ-92-ГС.

Для захисту котушок від механічних пошкоджень на виході з паза пакета якоря встановлюють ізоляційні коронки, виготовлені з просоченої склотканини ПС-ІФ/ЕП. Для полегшення видалення головки коронки після укладання обкладинки у коронці передбачено проріз.

Виткову ізоляцію котушок головних і додаткових полюсів виконують азбестовою стрічкою ЛАЕ товщиною 0,4 мм, просоченою в лаку ГФ-95, корпусну ізоляцію – склослюдинітовою стрічкою ЛС-ЕК-5-тпл товщиною 0,13 мм в три шари з перекриттям у половину ширини.

Як покривну ізоляцію використовують термоусадочну лавсанову стрічку, що має усадку після термообробки 10 %. Застосування цієї стрічки дає змогу виключити операцію гідростатичного обпресування котушок після накладання корпусної ізоляції.

При ремонті епоксидними сумішами відновлюють склопластикові електроізоляційні деталі. В експлуатації опорні ізолятори струмоприймача і роз'єднувача РВН-1, кронштейни і пальці щіткотримачів тягових двигунів, стрижні пневматичних контакторів та інші деталі зі склопластиків, прес-матеріалу АГ-4 і ДСВ можуть пошкоджуватися від дії електричної дуги, а також в окремих випадках мати сліди перекриття або пробою електричним струмом. Зустрічаються деталі, що мають на своїй поверхні неглибокі тріщини (до 1 мм), незначні розшарування і відколи.

Ці дефекти усувають застосуванням епоксидних компаундів у такій послідовності. Після очищення деталі від пилу і бруду протирають

закопчені місця чистою ганчіркою або серветками, змоченими в бензині. Обробляють дефектне місце на поверхні деталі на стругальному, фрезерному, токарному верстатах або вручну слюсарним інструментом до появи чистого шару склопластику, обдувають стисненим повітрям і очищену поверхню знову знежирюють. Епоксидний компаунд готують такого складу, у вагових частинах: епоксидна смола – 100, кварцове борошно (наповнювач) – 300, метафенілендіамін (затверджувач) – 20. Компаунд наносять шпателем на підготовлені поверхні тонким шаром 0,3...0,5 мм і деталь витримують 24 год при температурі 10...20 °С і 5...6 год у сушильній камері при 100...120 °С.

Затверділий компаунд на поверхні деталі зачищають скляною шліфувальною шкуркою № 25 і полірують повстяним кругом без пасти. Відремонтовані деталі перевіряють на електричну міцність відповідно до вимог технічної документації [24-27].

## Запитання для підготовки до модульного контролю

1. Для чого застосовують охолодну воду в системі ДВЗ?
2. Які вимоги висуваються до охолодних рідин?
3. Чому для охолодження двигунів тепловозів застосовують воду?

Назвіть недоліки води як охолодної рідини.

4. Наведіть перелік типів природних вод.
5. Назвіть фізичні, хімічні та бактеріологічні (санітарні) показники якості води.
6. Що таке водневий показник  $pH$ , сухий залишок, окиснюваність води?
7. Розкрийте поняття хлоридів, сульфатів, силікатів і завислих речовин у складі води.
8. Що таке жорсткість води і як вона визначається? Назвіть види жорсткості води.
9. Назвіть способи пом'якшення жорсткої води.
10. Що таке накип, чим він викликається?
11. Назвіть види накипу. Дайте їм характеристику.
12. Наведіть методи боротьби з утворенням відкладень і накипу.
13. Що таке корозія, ерозія та кавітація металів?
14. Назвіть методи захисту металу від корозії.
15. Назвіть фізичні засоби покращення якості природних вод.
16. Назвіть хімічні засоби покращення якості природних вод.
17. Опишіть процеси пом'якшення води. Назвіть методи пом'якшення.
18. Назвіть методи обезсолювання води.
19. Для чого застосовують магнітну обробку води?
20. Які вимоги до води, що застосовується для приготування охолодної води в системах тепловозних двигунів внутрішнього згорання?

21. Які компоненти антикорозійних присадок вводять до приготованої охолодної води?
22. Чим відрізняється охолодна вода для двигунів зі сталевими блоками і блоками з алюмінієвих сплавів?
23. Назвіть основне обладнання для приготування охолодної води.
24. Які присадки застосовуються для покращення якості охолодної води двигунів внутрішнього згорання?
25. Дайте перелік інших охолодних рідин.
26. Назвіть асортимент і маркування антифризів. У чому полягають переваги та недоліки антифризів?
27. Що потрібно доливати в систему охолодження двигуна, коли рівень антифризу в ній нижчий від норми?
28. Як контролюється якість охолодної води під час експлуатації?
29. Для яких цілей, крім охолодження двигунів, використовується вода в локомотивному господарстві?
30. Який механізм дії води як домішки до палива? Назвіть способи застосування води як домішки до палива.
31. Які додаткові заходи застосовуються для підготовки води, якщо вона використовується як питна та для побутово-господарських цілей?
32. Назвіть основні джерела забруднення води в локомотивному господарстві.
33. Назвіть основні методи очищення води, що була використана в технологічних цілях локомотивного господарства.
34. Наведіть основні вимоги до забезпечення охорони праці при приготуванні та застосуванні охолодної води.
35. З якою метою застосовують пісок для ТРС?
36. За рахунок чого можливо підвищити коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою?
37. Коли застосовують пісок під час руху потягів?

38. Назвіть основні складові технічних вимог до піску для локомотивів.
39. У якому стані застосовують пісок для локомотивів?
40. Назвіть склад піску за фракціями.
41. Яка вологість піску допускається при подачі його на локомотиви?
42. У яких частинах локомотивів відбирають проби піску для контролю вологості?
43. У яких місцях відбирають проби піску з рухомого складу та штабелів?
44. Як визначають глинисту складову піску, її значення?
45. Як визначають зерновий (фракційний) склад піску?
46. Які розміри зерен піску вважаються найкращими?
47. Як визначають вологість піску?
48. Як визначають вміст кварцу в піску?
49. Які вимоги з охорони праці та пожежної безпеки висуваються при приготуванні та подачі піску на локомотиви?
50. Для чого служать ЛФМ?
51. Основні вимоги до лакофарбового покриття.
52. Назвіть основні елементи лакофарбового покриття.
53. Перелічіть основні вимоги до шару ґрунтовки.
54. Перелічіть основні вимоги до шпаклювальних матеріалів.
55. Перелічіть основні вимоги до фарб та емалей для локомотивів.
56. Як класифікуються ЛФМ?
57. Які основні операції передбачає типова технологія фарбування локомотива?
58. З якою метою при фарбуванні використовуються розчинники?
59. Для яких цілей виконується знежирення поверхонь перед фарбуванням?

60. Для яких цілей виконується фосфатування поверхонь перед фарбуванням?
61. Що таке клеї і як їх поділяють?
62. Які експлуатаційні властивості мають клеї?
63. Що входить до складу клеїв і які переваги і недоліки мають клейові сполуки?
64. Опишіть асортимент клеїв.
65. Який конструкційний матеріал прийнято називати пластичною масою?
66. Перелічіть основні інгредієнти, що входять до складу пластичних мас.
67. Назвіть основні види пластичних мас, вкажіть їхні особливості.
68. Які основні фізико-механічні властивості має гума і якими показниками оцінюються ці властивості?
69. З яких компонентів складається гума?
70. Які ви знаєте каучуки і які вони мають властивості?
71. Що таке вулканізація гуми?
72. Розкажіть про особливості експлуатації гумових виробів.
73. Розкажіть про призначення, асортимент і вимоги до матеріалу ущільнювача.
74. Назвіть основні види прокладок, що використовують при ремонті локомотивів.
75. Що таке віброізоляційні матеріали?
76. Що таке шланги і рукави та які вимоги до них?
77. Які електроізоляційні матеріали є основними та де вони застосовуються?
78. Наведіть вимоги до збереження яскравості ДФЕ.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ASTM D4985-10 (2015). Standard Specification for Low Silicate Ethylene Glycol Base Engine Coolant for Heavy Duty Engines Requiring a Pre-Charge of Supplemental Coolant Additive (SCA). Publication Date 01.05.2015. West Conshohocken: ASTM International, 2015. 5 p.
2. EMD 645E turbocharged engine. Fuels: посібник з технічного обслуговування двигуна. Electro-Motive Division Of General Motors. La Grange: General Motors, 2000. 6 с.
3. Fuels, Lubricants and Coolants for MAN Industrial and Marine Diesel Engines: вантажні автомобілі, вбудовані агрегати і залізничний транспорт. 51.99589–8001. Мюнхен : MAN Nutzfahrzeuge Gruppe, 2005. 119 с.
4. Бабанін О. Б. Жалкін Д. С. Жалкін С. Г. Основи експлуатації локомотивів: навч. посіб. Харків : УкрДУЗТ, 2020. 265 с.
5. Баран Б. А. Фізико-хімічне обґрунтування дії магнітного поля на водні розчини для розробки систем техногенно-екологічної безпеки: дис. ... д-ра наук: 21.06.01 – екологічна безпека. Хмельницький: ХНУ, 2006. 326 с.
6. Методичні вказівки до самостійного вивчення теми «Застосування полімерів на залізничному транспорті» / М. І. Ворожбіян, Л. А. Катковнікова, О. В. Присяжний, С. О. Кисельова. Харків: УкрДУЗТ, 2011. 25 с.
7. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л., Бордюженко О. М. Довідник з будівельного матеріалознавства: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2011. 438 с.
8. ДСТУ 31365:2008. Покриття лакофарбові електровозів і тепловозів магістральних залізниць колії 1520 мм. Технічні умови: чинний з 01.01.2009 р. Київ: Держпотребстандарт України, 2010. 32 с.
9. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості: чинний з 2015-02-01. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 30 с.

10. ДСТУ Б В.2.7-131:2007. Будівельні матеріали. Пісок кварцовий. Технічні умови: чинний з 2008-01-01. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. 17 с.

11. Жалкін Д. С., Жалкін С. Г. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи «Властивості експлуатаційних матеріалів» з дисципліни «Експлуатаційні матеріали» для студентів спеціальності 273 заочної форми навчання. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 26 с.

12. Зразкова інструкція з охорони праці для екіпірувальника пунктів екіпірування локомотивних депо: затв. Укрзалізницею; Наказ 9-Ц від 15.01.2003 р. Київ: Укрзалізниця, 2003. 9 с.

13. Інструкція з забезпечення пожежної безпеки на локомотивах та моторвагонному рухомому складі: ЦТ-0067: затв. наказом Міністерства транспорту України від 04.03.2003 р. № 61-Ц. Київ: Укрзалізниця, 2005. 117 с.

14. Інструкція по приготуванню і застосуванню води для охолодження двигунів тепловозів і дизель-поїздів: ЦТ-0047: затв. М-вом трансп. та зв'язку України Наказом 171-Ц від 05.04.2002 р. Київ: Укрзалізниця, 2002. 33 с.

15. Колесов С. Н., Колесов І. С. Електротехнічні та конструкційні: підруч. для студ. електротехн. та електромеханіч. спеціальностей вишів. Київ: Транспорт України, 2002. 384 с.

16. Колосюк Д. С., Зеркалов Д. В. Експлуатаційні матеріали: підручник. Вид. 2-ге, доп. Київ: Арістей, 2005. 241 с.

17. Локомотив серії ЧМЕЗП: посіб. з технічного обслуговування / 4-8092-026-00. Чеська-Тршебова: CZ LOKO, 2004. 61 с.

18. Локомотивні двигуни серії 3500В: посіб. з експлуатації та технічного обслуговування / SRBU717904. Женева: Caterpillar, 2004. 147 с.

19. Марченко А. П., Рязанцев М. К., Шехов А. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння: серія підручників у 6 т. Т. 1: Розробка конструкцій



форсованих двигунів наземних транспортних машин: підручник /ред.: А. П. Марченко, А. Ф. Шеховцов. Харків: Прапор, 2004. 384 с.

20. Паливо, оливи, консистентні мастила, охолоджуючі рідини CAT®: рекомендації щодо застосування // SEBU625015. Мюнхен: Caterpillar, 2016. 12 с.

21. Пісок для пісочниць локомотивів, що прямують територією держав – учасниць Співдружності. Технічні вимоги: затв. Радою із залізничного транспорту 4-5.11.15. Астана: Транспорт, 2015. 20 с.

22. Полянський С. К., Коваленко В. М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин: підручник. Київ: Либідь, 2005. 504 с.

23. Посібник з експлуатації тепловоз ТЕ33АС // GEJ-700. Erie: GE Transportation, 2009. 154 с.

24. Правила капітальних ремонтів КР-1, КР-2 тепловозів серії М62, 2М62, М62У: ЦТ/4682, затв. Наказом Укрзалізниці № 690-ЦЗ від 13.12.2005 р. Київ: Укрзалізниця, 2005. 160 с.

25. Правила капітального ремонту КР-1, КР-2 електровозів змінного струму ВЛ80в/і, ВЛ82м: Наказ ЦТ-0134 / затв. Наказом Укрзалізниці від 16.03.2006 р. № 253-ЦЗ. Київ: Укрзалізниця, 2012. 313 с.

26. Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЕ116: № ЦТ-043; затв. Наказом Укрзалізниці № 075-Ц/од від 20.03.2013 р. Київ: Укрзалізниця, 2013. 301 с.

27. Правила технічного обслуговування та поточного ремонту тепловозів ЧМЕЗ, ЧМЕЗТ, ЧМЕЗЕ: ЦТ-0187; затв. Наказом Укрзалізниці № 367-Ц від 24.06.2009 р. Київ: Укрзалізниця, 2009. 160 с.

28. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України: офіц. текст: станом на 01 січня 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>. (Дата звернення: 16.07.2022).

29. Техніко-економічна документація № 620М // 0159-2: Рельсовий автобус 620М. Pojazdy PESA Bydgoszcz SA Holding Polska, 2008. 57 с.
30. Технічні умови на експлуатаційні матеріали: ТУ на експлуатаційні матеріали фірми MTU // A001062/02R. Німеччина: MTU, 2015. 38 с.
31. Хімічна корозія та захист металів: навч. посіб. / П. І. Стоєв, С. В. Литовченко, І. О. Гірка, В. Т. Грицина. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. 216 с.
32. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Мажейка О. Й. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Кн. 1. Паливо-мастильні матеріали і технічні рідини. Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. 353 с.
33. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Мажейка О. Й. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: Кн. 2. Системи забезпечення якості паливо-мастильних матеріалів. Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. 500 с.
34. Шадура В. О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення : навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2018. 343 с.

**Розрахунок кількості хімікатів  
для приготування охолодної води**

1. Розрахунок кількості біхромату калію ( $K_2Cr_2O_7$ ) за прийнятою (середньою) нормою

Розрахунок кількості біхромату калію для приготування визначеного об'єму води, а також розрахунок домішки біхромату до раніше приготовленої води, що містить занижений проти норми вміст ( $CrO_3$ ):

$$M_{K_2Cr_2O_7} = (C - C_1) \cdot 1,47 \cdot V, \quad (\text{Д.1.1})$$

де  $M_{K_2Cr_2O_7}$  – маса біхромату калію, г;

$C$  – прийнята (середня) концентрація  $CrO_3$ , мг/дм<sup>3</sup>;

$C_1$  – концентрація  $CrO_3$  у приготовленій воді за аналізом, мг/дм<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм води, що готується (чи приготовленої), м<sup>3</sup>;

1,47 – коефіцієнт перерахунку  $CrO_3$  на  $K_2Cr_2O_7$ .

Якщо замість біхромату калію буде застосовуватися хромат калію  $K_2Cr_2O_4$ , то до формули (Д.1.1) замість коефіцієнта 1,47 підставляють коефіцієнт 1,94, при застосуванні хромату натрію  $Na_2Cr_2O_7$  – коефіцієнт 1,62, при застосуванні біхромату натрію  $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$  – коефіцієнт 1,49.

2. Розрахунок кількості їдкого натру

Їдкий натр застосовується для одержання необхідної лужності води, застосовуваної для охолодження двигунів з чавунними чи силуміновими блоками.

При застосуванні біхромату калію їдкий натр витрачається також і на переведення біхромату в хромат за реакцією



Тому при застосуванні біхромату калію розрахунок необхідної кількості їдкого натру для одержання потрібної лужності проводиться за нижченаведеними формулами.

Розрахунок каустичної соди за наважкою біхромату проводиться за такою формулою:

$$V_{NaOH} = \frac{q \cdot 80}{c \cdot 294} = \frac{q \cdot 0,272}{c}, \quad (Д.1.2)$$

де  $V_{NaOH}$  – об'єм їдкого натру,  $дм^3$ ;

$q$  – наважка біхромату калію, г;

$c$  – концентрація їдкого натру,  $г/дм^3$ ;

0,272 – коефіцієнт відношення вагових кількостей їдкого натру і біхромату калію (за реакцією).

*Примітка.* При застосуванні хромату калію ( $K_2CrO_4$ ) їдкий натр не потрібен.

Після взаємодії біхромату калію з їдким натром, узятий згідно з розрахунком за формулою (Д.1.2), лужність води буде дорівнювати нулю, тобто вода буде забарвлюватися від 1–2 крапель 0,1 нормального розчину  $NaOH$  з індикатором фенолфталеїном. Для доведення лужності води, що готується, до норми (1,5–2,5 моль/ $м^3$ ), а також доведення до норми лужності раніше приготовленої води, що має лужність нижче 1,5 моль/ $м^3$ ,

необхідно додати їдкий натр, розрахунок кількості якого проводять за формулою

$$V_{NaOH} = \frac{V_B \cdot (a - b) \cdot 40}{c}, \quad (Д.1.3)$$

де  $V_{NaOH}$  – об'єм їдкого натру,  $дм^3$ ;

$V_B$  – об'єм води,  $м^3$ ,

$a$  – прийнята в депо лужність охолодної води (у межах норми),  $моль/м^3$ ;

$b$  – лужність води, що готується за аналізом,  $моль/м^3$ ;

$c$  – концентрація їдкого натру,  $г/дм^3$ ;

40 – молярна маса (грам-еквівалент) їдкого натру.

Вода з нульовою лужністю має забарвитися в рожевий колір від 1–2 крапель 0,1 нормального розчину  $NaOH$  з індикатором фенолфталеїном.

При застосуванні хромату калію ( $K_2CrO_4$ ) або натрію ( $Na_2CrO_4$ ) їдкий натр не додається.

Об'єднана формула для розрахунку загальної кількості рідкої каустичної соди, необхідної для одержання середньої лужності води при її приготуванні з конденсату,  $дм^3$ ,

$$V_{NaOH} = \frac{q \cdot 0,272 + V_B \cdot a \cdot 40}{c}, \quad (Д.1.4)$$

де  $V_{NaOH}$  – об'єм їдкого натру,  $дм^3$ ;

$V_B$  – об'єм води, що готується,  $м^3$ ;

$q$  - наважка біхромату калію,  $г$ ;

0,272 – коефіцієнт відношення вагових еквівалентів їдкого натру і біхромату калію;

$a$  – прийнята в депо лужність охолодної води, моль/м<sup>3</sup>;

$c$  – концентрація їдкого натру, г/дм<sup>3</sup>;

40 – молярна маса (грам-еквівалент) їдкого натру.

Якщо лужність приготовленої води виявиться вище 2,5 моль/м<sup>3</sup>, то її можна знизити до норми, додавши до води деяку кількість біхромату калію.

Розрахунок домішки біхромату калію для зниження лужності охолодної води до норми проводиться за формулою

$$M_{K_2Cr_2O_7} = \frac{V_B \cdot (b - a) \cdot 40 \cdot 294}{80} = V_B \cdot (b - a) \cdot 40 \cdot 3,675, \quad (\text{Д.1.5})$$

де  $M_{K_2Cr_2O_7}$  – наважка біхромату калію, г;

$V_B$  – об'єм приготовленої води, дм<sup>3</sup>;

$b$  – лужність приготовленої води за аналізом, моль/м<sup>3</sup>;

$a$  – необхідна лужність за нормою, моль/м<sup>3</sup>,

40 – молярна маса (грам-еквівалент) їдкого натру.

*Примітка.* Якщо концентрація  $CrO_3$  у воді близька до верхньої межі норми (1000 мг/дм<sup>3</sup>), то в цьому разі завищену лужність води знижують до норми не біхроматом, а розбавленням конденсатом.

Додавання хроматів лужності не знижує.

3. Розрахунок кількості нітриту натрію, необхідного при приготуванні визначеного об'єму охолодної води або доведення вмісту нітриту натрію до норми здійснюють за такою формулою:

$$M_{NaNO_2} = (C - C_1) \cdot V, \quad (\text{Д.1.6})$$

де  $M_{NaNO_2}$  – наважка нітриту натрію, г;

$C$  – прийнята в депо (за нормою) концентрація  $NaNO_2$  мг/дм<sup>3</sup>;

$C_1$  – концентрація  $NaNO_2$  в раніше приготовленій воді за аналізом, мг/дм<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм води, що готується, м<sup>3</sup>.

*Примітка.* При приготуванні нового об'єму охолодної води  $C_1=0$ .

4. Розрахунок кількості тринатрійфосфату за середньою нормою фосфорного ангідриду ( $P_2O_5$ ) при приготуванні води і доведенні вмісту  $P_2O_5$  до норми виконується за формулою

$$M_{Na_3PO_4 \cdot 12H_2O} = (c - c_1) \cdot V \cdot 5,35, \quad (\text{Д.1.7})$$

де  $M_{Na_3PO_4 \cdot 12H_2O}$  – наважка тринатрійфосфату, г;

$c$  – прийнята в депо (за нормою) концентрація фосфорного ангідриду, мг/дм<sup>3</sup>;

$c_1$  – кількість фосфорного ангідриду в раніше приготовленій воді за аналізом, мг/дм<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм води, що готується, м<sup>3</sup>;

5,35 – коефіцієнт перерахування  $P_2O_5$  на  $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ .

5. Розрахунок кількості силікату натрію

На 1 м<sup>3</sup> охолодної води (конденсату) потрібно вводити 1,25 кг скла натрієвого рідкого згідно з ГОСТ 13078, що містить 40 % силікату натрію і 1–1,5 кг нітриту натрію згідно з ГОСТ 19906.

Введення компонентів у бак для приготування охолодної води або в систему охолодження може провадитися в будь-якому порядку. Після введення обох компонентів слід перемішати охолодну воду.

*Примітки:*

1. При зниженні вмісту нітриту натрію нижче бракувальної норми слід додати його відповідно до норми (1000–1500 мг/дм<sup>3</sup>).

2. При зниженні лужності або вмісту силікату натрію нижче бракувальної норми в системах охолодження з чорних металів слід додати його по верхній межі норми (600 мг/дм<sup>3</sup>), у системах охолодження, що мають деталі з алюмінієвих сплавів, додавати силікат натрію варто відповідно до табл. Д.1.1.

Таблиця Д.1.1

Лужність, моль/м <sup>3</sup>	Домішка силікату натрію, мг/дм <sup>3</sup>
Вище 3,0	Силікат натрію не вводити до зниження лужності нижче 2,5 моль/м <sup>3</sup>
1,0–3,0	Силікат натрію доповнювати до 300 мг/дм <sup>3</sup>
Нижче 1,0	Довести вміст силікату натрію до 500 мг/дм <sup>3</sup>



## Бланк-довідка якості піску

Хіміко-технічна лабораторія \_\_\_\_\_

Пісок \_\_\_\_\_ родовища \_\_\_\_\_

Якість піску за даними аналізу проби цього пласта, відібраної

\_\_\_\_\_ (число, місяць, рік)

лаборантом \_\_\_\_\_ лабораторії \_\_\_\_\_

представником \_\_\_\_\_ постачальника \_\_\_\_\_

## А Зерновий склад

Показник	Робоча маса піску (за фракціями)					Пилоподібні частинки розміром менше 0,1 мм	
	Нормальний розмір сторони чарунки сита на світло, мм					Залишок у тазі	Глиниста складова
	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1		
Залишок піску на ситах, %							

## Б Мінералогічний склад

Кварц, %	Польовий шпат і інші мінерали, %

## В Хімічний склад

Втрати при прожарюванні %	Двооксид кремнію (кремнезем) $SiO_2$	Оксид алюмінію (глинозем) $Al_2O_3$	Решта складових піску, %

Керівник підприємства-постачальника \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ Підпис \_\_\_\_\_

Навчальний посібник

Жалкін Денис Сергійович

Жалкін Сергій Григорович

Пузир Володимир Григорович

та ін.

## ЛОКОМОТИВНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Частина 3

ВОДА, ПІСОК, ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ

Відповідальний за випуск О. О. Анацький

Редактор Ібрагімова Н. В.

---

Підписано до друку 11.11.2022 р.

Умовн. друк. арк. 6,75. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.