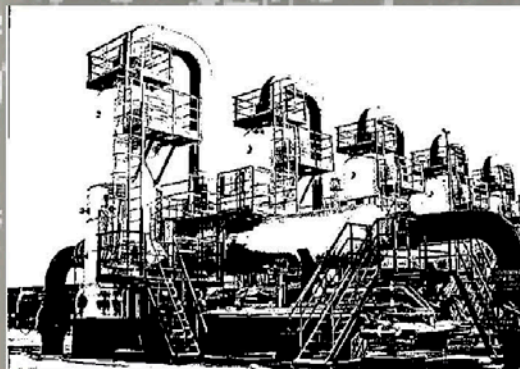


О. І. ЗАПОРОЖЕЦЬ, С. В. БОЙЧЕНКО, О. Л. МАТВЄЄВА,
С. Й. ШАМАНСЬКИЙ, Т. І. ДМИТРУХА, С. М. МАДЖД

ТРАНСПОРТНА ЕКОЛОГІЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК





ТРАНСПОРТНА ЕКОЛОГІЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва,
С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд**

ТРАНСПОРТНА ЕКОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою
Національного авіаційного університету

До 85-річчя Національного авіаційного університету

Київ 2017

УДК
ББК
М

Автори:

- О. І. Запорожець** – д. т. н., проф., директор інст. – розділ 4 (спільно з С. Й. Шаманським), розділ 6 (спільно з С. М. Маджд);
- С. В. Бойченко** – д. т. н., проф., зав. кафедри – вступ, розділ 9 (спільно з С. Й. Шаманським і Т. І. Дмитрухою), розділи 10-11 (спільно з С. Й. Шаманським);
- О. Л. Матвєєва** – к. т. н., доц., проф. кафедри – розділ 7 (спільно з С. М. Маджд), розділ 8 (спільно з Т. І. Дмитрухою);
- С. Й. Шаманський** – к. т. н., доц. кафедри – розділи 1, 3, розділ 2 (спільно з С. М. Маджд), розділ 4 (спільно з О. І. Запорожцем), розділ 9 (спільно з С. В. Бойченком і Т. І. Дмитрухою), розділи 10, 11 (спільно з С. В. Бойченком);
- Т. І. Дмитруха** – к. т. н., доц., доц. кафедри – розділ 5, розділ 8 (спільно з О. Л. Матвєєвою), розділ 9 (спільно з С. В. Бойченком і С. Й. Шаманським);
- С. М. Маджд** – к. т. н., доц., доц. кафедри – розділ 2 (спільно з С. Й. Шаманським), розділ 6 (спільно з О. І. Запорожцем), розділ 7 (спільно з О. Л. Матвєєвою).

Рецензенти:

- О. О. Вовк** – д. т. н., проф.
- В. П. Матейчик** – д. т. н., проф.
- Т. В. Криштоп** – к. т. н., с. н. с.

Рекомендовано Вченою радою Національного авіаційного університету (протокол №3 від 22 березня 2017 року)

Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – К.: НАУ, 2017. – 507 с.

У навчальному посібнику охарактеризовано найактуальніші проблеми раціонального природокористування, охорони природи і підвищення екологічної безпеки під час експлуатації транспортних засобів. Створено навчально-методичну базу для набуття студентами знань стосовно проблем у сфері природокористування та охорони навколишнього середовища, зокрема формування у студентів навичок аналізу й визначення ефективності природоохоронних заходів у транспортній галузі та оцінки екологічних збитків, що їх завдає природному середовищу антропогенна діяльність через експлуатацію транспортних засобів.

Для студентів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища».

ISBN

УДК
ББК
© Запорожець О. І., Бойченко С. В.,
Матвєєва О. Л. та ін., 2017

ЗМІСТ

Вступ	10
Розділ 1. Предмет та завдання транспортної екології	21
1.1. Основні поняття та визначення	21
1.2. Коротка характеристика різних видів транспорту	28
Питання для самоперевірки	31
Розділ 2. Єдина транспортна система України та її інтеграція у міжнародну систему транспортних коридорів	33
2.1. Поняття єдиної транспортної системи України	33
2.2. Структура єдиної транспортної системи України	36
2.3. Міжнародні транспортні коридори, що проходять через Україну	39
2.4. Національна мережа транспортних коридорів України	54
2.5. Європейські транспортні осі	57
Питання для самоперевірки	67
Розділ 3. Характеристика впливу об'єктів транспорту на навколишнє природне середовище	69
3.1. Види впливу об'єктів транспорту на навколишнє природне середовище	69
3.2. Основні забруднювачі на транспорті	79
3.3. Фізико-хімічні процеси на транспорті, що впливають на навколишнє природне середовище	80
3.3.1. Термодинамічні основи роботи теплових двигунів	80
3.3.2. Горіння вуглеводневих палив	88
3.3.3. Утворення токсичних речовин при горінні	95
3.3.4. Випаровування палива та експлуатаційних матеріалів	105
3.3.5. Зношування поверхонь	108
3.4. Утворення шкідливих речовин з продуктів згоряння в атмосфері	109
3.5. Забруднення від стаціонарних джерел на транспорті	111
3.6. Вплив викидів пересувних та стаціонарних джерел на навколишнє природне середовище та здоров'я людини	116
3.7. Шумовий вплив транспорту	131

3.7.1. Характеристики звукових хвиль	131
3.7.2. Фактори, що впливають на рівень транспортного шуму	144
3.7.3. Особливості впливу шуму на організм людини .	147
3.8. Екологічні наслідки аварій на транспорті	154
3.9. Екологічні проблеми транспортних тунелів	157
Питання для самоперевірки	159
Розділ 4. Характеристика впливу на навколишнє природне середовище автомобільного транспорту	162
4.1. Класифікація автомобільного транспорту	162
4.2. Автомобільний транспорт як джерело забруднення навколишнього природного середовища	164
4.3. Вплив рухомого складу автотранспорту на навколишнє природне середовище	166
4.3.1. Викиди під час роботи двигунів автомобілів	167
4.3.2. Шум на автотранспорті	168
4.3.3. Вібрації на автотранспорті	176
4.3.4. Електромагнітне випромінювання автомобілів . .	177
4.3.5. Забруднення продуктами зношування автотранспортних засобів	180
4.4. Експериментальне визначення екологічних показників автомобільних двигунів	181
4.5. Вплив властивостей паливномастильних матеріалів на екологічні показники автомобільних двигунів	188
4.6. Вплив технічного стану автомобіля на його екологічні показники	192
4.7. Екологічні вимоги до підприємств дорожнього господарства	196
4.8. Відходи автотранспортних підприємств	197
4.9. Вплив автомобільних доріг на навколишнє природне середовище	201
4.9.1. Характеристика автомобільних доріг України . .	201
4.9.2. Основні напрямки і форми впливу доріг на навколишнє середовище	205
4.9.3. Вплив дорожнього покриття на витрату пального автомобілем	208
4.9.4. Забруднення придорожніх територій автомобільних доріг	213

4.10. Підвищення екологічної безпеки при експлуатації автомобільного транспорту	216
4.10.1. Технічні заходи зі зменшення негативного екологічного впливу автотранспорту	216
4.10.2. Організаційні заходи зі зменшення негативного екологічного впливу автотранспорту	237
4.10.3. Заходи зі зниження негативного екологічного впливу автодоріг на навколишнє природне середовище	244
Питання для самоперевірки	249
Розділ 5. Характеристика впливу на навколишнє природне середовище залізничного транспорту	251
5.1. Огляд залізничного сектора України	251
5.2. Характеристика залізниць України	254
5.3. Вплив рухомого складу залізничного транспорту на навколишнє природне середовище	261
5.3.1. Вплив магістральних тепловозів на навколишнє природне середовище	262
5.3.2. Вплив маневрових тепловозів та тепловозів промислового залізничного транспорту на навколишнє природне середовище	264
5.3.3. Вплив шляхової залізничної техніки на навколишнє природне середовище	265
5.4. Вплив стаціонарних джерел залізничного транспорту на навколишнє природне середовище	266
5.4.1. Основні фактори впливу стаціонарних джерел залізничного транспорту	266
5.4.2. Вплив підприємств з переробки щебеню на навколишнє природне середовище	267
5.4.3. Вплив рейково-зварювальних підприємств на навколишнє природне середовище	271
5.4.4. Вплив вагоноремонтних, локомотиворемонтних та ремонтно-механічних заводів на навколишнє природне середовище	272
5.4.5. Вплив шпалопросочувальних заводів на навколишнє природне середовище	283
5.4.6. Вплив вагонних і локомотивних депо на навколишнє природне середовище	284

5.5. Утворення стічних вод на підприємствах залізничного транспорту	286
5.6. Інші забруднення, що утворюються на підприємствах залізничного транспорту	291
5.7. Зниження негативного впливу на навколишнє середовище виробничих процесів на стаціонарних об'єктах залізничного транспорту	292
5.8. Зниження негативного впливу на навколишнє природне середовище під час експлуатації рухомого складу залізничного транспорту	294
5.9. Утилізація відходів залізничного транспорту	295
5.10. Загальні екологічні вимоги до об'єктів залізничного транспорту	296
Питання для самоперевірки	297
Розділ 6. Характеристика впливу на навколишнє природне середовище авіаційного транспорту	299
6.1. Коротка історична довідка про розвиток авіації	299
6.2. Характеристика сучасного авіаційного транспорту України	301
6.3. Технічно-експлуатаційні властивості авіаційного транспорту	303
6.4. Вплив наземних джерел авіаційного транспорту на навколишнє природне середовище	307
6.4.1. Викиди шкідливих речовин при експлуатації підприємств авіапаливозабезпечення	308
6.4.2. Способи зниження екологічної небезпеки від викидів парів нафтопродуктів	313
6.4.3. Витікання нафтопродуктів на підприємствах паливозабезпечення та методи їх скорочення	318
6.5. Вплив повітряних джерел авіаційного транспорту на навколишнє природне середовище	324
6.5.1. Загальна характеристика викидів шкідливих речовин літаками	324
6.5.2. Викиди шкідливих речовин маршевіми двигунами літаків	328
6.5.3. Простий метод розрахунку викидів маршевіми двигунами літаків	334
6.5.4. Детальний метод розрахунку викидів	

маршевыми двигунами літаків	336
6.5.5. Розрахунок викидів шкідливих речовин допоміжними силовими установками	339
6.5.6. Розрахунок викидів шкідливих речовин при наземних операціях в аеропортах	340
6.6. Оцінювання стану атмосфери в районі аеропорту за аналізом опадів	341
6.7. Особливості забруднення ґрунтів авіаційним транспортном	342
6.8. Особливості забруднення вод авіаційним транспортном	344
6.9. Енергетичні забруднення від авіаційного транспорту	347
6.9.1. Електромагнітне забруднення від авіаційного транспорту	347
6.9.2. Шумове забруднення від авіаційного транспорту	350
6.10. Елементи управління природоохороною діяльністю на авіаційному транспорті	358
Питання для самоперевірки	364
Розділ 7. Характеристика впливу на навколишнє природне середовище водного транспорту	366
7.1. Характеристика річкового транспорту України	366
7.2. Річкові порти України	374
7.3. Характеристика морського транспорту України	378
7.4. Морські порти України	383
7.5. Особливості впливі водного транспорту на стан довкілля	391
7.5.1. Особливості впливу рухомого складу водного транспорту на довкілля	392
7.5.2. Особливості впливу викидів стаціонарних джерел водного транспорту на довкілля	399
7.6. Заходи щодо попередження забруднення водного басейну	402
7.7. Методи ліквідації забруднень, спричинених водним транспортном	404
Питання для самоперевірки	406
Розділ 8. Характеристика впливу на навколишнє природне середовище трубопровідного транспорту	408
8.1. Призначення трубопровідного транспорту та його	

класифікація	408
8.2. Характеристика трубопровідного транспорту України	409
8.3. Екологічна безпека трубопровідного транспорту	415
Питання для самоперевірки	421
Розділ 9. Способи підвищення екологічної безпеки на	
транспорті	423
9.1. Заходи зі зниження негативного екологічного впливу	
транспортного комплексу	423
9.1.1. Використання альтернативних видів палива та	
енергії	423
9.1.2. Заходи із захисту від забруднень поверхневих	
та ґрунтових вод	431
9.1.3. Заходи із захисту навколишнього середовища	
при застосуванні протижелезних солей та	
гербіцидів	434
9.2. Заходи зі зниження негативного екологічного впливу	
при будівництві та експлуатації шляхопроводів	438
9.2.1. Охорона навколишнього природного	
середовища під час виконання земляних робіт	438
9.2.2. Охорона навколишнього природного	
середовища під час роботи з будівельними	
матеріалами	440
9.2.3. Запобігання ерозії на шляхопроводах	442
9.2.4. Заходи з охорони ландшафту, флори та фауни .	446
Питання для самоперевірки	449
Розділ 10. Природоохоронні заходи та управління	
екологічною діяльністю на транспорті	450
10.1. Групи природоохоронних заходів	450
10.2. Заходи щодо зниження впливу на навколишнє	
природне середовище пересувних та стаціонарних	
джерел забруднення на транспорті	451
10.3. Заходи щодо зниження шуму на транспорті	454
10.4. Заходи в зонах аварій транспортних засобів	460
10.5. Функції управління екологічною діяльністю	462
10.6. Екологічний облік	463
10.7. Екологічне страхування, ліцензування і сертифікація	467
Питання для самоперевірки	472
Розділ 11. Законодавча база та екологічна документація	

транспортного підприємства	473
11.1. Законодавча база з охорони навколишнього природного середовища на транспорті	473
11.2. Загальна характеристика екологічної документації	478
11.3. Екологічний паспорт транспортного підприємства	480
11.4. Акустичний паспорт транспортного підприємства	482
11.5. Відповідальність за екологічні правопорушення	483
Питання для самоперевірки	486
Література	487
Додаток	494

ВСТУП

Стрімкий розвиток науково-технічного прогресу з одного боку сприяє економічному зростанню та поліпшенню рівню життя, а з іншого – призводить до значних екологічних збитків внаслідок зростання техногенного навантаження на довкілля.

Вирішення екологічних проблем людства сьогодні є основним завданням у контексті Концепції Сталого розвитку.

Сучасне життя неможливе без транспортних послуг. Постійно розвивається уся транспортна інфраструктура. Такий розвиток неодмінно супроводжується негативним впливом на навколишнє середовище. Умови функціонування транспорту постійно ускладнюються. Процеси різної природи, що мають місце під час експлуатації транспортних засобів, потребують подальшого вивчення. Таке вивчення є необхідним для розуміння механізмів негативного впливу об'єктів транспорту на навколишнє середовище та прийняття грамотних і своєчасних інженерних рішень для його захисту від різних видів такого впливу.

Стан довкілля визначають як стан глобальної екологічної кризи. Визначальним для людства зараз є формування екологічної свідомості, культури й цілісного екологічного світогляду.

Екологічна освіта стає базовим знанням, необхідним для усіх спеціальностей технічного профілю, зокрема, транспортного.

На сьогодні у житті суспільства екологія інтенсивно розвивається та визначає своє місце. Сучасним світовим трендом є пріоритет і першочергова увага екологічним аспектам у вирішенні будь-яких соціально-економічних питань. Екологічний рух характеризується значним рівнем розвитку.

В історичному аспекті з появою людей на Землі почався вплив їх діяльності на кругообіг речовини та енергії в біосфері. Це сприяло зміні як процесів міграції речовин, так і зміні потоків енергії в навколишньому природному середовищі.

Із появою сільськогосподарського виробництва людство вийшло з чергової екологічної кризи, розширило свою екологічну нішу і продовжило розростатися чисельно, поширюючись планетою і витісняючи багатьох мешканців природного середовища. Цей процес суттєво активізувався після «революції

машин» у XVIII столітті і надзвичайно загострився в середині XX століття, поступово перетворивши біосферу на *техносферу*.

Техносфера – це сукупність штучних і природних об'єктів, створених або змінених цілеспрямованою діяльністю людини. Техносфера є складовою частиною біосфери, що з часом може перетворитись у ноосферу, що за теорією В. І. Вернадського має стати основною метою сучасного суспільства. Однак, на сьогодні, господарська діяльність людини зумовила деградацію та вичерпування природних ресурсів, що призвело до трансформації сформованих протягом багатьох мільйонів років матеріальних та енергетичних потоків на Планеті. Особливо швидко посилюється вплив людства на природні комплекси у зв'язку з розвитком технічної та технологічної діяльності людини – цей процес називають **техногенезом**. Іншими словами, **техногенез** – це нинішній етап еволюції біосфери, обумовлений технологічною діяльністю людини, наслідком якої є порушення біотичного кругообігу речовин і природної рівноваги екологічних систем.

Масштаби впливу суспільства на природу зростали так швидко, що людство поступово перетворилося у визначальну геологічну силу світового масштабу, що дедалі більше впливає на природні процеси (за Вернадським). Експлуатуючи природні ресурси, людство значною мірою погіршило умови власної життєдіяльності.

Стан навколишнього природного середовища нашої Планети у XXI ст. продовжує неухильно погіршуватись внаслідок щоразу більшого техногенного впливу. Людина і біосфера все більше втрачають спроможність адаптуватися до швидких глобальних змін. Окрім того, загострюється демографічна проблема, пов'язана як із зростанням чисельності населення, так і з обмеженістю природних ресурсів і життєвого простору на Земній кулі.

Внаслідок техногенезу катастрофічно збільшилося забруднення всіх компонентів довкілля – атмосферного повітря, води, ґрунтів та харчових продуктів. Людство вже втратило можливість виробляти продукцію промисловості, сільського господарства й продукти харчування, не завдаючи негативного впливу на довкілля. Використання ресурсів біосфери для забезпечення повсякденних потреб призводить до їх вичерпування, зміни природних ландшафтів, зникнення багатьох

видів живих організмів і забруднення довкілля відходами діяльності людини, обсяги яких також катастрофічно зростають.

Транспортний комплекс – одне з найпотужніших джерел забруднення навколишнього середовища. Транспорт належить до головних забруднювачів атмосферного повітря, водойм і ґрунту. Відбувається деградація і загибель екосистем під впливом транспортних забруднень, що особливо інтенсивні на урбанізованих територіях. Гостро постає проблема утилізації і переробки відходів, що виникають під час експлуатації транспортних засобів, в тому числі і після завершення строку їх служби. Крім того, транспорт – основне джерело шуму у містах, а також джерело теплового забруднення.

Гази, що виділяються внаслідок спалювання палива у двигунах внутрішнього згорання, містять більше 200 найменувань шкідливих речовин, у тому числі канцерогени. Нафтопродукти, залишки від стертих шин та гальмівних колодок, сипкі і пилові вантажі, хлориди, які використовують для посипання доріг взимку, забруднюють придорожні смуги та водні об'єкти.

Автомобільний транспорт є основним джерелом забруднення повітря у великих містах.

Шкідливі речовини, під час експлуатації автотранспорту, потрапляють у повітря з вихлопними газами, випарами з паливних систем, а також під час заправки автомобіля паливом. На викиди оксидів вуглецю (вуглекислий газ і чадний газ) впливає також рельєф дороги та режим і швидкість руху автомобіля. Наприклад, якщо збільшувати швидкість авто і різко зменшувати її під час гальмування, то у вихлопних газах кількість оксидів вуглецю збільшується у 8 разів. Мінімальна кількість оксидів вуглецю виділяється при рівномірній швидкості автомобіля 60 км/год.

Вихлопні гази накопичуються у нижніх шарах атмосфери, тобто шкідливі речовини знаходяться в зоні дихання людини. Тому автомобільний транспорт варто віднести до категорії найнебезпечніших джерел забруднення повітря поблизу автомагістралей.

Забруднення поверхні землі транспортними і дорожніми викидами накопичується поступово, у залежності від кількості автотранспорту, що проїжджає через трасу, дорогу, магістраль і зберігається дуже довго навіть після ліквідації дорожнього полотна

(закриття дороги, траси, магістралі або повна ліквідація шляху та асфальтного покриття).

Різні хімічні елементи, особливо метали, що накопичуються у ґрунтах, засвоюють рослини і через них по харчовому ланцюгу переходять в організм тварин і людини. Частина з них розчиняється і виноситься ґрунтовими водами, потім потрапляє в ріки, водойми і вже через питну воду може потрапити у людський організм.

Стрімкий розвиток авіаційного транспорту й зростання його ролі в житті людини не могло не вплинути на навколишнє середовище. Основний вплив авіації на довкілля полягає в акустичному забрудненні, а також у викиді газів в атмосферу, що призводить до зміни клімату й забруднення повітря.

Особливість викидів шкідливих речовин під час експлуатації авіаційного транспорту – це висота (як відомо, літаки в наш час літають на висоті 8–13 км). У результаті цього в різних формах змінюється склад атмосфери, як безпосередньо, так і непрямо. Безпосередній вплив: емісія вуглекислого газу, оксидів азоту (NO_x), водяної пари, незгорілих вуглеводнів (бензол, пропан, етан, ацетилен, метан та ін.), сульфатних часток і сажі. Непрямий вплив: утворення озону (O_3) в результаті ланцюга хімічних реакцій, схожих на утворення смогу. У нижньому шарі атмосфери озон – шкідлива речовина, що сприяє глобальному потеплінню.

Вихлопні гази двигунів літаків сприяють утворенню озонових дір. У верхню тропосферу та нижню стратосферу викидається величезна кількість водяної пари. Щодоби в ці шари атмосфери викидається від 10 до 30 т водяної пари. Оксиди азоту вступають в реакцію з озоном стратосфери, що призводить до руйнування цього шару, що захищає біосферу від жорсткого ультрафіолетового сонячного випромінювання.

У свою чергу збільшення вологовмісту повітряних мас сприяє появі хмар, а в приземному шарі за низьких негативних температур – виникненню туману (смогу). Викинута з двигуна літака водяна пара під впливом турбулентного обміну змішується з навколишнім повітрям, що призводить за низьких температур і високої вологості до конденсації й сублімації водяної пари. За наявності шарів інверсій обсяг водяної пари, що піднімається, розтікається, сприяючи утворенню великої пелени з хмар шароподібної форми. Спочатку хмарний слід має ширину кількесот

метрів, але, розтікаючись, збільшується до кількох кілометрів. Тобто, водяна пара, що викидається в атмосферу, може збільшувати кількість перистих хмар і їх вертикальну потужність.

Така зміна перистих хмар відбувається, як правило, під час інтенсивних польотів і призводить до зміни традиційного режиму сонячної радіації. Тобто збільшення кількості перистих хмар призводить до зростання температури повітря.

Забруднення нижньої стратосфери вище тропопаузи (висоти більш 9–11 км) впливає на фізико-хімічний склад стратосферного повітря. Частинки, викинуті на висоті 14 км, перебувають в стратосфері до одного місяця, а на висоті 22 км – до двох років. Це призводить до зменшення густини атмосферного озону і відповідно позначається на погодних умовах і кліматі Землі, викликає стихійні лиха. Витончення озонового шару є також негативним фактором для екології тваринного й рослинного світу, здоров'я людини.

З екологічної точки зору сучасний аеропорт (аеродром) можна розглядати ще й як комплекс випромінювання електромагнітної енергії, що чинить шкідливий вплив на навколишнє середовище і людину. До джерел випромінювання слід віднести радары, засоби зв'язку тощо. Найбільшою біологічною активністю володіють хвилі дециметрового, сантиметрового та особливо міліметрового діапазону. Медико-біологічні дослідження впливу СВЧ-опромінення на живі організми показали, що воно здатне порушувати (пригнічувати) діяльність центральної нервової системи, руйнувати білкові молекули, що містяться в крові, змінювати функції ендокринних органів людини. Негативний вплив електромагнітних випромінювань посилюється шумовим фактором.

Збільшення вантажопідйомності повітряних суден та інтенсивності польотів призвели ще й до підвищення рівня шумності в зонах розташування аеропортів (аеродромів).

Це далеко не повний перелік екологічних проблем, що виникають під час антропогенної діяльності через експлуатацію авіаційної техніки.

В Україні розвиваються практично всі види транспорту: авіаційний залізничний, автомобільний, морський, річковий, трубопровідний та електронний. Усі види транспорту доповнюють

один одного і разом з транспортними шляхами утворюють транспортний комплекс (рис. В.1).



Рис. В.1. Структура транспортного комплексу

Саме екологія як наука про середовище існування людини, його живі й неживі компоненти, взаємозв'язки, взаємодію між цими компонентами, а також про особливості цих взаємозв'язків і узгодження Стратегії природи та Стратегії людини, має базуватись на ідеї самообмеженості, раціональної коеволуції техносфери та Біосфери, мінімізації впливу техногенезу на природні комплекси.

Основними завданнями екології є:

- дослідження особливостей функціонування екосистем, взаємозв'язків компонентів природи та виявлення змін, що викликані антропогенним впливом;
- створення наукових основ раціонального використання природних ресурсів;
- прогнозування змін природи під впливом діяльності людини та виявлення меж трансформації природних екосистем людиною;
- розроблення теоретичних основ охорони середовища існування людини та природи, збереження природного біорізноманіття тощо.

Головним предметом вивчення сучасної екології є дослідження взаємозв'язку між суспільством і довкіллям, з метою збереження природи і створення сприятливих умов існування людини.

Предметом дослідження екології є детальне вивчення структури та функціонування природних, природно-антропогенних і антропогенних екосистем, з метою розроблення теоретичних основ їх охорони (рис. В.2).

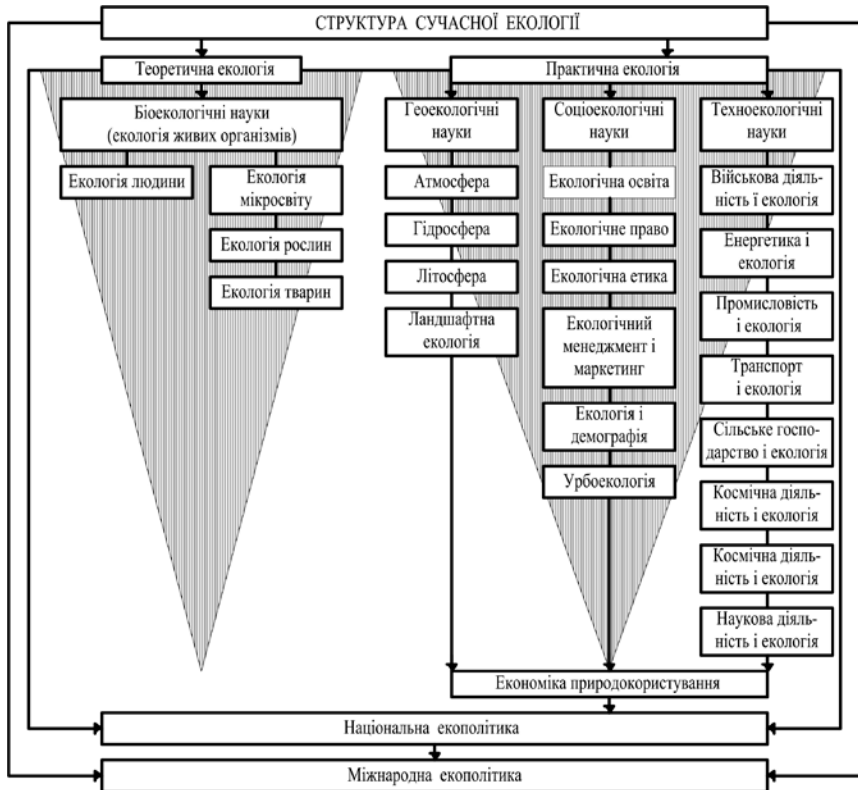


Рис. В.2. Структура сучасної екології

Умовно екологію можна поділити на дві великі сфери:

- загальну (теоретичну, фундаментальну);
- прикладну (практичну).

До загальної екології належать:

- біоекологія (в біологічній науці її прийнято називати «загальною екологією»);

- *геоекологія* (географічна екологія, екологія довкілля, атмосфери, океану тощо);
- *екологія природних зон* (тундри, степу тощо);
- *екологія регіонів* (високогір'я, крайньої півночі та інших географічних об'єктів);
- *теоретична екологія, або метаекологія* – ця наука знаходиться у стадії становлення, по суті вона поки ще є конгломератом фундаментальних досліджень інших наук, таких як географія, біологія та ін.;
- *інформаційна екологія* – зовсім нова наука, тому визначити напрямки її майбутнього розвитку, крім геосистемного, поки що важко.

До прикладної (практичної) екології належать:

а) екологія людини:

- *медична екологія* (біологічні аспекти людини, медичні, психічні, географічні та ін.);
- *соціоекологія* (екологія соціальних груп, екологічна демографія, екологія поселень, у тому числі урбоекологія, рекреаційна екологія та ін.);

б) екологія господарства (природокористування):

- *техноекологія* (екологічні аспекти галузей господарства, використання природних ресурсів тощо);
- *транспортна екологія* – напрямок, що сьогодні інтенсивно розвивається. Він характеризується своїми поняттями, термінологією, аксіоматикою, методами дослідження процесів взаємодії транспортних процесів з навколишнім середовищем.
- *охорона природи* (навколишнього середовища, довкілля) – досліджує ті самі аспекти, як і природокористування, але природокористування методологічно побудовано на дослідженні в напрямку від господарства до природи, а охорона довкілля навпаки – від природи до господарства. Часто природокористування і охорону природи розглядають разом, як одну науку. Окремим напрямком охорони природи є заповідна справа;
- *економіка природокористування та екологічний менеджмент* – економічні методи регулювання природокористування і охорони природи;

- *екологічний аудит* – контроль і екологічна оцінка діяльності підприємств, вдосконалення регулювання впливу на довкілля та його інвестиційної привабливості;
- *екологічний маркетинг* – управлінська діяльність у складі загального менеджменту підприємств, спрямована на вивчення та використання ринку екологічної продукції та послуг;
- *екологічне право* (юридичні аспекти природокористування);
- *екологічна стандартизація*;
- *управління природокористуванням і охороною довкілля* - адміністративні методи природокористування, організація системи управління у сфері охорони довкілля, організація моніторингу, екологічної експертизи, організація екологічних аспектів діяльності окремих підприємств та організацій тощо;
- *екологічний моніторинг* – спостереження й оцінка стану навколишнього середовища;
- *екологічне прогнозування* – розробка прогнозів і програм розвитку регіонів, галузей та інших об'єктів у напрямку зменшення їх негативного впливу на навколишнє середовище;
- *екологічна експертиза* – запобігання негативного впливу на навколишнє середовище нововведень;

в) *радіаційна екологія* – вивчає наслідки радіаційного забруднення й можливі наслідки експлуатації об'єктів, що використовують ядерну енергію і радіоактивні речовини;

г) *екологія Космосу* – нова наука, що досліджує забруднення найближчого космічного простору Землі, розробляє методи спостереження за станом довкілля в планетарному масштабі.

Окрему позицію займають нові науки: «*екологія культури*» і «*філософська екологія*». Вони тільки починають розвиватися і якими вони будуть поки що важко визначити. Вони вивчають культурологічні і філософські аспекти існування системи «суспільство-природа».

Безумовно, що існує багато інших класифікацій структури екологічної науки. На наш погляд, вищенаведена є найбільш прийнятною.

Екологія – наука, що знаходиться на перехресті багатьох наукових напрямків. Вона тісно пов'язана з іншими науками. Правильніше було б сказати, що вона є конгломератом, а не системою, окремих наукових напрямів. Часто зв'язки між екологічним аспектом дослідження (напрямком екології) і базовою наукою (з якої він виник) є тіснішими, ніж зв'язки між окремими галузями екологічної науки. Так, наприклад, біоекологія тісніше пов'язана з біологією, ніж, наприклад, з економікою природокористування.

У цілому, екологічна наука співпрацює з блоками:

- *природничих наук* (біологія, географія, геологія, фізика, хімія, математика та ін.);
- *суспільних наук* (соціологія, економіка, управління та ін.);
- *гуманітарних наук* (філософія, історія, культура, психологія, етика тощо).

Автори навчального посібника ставили перед собою мету в компактному і доступному вигляді охарактеризувати найактуальніші проблеми раціонального природокористування, охорони природи і підвищення екологічної безпеки під час експлуатації транспортних засобів, визначити найголовніші тенденції розвитку комплексу екологічних наук, змін понятійного апарату, нових ідей та концепцій щодо поглядів на гармонізацію взаємовідносин суспільства і природи.

У роботі широко використаний теоретичний і практичний матеріал відомих українських і зарубіжних спеціалістів-екологів, доступна сучасна статистична інформація, що можна побачити у списку джерел, який наведено у кінці посібника. Ці джерела також рекомендовані студентам технічних спеціальностей для подальшого поглиблення власних екологічних знань.

Основною метою даної праці є створення навчально-методичної бази для набуття студентами знань із різноманітних проблем у сфері природокористування та охорони навколишнього середовища, зокрема формування у студентів навичок аналізу й визначення ефективності природоохоронних заходів у транспортній галузі та оцінки екологічних збитків, що їх завдає природному середовищу антропогенна діяльність через експлуатацію транспортних засобів. Це сприятиме засвоєнню студентами специфіки впливу видів транспорту на навколишнє

середовище, що допоможе в майбутньому приймати такі конкретні рішення, що виключали б забруднення навколишнього природного середовища в процесі функціонування транспорту.

Методичний матеріал представлений та побудований на принципі єдності еколого-економічних і технічних знань, що буде сприяти розвитку у студентів екологічної свідомості, впровадження екологічного мислення для вирішення наукових і практичних завдань. Фахівці транспортної галузі повинні володіти екологічним мисленням, мати громадянську відповідальність за стан природи, враховувати у своїй професійній діяльності можливі негативні наслідки природокористування і прагнути до ефективного і цілеспрямованого проведення природоохоронних заходів.

Загальна екологія є базою для вивчення прикладних екологічних дисциплін: інженерної екології, промислової екології, хімічної екології, екології сільського господарства і низки інших. У цьому переліку важливе місце займає *транспортна екологія* як самостійний напрям досліджень, присвячений оцінці напрямів впливу транспортного комплексу на навколишнє середовище й розробці заходів щодо підвищення екологічних характеристик транспорту та удосконаленню його інфраструктури.

Знання та уміння, отримані внаслідок опанування представленим матеріалом, можуть бути використані під час вивчення переважної більшості дисциплін професійної підготовки екологів і фахівців, професійна діяльність яких пов'язана з виробництвом, експлуатацією, обслуговуванням транспортних засобів. Дана праця має на меті створити фундаментальні основи для креативної інженерної діяльності з метою розроблення нових і оптимізації існуючих технічних екологічно безпечних рішень.

Матеріал, викладений у посібнику також буде корисним для інженерно-технічних працівників різних галузей економіки, професійна діяльність яких пов'язана з розробленням, удосконаленням, виробництвом, експлуатацією та обслуговуванням різних видів транспорту.

Посібник підготовлено за загальною редакцією професора С. В. Бойченка.

РОЗДІЛ 1 ПРЕДМЕТ ТА ЗАВДАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЕКОЛОГІЇ

1.1. Основні поняття та визначення

Транспортна екологія – галузь прикладної екології, що інтенсивно розвивається. Вона характеризується власними поняттями, термінологією, аксіоматикою, методами дослідження процесів взаємодії транспортних процесів з навколишнім середовищем.

Транспорт створює потужне техногенне навантаження на довкілля. Жива й нежива природа у багатьох випадках відчуває на собі дію транспорту та його інфраструктури. Це дає право говорити про виникнення нового екологічного напрямку – транспортної екології, який вивчає різні аспекти дії об'єктів транспорту на навколишнє середовище.

Транспортний комплекс – техніко-економічна структура, призначена для перевезення вантажів і людей, що включає:

- систему проектування, будівництва, реконструкції, ремонту, обслуговування доріг, мостів, тунелів, залізничних колій, злітних смуг та інших споруд;
- автомобільну, авіаційну, суднобудівну, вагонобудівну промисловість, будівельно-дорожнє і транспортне машинобудування;
- сферу експлуатації і ремонту цих машин, підтримку працездатності рухомого складу, дорожнього господарства, служби управління рухом тощо;
- виробництво будівельних матеріалів, шин, палив і масел, електротехнічних пристроїв, запчастин, експлуатаційних рідин.

Об'єкти транспорту – автомобілі, літаки, судна, локомотиви, компресорні станції та інші транспортні засоби, оснащені енергоустановками, котрі забезпечують виконання транспортних завдань, а також інженерні споруди (дороги, тунелі, залізничні колії, шляхопроводи, злітні смуги тощо).

Життєвий цикл об'єкта транспорту – це хронологічна послідовність етапів підготовки матеріалів (добування та переробки сировини, виробництва конструкційних та

експлуатаційних матеріалів, їх транспортування та зберігання), виробництва, експлуатації, відновлення працездатності та утилізації об'єкта транспорту.

Етап *підготовки матеріалів* включає добування та переробку сировини, виробництво конструкційних та будівельних матеріалів, з яких складається об'єкт транспорту, експлуатаційних матеріалів, необхідних для його функціонування.

Етап *виробництва* включає виготовлення вузлів, деталей, складання об'єктів транспорту, будівництво споруд та ділянок транспортної інфраструктури.

Етап *експлуатації* включає виконання транспортних завдань протягом терміну служби об'єкта транспорту (одиниці рухомого складу, чи об'єкта транспортної інфраструктури).

Етап *відновлення працездатності* передбачає проведення технічного обслуговування і ремонту об'єкта транспорту з відновленням деталей, вузлів, агрегатів, які відпрацювали свій ресурс, або їх заміну.

Етап *утилізації* об'єкта транспорту передбачає розбирання, переробку непридатних до відновлення деталей і вузлів, повторне використання конструктивних, будівельних і експлуатаційних матеріалів на попередніх етапах життєвого циклу об'єктів транспорту або в інших галузях, чи захоронення непридатних для використання відходів.

На кожному з цих етапів споживаються енергоресурси, конструктивні, будівельні та експлуатаційні матеріали. Технологічні процеси часто супроводжуються викидами шкідливих, а деколи й токсичних речовин. Усі вони є чинниками забруднення повітря, води, ґрунту, виснаження природних ресурсів. Особливої шкоди навколишнє середовище зазнає у разі, коли:

- відбувається перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих (токсичних) речовин у викидах та скидах, перевищення допустимих рівнів шуму, вібрації, скидів чи викидів залишкової теплоти, електромагнітного і радіоактивного випромінювання тощо;
- споживання матеріалів і енергії перевищує встановлені нормативи;
- вміст шкідливих (токсичних) речовин у матеріалах, що

використовуються, перевищує гранично допустимі значення;

- поводження з відходами, що виникають протягом життєвого циклу об'єктів транспорту, відбувається з порушенням встановлених правил.

Вимоги до характеристик об'єктів транспорту, які проектуються, можуть відображати вибір нової або покращеної техніки з урахуванням її екологічних переваг у вигляді:

- необхідного рівня затрат енергії і матеріалів, включно з затратами на їх видобування, підготовку (очищення), проміжні виробничі процеси, та подальші технологічні процеси їх переробки;
- необхідної кількості та характеристик відходів, що утворюються на всіх етапах життєвого циклу;
- бажаного рівня вхідних і вихідних потоків (матеріалів і енергії), пов'язаних з упаковкою, транспортуванням, розподілом і використанням об'єкта транспорту;
- бажаних варіантів відновлення, включно з відновленням (поверненням різними шляхами) витрат енергії, повторного використання або рециклінгу, а також простоту розбирання, відновлення або ремонту;
- бажаних варіантів утилізації і пов'язаних з нею відходів.

Наслідки впливу об'єктів транспорту на навколишнє середовище визначаються величинами вхідних і вихідних потоків на всіх етапах життєвого циклу. Матеріали переробляються чи перетворюються на відходи і забруднення. Різні види енергії розсіюються, перетворюючись на теплоту, яка не може бути повторно використана. Під час користування об'єктами транспорту використовується сировина з надр та більшість видів енергії і повертається у вигляді відходів і теплоти, які поступово накопичуються.

Вхідні потоки можна розділити на матеріальні й енергетичні. Матеріальні пов'язані з видобуванням сировини, виробництвом, транспортуванням, використанням, технічним обслуговуванням, повторним використанням і утилізацією продукції. Вони по-різному впливають на середовище. Призводять до прискороного виснаження природних ресурсів, відчуження територій, зниження родючості ґрунтів, дії шкідливих (токсичних)

матеріалів на здоров'я людини тощо. Джерелами енергетичних потоків є хімічне паливо (тверде, рідке, газоподібне), ядерні і гідроелектростанції, геотермальні джерела, вітер тощо.

Вихідні потоки утворюються у вигляді твердих відходів, рідких та газоподібних викидів в атмосферу, гідросферу, літосферу, енергетичних викидів.

Для *об'єктів транспорту* вхідні й вихідні потоки можна уявити у вигляді процесів обміну енергією і речовиною між ними і навколишнім середовищем протягом їхніх життєвих циклів. Ці процеси можуть бути відображені різними показниками. Значення цих показників залежать від експлуатаційних характеристик об'єктів транспорту. Це питоме споживання палива, токсичність, матеріалоємність, енергоємність, нормативний термін експлуатації тощо.

Екологічна чистота – ступінь впливу об'єкта транспорту на параметри навколишнього середовища та його здатність «вписуватися» в природні матеріальні та енергетичні цикли.

Екологічна дія – наслідки будь-якого впливу об'єкта транспорту (навмисного чи випадкового, поступового чи катастрофічного) на навколишнє середовище, пов'язаного з транспортною діяльністю.

Екологічна безпека транспорту – ступінь захищеності навколишнього середовища від впливу об'єктів транспорту.

Параметри стану навколишнього середовища – температура середовища, тиск, концентрація речовин, напруженість електричного та магнітного полів, радіоактивний фон, рівень шуму, вібрації тощо. Для забезпечення стійкості екосистем параметри стану навколишнього середовища повинні знаходитися в межах допустимих значень. Діяльність об'єктів транспорту може призводити до виходу значень окремих параметрів за межі допустимих на окремих ділянках території.

Природні екосистеми існують за рахунок сонячної енергії, яка не забруднює навколишнє середовище. Матеріальні та енергетичні перетворення, що відбуваються в цих екосистемах, забезпечують підтримку життя на планеті й полягають у тому, що отримання ресурсів та позбавлення відходів відбувається глобально без забруднення середовища за рахунок кругообігу речовин та енергії.

Транспортна діяльність, як і решта видів антропогенної діяльності, порушує принципи функціонування природних екосистем і призводить до забруднень.

Забруднення – будь-яка небажана для екосистем антропогенна зміна. Розрізняють кілька видів забруднень: інгредієнтне, параметричне, біоценотичне, ландшафтне.

Інгредієнтне забруднення пов'язане з сукупністю хімічних речовин, кількісно чи якісно чужих природному біогеоценозу.

Параметричне забруднення являє собою зміну якісних параметрів навколишнього середовища (шум, вібрації, надлишкова теплота, електромагнітне випромінювання).

Біоценотичне забруднення пов'язане з негативним впливом на склад і структуру популяцій живих організмів.

Ландшафтне забруднення полягає у руйнуванні природних ландшафтів, що знищує місце проживання популяцій живих організмів, чи у порушенні регенераційних властивостей природних ландшафтів.

Обсяги використання матеріальних і енергетичних ресурсів у транспортній діяльності та обсяги забруднень, що утворюються, мають максимально узгоджуватися з природними процесами в екосистемах і не порушувати природні процеси поглинання, регенерації і регулювання, адже будь-яка екосистема обмежена в ресурсах і в здатності до регенерації. Без урахування цього транспортна діяльність призводить до втрати стійкості екосистем, їх деградації і руйнування. Розмикається біогеохімічний кругообіг речовин і, як наслідок, природні ресурси перестають відтворюватися в межах колишніх природних коливань.

Природні екосистеми руйнуються також унаслідок змін клімату, спричинених змінами концентрацій окремих газів (O_3 , CO_2) в тропосфері й стратосфері, зниження прозорості атмосфери за рахунок її забруднення, закислення атмосфери та гідросфери, спричиненого підвищенням концентрації іонів водню через викиди в атмосферу оксидів азоту й сірки. Наслідки цих та інших явищ для здоров'я людини недостатньо вивчені.

Руйнування природних екосистем призводить до локальних екологічних криз та локальних екологічних катастроф.

Локальна екологічна криза – порушення біогеохімічного кругообігу внаслідок руйнування і пригноблення антропогенною

діяльністю природних екосистем.

Локальна екологічна катастрофа – перевищення допустимих значень параметрів стану навколишнього середовища, внаслідок яких порушується стійкість локальних екосистем. Порушення біогеохімічного кругообігу знижує стійкість екосистем, що у свою чергу, поглиблює порушення біогеохімічного кругообігу і так далі. Таким чином, виникає підсилюючий зворотний зв'язок.

Забезпечення екологічної безпеки транспортних процесів – це обмеження дії об'єктів транспорту, за яких допустимі рівні небезпеки не перевищують порогу стійкості екосистем.

Можна виділити прямі та непрямі ознаки виходу екосистем за межі стійкості. Серед прямих можна назвати:

- скорочення запасів ресурсів;
- збільшення концентрації забруднюючих речовин;
- порушення в роботі природних механізмів очищення від забруднень.

До непрямих належать:

- збільшення капіталів, матеріальних та трудових ресурсів, спрямованих на добування бідних, віддаленіших, розсіяніших ресурсів або на види діяльності, які раніше виконувались самою природою (обробка стічних вод, очищення повітря, відновлення поживних речовин у ґрунтах, збереження біорізноманіття тощо), а також на види діяльності, пов'язані з охороною, забезпеченням доступу до ресурсів, що залишилися;
- збільшення кількості конфліктів за право володіння джерелами ресурсів чи місцями скидання стоків.

Відстеження прямих ознак потребує постійного моніторингу параметрів навколишнього середовища, оскільки унаслідок відстеження лише непрямих ознак можна отримати недостовірну інформацію про процеси, що відбуваються.

Однією з найпоширеніших помилок суспільства є спроба закривати очі на ознаки виходу екосистем з рівноваги й сліпо вірити в технічний прогрес і можливості вільного ринку.

Насправді ринок потрібний для привернення уваги до проблем (виснаження ресурсів, збільшення забрудненості середовища), для дослідження засобів їх вирішення й вибору кращих варіантів. Технології забезпечують людство засобами для

цього. Вільний ринок та технології тісно пов'язані між собою. Вони створюють негативний зворотній зв'язок, який корегує ситуацію, знижує концентрації забруднень, відновлює роботу природних механізмів очищення, тобто відновлює рівновагу екосистем. Завдяки таким негативним зворотним зв'язкам суспільство може продовжувати розвиток.

Стійкий розвиток – це забезпечення умов, коли позитивні та негативні зворотні зв'язки врівноважують одне одного, а основні планетарні екосистеми перебувають у стані динамічної рівноваги й залишаються незмінними.

Суспільство у стані стійкого розвитку має відрізнятись стабільним (не зростаючим) споживанням природних ресурсів (нові заводи, будівлі, машини, об'єкти транспорту вводять в експлуатацію замість старих, які, в свою чергу, доправляють на повторну переробку), потік матеріальних благ, що припадає на одну людину, не збільшується в абсолютному вимірі, але стає різноманітнішим за складом. Суспільство здобуває нові знання, підвищує ефективність виробничих процесів, змінює технології, удосконалює систему управління тощо. При цьому темпи споживання відновлюваних ресурсів (вода, деревина, біоресурси) не перевищують темпів їх регенерації. Темпи споживання невідновлюваних ресурсів (викопне паливо, викопні руди, ґрунтові води) не перевищують темпів їх заміни на відновлювані або невичерпні ресурси (сонячна та вітрова енергія, енергія приливів та хвиль, геотермальна енергія тощо). Наприклад, нафтове родовище можна експлуатувати в стабільному режимі, якщо частину доходів від нього систематично спрямовувати на виробництво пристроїв перетворення сонячної, вітрової, геотермальної чи інших невичерпних видів енергії або на висаджування дерев як відновлюваного ресурсу. Як наслідок, після вичерпання нафтового родовища забезпечується еквівалентний потік енергії від невичерпного або відновлюваного ресурсу. Інтенсивність викидів забруднюючих речовин в такому суспільстві не перевищує темпів, з якими ці речовини поглинаються, або їх переробляють, або вони втрачають свої шкідливі властивості.

Сучасне суспільство має прагнути забезпечення стійкого розвитку транспортної системи, а саме: підвищення кількості та якості транспортних перевезень при збереженні екологічно

безпечною рівню впливу на навколишнє середовище.

1.2. Коротка характеристика різних видів транспорту

Усі об'єкти транспорту можна поділити на такі основні групи: автомобільний, залізничний, повітряний, водний та трубопровідний транспорт.

Автомобільний транспорт є основним видом транспорту переважно для здійснення внутрішньоміських перевезень, а також перевезень міжміських та міжрайонних на порівняно невеликі відстані.

До переваг цього виду транспорту можна віднести:

- високу швидкість доставки вантажів;
- можливість здійснювати перевезення з відправної точки до точки призначення без перевантаження вантажу завдяки високій маневреності автомобілів;
- порівняно невеликі капітальні витрати на організацію перевезень невеликої кількості вантажів на невелику відстань.

До недоліків автомобільного транспорту можна віднести вищу, ніж на інших видах транспорту, питому собівартість перевезень.

Залізничний транспорт є основним видом транспорту для перевезень великих кількостей вантажів на великі відстані (масові перевезення).

До переваг залізничного транспорту відносять:

- незалежність графіку перевезень від пори року та кліматичних чинників;
- коротші маршрути руху у порівнянні з водним та автомобільним транспортом;
- надійність і регулярність перевезень за високої пропускної спроможності (до 80–90 млн. т вантажу на рік двоколійною або 20–30 млн. т на рік одноколійною залізницею);
- низька собівартість перевезень та низькі питомі затрати енергії;
- висока швидкість перевезень за масового транспортування на великі відстані. Останнім часом усе більшого поширення набувають швидкісні залізничні магістралі

(залізниці другого покоління), де рухомий склад рухається з середньою швидкістю понад 200 км/год. Такі залізниці за швидкістю доставки вантажу можуть конкурувати з повітряним транспортом;

- висока безпека руху та високий рівень екологічної безпеки;
- можливість створення прямого зв'язку між великими підприємствами за рахунок під'їзних залізничних шляхів і забезпечення доставки вантажу за схемою «від дверей до дверей» без дорогих перевалок.

До недоліків залізничного транспорту відносять:

- високу питому вартість будівництва колій (високий рівень капітальних затрат) і відносно повільну віддачу вкладеного капіталу (6–8 років, а іноді й більше), крім того, окупність капітальних витрат залізничного будівництва значною мірою залежить від потужності освоєних вантажо- і пасажиропотоків на новій лінії;
- високу металоємність – на 1 км залізничного шляху необхідно майже 200 т металу;
- продуктивність на залізничному транспорті нижча, ніж на трубопроводному, морському й повітряному (але вища, ніж на автомобільному).

Повітряний транспорт використовується переважно для швидких перевезень на великі відстані.

До переваг цього виду транспорту відносять:

- можливість доставки вантажів на великі відстані й у райони, які є недоступними чи важкодоступними для інших видів транспорту;
- менші капітальні затрати у порівнянні з залізничним та автомобільним транспортом (на будівництво в бездорожніх районах двох аеропортів у вихідному та вхідному пунктах маршруту потрібні невеликі затрати часу, а капіталовкладень в багато разів менше, ніж для спорудження полотна залізничних або автомобільних доріг);
- велика середня швидкість перевезень, що уможлиблює перевезення на велику відстань вантажів, які швидко псуються, а також вантажів, доставка яких є дуже терміноюю;

- велика організаційна маневровість та можливість створювати прямі сполучення.

До недоліків можна віднести порівняно високу собівартість перевезень, обмеженість ваги та габаритів вантажу, що перевозиться.

Водний транспорт можна поділити на дві групи: річковий та морський.

Річковий транспорт є ефективним для виконання великих обсягів перевезень сезонних вантажів (зерна, вугілля, руди).

До основних переваг річкового транспорту відносять:

- низькі капітальні затрати та порівняно низьку питому металоємність (готові природні шляхи, використання течії води);
- невисоку собівартість перевезень (утримання водних шляхів потребує набагато менших капітальних вкладень);
- велику пропускну спроможність (можливість одночасного транспортування великих вантажів і пасажирів).

Недоліками можна назвати невідповідність русел річок і, отже, траєкторій перевезення напрямкам вантажопотоків, низьку швидкість доставки вантажів, а також, у багатьох випадках, сезонність перевезень.

Морський транспорт використовується переважно для перевезення вантажів на великі відстані між портами однієї країни або для міжнародних перевезень. Він є одним із головних чинників зовнішніх торгівельних зв'язків більшості країн.

Перевагами морського транспорту можна вважати:

- низькі капітальні затрати під час організації масових перевезень на великі відстані;
- регулярність виконання перевезень;
- низьку питому собівартість перевезень (під час перевезень на далекі відстані собівартість нижча, ніж на усіх інших видах транспорту).

До недоліків відносять неритмічність здійснення перевезень в залежності від погодних умов.

Трубопровідний транспорт використовується здебільшого для переміщення рідких та сипких продуктів, таких як нафта, газ, вугілля, харчові продукти. Це порівняно новий вид транспорту, але такий, що інтенсивно розвивається.

До переваг трубопровідного транспорту можна віднести:

- найнижчу собівартість транспортування рідких та газоподібних вантажів (порівняно із залізничним і автомобільним транспортом, доставка нафти ним утричі дешевша);
- траєкторія транспортування вантажів, як правило, є коротшою у порівнянні з річковим та залізничним транспортом (є можливість укладання трубопроводу незалежно від рельєфу та інших природних умов);
- забезпечення збереження вантажів, що транспортуються, завдяки повній герметизації трубопроводів;
- можливість забезпечення високого рівня автоматизації процесів транспортування;
- низькі капіталовкладення у порівнянні з іншими видами транспорту;
- безперервність процесу перекачування;
- малу чисельність обслуговуючого персоналу.

Головним недоліком цього виду транспорту є його вузька спеціалізація. Номенклатура видів вантажів, які можна транспортувати, є обмеженою. Крім того, для раціонального використання цього виду транспорту потрібен стійкий та потужний потік продуктів для перекачування.

Питання для самоперевірки

1. Що називають транспортним комплексом?
2. Дайте визначення об'єкта транспорту.
3. Що таке життєвий цикл об'єкта транспорту?
4. Охарактеризуйте етапи життєвого циклу об'єкта транспорту.
5. Якими характеристиками визначають наслідки впливу об'єктів транспорту на навколишнє середовище?
6. Дайте визначення екологічної чистоти об'єкта транспорту.
7. Що розуміють під поняттям «екологічна безпека об'єкта транспорту»?
8. Назвіть умови забезпечення стійкості екосистем.
9. Назвіть основні види забруднень природних екосистем.

10. Охарактеризуйте поняття «локальна екологічна криза».
11. Розкрийте поняття «локальна екологічна катастрофа».
12. Назвіть прямі та непрямі ознаки виходу екосистеми за межі стійкості.
13. Що розуміють під поняттям «забезпечення екологічної безпеки транспортних процесів»?
14. Що розуміють під поняттям «забезпечення стійкого розвитку транспортного комплексу»?
15. Назвіть переваги та недоліки автомобільного транспорту.
16. Назвіть переваги та недоліки залізничного транспорту.
17. Назвіть переваги та недоліки повітряного транспорту.
18. Назвіть переваги та недоліки водного транспорту.
19. Назвіть переваги та недоліки трубопровідного транспорту.

РОЗДІЛ 2

ЄДИНА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА УКРАЇНИ ТА ЇЇ ІНТЕГРАЦІЯ У МІЖНАРОДНУ СИСТЕМУ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ

2.1. Поняття єдиної транспортної системи України

Транспорт на галузь України досить розвинена. Вона має доволі складну розгалужену структуру. Її частка у внутрішньому валовому продукті становить близько 10 %. При цьому практично жоден вид транспорту не може самостійно забезпечити повний цикл переміщення за схемою «від дверей до дверей». Таке переміщення можливе лише за чіткої взаємодії окремих частин транспортного комплексу.

Високої ефективності транспортного обслуговування виробництва можна досягати лише у разі, коли всі види транспорту працюють злагоджено та взаємопов'язано, а вся транспортна мережа розглядається як єдине ціле, утворене окремими ланками, які відрізняються функціями й можливостями.

Тимчасом відсутність послідовної реалізації загальної стратегії розвитку транспортного сектора та програм для окремих видів транспорту на підставі прогнозів обсягу руху і пріоритетів державної транспортної політики призводять до того, що транспортна система України значною мірою не відповідає світовим стандартам, а також вимогам, прийнятим в Європейському Союзі, а її інфраструктура та обладнання суттєво відстають від європейських.

Головною проблемою транспортного комплексу України можна назвати те, що поступово зростає зношеність рухомого складу транспортних засобів.

За цих умов держава має докладати зусиль для покращення економічної ситуації на транспорті через посилення його організаційно-правових засад. Тому з метою підвищення ефективності державного управління цією галуззю відповідно до Закону України «Про транспорт» останній в Україні об'єднаний в Єдину транспортну систему.

У структурі експортованих послуг наземного транспорту (без трубопровідного) пріоритет належить *залізничному транспорту*, частка якого становить понад 82 %.

Україна має одну з найрозвиненіших у Європі мережу залізниць. Зростання обсягів торгівлі Євросоюзу з Китаєм, Росією та Індією обумовило ініціювання Китаєм будівництва високошвидкісної залізничної магістралі з Європи до Китаю. Очікується, що перша транснаціональна магістраль може пройти маршрутом: Лондон – Париж – Берлін – Варшава – Київ – Санкт-Петербург – Москва – Єкатеринбург – Астана – Іркутськ – Улан-Батор – Пекін. Введення в дію такої залізничної магістралі дасть змогу пасажиром доїхати з Лондона до Пекіна за 2 доби. Швидкість потягу становитиме близько 320 кілометрів за годину.

Українська авіаційна транспортна система перебуває на шляху інтеграції до загальноєвропейської. Для упровадження в Україні програми «Єдиного європейського неба» необхідним є повне приведення у відповідність із стандартами Євроконтролю системи стягнення аеронавігаційних зборів, автоматизація усіх районних центрів управління повітряним рухом. Інтеграція до спільного авіаційного простору передбачає адаптацію системи економічного регулювання авіаційних перевезень до європейського законодавства.

Транспортна система повинна відповідати вимогам суспільного виробництва та національної безпеки, мати розгалужену інфраструктуру для надання всього комплексу транспортних послуг, зокрема для складування й технологічної підготовки вантажів до транспортування, забезпечувати зовнішньоекономічні зв'язки України.

Спроби дати визначення транспортної системи були зроблені як радянськими, так і сучасними українськими ученими.

Так, на думку В. К. Андрєєва, *транспортну систему* можна визначити як «взаємопов'язану організаційну структуру підприємств та організацій, які спеціально займаються перевезенням вантажів та пасажирів (транспорт загального користування), а також самостійних підприємств та структурних ланок підприємств та виробничих об'єднань промисловості, будівництва та інших галузей народного господарства (відомчий транспорт)».

Г. П. Савичев розглядає *Єдину транспортну систему* як «сукупність різних видів громадського транспорту, об'єднаних єдиним державним плануванням, однорідними функціями із

забезпечення потреб економіки в перевезеннях, єдиним уніфікованим правовим регулюванням».

В. М. Кондратьєв указує, що «Єдина транспортна система – це єдиний, заснований на використанні певного виду транспорту, господарський комплекс, створений для планомірного ведення транспортно-господарської діяльності та керівництва нею, що складається з наділених господарською компетенцією та таких, що знаходяться у стійких зв'язках, ланках, одна з яких є центром системи, має майно та здатний діяти на основі госпрозрахунку».

Н. Ф. Лопатіна визначає *транспортну систему* як «сукупність усіх видів транспорту, що утворюють єдину транспортну систему, яка покликана здійснювати узгоджену (скоординовану) транспортну діяльність та керівництво нею, яка складається з наділених господарською компетенцією та таких, що знаходяться в стійких господарських зв'язках, ланок, які діють як господарські системи, що очолюються транспортними міністерствами, або як господарські органи, що очолюються іншими органами господарського керівництва».

Єдину транспортну систему, на думку Е. Ф. Демського, становить сукупність внутрішньо узгоджених, взаємопов'язаних, соціально однорідних транспортних засобів, за допомогою яких забезпечується організуючий і стабілізуючий вплив на виконання основних завдань у перевезеннях, що відображає їх структуру.

Н. Ващенко та А. Кублій розглядають транспортну систему як сукупність засобів перевезення, шляхів сполучення, засобів управління та зв'язку, технічні споруди, що забезпечують їх роботу.

Можна сказати, що **Єдина транспортна система України (ЄТС)** – це одна з галузей національної економіки, яка має складну інфраструктуру, складові частини якої взаємопов'язані між собою й водночас існують відносно відокремлено одна від одної та взаємодіють між собою в межах визначеної мети.

По суті, *Єдина транспортна система* являє собою сукупність видів транспорту, які ефективно взаємодіють, незалежно від форми власності та відомчої підпорядкованості, – шляхів сполучення транспортних засобів (з виробничо-управлінським персоналом), що забезпечують вантажно-розвантажувальні роботи, перевезення людей і вантажів з

використанням сучасних прогресивних технологій з метою найкращого задоволення попиту населення і вантажовласників на транспортні послуги.

2.2. Структура єдиної транспортної системи України

У законодавстві України визначено основні складові транспортної системи. Відповідно до ст. 21 Закону України «Про транспорт», *Єдину транспортну систему України становлять такі види транспорту:*

- транспорт загального користування (залізничний, морський, річковий, автомобільний і авіаційний, а також міський електротранспорт, у тому числі метрополітен) завдання якого – забезпечувати зв'язок між окремими галузями економіки, регіонами, виробництвом і споживачами. За своїм значенням та масштабами використання в транспортній системі України транспорту загального користування належить провідне місце;
- промисловий залізничний транспорт, що обслуговує, як правило, виробничі процеси на підприємствах (технологічні перевезення, вантажні та складські операції);
- відомчий транспорт;
- трубопровідний транспорт;
- шляхи сполучення загального користування.

У тій же статті Закону визначено основні *завдання транспортної системи* – «мати розгалужену інфраструктуру для надання всього комплексу транспортних послуг, у тому числі для складування і технологічної підготовки вантажів до транспортування, забезпечувати зовнішньоекономічні зв'язки України».

Кожен із зазначених видів транспорту створює певну підсистему з власною структурою, яку формують такі *елементи*:

- підприємства залізничного, морського, річкового, автомобільного, авіаційного та міського електротранспорту, що здійснюють господарську діяльність із надання послуг із перевезення пасажирів, багажу, вантажів; підприємства трубопровідного транспорту; підприємства промислового залізничного та

- відомчого транспорту;
- залізничні, морські, річкові, повітряні, автомобільні шляхи сполучення, трамвайні та тролейбусні колії та канатні дороги;
 - засоби перевезення (рухомий склад залізничного, автомобільного та міського електротранспорту, судна, літаки, транспортні засоби підприємств, установ, організацій);
 - пасажирські вокзали, залізничні станції, автовокзали, автостанції, порти, пристані, аеропорти, аеродроми;
 - землі транспорту, захисні та укріплювальні насадження, берегоукріплювальні споруди, снігозахисні споруди, придорожні лісосмуги тощо;
 - промислові, будівельні підприємства; підприємства промислового залізничного транспорту; судноремонтні, суднобудівні заводи; ремонтні заводи цивільної авіації; ремонтно-будівельні організації; ремонтно-експлуатаційні депо; заводи з ремонту рухомого складу і виготовлення запасних частин; підприємства зв'язку, споруди локомотивного, вагонного, колійного, вантажного, пасажирського енергетичного господарства і сигналізації; система управління повітряним рухом, навігаційного господарства; водопостачання, каналізації; гідротехнічні споруди тощо;
 - науково-дослідні, проектно-конструкторські організації, навчальні заклади, технічні школи; заклади підготовки та перепідготовки кадрів, підвищення їх кваліфікації; кваліфікаційно-експертні заклади;
 - підприємства, установи та заклади соціально-культурної сфери (заклади охорони здоров'я, фізичної культури та спорту, культури, дитячі дошкільні заклади); постачальницькі й торговельні підприємства; інші підприємства, установи та організації незалежно від форми власності, що забезпечують діяльність і розвиток транспорту.

За родом діяльності підприємства транспорту покликані забезпечувати:

- потреби громадян, підприємств і організацій у

перевезеннях;

- обслуговування пасажирів під час тривалих перевезень доброякісною питною водою, харчуванням, можливість задоволення інших біологічних потреб;
- якісне і своєчасне перевезення пасажирів та вантажів;
- виконання державних завдань (контрактів) щодо забезпечення потреб оборони і безпеки України;
- безпеку перевезень;
- безпечні умови перевезень;
- запобігання аваріям і нещасним випадкам, усунення причин виробничого травматизму;
- охорону навколишнього природного середовища від шкідливого впливу транспорту;
- права на пільги громадян щодо користування транспортом.

Транспортна система України складається з *кількох відносно самостійних підсистем*. Серед них можна виділити:

- систему перевезень;
- систему закладів освіти;
- систему об'єктів сервісу;
- інформаційну систему.

Роботу транспортної системи забезпечує *транспортна інфраструктура*, що включає шляхи сполучення, рухомий склад, вантажно-розвантажувальне господарство транспортних та інших підприємств і організацій, які здійснюють навантаження, розвантаження і перевалку вантажів (що їх перевозять усіма видами транспорту), а також засоби управління і зв'язку, різноманітне технічне обладнання.

Відносини між підприємствами різних видів транспорту під час перевезень пасажирів та вантажів визначаються кодексами (статутами) окремих видів транспорту, а також укладеними на їхній основі договорами (вузловими угодами). Розроблення та укладання вузлових угод здійснюється в порядку, який встановлює Кабінет Міністрів України.

Координацію діяльності всіх видів транспорту здійснює Міністерство інфраструктури України. Координацію діяльності видів транспорту в межах регіонів здійснюють комісії з координації роботи транспорту, утворені органами місцевої влади

й самоврядування; вони діють відповідно до положення, затвердженого Кабінетом Міністрів України.

Державне управління в галузі транспорту здійснюють Міністерство транспорту України, місцеві Ради народних депутатів та інші спеціально уповноважені на те органи відповідно до їхньої компетенції.

Органи управління транспортом повинні сприяти органам влади й місцевого самоврядування у виконанні ними своїх повноважень щодо соціального та економічного розвитку транспорту, спільно з ними здійснювати програми захисту навколишнього природного середовища, розробляти й проводити узгоджені заходи для забезпечення безперебійної роботи транспорту у разі стихійного лиха, аварій, катастроф та під час ліквідації їхніх наслідків, координувати роботу, пов'язану із запобіганням аваріям і правопорушенням на транспорті.

Органи влади й місцевого самоврядування у межах своїх повноважень також повинні надавати допомогу підприємствам і організаціям транспорту у поліпшенні використання транспортних засобів відправниками (одержувачами) вантажів і розвитку (в тому числі на пайових засадах) будівельної індустрії, об'єднувати кошти підприємств, організацій, колективних сільськогосподарських підприємств, селянських (фермерських) господарств, кооперативів (за їхньою згодою), а також бюджетні та позабюджетні кошти для вдосконалення транспортної мережі, будівництва вокзалів, шляхопроводів та інших об'єктів транспорту; організовувати взаємодію різних видів транспорту з метою ефективнішого їх використання.

2.3. Міжнародні транспортні коридори, що проходять через Україну

Міжнародний транспортний коридор (МТК) – це комплекс наземних та водних транспортних магістралей з відповідною інфраструктурою на визначеному напрямку, включно з допоміжними спорудами, під'їзними шляхами, прикордонними переходами, сервісними пунктами, вантажними та пасажирськими терміналами, устаткуванням для управління рухом, організаційно-технічними заходами, законодавчими та нормативними актами, які

забезпечують перевезення вантажів та пасажирів на рівні, що відповідає вимогам Європейського співтовариства. Іншими словами, МТК – сукупність різних видів транспорту, що забезпечують значні перевезення вантажів і пасажирів на напрямках їх найбільшої концентрації.

Транспортні коридори виконують роль кровеносних судин у світових інтеграційних процесах. *Основні функції сучасних транспортних коридорів* – доставляння вантажів найкоротшим шляхом і максимально швидко. При цьому виконуються й такі операції, як перевантаження вантажів з одного виду транспорту на інший, оброблення, пакування, сортування тощо.

Міжнародна мережа транспортних коридорів визначена Деклараціями Першої (31.10.1991 р., Прага), Другої (14–16.03.1994 р., Крит) та Третьої (23–25.06.1997 р., Гельсінкі) Європейських конференцій з питань транспорту.

Саме на критській конференції було остаточно затверджено *маршрути перших десяти транс'європейських міжнародних транспортних коридорів*, що згодом дістали назву «Критські»:

- *Транс'європейський транспортний коридор № 1*: Гельсінкі – Таллінн – Рига – Каунас – Клайпеда – Варшава – Гданськ;
- *Транс'європейський транспортний коридор № 2*: Берлін – Познань – Варшава – Берестя – Мінськ – Смоленськ – Москва – Нижній Новгород;
- *Транс'європейський транспортний коридор № 3*: Берлін / Дрезден – Вроцлав – Катовіце – Краків – Львів – Київ;
- *Транс'європейський транспортний коридор № 4*: Дрезден / Нюрнберг – Прага – Відень – Братислава – Д'єр – Будапешт – Арад – Бухарест – Констанца / Крайова – Софія – Салоніки – Пловдив – Стамбул;
- *Транс'європейський транспортний коридор № 5*: Венеція – Трієст / Копер – Любляна – Марибор – Будапешт – Ужгород – Львів – Київ;
- *Транс'європейський транспортний коридор № 6*: Гданськ – Катовіце – Жиліна;
- *Транс'європейський транспортний коридор № 7*: Відень – Братислава – Будапешт – Белград – Рені – Ізмаїл – Усть-Дунайськ (водний Дунаєм);

- *Транс'європейський транспортний коридор № 8*: Дуррес – Тірана – Скоп'є – Бітола – Софія – Димитровград – Бургас – Варна;
- *Транс'європейський транспортний коридор № 9*: Гельсінкі – Выборг – Санкт-Петербург – Псков – Москва – Калінінград – Київ – Любашівка / Роздільна – Кишинів – Бухарест – Димитровград – Александруполіс;
- *Транс'європейський транспортний коридор № 10*: Зальцбург – Любляна – Загреб – Белград – Ніш – Скоп'є – Велес – Салоніки.

Розбудова національної мережі міжнародних транспортних коридорів, які є складовими Критських міжнародних транспортних коридорів та відповідають нормам і стандартам Європейського Союзу, є кроком до інтеграції України у європейську транспортну систему і важливою передумовою залучення додаткових обсягів перевезень через територію України.

У світовій транспортній системі існує поняття транзитного рейтингу. *Транзитний рейтинг* території тієї, чи іншої країни враховує розвиненість розміщених на її території транспортних систем і мереж, а також рівень і стан їх інфраструктури. Доволі високе значення цього показника має ряд країн Центральної та Східної Європи – Угорщина, Румунія, Білорусь, Росія. За результатами досліджень британського інституту «Рендел» завдяки своєму розташуванню Україна має найвищий у Європі транспортний транзитний рейтинг – 3,11 бала. Польща, яка має значно меншу територію й транспортний транзитний рейтинг лише 2,72 бала, отримує щороку майже 4 млрд. дол. прибутку від транспортних перевезень. України має значно кращі потенційні можливості.

Вигідне географічне положення України на перетині шляхів з Європи в Азію, з Півночі на Південь на фоні перевантаження і перенасичення європейських транспортних вузлів створює передумови для інтеграції транспортної мережі України в міжнародну транспортну систему, а її потужна транспортна система та інфраструктура, наявність наукового й освітнього середовища роблять її потенційно привабливою для залучення в систему міжнародних транспортних коридорів.

Але на сьогодні ступінь використання транспортної

інфраструктури України ще досить низький, а рівень розвитку й облаштування транспортних коридорів не задовольняє зростаючих потреб транс'європейського сполучення. Транзитній потенціал використовуються лише на 70 %. Міжнародні транспортні коридори, котрі проходять через територію України, не відповідають міжнародним вимогам.

Транспортна система України на сьогодні не готова повною мірою до забезпечення перевезень у належних обсягах та належної якості. Внаслідок недостатнього розвитку нормативно-правової бази і низького інвестиційного потенціалу, значного зношення рухомого складу, неналежної інфраструктури, а також в умовах жорсткої конкуренції відбувається витіснення українських перевізників з міжнародних ринків транспортних послуг.

Україна, на відміну від розвинутих держав, які ще в 80-ті роки минулого століття почали активну діяльність зі створення міжнародної транспортної мережі, значно відстає в створенні власних транспортних коридорів, що негативно впливає на підвищення конкурентоспроможності нашої держави та вітчизняних промислових підприємств.

Основними *проблемами*, які стримують забезпечення зростаючого за обсягами та якістю попиту на транспортні послуги України, визнано:

- недостатнє оновлення основних фондів усіх видів транспорту й дорожнього господарства, невідповідність їх технічного рівня сучасним та перспективним вимогам;
- низький рівень міжгалузевої координації у розвитку транспортної інфраструктури, що призводить до роз'єднання єдиного транспортного простору, нераціонального використання ресурсів і зниження ефективності використання транспорту;
- низький рівень використання геополітичного положення України та можливостей її транспортних комунікацій для міжнародного транзиту вантажів;
- повільне вдосконалення транспортних технологій та недостатня їх пов'язаність з виробничими, торговельними, складськими й митними технологіями;
- низький рівень інформатизації транспортного процесу та інформаційної взаємодії транспорту з іншими галузями

економіки;

- недостатня ефективність фінансово-економічних механізмів, що стимулюють надання інвестицій на розвиток транспорту;
- відставання у реалізації державних і галузевих програм у галузі окремих видів діяльності, видів транспорту, транспортного машинобудування, розбудови державного кордону.

Прискорення вирішення цих проблем має надзвичайно важливе значення не тільки для транспортної галузі, а й для держави в цілому, ефективного функціонування її виробничої та соціальної сфер.

Для вирішення вказаних проблем необхідні:

- гармонізація нормативно-правової бази в галузі транспорту з урахуванням міжнародних норм;
- впровадження ефективної системи державного регулювання й контролю ринку транспортних послуг з метою забезпечення справедливої конкуренції та економічних умов для розширеного відтворення основних фондів у транспортно-дорожньому комплексі;
- введення та запровадження державних стандартів, вимог і соціальних нормативів у сфері транспортного обслуговування;
- забезпечення безпечного функціонування транспортно-дорожнього комплексу та зниження негативного впливу транспорту на навколишнє природне середовище;
- посилення координуючої ролі держави у розвитку транспортної мережі, насамперед міжнародного значення, мультимодальних перевізних і логістичних систем, створенні нової транспортної техніки й технологій, підвищенні ефективності взаємодії між різними видами транспорту;
- створення умов для підвищення конкурентоспроможності національних перевізників та експедиторів на міжнародних і внутрішньому ринках транспортних послуг за рахунок реалізації комплексу заходів державної підтримки українських транспортних підприємств, які здійснюють перевезення зовнішньоторговельних і транзитних

- вантажів;
- формування й забезпечення ефективного функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів, з'єднання їх в єдину систему транспортної мережі міжнародного значення з подовженням до пунктів зародження та погашення вантажопотоків експортних та імпорتنих вантажів, використання переваг географічного положення України для залучення транзитних вантажопотоків євроазіатського та інших перспективних напрямків міжнародної торгівлі;
 - створення гнучкої системи регулювання транспортних тарифів, яка б враховувала інтереси споживачів транспортних послуг і транспортних організацій;
 - створення єдиного інформаційного простору транспортно-дорожнього комплексу на основі впровадження сучасних інформаційних та керуючих систем, розвитку бази інформатики;
 - державне стимулювання й підтримку національних виробників транспортної техніки.

Одним із основних *завдань* на сьогодні залишається забезпечення вищих темпів розвитку національної транспортної системи України, її правова, технічна та технологічна адаптація до норм міжнародного транспортного та митного права, техніко-експлуатаційних та екологічних вимог міжнародних стандартів до рухомого складу, стану доріг та інфраструктури, пунктів пропуску через державний кордон, пошуку джерел фінансування для розвитку міжнародних транспортних коридорів.

Через територію України проходять такі основні *транспортні зв'язки*:

- країни Центральної Європи – країни СНД;
- країни Південної Європи, Близького Сходу, Африки – країни СНД;
- Індія, країни Центральної Азії, Далекого Сходу – країни Балтії та Скандинавії;
- Китай, країни Закавказзя, Середньої Азії, Далекого Сходу – країни Західної Європи, Балтії, Скандинавії.

Транспортна мережа України інтегрована у потужні міжнародні транспортні коридори загальноєвропейського значення.

Серед них:

Транс'європейський міжнародний транспортний коридор № 3, який з'єднує Берлін та Дрезден з Києвом (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Транс'європейський міжнародний транспортний коридор № 3

Країни учасниці цього коридору – це Німеччина, Польща та Україна. Його протяжність становить 1640 км. Територією України цей коридор утворюють частково залізниця, частково автомобільні шляхи. Залізничний маршрут є повністю електрифікованим, двоколіїним і обладнаним обладнаннями автоблокування.

На автомобільному маршруті за підтримки Європейського Союзу побудовано мостовий перехід через річку Західний Буг на українсько-польському державному кордоні.

Транс'європейський транспортний коридор № 3 як частина світової транспортної системи дає імпульс для динамічного просторового розвитку територій у зоні його впливу, сприяє створенню єдиного торгового ринку і подальшій інтеграції європейських країн.

Цей коридор дає можливість посилити основний стратегічний напрямок на Львів як туристичний центр. Водночас він утворює зв'язки з основними туристично-рекреаційними територіями регіону – Карпатами, курортами Трускавець–Східниця, Моршин, Великий Любінь, туристичними маршрутами екологічного, зеленого та агротуризму.

Уздовж коридору розташовані малі міста, переважно з чисельністю населення 10 ... 15 тис. чол., які виконують функції вузлових пунктів районного значення і є полюсами господарсько-просторового розвитку підпорядкованих їм адміністративних територій.

Транс'європейський міжнародний транспортний коридор № 5, який з'єднує ряд європейських міст зі Львовом (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Транс'європейський міжнародний транспортний коридор № 5

Країнами – учасницями цього коридору є Італія, Словенія, Угорщина, Словаччина, Україна. Протяжність коридору становить 1595 км. Територією України його також утворюють частково залізниця, частково автомобільні шляхи.

Головною проблемою транспортного коридору № 5 на території України для автомобільного та залізничного сполучення є подолання Карпатських гір, які вирізняються значною сейсмічною активністю й підвищеною ураженістю зсувами й селевими процесами на схилах.

Для залізничного маршруту істотною перешкодою під час облаштування цього коридору є одноколіїний Бескидський тунель, побудований ще в 1886 р. На сьогодні його технічний стан є

незадовільним. Тунель значно обмежує швидкість руху потягів, пропускну й перевізну спроможність усього коридору і через це перешкоджає нарощуванню обсягів перевезень. Подальше погіршення його інженерно-геотехнічного стану може привести до повного припинення руху потягів у цьому напрямку.

Решта існуючої залізничної інфраструктури цього коридору повністю електрифікована, двоколійна і обладнана облаштуваннями автоблокування, за більшістю показників, відповідає загальноєвропейським вимогам.

Транс'європейський міжнародний транспортний коридор № 7 Дунайський (водний), що з'єднує Відень з Усть-Дунайськом (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Транс'європейський міжнародний транспортний коридор № 7

Країни – учасниці цього коридору – Австрія, Угорщина, Югославія, Болгарія, Румунія, Молдова, Україна. Його протяжність – 1600 км. При цьому українська ділянка становить лише 70 км.

Пріоритетами роботи портів Дунайського басейну є обслуговування вантажопотоків 7-го міжнародного транспортного коридору. До його складу входять 2 вантажні порти:

- *Ізмаїльський морський торговий порт* може приймати морські вантажні судна водотоннажністю до 10 тис. т,

осіданням до 7,2 м, та річкові судна водотоннажністю до 5 тис. т, осіданням до 3,5 м;

- *Ренійський морський торговий* порт може приймати будь-які судна, осідання яких дає змогу пройти Сулинський канал і Головний судноплавний шлях «Дунай – Чорне море». Це єдиний український порт на Дунаї, що має поромний комплекс. Порт оснащений розгалуженою мережею залізничних колій, має великий парк перевантажувальної техніки й вантажозахоплювального обладнання, що дає змогу перевантажувати вантажі вагою одного місця до 250 т.

До 1996 р., у зв'язку з ембарго, накладеним на Югославію, цим коридором міжнародні транзитні перевезення обмежувалися. У 2004 р. введено першу чергу проекту з відновлення глибоководного судноплавного шляху Дунай – Чорне море, що дасть можливість активізувати діяльність українських транспортних підприємств і збільшити вантажообіг на українській ділянці.

Транс'європейський міжнародний транспортний коридор № 9, що з'єднує Гельсінкі, Клайпеду, Калінінград та Москву з Грецією (рис. 2.4).

Країни – учасниці цього коридору – Фінляндія, Росія, Україна, Білорусь, Молдова, Румунія, Греція. Його протяжність – 3400 км. Територією України він проходить залізницею та автошляхами.

Основний потік транспорту рухається через територію України магістралями М-01 і М-05 від кордону з Білоруссю через Чернігів і Київ до Одеси. У 2004 р. завершено будівництво першої черги швидкісної автомагістралі.

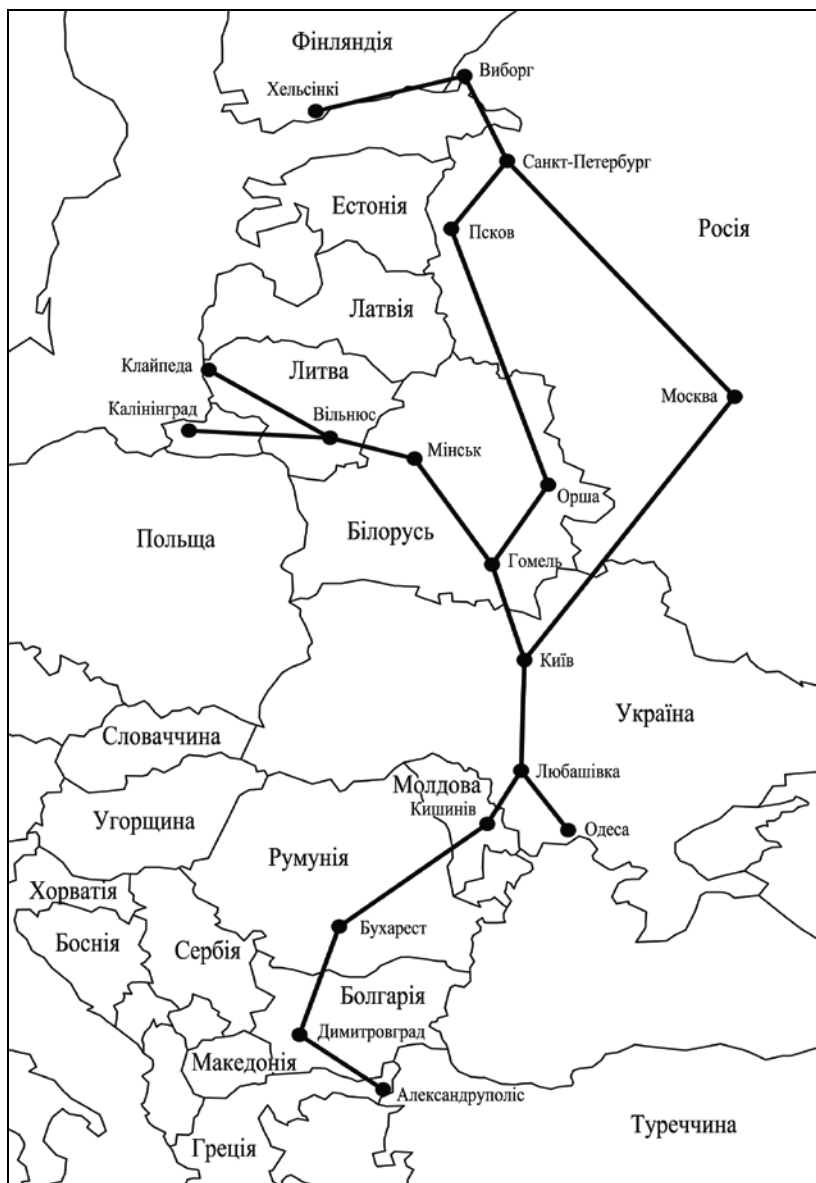


Рис. 2.4. Транс'європейський міжнародний транспортний коридор № 9

Міжнародний транспортний коридор Балтійське море – Чорне море (Гданськ – Одеса) (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Міжнародний транспортний коридор Балтійське море – Чорне море

Маршрут коридору: Гданськ – Варшава – Яготин – Ковель – Козятин – Жмеринка – Одеса (порти Чорного моря). Країни – учасниці коридору – це Польща й Україна. Його протяжність – 4749 км, зокрема Україною:

- залізничний – 918 км;
- автодорожній – 1208,4 км.

Маршрут цього коридору є найкоротшим шляхом між двома морями і має розвинену інфраструктуру.

Значення цього коридору надзвичайно важливе для

транспортування вантажів з країн Північної і Західної Європи до країн Близького Сходу і Північної Африки й навпаки. Скорочення відстані перевезень порівняно з морським маршрутом навколо Європейського континенту становить від 2000 до 3500 км.

Разом з іншими Європейськими транспортними коридорами, до складу яких входять поромні переправи через Чорне й Каспійське моря, залізниці Закавказзя і Туркменістану, цей коридор здатний забезпечувати малу відстань транспортування з країн Балтійського басейну до країн Кавказького регіону й Центральної Азії.

За рівнем технічного оснащення цей транспортний коридор поступається іншим коридорам на території України. Так, 15 % загальної протяжності залізничної частини коридору становлять одноколіїні ділянки. Зокрема, одноколіїна ділянка Ківерці – Яготин може стати лімітуючою при розвитку перевезень. Стан покриття автодоріг на 40 % від їх загальної протяжності є незадовільним.

Транспортний коридор Європа – Кавказ – Азія (TRASECA) (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Транспортний коридор Європа – Кавказ – Азія

Коридор TRASECA являє собою сполучення залізничних ліній і морських поромних залізничних переправ. Загальна довжина залізниць основного напрямку – 4745 км.

Морські поромні переправи включають поромні комплекси

Чорноморськ (Україна), Варна (Болгарія), Поті (Грузія) на Чорному морі та поромну переправу Баку (Азербайджан) – Туркменбаши (Туркменістан) на Каспійському морі.

У травні 1993 р. в Брюсселі на міжнародній конференції глави країн Азербайджану, Киргизстану, Вірменії, Таджикистану, Грузії, Туркменістану, Казахстану, Узбекистану домовилися забезпечити виконання програми Євросоюзу, спрямованої на розвиток транспортного коридору з Західної Європи через Чорне море, Кавказ і Каспійське море до Центральної Азії. Названі держави вважаються країнами – засновниками TRACECA.

На цій конференції було озвучено ідею створення програми TRACECA (TRANSPORT CORRIDOR EUROPE CAUCAS ASIA – транспортний коридор Європа – Кавказ – Азія), що його іноді називають «Великим Шовковим шляхом XXI століття», адже його архітектура призначена для перевезення нафти й бавовни. За розрахунками, TRACECA повинен забезпечити потік в 100 тис. контейнерів на рік.

У 1996 р. на конференції в Афінах до програми TRACECA долучилась Україна. На цій конференції ґрунтовно розглянуто питання розвитку транспортної мережі автомобільних, залізничних, повітряних та водних шляхів через Україну в контексті загальноєвропейської економічної та політичної інтеграції.

Науково-практичному забезпеченню розвитку міжнародних транспортних коридорів, які проходять територією України, у зв'язку з програмою розвитку транспорту, запропонованою Євросоюзом, було присвячено міжнародну конференцію транспортників, що відбулася в травні 1997 р. в Києві. У ній брали участь міністри транспорту 23 держав.

У червні 1998 р. в Києві відбулася ще одна міжнародна конференція: «Чорноморсько-Каспійський регіон: умови та перспективи розвитку». На цій конференції за участю науковців, представників дипломатичних кіл Грузії, Ірану, Росії, Туреччини було розглянуто проблеми використання інфраструктури, зокрема магістрального трубопровідного транспорту для постачання в Україну енергоносіїв та їх транзиту територією нашої країни.

Активна робота з реалізації програми розпочалася з вересня 1998 р., коли в Баку президенти 12 країн – України, Молдови,

Болгарії, Румунії, Туреччини, Грузії, Вірменії, Азербайджану, Киргизстану, Таджикистану, Казахстану і Узбекистану – підписали Основну багатосторонню угоду про міжнародний транспорт щодо розвитку коридору Європа – Кавказ – Азія.

У березні 2000 р. було створено Міжурядову комісію TRACECA (до її складу увійшли міністри транспорту країн-учасниць) та Постійний секретаріат з офісом у м. Баку. Водночас у кожній із 12 країн-учасниць було засновано Національні комісії і призначено Національних секретарів TRACECA. З 2000 р. TRACECA регулярно проводить засідання Робочих груп за участю Національних секретарів, експертів Єврокомісії.

Однією з важливих ланок коридору Європа – Кавказ – Азія є чорноморський маршрут, що з'єднує Україну і Грузію. З 1996 р. тут діє автомобільна, а з 1999 р. залізнична поромна переправа Чорноморськ – Поті (Батумі), створена за ініціативою України. Було підписано тристоронню угоду між Грузією, Україною і Болгарією. Це дало можливість відкрити регулярне залізничне поромне сполучення на лінії Поті – Чорноморськ – Варна. У 2004 р. почала діяти залізнична поромна переправа Чорноморськ – Деренжі (Туреччина).

Сухопутним аналогом коридору Європа – Кавказ – Азія є міжнародний транспортний коридор *Європа – Азія* (Німеччина, Італія, Австрія, Чехія, Словаччина, Угорщина, Польща, Україна, Росія, Казахстан, країни Середньої Азії та Китай). Коридор утворено в рамках розвитку економічних зв'язків між країнами Європи і Азії як автомобільний та залізничний.

Коридор Європа – Азія є продовженням європейського міжнародного транспортного коридору № 3. Проте на сьогодні його пропускна спроможність використовується лише на 50 %.

На Конференції Міжурядової комісії TRACECA в грудні 2001 р. було прийнято рішення щодо продовження коридору TRACECA сухопутною територією України. На території України цей коридор проходить за маршрутом: Одеса / Чорноморськ – Вінниця – Яготин – Гданськ, що відповідає національному коридору Одеса – Гданськ, і дає можливість поєднати Чорне та Балтійське моря.

Іншим сухопутним продовженням коридору TRACECA може стати дорога Одеса – Рені, яка продовжить його до кордону з

Румунією.

Коридор **ЧЕС** (Чорноморське економічне співтовариство), або *Чорноморське транспортне кільце* проходить через 11 причорноморських країн і сполучатиме пункти: Анкара – Єрван – Тбілісі – Ростов-на-Дону – Донецьк – Одеса – Бухарест – Димитровград – Стамбул.

2.4. Національна мережа транспортних коридорів України

До *системи міжнародних транспортних коридорів* в Україні належать транспортні коридори з маршрутами проходження по Україні, які наведено в табл. 2.1

Таблиця 2.1

Національна мережа міжнародних транспортних коридорів України

Назва міжнародного транспортного коридору	Ділянка	Маршрут проходження
1	2	3
Критський №3	Залізнична	Мостиська – Львів – Тернопіль – Хмельницький – Жмеринка – Козятин – Київ
Критський №5	Залізнична	Чоп – Стрий – Львів – Тернопіль – Хмельницький – Жмеринка – Козятин – Київ (Дарниця) – Полтава – Харків – Куп'янськ – Тополі
	Автомобільна	Чоп/Ужгород – Стрий – Львів – Рівне – Житомир – Київ
	відгалуження 5a	Сторожниця – Ужгород – Мукачеве
	відгалуження 5b	Косини – Мукачеве
Критський №7	Водна	Річка Дунай: порти Ізмаїл, Рені
Критський №9	Залізнична	Горностаївка – Чернігів – Київ – Козятин – Жмеринка – Роздільна – Кучурган;

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
	відгалуження 9a	Роздільна – Одеса/Чорноморськ
	відгалуження 9c	Ніжин – Конотоп – Хутір Михайлівський – зерново;
	Автомобільна	Нові Яриловичі – Чернігів – Кіпті – Київ – Любашівка – Платонове
	відгалуження 9a	Любашівка – Одеса/Чорноморськ
	відгалуження 9c	Бачівськ – Копті
Європа-Азія	Залізнична	Мостиська / Чоп – Львів – Тернопіль – Жмеринка – Фастів – Знам'янка – Дніпро – Красна Могила
	Автомобільна	Яготин – Ковель – Сарни – Коростень – Київ – Полтава – Харків – Дебальцеве – Ізварине;
	відгалуження	Харків – Горлівка
Європа-Кавказ-Азія (TRACESA)	Залізнична	Яготин/Ізов – Ковель – Здолбунів – Козятин – Жмеринка – Роздільна – Одеса / Чорноморськ
	Автомобільна	Яготин – Ковель – Луцьк – Тернопіль – Хмельницький – Вінниця – Умань – Одеса / Чорноморськ
	Водна	Чорноморськ – Поті/Батумі/Деринже / Варна
Балтійське море-Чорне море(Гданськ-Одеса)	Залізнична	Яготин/Ізов – Ковель – Здолбунів – Козятин – Жмеринка – Роздільна – Одеса/Чорноморськ
	Автомобільна	Яготин – Ковель – Луцьк – Тернопіль – Хмельницький – Вінниця – Умань – Одеса / Чорноморськ

Національну мережу автомобільних міжнародних транспортних коридорів наведено на рис. 2.7.

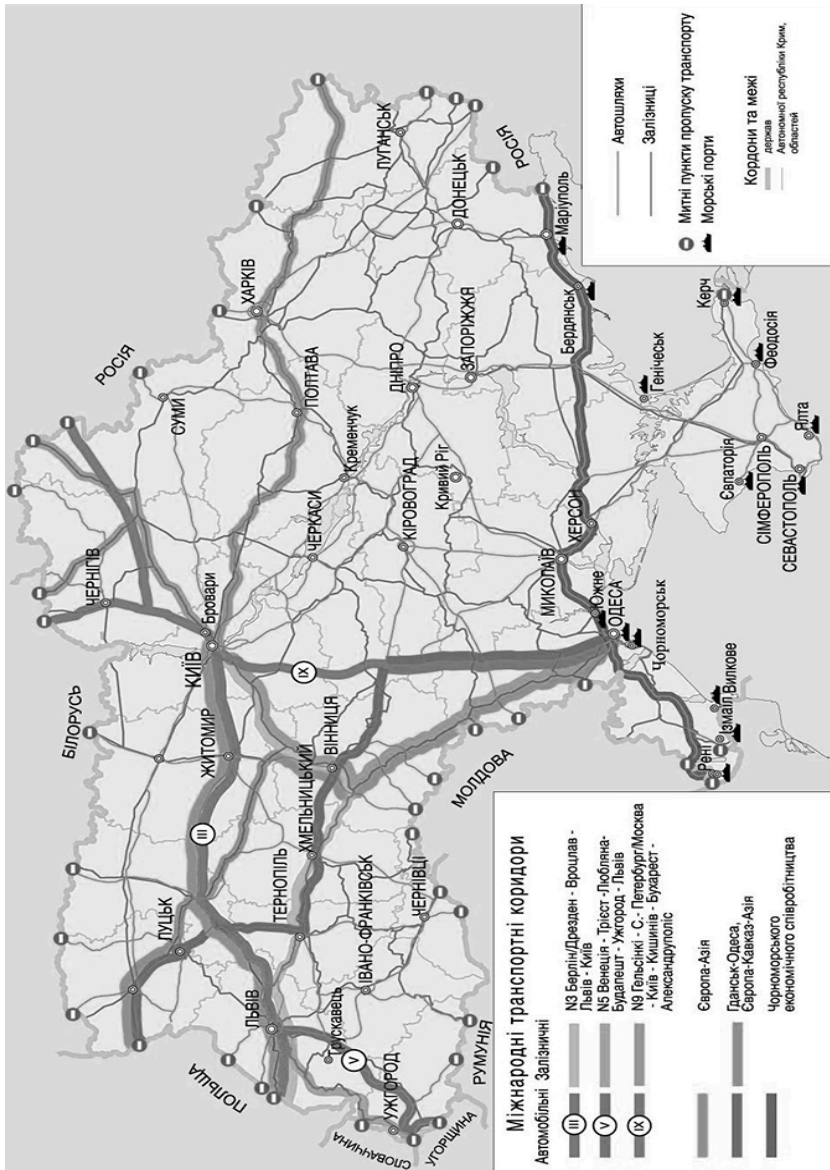


Рис. 2.7. Національна мережа автомобільних міжнародних транспортних коридорів в Україні

Найнапруженішими за інтенсивністю руху пасажирських автомобільних транспортних засобів (від 7 до 15 тис. одиниць на добу) є транспортні коридори № 3, № 5 та ЧЕС.

Систему національних автомобільних транспортних коридорів поділяють на дві категорії:

- I категорія (М – магістральні) – пропускна здатність становить більш як 14 тис. автомобілів на добу (на деяких шляхах, наприклад Київ – Бориспіль, пропускна здатність сягає 40 тис. одиниць на добу, Київ – Житомир – 20 тис. одиниць на добу);
- II категорія (Р – республіканські) – пропускна здатність становить 6 ... 14 тис. автомобільних транспортних засобів на добу.

Найбільшою є інтенсивність руху на автомобільних шляхах поблизу міст та прикордонних пунктів – 15 ... 20 тис. автомобільних транспортних засобів на добу. Середня інтенсивність руху на автомобільних магістралях країни – 6 ... 14 тис. автомобілів на добу.

2.5. Європейські транспортні вісі

З розширенням Європейського Союзу постали нові завдання щодо рішень Загальноєвропейських транспортних конференцій з формування транс'європейських (критських) міжнародних транспортних коридорів та транспортних зон. На території Євросоюзу формується нова система Транс'європейської транспортної мережі. На території нових країн – членів Євросоюзу, а також країн – кандидатів на вступ діє новий широкомасштабний план розбудови Транс'європейської транспортної системи.

За ініціативою Європейської комісії Євросоюзу було утворено Групу високого рівня, яка на підставі пропозицій країн – учасниць цієї групи розробила карту основних маршрутів європейської транспортної мережі – мультимодальних вісей, що мають поєднати країни – члени Євросоюзу з новими країнами-сусідами та їх регіонами.

Єврокомісією визначено та затверджено 5 основних, пріоритетних напрямки *європейських транспортних вісей*:

північна, центральна, південно-східна, південно-західна та водні магістралі між європейськими портами.

Територією України проходить Центральна вісь, у межах якої визначено основні маршрути: Катовіце – Львів – Київ, Будапешт – Львів, Мінськ – Київ, Київ – Харків, Москва – Київ – Одеса, а також водна вісь, яка з'єднує зону Чорного моря з Атлантикою (Середземним, Балтійським, Баренцовим, Червоним морями та Суецьким каналом) і включає внутрішній водний шлях Білорусь – Київ (Дніпром) з виходом до Одеського та Чорноморського портів.

Вісь збігається з маршрутами критських транспортних коридорів № 3 та № 5 з продовженням далі до кордону з Росією та перспективою виходу на транспортний коридор «Північ – Південь», процедуру приєднання до якого Україна ініціювала.

Маршрут 1 відповідає напрямку Критського транспортного коридору № 9 і забезпечує транспортний зв'язок Середземноморських країн і країн Близького Сходу з країнами Балтійського й Скандинавського регіонів і далі, з використанням існуючих ліній поромних переправ, за маршрутом транспортного коридору TRASECA до країн Середньої Азії й Закавказзя, а також Болгарії.

Основні залізничні маршрути в рамках Центральної транспортної вісі, що проходять територією України, наведено в табл. 2.2 та на рис. 2.8.

Основні автомобільні маршрути в рамках Центральної транспортної вісі, що проходять територією України, наведено в табл. 2.3 та на рис. 2.9.

Таблиця 2.2

Залізничні маршрути центральної транспортної вісі

Номер маршруту у	Напрямок маршруту	Протяжність (територією України), км
1	2	3
Маршрут 1	Зернове (кордон з РФ)/Горностаївка (кордон з Білоруссю) – Ніжин – Київ – Жмеринка – Кучурган (кордон з Молдовою)/Одеса	1159

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
Маршрут 1	Зернове (кордон з РФ)/Горностаївка (кордон з Білоруссю) – Ніжин – Київ – Жмеринка – Кучурган (кордон з Молдовою)/Одеса	1159
1	2	3
Маршрут 2	Чоп (кордон зі Словаччиною та Угорщиною) / Мостиська 2 (кордон з Польщею) – Львів – Жмеринка – Фастів – Дніпро – Покровськ – Дебальцеве – Красна Могила (кордон з Росією) / Ясинувата –Квашине (кордон з РФ)	1994
Маршрут 3	Изюв / Яготин (кордон з Польщею – Ковель – Здолбунів – Шепетівка – Козятин – Київ – Полтава – Харків – Куп’янськ – Тополі (кордон з РФ)	1338

Таблиця 2.3

Автомобільні маршрути центральної транспортної вісі

Маршрут	Напрямок маршруту	Протяжність (територією України), км	Інтенсивність руху, авто/добу
Маршрут 1	Берлін – Прага – Вроцлав – Ополе – Катовіце – Краків – Жешув – Краковець – Львів – Рівне – Житомир – Київ – Глухів – Бачівськ – Москва	973	1800–13800
Маршрут 2	Варшава – Люблін – Хелм – Яготин – Ковель – Коростень – Київ – Полтава – Харків – Дебальцеве – Луганськ – Ізварине – Волгоград	630	1100–24000
Маршрут 3	Варшава – Люблін – Хелм – Яготин – Ковель – Коростень – Київ – Полтава – Харків – Дебальцеве – Луганськ – Ізварине – Волгоград	1377	2300–36000
Маршрут 4	Любляна – Загреб – Будапешт – Косини – Івано-Франківськ – Хмельницький – Вінниця – Київ (за новим напрямком)	735	16000–30000 (проектна)

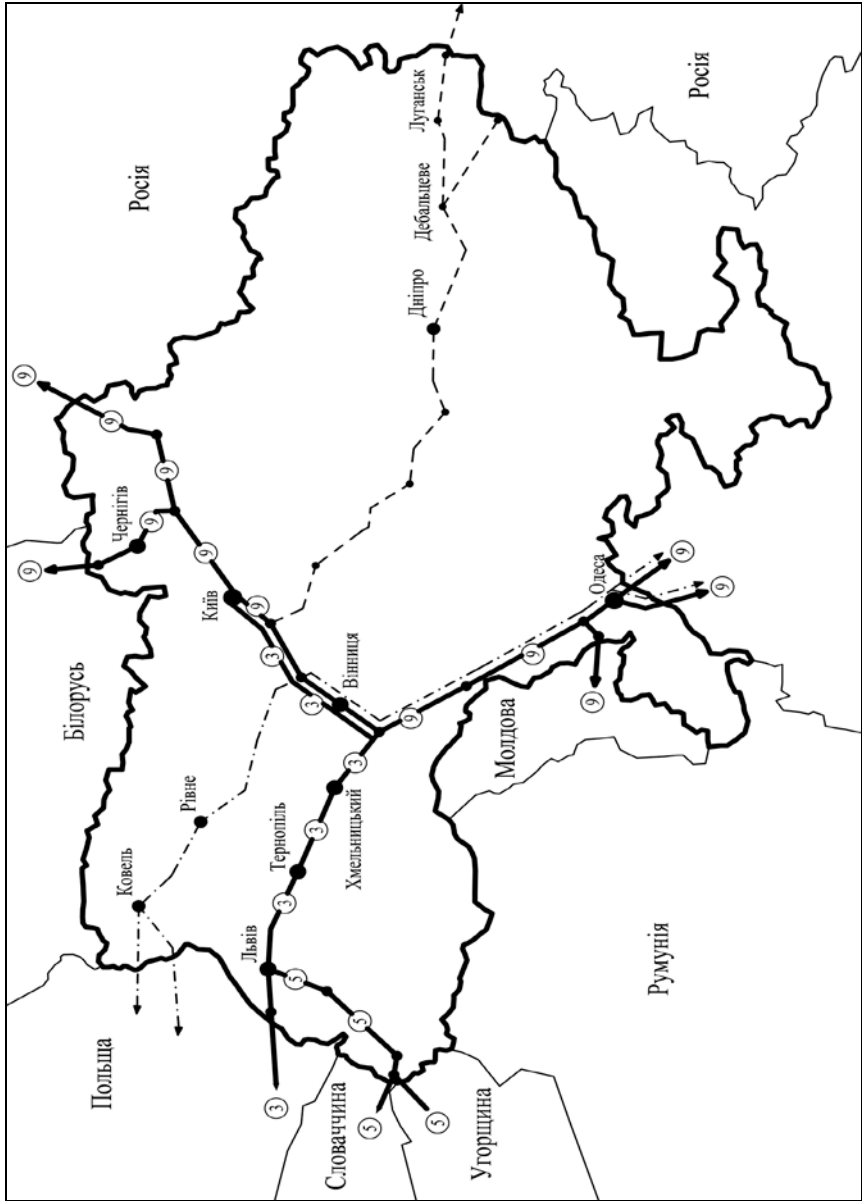


Рис. 2.8. Залізничні маршрути Центральної транспортної вісі

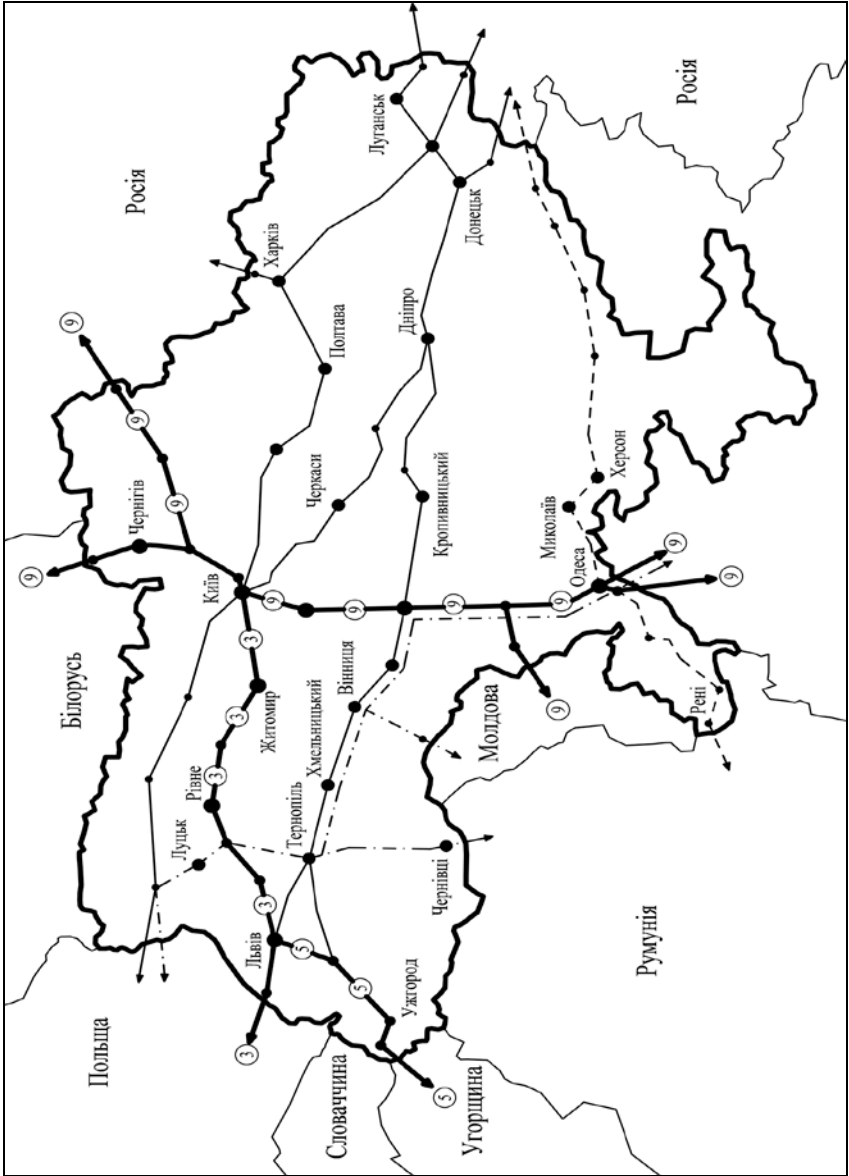


Рис. 2.9. Автомобільні маршрути Центральної транспортної вісі

Для ефективного входження України до міжнародної транспортної системи передбачено два варіанти розбудови транспортних коридорів на її території, включених як складова частина до мережі міжнародних транспортних коридорів:

- реконструкція і модернізація існуючої мережі (має бути здійснена переважно на конкурсних засадах із залученням коштів державного бюджету, насамперед, за рахунок коштів, що надходять на дорожні роботи згідно із законодавством, а також інших джерел фінансування. Приватний капітал передбачено залучати до розвитку окремих об'єктів на транспортних коридорах, допоміжної діяльності, сервісу);
- спорудження нової транспортної мережі з повним комплексом інфраструктури згідно з міжнародними стандартами (має бути здійснене на конкурсних засадах переважно із залученням недержавних коштів насамперед приватного капіталу, включно з іноземним, під контролем і за участю держави, яка створює умови для залучення капіталу, гарантує його повернення та додатковий прибуток, готує відповідну законодавчу та правову базу), а саме: продовження транс'європейського коридору № 5: Львів – Рівне – Сарни – Мінськ; Балтійське море – Чорне море: Гданськ – Варшава – Ковель – Одеса; Європа – Азія: Франкфурт – Краків – Львів – Дніпро – Алмати (продовження транс'європейських коридорів № 3 і № 5); ЧЕС: Анкара – Єреван – Тбілісі – Баку – Ростов-на-Дону – Донецьк – Одеса – Кишинів – Бухарест – Тірана – Димитровград – Афіни – Стамбул; Євроазійський: Одеса – Тбілісі – Єреван – Баку – Ашгабад; Північ – Південь: Харків – Полтава – Кіровоград – Одеса.

До нових ділянок *автомобільних транспортних коридорів*, намічених для будівництва, належать такі:

- Критський № 3: Краківець – Львів – Тернопіль – Хмельницький – Вінниця – Київ;
- Критський № 5: Косини – Івано-Франківськ – Тернопіль – Підгайці;
- Європа – Азія: Косини – Івано-Франківськ – Тернопіль – Вінниця – Кіровоград – Дніпро – Донецьк – Изварине;

- Балтійське море – Чорне море: Яготин – Ковель – Луцьк – Хмельницький – Балта – Одеса;
- Європа – Азія: Одеса – Миколаїв – Херсон – Джанкой – Керч;
- Північ – Південь: Харків – Полтава – Кременчук – Кіровоград – Одеса;

До ділянок залізничних транспортних коридорів, що мають реконструюватися, в Україні належать ділянки:

- Критський № 3: Мостиська – Львів – Тернопіль – Хмельницький – Жмеринка – Козятин – Київ;
- Критський № 5: Чоп – Стрий – Львів – Рівне – Сарни – Мінськ;
- Критський № 9 з відгалуженнями: Кучурган – Роздільна – Жмеринка – Козятин – Київ – Ніжин – Чернігів – Горностаївка, Роздільна – Одеса – Ізмаїл – Рені, Ніжин – Зерново;
- ЧЕС з відгалуженнями: Рені – Ізмаїл – Одеса – Колосівка – Помічна – Знам'янка – Дніпро – Ясинувата – Квашине, Харків – Синельникове – Джанкой (Керч, Феодосія) – Сімферополь (Євпаторія), Колосівка – Миколаїв – Херсон – Чаплине – Бердянськ, Донецьк – Маріуполь;
- Європа – Азія: Мостиська – Львів – Здолбунів – Козятин – Фастів – Знам'янка – Дніпро – Красна Могила;
- Балтійське море – Чорне море: Яготин – Ковель – Здолбунів – Шепетівка – Козятин – Жмеринка – Одеса;
- Євразійський: Херсон – Миколаїв – Одеса.

Для водного транспорту передбачено реконструкцію транспортного коридору Критський № 7: Усть-Дунайський – Ізмаїл – Рені.

У галузі морського транспорту передбачено здійснити будівництво нових і реконструкцію існуючих об'єктів морського транспорту (коридори № 9, TRASECA, Балтика – Чорне море) – Чорноморський порт, Одеський порт, порт Південний, Маріупольський порт.

У підгалузях дорожньо-транспортно комплексу України пріоритетним напрямом розвитку міжнародної транспортної системи є *автомобільний транспорт*, а саме:

- розвиток міжміських автобусних перевезень;

- збільшення обсягів міждержавних перевезень;
- зростання обсягів транзитних перевезень вантажів;
- збільшення надходжень коштів до державного та місцевих бюджетів за рахунок зростання міждержавних транспортних послуг і транзиту.

Для ефективного функціонування автомобільного транспорту в міжнародній транспортній системі на сьогодні в Україні необхідна реконструкція існуючих *автомобільних доріг* з доведенням їхніх параметрів до міжнародних вимог і стандартів, залежно від забудови прилеглої території, рельєфу місцевості, стану штучних споруд, водовідводів, закріпленої смуги відведення земель, а саме :

- приведення технічного рівня національної мережі автомобільних доріг у відповідність із міжнародними вимогами;
- поліпшення експлуатаційного стану існуючих доріг, підвищення рівня їх облаштування, безпеки та економічності перевезень;
- доведення стану штучних споруд на дорогах до сучасних нормативних вимог;
- забезпечення високої якості робіт із будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг;
- розширення обсягів будівництва автомобільних доріг, передусім за напрямками міжнародних транспортних коридорів.

Для поглиблення інтеграції *залізничного транспорту* у міжнародну транспортну систему також необхідні заходи з реконструкції:

- реконструкція і модернізація інфраструктури найважливіших залізничних магістралей;
- оновлення рухомого складу;
- входження національної інфраструктури залізниць до міжнародної системи транспортних коридорів.

Залізничні лінії в Україні необхідно реконструювати з доведенням їхніх параметрів до міжнародних вимог і стандартів, за аналогією з автомобільним транспортом, виходячи з місцевих умов, залежно від забудови прилеглої території, рельєфу місцевості, стану штучних споруд, водовідводів, закріпленої смуги

відведення земель.

Під час реконструкції існуючих залізничних колій доцільно зберігати змішаний рух пасажирських і вантажних потягів із застосуванням графіків руху.

Під час будівництва залізничних ліній є актуальним застосування нових технологій із забезпеченням швидкостей руху пасажирських потягів до 300 км/год. і з принципово новим рухомим складом та колією завширшки 1435 мм замість 1520 мм.

У перспективі доцільно спеціалізувати існуючі лінії переважно для внутрішньодержавних вантажних і місцевих перевезень. На високошвидкісний транспорт у перспективі доцільно поступово переводити пасажирський рух і частину вантажного (легковагові вантажі).

Для подальшого розвитку морського транспорту необхідним є:

- оновлення та поповнення флоту;
- розвиток круїзного плавання;
- розвиток експортних послуг флоту та збільшення обсягів переробки транзитних вантажів у портах;
- розширення перевезень експортно-імпортних та транзитних вантажів;
- створення державної системи безпеки судноплавства;
- удосконалення систем управління та зв'язку.

Для ефективного функціонування річкового транспорту в міжнародній транспортній системі доцільно:

- розширення перевезень експортно-імпортних вантажів;
- розширення перевезень на туристичних суднах, особливо перевезень іноземних туристів;
- удосконалення системи внутрішніх водних шляхів України;
- розвиток нормативно-правової бази річкового транспорту для забезпечення повнішої інтеграції внутрішніх водних шляхів України до загальноєвропейської мережі транспортних коридорів.

Для забезпечення функціонування транспортних коридорів створюються *транспортно-складські комплекси (ТСК)*, які застосовують для переробки контейнерних та інших вантажів, за такою класифікацією:

- сухопутні прикордонні – Ковель, Рава-Руська, Мостиська,

Чоп, Харків, Луганськ, Донецьк, Чернігів;

- сухопутні на території України – Київ, Житомир, Вінниця, Полтава, Суми, Дніпро, Кіровоград, Черкаси, Сімферополь, Мелітополь, Одеса, Хмельницький, Тернопіль, Рівне, Львів, Івано-Франківськ;
- водні – Рені, Ізмаїл, Усть-Дунайський, Білгород-Дністровський, Чорноморськ, Одеса, Південний, Миколаїв, Херсон, Скадовськ, Євпаторія, Севастополь, Ялта, Феодосія, Керч, Бердянськ, Маріуполь, Запоріжжя, Дніпро, Київ.

Для забезпечення продуктивної роботи міжнародних транспортних коридорів важливим є створення нової інфраструктури прикордонних і митних пунктів пропуску відповідно до міжнародних стандартів.

Для ефективної інтеграції національної транспортної системи до міжнародної транспортної мережі необхідно будівництво нових і реконструкція існуючих *сервісних пунктів*. На намічених для розвитку Критських коридорах № 3, 5, 9 це необхідно виконувати першочергово. Автодорожній сервісний комплекс потрібно доповнювати новими об'єктами загальноєвропейського рівня, які слід розташовувати на транспортних коридорах частіше. Вони мають забезпечувати вищу якість послуг.

Координацію та контроль за всіма роботами зі створення й функціонування міжнародної транспортної мережі на території України здійснює Міністерство інфраструктури. Розбудову та забезпечення функціонування транспортних коридорів за існуючими напрямками можуть забезпечувати відповідні підприємства, підпорядковані цьому міністерству, із залученням приватних підприємств.

Єдині підходи до проведення державної політики України в галузі створення транспортних коридорів та входження їх до міжнародної транспортної системи розробляє Державна комісія з питань транспортних коридорів.

Правову базу транспортних коридорів в Україні слід створювати шляхом:

- удосконалення чинних та розроблення нових актів законодавства, що стосуються транспортно-дорожнього

- комплексу;
- прийняття або адаптації існуючих у Європейському Союзі міжнародних документів і угод стосовно транспортної інфраструктури;
 - визначення та акредитації закладів, установ, фахівців для створення нормативно-правових і законодавчих актів, правил, норм і стандартів, використання з цією метою потенціалу освітніх та виробничих закладів;
 - створення системи доведення нормативно-правових документів до безпосередніх користувачів незалежно від форм власності.

Розроблення правових актів необхідно здійснювати відповідно до затверджених графіків із визначенням пріоритетності найважливіших та першочергових правових актів. Контроль за розробленням правових актів, їх державна реєстрація та введення в дію є одним із основних завдань державного регулювання розбудови транспортних коридорів.

Суб'єктами господарської діяльності в транспортно-дорожньому комплексі є підприємства та організації Укрзалізниці, Укрaviaтрансу, Укравтодору, Укрморрічфлоту, Укрвавтотрансу, відкрите акціонерне товариство «Транспортні коридори України», інші підприємства й організації незалежно від форм власності.

Створення транспортних коридорів поряд із поліпшенням транспортного обслуговування відіграє значну роль у соціально-економічному розвитку прилеглих територій. Безпосередньому впливу підлягають смуги територій завширшки 150–200 км. Будівництво автомагістралей, створення сучасної сервісної інфраструктури на них дасть змогу забезпечити роботою сотні тисяч людей як безпосередньо в будівництві, а згодом в експлуатації, так і через замовлення на дорожньо-будівельні матеріали, машини і механізми.

Питання для самоперевірки

1. Що таке Єдина транспортна система України, які види транспорту її утворюють?
2. З яких підсистем складається транспортна система України?

3. Які основні проблеми транспортного комплексу України?
4. Назвіть основні завдання транспортної системи.
5. Хто здійснює державне управління в галузі транспорту?
6. Що таке транспортний коридор?
7. До яких міжнародних транспортних коридорів під'єднано транспортну мережу України?
8. Вкажіть маршрут проходження транс'європейського міжнародного транспортного коридору № 3.
9. Окресліть маршрут проходження транс'європейського міжнародного транспортного коридору №5.
10. Назвіть маршрут проходження транс'європейського міжнародного транспортного коридору №9.
11. Вкажіть маршрут проходження міжнародного транспортного коридору Гданськ – Одеса.
12. Яких заходів необхідно вжити зацікавленим державам для створення оптимальних умов функціонування спільного транспортного простору?
13. Які основні залізничні маршрути європейської Центральної транспортної осі проходять територією України?
14. Назвіть основні автомобільні маршрути європейської Центральної транспортної осі, що проходять територією України.
15. Дайте основну класифікацію транспортно-складських комплексів.
16. Що таке транзитний рейтинг країни?
17. Назвіть основні проблеми, які стримують забезпечення попиту на транспортні послуги в Україні та можливі шляхи їх вирішення.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

3.1. Види впливу об'єктів транспорту на навколишнє природне середовище

Законодавством встановлено, що підприємства транспорту несуть відповідальність за шкоду, заподіяну навколишньому природному середовищу. Вони зобов'язані забезпечувати безпеку життя і здоров'я громадян, безпеку експлуатації транспортних засобів, охорону навколишнього природного середовища (ст. 13, 16 Закону України «Про транспорт»).

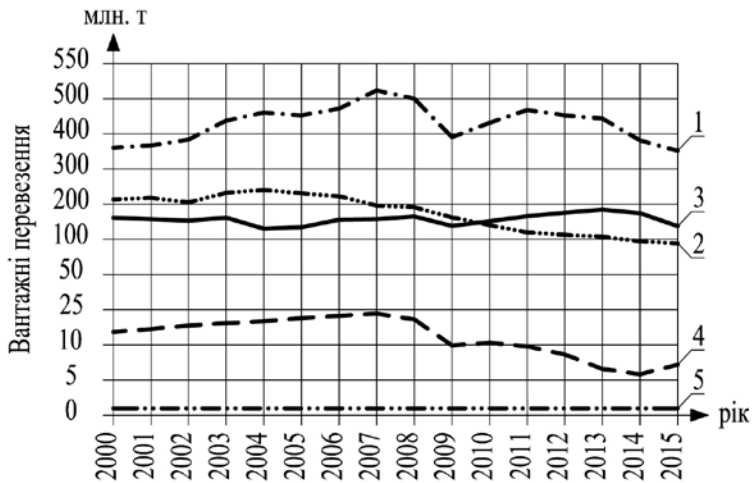
Об'єкти транспорту здійснюють як позитивний, так і негативний вплив на екосистеми. З одного боку, вони своєю діяльністю порушують принципи функціонування екосистем. Унаслідок транспортної діяльності екосистеми можуть деградувати і втрачати стійкість. На сьогодні частку транспортної галузі у загальному антропогенному забрудненні навколишнього середовища оцінюють майже у 40 %. Це більше, ніж будь-якої іншої галузі промисловості. З іншого боку, транспорт забезпечує переміщення людей та матеріальних цінностей, чим забезпечує комфортельніші умови життєдіяльності.

Динаміку перевезень вантажів в Україні протягом 2000–2015 рр. за видами транспорту показано на рис. 3.1, динаміку пасажирських перевезень — на рис. 3.2.

Транспортні засоби є джерелом підвищеної небезпеки для життя і здоров'я людей через можливі дорожньо-транспортні пригоди, шкідливі викиди, транспортний дискомфорт, споживання природних ресурсів. Водночас, транспортні засоби спричинюють позитивні соціально-економічні та морально-психологічні ефекти.

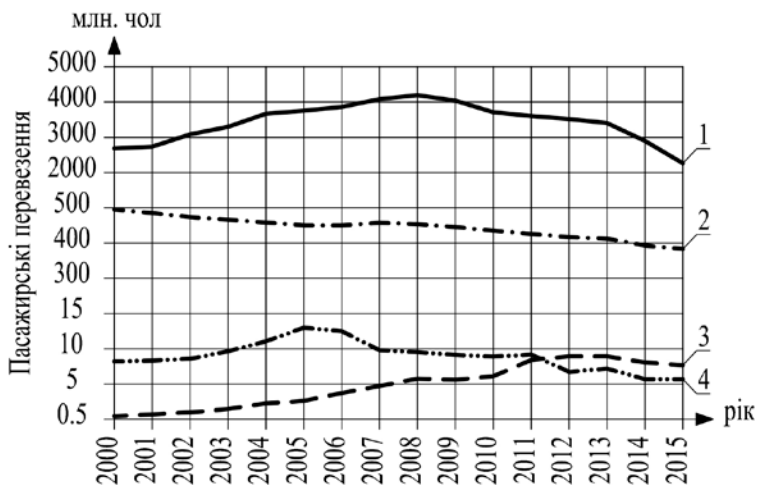
До позитивних впливів транспортного засобу можна віднести:

- розвиток торгівлі, політичних, культурних зв'язків, розширення контактів;
- стимулювання науково-технічного прогресу та сприяння створенню додаткових робочих місць;



Рік	Види транспорту				
	Залізничний 1	Трубопровідн. 2	Автомобільн. 3	Водний 4	Авіаційний 5
2000	367.2	212.7	168.0	15.7	0.1
2001	369.9	215.1	163.5	15.9	0.1
2002	391.0	201.2	161.4	16.4	0.1
2003	443.5	217.4	176.0	18.8	0.1
2004	460.9	220.9	124.4	20.6	0.1
2005	448.7	212.6	126.5	21.4	0.1
2006	476.8	203.7	154.8	23.0	0.1
2007	512.5	196.1	169.7	24.3	0.1
2008	498.8	186.8	186.6	19.5	0.1
2009	391.2	154.6	140.0	9.8	0.1
2010	432.5	153.4	158.2	11.1	0.1
2011	468.4	155.0	178.3	9.9	0.1
2012	457.5	128.4	179.0	7.8	0.1
2013	441.8	125.9	183.5	6.3	0.1
2014	387.0	99.7	178.4	6.0	0.1
2015	350.0	97.2	147.3	6.4	0.1

Рис. 3.1. Динаміка вантажних перевезень в Україні за видами транспорту



Рік	Види транспорту			
	Автомобільний 1	Залізничний 2	Водний 3	Авіаційний 4
2000	2644.9	498.5	7.3	1.4
2001	2732.6	497.4	7.4	1.5
2002	3090.6	465.1	7.6	1.7
2003	3290.7	476.2	9.1	2.2
2004	3720.3	452.4	11.8	3.1
2005	3840.2	444.7	13.6	3.8
2006	3987.8	448.8	12.9	4.4
2007	4174.1	447.4	9.5	4.9
2008	4368.7	445.6	8.9	6.2
2009	4012.9	425.9	7.8	5.1
2010	3719.4	426.6	7.6	6.1
2011	3604.6	430.1	8.0	7.5
2012	3448.7	429.6	6.6	8.1
2013	3340.8	425.4	7.3	8.1
2014	2915.3	389.1	0.6	6.5
2015	2259.8	389.8	0.6	6.3

Рис. 3.2. Динаміка пасажирських перевезень в Україні за видами транспорту

- участь у виробничих процесах і, як наслідок, скорочення інноваційних циклів при виробництві товарів;
- надання відчуття свободи й незалежності індивіду;
- розширення можливостей для життя у сприятливих умовах;
- збільшення життєвого простору окремого індивіда;
- підвищення доступності соціально-побутових послуг для споживачів;
- задоволення потреби споживачів у широкому асортименті товарів;
- надання відчуття радості від комфорту і зручностей за несприятливих погодних умов.

До негативних впливів транспортного засобу відносять:

- порушення газової і енергетичної рівноваги в атмосфері;
- виснаження ресурсів атмосфери, корисних копалини, прісної води;
- знищення живих організмів в дорожньо-транспортних пригодах;
- отруєння біологічних ресурсів, зокрема рослин, тварин та людини;
- посилення стресових навантажень учасників руху;
- зменшення життєвого простору за рахунок відчуження територій;
- скорочення біологічної продуктивності ландшафтів;
- порушення гармонії міської забудови і сільського ландшафту.

На рис. 3.3 схематично наведено основні види негативного впливу транспортного засобу на навколишнє середовище в процесі реалізації його життєвого циклу, починаючи від виробництва чорних і кольорових металів, палив та мастил і закінчуючи його утилізацією.

Навколишнє природне середовище (НПС) зазнає впливу не тільки від транспортних засобів, але й від усього транспортного комплексу. *Основні види впливу транспортного комплексу на навколишнє середовище* наведено на рис. 3.4.

Серед *найголовніших видів впливу транспортного комплексу* можна назвати:

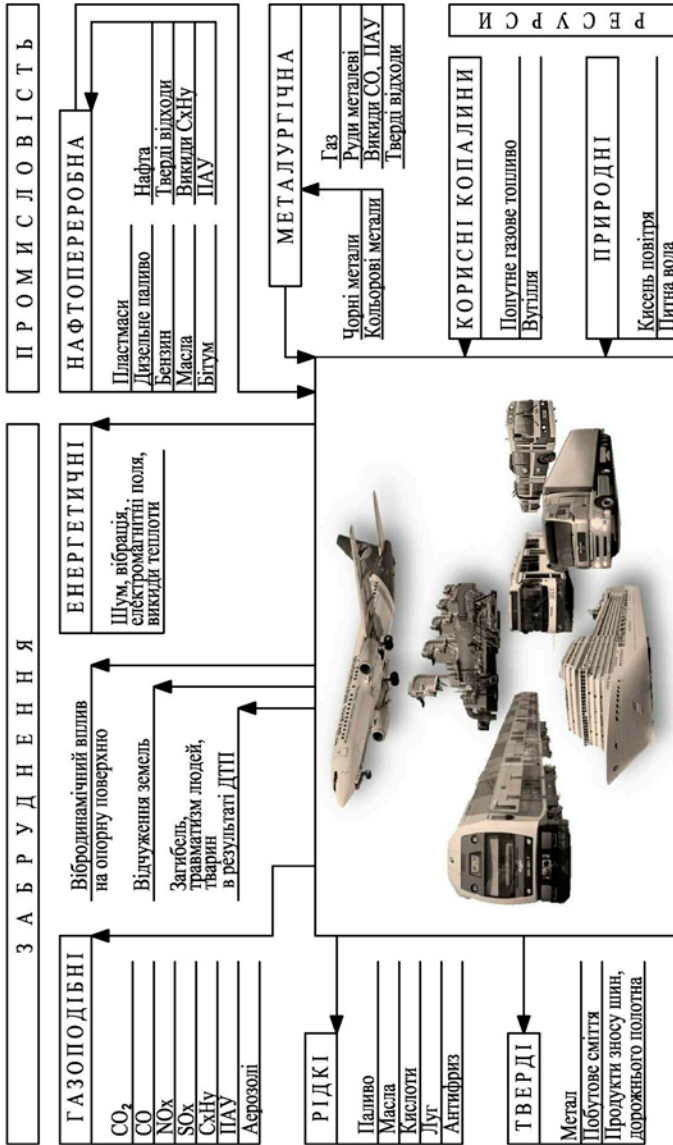


Рис. 3.3. Основні види негативного впливу транспортного засобу на НПС

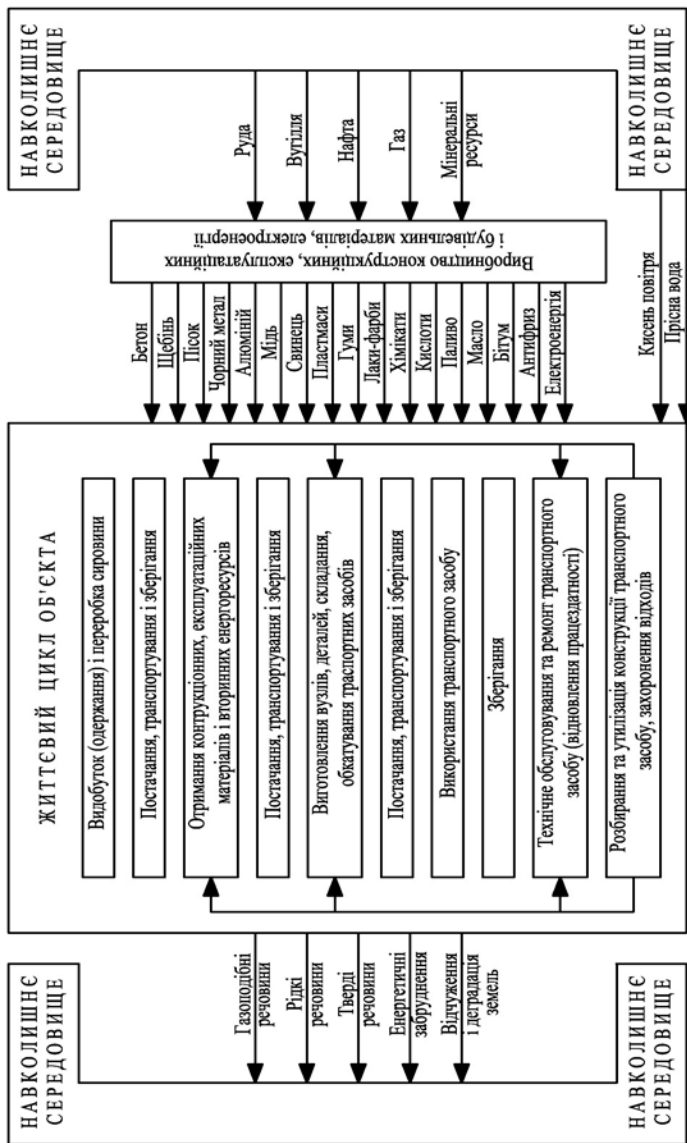


Рис. 3.4. Основні види негативного впливу транспортного комплексу на НПС

- відчуження площ територій під шляхопроводи та об'єкти транспортної інфраструктури, ерозійні процеси, осушення, вирубування лісів, кар'єрна розробка будівельних матеріалів;
- споживання природних ресурсів; серед них: нафтопродукти та природний газ для виробництва палива та мастильних матеріалів; вода для систем охолодження, для миття транспортних засобів, для виробничих і побутових потреб транспортних підприємств; повітря для забезпечення процесів спалювання палива;
- технологічне і транспортне забруднення шкідливими речовинами, шумом, вібраціями, надлишковою теплотою, електромагнітними та іонізуючими випромінюваннями навколишнього середовища (повітря, води, ґрунту, біоти) підприємствами транспорту і дорожнього господарства, дорогами як лінійними спорудами (транспортними потоками).

Класифікацію впливів різних видів транспорту на різні компоненти біосфери наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Класифікація впливів різних видів транспорту на компоненти біосфери

Об'єкти впливу				
Атмосфера	Гідросфера	Літосфера	Флора і фауна	Людина
1	2	3	4	5
Автомобільний транспорт				
Забруднення повітря викидами C_xH_y , NO_x , S , CO , CO_2	Засолення і мінералізація вод, їх забруднення нафтопродуктами	Засолення ґрунтів, їх забруднення органічними мастилами, розчинниками	Порушення ґрунтового покриву, забруднення придорожніх смуг	Скорочення тривалості життя, онкологічні захворювання та захворювання органів дихання

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Залізничний транспорт				
Забруднення повітря викидами C_xH_y , NO_x , C , CO , SO_2 , золи, пилу	Забруднення вод нафто-продуктами, смолами, фенолами, важкими металами	Забруднення ґрунтів нафто-продуктами, неочищеними стоками, розчинниками	Знищення лісів та сільгоспугідь, перешкоджання шляхам міграції тварин	Зменшення професійного довшоліття, хронічні професійні захворювання
Водний транспорт				
Забруднення повітря викидами C_xH_y , NO_x , C , CO , SO_2	Забруднення вод нафто-вмісними стоками, господарськими стоками твердими та харчовими відходами	Забруднення прибережних смуг нафтою, нафтопродуктами та органічними відходами	Зниження біопродуктивності морів та річок	Професійні захворювання
Повітряний транспорт				
Забруднення повітря викидами C_xH_y , NO_x , C , CO , SO_2 , твердих частинок	Забруднення вод нафто-продуктами	Забруднення ґрунтів біля аеродромів нафтопродуктами, органічними та неорганічними викидами	Зменшення чисельності фауни	Захворювання органів слуху, професійні захворювання
Трубопровідний транспорт				
Забруднення повітря газоподібними органічними викидами	Забруднення вод органічними речовинами, що перекачуються	Забруднення ґрунтів продуктами, що перекачуються та продуктами корозії труб	Руйнація геобіоценозів, перешкоджання шляхам міграції тварин	Отруєння речовинами, що перекачуються, професійні захворювання через шумові навантаження

Заходи, що дають змогу зменшити негативний вплив транспортного комплексу на навколишнє середовище.

- вдосконалення нормативно-правової бази для забезпечення екологічної безпеки (стійкого розвитку) промисловості й транспорту;
- створення екологічно безпечних конструкцій об'єктів транспорту, експлуатаційних, конструкційних, будівельних матеріалів, технологій їх виробництва;
- розробка ресурсозберігаючих технологій захисту навколишнього середовища від транспортних забруднень;
- розробка алгоритмів і технічних засобів моніторингу навколишнього середовища на транспортних об'єктах і прилеглих до них територіях, методів управління транспортними потоками для збільшення пропускнуєї спроможності дорожньої і вулично-дорожньої мережі у великих містах;
- удосконалення системи управління природоохороною діяльністю на транспорті.

Екологічні обмеження необхідно враховувати на всіх етапах життєвого циклу об'єктів транспорту (обґрунтування інвестицій, проектування, виготовлення, будівництво, реконструкція, ремонт, експлуатація, демонтаж), створення дорожньо-транспортної техніки, а також під час оцінювання перспектив розвитку транспортної системи. Ці обмеження особливо значущі на природоохоронних, урбанізованих територіях.

Коло проблем і шляхи їх вирішення знаходяться у сфері раціонального використання природних ресурсів, захисту атмосфери, водойм та водотоків, ґрунту, селітебних територій та місць проживання тварин від негативного впливу транспортного комплексу, створення замкнених промислово-утилізаційних технологій у транспортній галузі.

Принципово природа дії видів транспорту на навколишнє середовище практично однакова, як однакові методи їх вивчення.

Найбільш енергоємним сьогодні в Україні є автомобільний транспорт, що споживає 83 % палива усієї транспортної галузі. На другому місці — залізничний транспорт (10,5 %), на третьому — водний (6,5%). Розподіл споживання моторного палива за галузями транспорту наведено в таблиці 3.2.

У країнах ЄС дещо інша картина. На першому місці за споживанням палива так само автомобільний транспорт (84,4 %),

проте на другому місці знаходиться повітряний транспорт (11,1 %), на третьому місці залізничний (лише 2,5 %), і на четвертому— водний (2 %).

Аналізуючи обсяги викидів шкідливих речовин різними видами транспорту, можна дійти висновку, що найбільша частка у викидах належить також автомобільному транспорту (64 %). Приблизний розподіл викидів за видами транспорту в абсолютних одиницях (маса, т) та у відсотках наведено табл. 3.3.

Таблиця 3.2

Розподіл споживання моторного палива в Україні за галузями транспорту (без врахування повітряного та трубопровідного)

Вид палива	Вид транспорту, т			Разом
	Автомобільний	Залізничний	Водний	
Бензин	4236175	39851	9915	4285941
Дизельне паливо	149000	713600	323275	2523875
Зріджений нафтовий газ	38777	2741	–	41518
Стиснений природний газ	161498	2023	12571	176092
Керосин	171	1021	161	1353
Інші види	174	–	128747	128921
Усього	5926795	756236	474669	7157700
%	83	10,5	6,5	100

Таблиця 3.3

Викиди основних шкідливих речовин за галузями транспорту (без врахування повітряного та трубопровідного)

Шкідливі речовини		Вид транспорту, т			Разом
		Автомобільний	Залізничний	Водний	
1		2	3	4	5
СО	т	1452477	33578	15453	1501508
	%	96,7	2,2	1,1	100
С _x Н _y	т	273644	6998	3838	284480
	%	96,2	2,46	1,34	100

Продовження таблиці 3.3

1		2	3	4	5
NO _x	т	130125	16233	30429	176787
	%	73,6	9,2	17,2	100
С	т	10325	2735	2424	15184
	%	66,7	17,7	15,6	100
SO ₂	т	10002	3578	2039	15619
	%	64	22,9	13,1	100

3.2. Основні забруднювачі на транспорті

Діяльність транспортних підприємств пов'язана з виконанням процесів перевезення, вантажно-розвантажувальних робіт, зберіганням вантажів та виконанням робіт з технічного обслуговування пересувного складу та шляхів сполучення.

Основними споживачами природних ресурсів і забруднювачами навколишнього середовища є транспортні засоби. Наприклад, один вантажний автомобіль, проїждючи за рік біля 15 тис. км, спалює 1,8 т бензину, для отримання якого слід переробити 3 т нафти. Для спалювання цієї кількості бензину витрачається біля 27 т повітря (5,6 т кисню).

Процеси технічного обслуговування і ремонту рухомого складу також потребують енергетичних затрат і пов'язані зі значним водоспоживанням, викидом забруднюючих речовин в атмосферу, водойми та утворенням інших відходів, у тому числі токсичних.

Для виконання *технічного обслуговування транспортних засобів задіюють різні ділянки*, де використовують різне обладнання. При цьому обладнання, верстати, засоби механізації, котельні тощо є стаціонарними джерелами викидів забруднюючих речовин. Склад викидів під час здійснення технологічних процесів з технічного обслуговування транспортних засобів наведено в таблиці Д.1 додатка.

Під час багатьох технологічних процесів утворюються стічні води. Склад та кількість цих вод різні. Вони утворюються в результаті миття рухомого складу, очищення вузлів і деталей у спеціальних мийних машинах, під час ремонту акумуляторних

батарей, гальванічної та механічної обробки деталей, гідравлічних випробовувань різних ємностей тощо.

Ремонтні роботи супроводжуються також забрудненням ґрунтів, накопиченням відходів технологічних процесів поблизу виробничих дільниць.

Під час будівництва шляхів сполучення та об'єктів інфраструктури транспортної галузі відбувається порушення природних ландшафтів, видалення з природних екосистем ґрунту, води, мінеральних речовин, необхідних для їх нормального функціонування, відбувається втручання у рослинний і тваринний світ.

Для збереження природного різноманіття усі види втручання в екосистеми й порушення їх нормального функціонування не повинні виходити за межі здатності цих екосистем до самовідновлення. В іншому разі екосистеми деградують і можуть навіть повністю зникати.

3.3. Фізико-хімічні процеси на транспорті, що впливають на навколишнє природне середовище

Одним із головних процесів, які забруднюють навколишнє середовище, є *процес спалювання палива*. Усі транспортні двигуни, що використовують цей процес, є тепловими машинами, які працюють, взаємодіючи з навколишнім середовищем (насамперед із атмосферою). Відбувається процес теплообміну відповідно до законів термодинаміки.

3.3.1. Термодинамічні основи роботи теплових двигунів

Термодинамічний процес — це перехід системи з одного стану в інший унаслідок її взаємодії з навколишнім середовищем. Цей процес є безперервною послідовністю нескінченно близьких один до одного рівноважних станів. Їх називають квазістатичними. Рівноважні процеси можуть бути графічно зображені в просторі і на площинах параметрів станів.

Рівноважний процес може проходити як у напрямку зростання, так і зменшення будь-якого з параметрів стану, тобто як у прямому, так і у зворотному напрямках. Тобто *рівноважні*

процеси є зворот ними. При поверненні системи у вихідний стан отримана від навколишнього середовища теплота повертається назад. Відсутність будь-яких залишкових змін у системі та в навколишньому середовищі є характерною рисою зворотних процесів. Процеси, які не мають такої властивості, називаються *незворотними*. Якщо система здійснила незворотний процес, то її повернення у початковий стан потребує додаткових надходжень енергії з навколишнього середовища, адже робота, яку система виконує в незворотному процесі, не є достатньою для зворотного переходу у початковий стан.

Усі реальні процеси внаслідок тертя, теплообміну за кінцевої різниці температур та обмеженості часу їх протікання є незворотними. Поняття зворотного процесу виникло як ідеальний варіант реальних процесів. Мірою незворотності реальних процесів є ентропія.

Збільшення ентропії системи при протіканні в ній незворотних процесів іноді називають виробництвом ентропії. У міру наближення ізольованої системи до стану рівноваги виробництво ентропії сповільнюватиметься, а при встановленні рівноваги зовсім припиниться.

Під час будь-якого переходу енергії з одного виду в інший частина первинної енергії завжди втрачає якість (цінність), тобто здатність виконувати корисну роботу. Ця частина, як правило, розсіюється у вигляді теплоти. Високоякісна енергія характеризується низькою ентропією і, на відміну від речовини, не може бути відновлена або використана повторно. Уникнути збільшення ентропії (зниження якості енергії) навколишнього середовища в статистичних системах неможливо, але можна намагатися скоротити або звести до мінімуму кількість виробленої ентропії.

На рис. 3.5 графічно зображено прямий та зворотний термодинамічні процеси, що утворюють цикл.

Перетворення теплової енергії на будь-який інший вид енергії у відкритому термодинамічному процесі можливе лише одноразово, тобто до того моменту, поки робоче тіло з нерівноважного стану 1 (рис. 3.5) не перейде в стан рівноваги з навколишнім середовищем 2. Щоб продовжити перетворення,

необхідно повернути робоче тіло зі стану 2 в стан 1, тобто замкнути процес 1-А-2, наприклад, по лінії 2-В-1.

Замкнений термодинамічний процес називається *циклом*. Усі теплові машини працюють за тепловими циклами. *Необхідною умовою отримання роботи за допомогою теплових машин є наявність як мінімум двох джерел теплоти: гарячого (верхнього) і холодного (нижнього)*. Наявність такої умови пов'язана з тим, що теплота, отримана робочим тілом від верхнього джерела, не може бути повністю перетворена на механічну роботу. Частина її повинна бути обов'язково віддана нижньому джерелу теплоти.

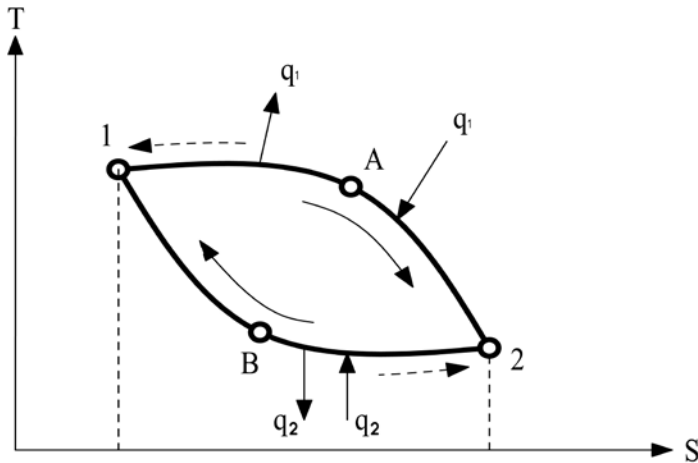


Рис. 3.5. Прямий і зворотний термодинамічні процеси (цикл):
 T — температура; S — ентропія

Для оцінювання ефективності теплових циклів використовують *термічний коефіцієнт корисної дії* η_t . Його визначають як відношення кількості отриманої роботи до кількості витраченої роботи:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1}, \quad (3.1)$$

де q_1 — отримана робота;

q_2 — втрачена (не використана раціонально) робота.

На рис. 3.6 графічно зображено ідеальний тепловий цикл теплових машин (цикл Карно).

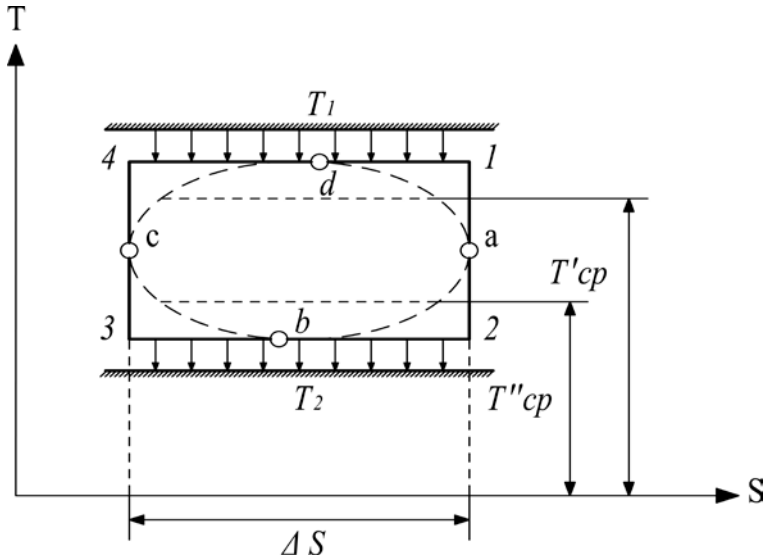


Рис. 3.6. Ідеальний цикл теплових машин (цикл Карно): T — температура робочого тіла; S — ентальпія робочого тіла; 4–1 — ізотермічне збільшення ентальпії робочого тіла; 1–2 — адіабатичне охолодження робочого тіла; 2–3 — ізотермічне зменшення ентальпії робочого тіла; 3–4 — адіабатичне нагрівання робочого тіла

Оцінювання досконалості робочого процесу теплових двигунів проводять у порівнянні з *циклом Карно*. В такому циклі підведення теплоти від джерела до робочого тіла здійснюється без зміни температури по ізотермі 4–1 ($T_1 = \text{const}$). Відведення теплоти від робочого тіла до іншого джерела з незмінною температурою також здійснюється по ізотермі 2–3 ($T_2 = \text{const}$). Оскільки інші джерела теплоти відсутні, переходи з температурного рівня T_1 на рівень T_2 і назад можливі лише по адіабатах, тобто за $q_1 = \text{const}$ і $q_2 = \text{const}$.

Термічний ККД циклу Карно дорівнює:

$$\eta_{I(K)} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}, \quad (3.2)$$

тобто не залежить від властивостей робочого тіла, а повністю визначається температурами джерел T_2 і T_1 .

У реальних умовах охолодження, нагрівання та зміна ентальпії робочого тіла відбувається по кривій $a-b-c-d$, за середньої температури нагрітого робочого тіла T'_{cp} та середньої температури охолодженого робочого тіла T''_{cp} . Тобто ККД реального циклу є значно меншим. Теплота втрачає властивість перетворюватися на роботу при пониженні температури гарячого джерела, тобто втрачає свою працездатність.

На рис. 3.7 показано цикли Карно в координатах температура T — ентальпія S за однакової кількості підведеної теплоти q_1 , що реалізуються в різних інтервалах температур. Температура холодного джерела однакова й дорівнює температурі навколишнього середовища, тобто $T_2 = T_0 = \text{const}$, а температура гарячого джерела різна — $T_1 > T_1' > T_1''$.

Теплота, що підводиться, у всіх трьох циклах однакова і дорівнює q_1 . Теплота, що відводиться, в першому циклі дорівнює $q_2 = T_0 \Delta S_1$, в другому — $q_2' = T_0 \Delta S_2$ і в третьому — $q_2'' = T_0 \Delta S_3$. З графіка видно, що за однакової теплоти, що відводяться q_1 , теплота, що відводиться різна $q_2 > q_2' > q_2''$.

У першому циклі, де $T_1 > T_1' > T_1''$ на корисну роботу перетворюється максимальна кількість теплоти, й приріст ентропії при цьому буде мінімальним. Чим суттєвіше збільшення ентропії при підведенні теплоти до робочого тіла, тим меншим є ККД теплового циклу, тобто менша ефективність підведеної теплоти (менша її працездатність). Отже, за зниження температури гарячого джерела працездатність теплоти зменшується. При визначенні термічного ККД циклу за традиційною формулою ця якість теплоти не враховується.

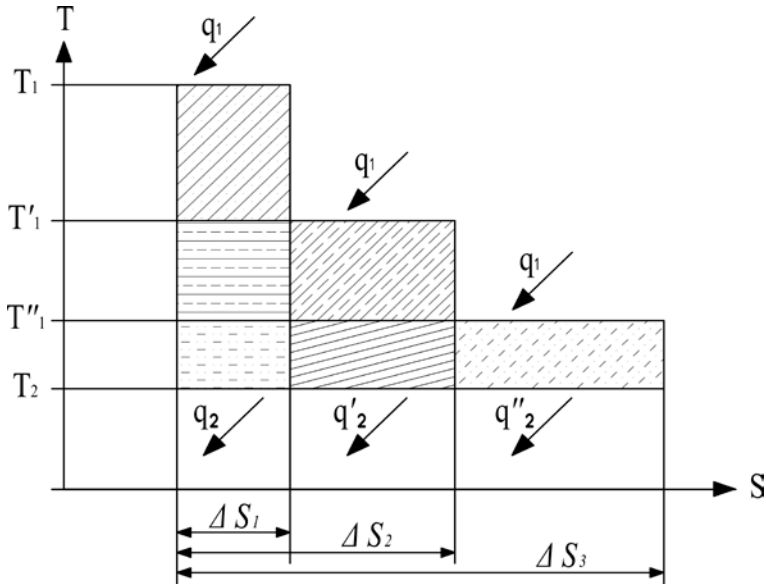


Рис. 3.7. Цикли Карно за однакової кількості підведеної теплоти, що реалізуються в різних інтервалах температур: T — температура; S — ентальпія

Ексергія це кількість корисної енергії, отриманої з вихідних енергоресурсів за вирахуванням витраченої на її отримання корисної енергії, тобто:

$$e_q = q_1 - T_0 S_1 = q_1 - T_0 \left(\frac{q_1}{T_1} \right), \quad (3.3)$$

де T_0 — температура навколишнього середовища, в яке віддається частина теплоти після здійснення роботи ($T_1 > T_0$).

Через незворотність реальних процесів жодна теплова машина не працює за циклом Карно. Але теоретичні цикли цих машин за досконалістю використання теплоти оцінюються ступенем наближення їх термічного ККД до значення ККД ідеального циклу Карно. Більшість інженерних рішень, що їх використовують для удосконалення теплових двигунів, спрямовані на наближення їх циклу до циклу Карно (регенерація, проміжний

підігрів робочого тіла під час підведення теплоти, проміжне його охолодження під час відведення теплоти тощо). Теоретична кількість теплоти, яка може бути виділена під час спалювання палива, ніколи не використовується за призначенням повністю. Частина її втрачається. У теплових двигунах ці втрати доходять до $60 \div 70\%$.

Для аналізу ефективності роботи теплових двигунів використовують його *Т ЕПЛОВИЙ БАЛАНС* вигляду:

$$Q_{\text{підв}} = Q_{\text{кор}} + Q_{\text{втр}}, \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{підв}} = Q_{\text{нижч}} + Q_{\text{палив}} + Q_{\text{окисл}}, \quad (3.5)$$

$$Q_{\text{втр}} = Q_{\text{вг}} + Q_{\text{хнг}} + Q_{\text{мнг}} + Q_{\text{нд}} + Q_{\text{нтд}} + Q_{\text{нев}} + Q_{\text{охол}} + Q_{\text{дод}}, \quad (3.6)$$

де $Q_{\text{підв}}$ — теплота, підводиться;

$Q_{\text{кор}}$ — корисно використана теплота;

$Q_{\text{втр}}$ — втрати теплоти;

$Q_{\text{нижч}}$ — нижча теплота згоряння палива;

$Q_{\text{палив}}$ — фізична теплота, що вноситься з паливом;

$Q_{\text{окисл}}$ — фізична теплота, що вноситься з окислювачем;

$Q_{\text{вг}}$ — теплота, втрачена з відпрацьованими газами;

$Q_{\text{хнг}}$ — теплота, втрачена (недовиділена) внаслідок хімічної неповноти згорання;

$Q_{\text{мнг}}$ — теплота, втрачена (недовиділена) внаслідок механічної неповноти згоряння;

$Q_{\text{нд}}$ — теплота, витрачена на нагрівання двигуна від температури навколишнього середовища до робочої температури;

$Q_{\text{нтд}}$ — теплота, що втрачається в навколишнє середовище за рахунок прямої теплопередачі двигуна;

$Q_{\text{нев}}$ — невраховані втрати теплоти;

$Q_{\text{охол}}$ — теплота, втрачена з охолоджуючими агентами (антифризом, маслом, стінками циліндрів тощо);

$Q_{доd}$ — теплота, еквівалентна роботі, витраченій на привід допоміжних механізмів, на подолання тертя між деталями.

Величини втрат теплової енергії залежать від багатьох факторів. Відповідно, і заходи, що дають змогу досягнути зменшення цих втрат різні:

$Q_{вz}$ зменшується при зниженні молярної маси й температури відпрацьованих газів. Зниження втрат можна також досягнути за допомогою регенерації, тобто підігріву відпрацьованими газами пального і окислювача, що подаються у камеру згорання;

$Q_{хиз}$ зменшується при покращенні змішування палива з окислювачем. Зменшення можна досягнути правильним вибором складу паливо-повітряної суміші й підтриманням температури горіння до $2300\text{ }^{\circ}\text{K}$;

$Q_{миз}$ залежить від виду палива;

$Q_{ид}$ зменшується із зменшенням розмірів двигуна, теплоємності матеріалів, із яких його виготовлено, його робочої температури, а також зі зниженням випромінюючої здатності його зовнішньої поверхні;

$Q_{итd}$ зменшується теж зі зменшенням розмірів двигуна та зменшенням коефіцієнта тепловіддачі через його стінки;

$Q_{охол}$ залежить від особливостей робочого процесу;

$Q_{доd}$ зменшується з поліпшенням якості змащування деталей, що труться (поршні, циліндри тощо). Величина залежить також від конструкції механізмів, що труться, швидкості руху їх деталей і стану поверхонь тертя.

Тепловий баланс дає кількісну картину розподілу втрат теплоти, проте нічого не свідчить про ексергію.

У термодинамічних системах, якими є теплові двигуни з робочим тілом, що змінюється, термодинамічну ефективність можна оцінити також за *ексергетичним балансом*, або рівнем ексергетичних втрат:

$$E = T_0 \sum \Delta S_i = T_0 \left(\sum_n G_i^y S_i^y - \sum_m G_i^b S_i^b \right) + \Delta Q, \quad (3.7)$$

де G_i^y , S_i^y і G_i^b , S_i^b — відповідно витрата та ентропія i -го потоку на виході і вході відповідного елементу системи;

ΔQ — теплові втрати, тобто кількість теплоти, що передається навколишньому середовищу різними способами.

Ексергетичний аналіз теплових втрат доповнює тепловий баланс, даючи змогу краще оцінити якісну картину енергетичних втрат у теплових двигунах під час оцінки їх взаємодії з навколишнім середовищем.

3.3.2. Горіння вуглеводневих палив

Для визначення кількісних показників споживання та утворення речовин протягом процесів отримання енергії при спалюванні палива використовують рівняння матеріального балансу цих процесів.

Основним джерелом теплоти при спалюванні палив є екзотермічне окислення атомів вуглецю С та водню Н, що в ньому містяться. Крім цих речовин палива містять також у незначних кількостях сполуки азоту, кисневмісні сполуки, можуть містити сірку, важкі метали тощо.

Умовна молекула палива має вигляд $C_xH_yO_z$. Для палив, що містять азотні сполуки, умовну молекулу записують так: $C_xH_yO_zN_g$. Для палив, що містять сірку, так: $C_xH_yO_zN_gS_k$.

Матеріальний баланс формується за елементним складом палива. Цей склад виражає відносний масовий вміст окремих елементів за повного й неповного згоряння палива.

$$W_C + W_H + W_O + W_N + W_S + W_A + W_W = 1, \quad (3.8)$$

де W_C , W_H , W_O , W_N , W_S , W_A , W_W — масовий вміст у паливі відповідно вуглецю, водню, кисню, азоту, сірки, мінеральної частини та вологи (у частках одиниці).

Приблизний елементний склад деяких палив, що використовуються в транспортних процесах, наведено в табл. 3.4.

З наведених у цій таблиці палив вміст мінеральної частити та вологи є найбільшим у мазуті й може доходити: мінеральних речовин — до 0,2 %; вологи — до 9 %.

Таблиця 3.4

Властивості палив, що використовуються для транспортних процесів

Паливо	Елементний склад за масою, %					$Q_{пнж ч},$ МДж/кг
	W_C	W_H	W_O	W_N	W_S	
Водень	-	100	-	-	-	119,6
Стиснений природний газ	71,0	23,2	0,4	5,3	0,1	46,9
Зріджений нафтовий газ	84,0	16,0	-	-	0,01	45,5
Метанол	37,5	12,5	50,0	-	-	19,6
Диметилефір	52,2	13,0	34,8	-	-	28,8
Бензин	85,5	14,5	-	-	0,02	44,0
Дизельне паливо	86,5	13,3	-	0,02	0,2	41,3
Мазут	85,6	11,3	0,5	0,3	2,3	40,9

Масові частки окремих елементів в 1 кг палива з умовною формулою $C_xH_yO_z$ знаходять за такими співвідношеннями:

$$W_C = 12x / (12x + y + 16z) = 12x / M_{п}, \quad (3.9)$$

$$W_H = y / (12x + y + 16z) = y / M_{п}, \quad (3.10)$$

$$W_O = 16z / (12x + y + 16z) = 16z / M_{п}, \quad (3.11)$$

де $M_{п}$ — молярна маса умовної молекули палива;

$12x$, y , $16z$ — маса вуглецю, водню та кисню в молекулі палива. При цьому $W_C + W_H + W_O = 1$.

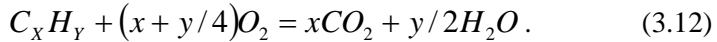
У більшості товарних сортів бензину й дизельного палива наявністю кисню можна знехтувати. Тоді умовна молекула палива набуває вигляду C_xH_y .

Повне окислення палива. Співвідношення між кількістю початкових продуктів (паливо плюс повітря) і продуктів згоряння визначається з рівнянь хімічної реакції за таких допущень:

- усі хімічні сполуки складаються з атомів окремих елементів, зв'язаних між собою в певних числових співвідношеннях;

- при хімічних реакціях атоми зберігають свою індивідуальність, і відбувається тільки їх перегрупування.

Повне окислення (згоряння) молекули C_xH_y до кінцевих продуктів (діоксиду вуглецю CO_2 і водяної пари H_2O) описується рівнянням (початкові і кінцеві продукти реакції дані в кіломолях):



При цьому x атомів вуглецю в 1-му кмоль C_xH_y становлять x кмоль CO_2 , $N_{CO_2} = x$; y атомів водню в 1-му кмоль C_xH_y становлять $x/2$ кмоль H_2O , $N_{H_2O} = y/2$.

Склад продуктів згоряння в перерахунку на 1 кг палива буде:

$$N_{CO_2} = x/M_n = x/(12x + y), \quad (3.13)$$

$$N_{H_2O} = (y/2)/M_n = (y/2)/(12x + y), \quad (3.14)$$

а виражаючи це через елементний склад:

$$N_{CO_2} = W_C/12, \quad (3.15)$$

$$N_{H_2O} = W_H/2. \quad (3.16)$$

У реакції бере участь $x + y/4$ кмоль O_2 , $N_{O_2} = x + y/4$.

Якщо до складу палива входить кисень ($C_xH_yO_z$), то права частина рівняння залишиться незмінною, а необхідна для горіння кількість кисню повітря (кмоль) зменшується відповідно на $z/2$, $N_{O_2} = x + y/4 - z/2$. Кількість кисню (кмоль), необхідну для повного згоряння палива, називають стехіометричною.

Стехіометрична кількість N_{O_2} дорівнює:

кількість (кмоль) O_2 на 1 кмоль палива:

$$N_{O_2} = x + y/4 = \frac{W_C}{12} M_{II} + \frac{W_H}{4} M_{II}, \quad (3.17)$$

кількість (кмоль) O_2 на 1 кг палива:

$$L_0 = N_{O_2} / M_{II} = (x + y/4)/(12x + y) = \frac{W_C}{12} + \frac{W_H}{4} \quad (3.18)$$

маса (кг) O_2 на 1 кг палива:

$$L_0' = L_0 M_{O_2} = (32x + 8y)/(12x + y) = \frac{8}{3} W_C + 8 W_H. \quad (3.19)$$

Теплота згоряння палива $Q_{нижч}$ (Мдж/кг), тобто тепловий

ефект екзотермічних реакцій, що відбуваються з утворенням CO_2 і H_2O , визначається за формулою Д. І. Менделєєва:

$$Q_{\text{нижч}} = 34,013W_C + 125,6W_H - 10,9(W_O - W_S) - 2,512W_W. \quad (3.20)$$

Маса кисню, що споживається з атмосфери для повного згоряння палива (кг/кг палива):

$$m_{\text{O}_2} = 0,23\alpha l_0, \quad (3.21)$$

де l_0 — стехіометричне число.

Приймаючи об'ємний вміст кисню в повітрі за 21 % і масовий — за 23,2 %, стехіометричну кількість повітря, необхідного для повного згоряння палива, можна знайти за формулами:

кількість (кмоль) повітря на 1 кг палива:

$$L_0 = L' / 0,21 = \frac{1}{0,21}(x + y/4)/(12x + y) = \frac{1}{0,21}\left(\frac{W_C}{12} + \frac{W_H}{4}\right), \quad (3.22)$$

маса (кг) повітря на 1 кг палива:

$$l_0 = l'_0 / 0,232 = 138(x + y/4)/(12x + y) = 138\left(\frac{W_C}{12} + \frac{W_H}{4}\right). \quad (3.23)$$

Для газових палив, що являють собою суміш вуглеводнів складу $\sum C_x H_y O_z$ з об'ємною часткою φ вуглеводнів, L_0 (кмоль (m^3) повітря / кмоль (m^3) палива):

$$L_0 = \sum (x + y - z/2)\varphi_i / 0,21. \quad (3.24)$$

У попередніх формулах α (*коефіцієнт надлишку повітря*) — відношення кількості повітря, що міститься в паливо-повітряній суміші $G_{\text{пов}}$, до його мінімальної кількості, яка теоретично необхідна для повного згоряння всього палива $G_{\text{пал}}$, що знаходиться в суміші:

$$\alpha = G_{\text{нов}} / (G_{\text{пал}} l_0), \quad (3.25)$$

де $G_{\text{пал}}$ — годинна витрата палива, кг/год;

$G_{\text{пал}} l_0$ — мінімальна теоретично необхідна кількість кисню, потрібна для повного згоряння палива, кг/год.

Якщо $\alpha = 1$, то паливо-повітряна суміш має стехіометричний (теоретичний) склад; якщо $\alpha > 1,0$ — суміш бідна; якщо $\alpha < 1,0$ — суміш багата.

Для дизелів $\alpha = 1,4 \div 2,2$ для номінального режиму і $\alpha = 4 \div 5$ для режиму холостого ходу. Для карбюраторних двигунів внутрішнього згоряння $\alpha = 0,8 \div 1,2$.

Приблизні дані про споживання кисню і викиди деяких речовин унаслідок повного згоряння різних видів палив наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

**Споживання кисню та викиди при повному згорянні
1 кг палива, кг**

Паливо	Спожи- вання O_2	Викиди в результаті згорання		
		H_2O	N_2	CO_2
Водень	7,94	8,94	26,41	-
Стиснений природний газ	3,13	2,25	13,28	2,8
Зріджений нафтовий газ	3,47	1,59	12,0	3,0
Метанол	1,5	1,13	4,98	1,37
Диметилефір	1,92	1,08	-	1,84
Бензин	3,04	1,46	11,74	3,1
Дизельне паливо	3,34	1,29	11,39	3,16
Мазут	3,17	0,78	10,4	3,5

Унаслідок повного згоряння сучасних видів палива споживається $1,5 \div 7,9$ кг кисню повітря. Виділення CO_2 становить близько 3 кг, води — $0,8 \div 2,3$ кг, азоту — $10,4 \div 13,3$ кг.

Неповне окислення палива. Якщо кількість кисню менша за стехіометричну, то повного окислення палива не відбувається через недостатню кількість кисню. За таких умов частина вуглецю окислиться не до CO_2 , а лише до CO , а частина водню не згорить взагалі. Окислення вуглеводневої молекули C_xH_y відбуватиметься відповідно до рівняння:

$$C_xH_y + \left[\frac{W}{2}x + (1-W)x + y(1-W_1)/4 \right] O_2 =$$

$$= WxCO + (1-W)xCO_2 + \frac{y}{2}W_1H_2 + \frac{y}{2}(1-W_1)H_2O, \quad (3.26)$$

де W — масова частка вуглецю, що окислюється до CO ;

W_1 — масова частка водню, який не згорів.

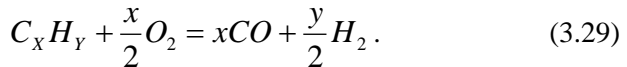
У продуктах згорання з'являється водень, який не згорів (N_{H_2}), та оксид вуглецю (N_{CO}). Таким чином:

$$N_{CO} + N_{CO_2} = x; N_{H_2} + N_{H_2O} = y/2. \quad (3.27)$$

Або на 1 кг палива (кмоль):

$$N_{CO} + N_{CO_2} = W_C/12; N_{H_2} + N_{H_2O} = W_H/2. \quad (3.28)$$

Зі зменшенням кількості кисню в паливо-повітряній суміші у продуктах згорання збільшуватиметься вміст CO і H_2 і зменшуватиметься вміст H_2O і CO_2 . За $W_1 = W = 1$ у продуктах згорання міститимуться чадний газ CO і водень, що не згорів H_2 . Відповідне рівняння окислення має вигляд:



Кількість кисню (кмоль) $N_{O_2} = x/2$ відповідає умові, коли число атомів вуглецю дорівнює числу атомів кисню, тобто $C/O = 1$. При подальшому зменшенні вмісту кисню у суміші ($C/O > 1$) у продуктах згорання з'являється вуглець, що не згорів (сажа).

Величина викидів забруднюючих речовин залежить не тільки від виду палива, але й від фізико-хімічних процесів у камері згорання двигуна, що приводять до їх утворення.

Під час згорання палив відбуваються як гомогенні, так і гетерогенні реакції.

Гомогенні процеси відбуваються з речовинами, що перебувають в одній фазі, наприклад, у газовій, коли як паливо використовують природний газ, пари рідкого палива тощо, а як окислювач — кисень повітря.

Гетерогенне горіння відбувається на поверхні твердого або рідкого палива і складається з двох стадій: підведення окислювача до поверхні та безпосередньо хімічної реакції на цій поверхні. У транспортних двигунах набули поширення процеси ламінарного і турбулентного гомогенного горіння.

Ламінарне горіння має місце за поширення фронту полум'я по нерухомій суміші, або суміші, що рухається в ламінарному режимі. Фронт полум'я у цьому разі утворює вузьку зону завтовшки до 1 мм, що відокремлює свіжу суміш від продуктів

згоряння. Температура в цій зоні змінюється практично лінійно за рахунок конвективного теплообміну шляхом прогрівання свіжої суміші від її початкової температури до температури продуктів згоряння. Під дією випромінювання від полум'я в свіжій суміші перед фронтом у шарі до 5 мм протікають фотохімічні процеси, результатом яких є утворення H_2 , CO , CO_2 , H_2O тощо.

Під час турбулентного руху паливо-повітряної суміші значні пульсації викривлюють фронт полум'я, розриваючи його. Товщина фронту за атмосферного тиску значно більша, ніж під час ламінарного і досягає $20 \div 25$ мм. Швидкість турбулентного горіння залежить від інтенсивності й масштабів турбулентності суміші.

Характерною особливістю фізичних і хімічних закономірностей процесу горіння є наявність значного результуючого екзотермічного ефекту хімічних реакцій цього процесу, а також високої температури, що визначає швидкості цих реакцій. Хід хімічної реакції при зміні енергії молекули від початкового E_0 до кінцевого E_K значення можливий тоді, коли молекула має енергію, більшу ніж E_0 . Якщо $E_0 > E_K$, то в результаті реакції виділяється теплота (реакція екзотермічна), в іншому разі реакція супроводжується поглинанням теплоти (ендотермічна). Загалом будь-яка реакція може відбуватися в обох напрямках — прямому і зворотному.

Швидкість основних хімічних реакцій у процесі горіння V залежить від концентрації палива C_{II}^n та окислювача C_O^m , а також константи швидкості i -тої хімічної реакції k_i і визначається за формулою Ареніуса:

$$V_i = k_i \cdot C_{II}^n \cdot C_O^m, \quad (3.30)$$

де n , m — показники порядку реакції за відповідними компонентами.

Константа швидкості хімічної реакції визначається за формулою:

$$k_i = k_0 \exp\left[-E_a / (RT)\right], \quad (3.31)$$

де k_0 — передекспоненційний множник;

R — універсальна газова стала;

$\exp[-E_a/(RT)]$ — множник, що характеризує частку молекул, які мають енергію більшу, ніж енергія активації E_a за температури T . Чим більша енергія активації, тим сильніша залежність цього множника від температури, тому горіння можна визначити як хімічну реакцію з екзотермічним ефектом і високим значенням енергії активації.

Упродовж хімічної реакції концентрації вихідних компонентів, як правило, зменшуються, а продуктів згоряння — збільшуються. Тому з часом настає момент, коли швидкості прямої і зворотної реакцій стають однаковими. Настає момент хімічної рівноваги. Оскільки, як правило, енергії активації прямої та зворотної реакцій різні, то зі зміною температури швидкості прямої та зворотної реакцій змінюються по-різному, а отже, змінюються і рівноважні концентрації. За низьких температур рівновага може бути не досягнута взагалі. При цьому згоряння буде неповним. У реальних умовах повного згоряння палива не відбувається. Тому окрім CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 , SO_2 у відпрацьованих газах присутні також продукти неповного згоряння, тверді частинки (С) та інші токсичні речовини.

3.3.3. Утворення токсичних речовин під час горіння

У камерах згоряння теплових двигунів на механізм утворення продуктів неповного згоряння і характер побічних реакцій, що протікають при горінні, впливає структура фронту полум'я. Структура фронту дифузійного полум'я (на прикладі камери згоряння дизельного двигуна) наведено на рис. 3.8 а. Структура фронту полум'я, що поширюється по гомогенній суміші (двигуни із зовнішнім утворенням паливо-повітряної суміші), наведено на рис. 3.8 б.

У дифузійному полум'ї паливо і окислювач дифундують у фронт полум'я, де у досить вузькій зоні змішування протікає хімічна реакція і досягається максимальна температура. До цієї зони прилягає з боку палива зона його термічного розпаду, в якій за відсутності окислювача утворюються разом з проміжними продуктами розпаду водень і сажа. Водень, дифундуючи у фронт полум'я, згоряє, а частинки сажі збільшуються у розмірі за рахунок

розпаду на їх поверхні вуглеводнів і коагуляції окремих частинок сажі під час їх дифузії і вигорять у фронті полум'я зі значно меншою швидкістю. Деякі частинки сажі дифундують у бік палива. З боку окислювача до фронту полум'я прилягає область утворення NO , який дифундує в обидві сторони. Під час дифузії у бік фронту полум'я NO розкладається з високою швидкістю. Під час дифузії в бік, протилежний від фронту полум'я, NO також розкладається, але зі зниженням температури його концентрація перестає змінюватися.

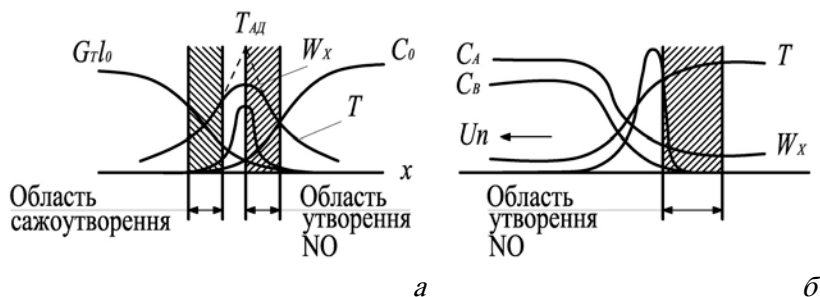


Рис. 3.8. Структура фронту полум'я

У полум'ї, що поширюється по гомогенній суміші в двигунах із зовнішнім утворенням паливо-повітряної суміші (див. рис. 3.8, б), повнота згорання залежить насамперед від складу суміші. Якщо суміш є збагаченою (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha < 1$), то паливо окислюється не повністю (наприклад, до CO). Якщо суміш бідна (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha > 1$), то інтенсивнішими будуть реакції утворення NO . Проте коли коефіцієнт надлишку збільшується до $\alpha = 1,05$ і більше через зниження температури в камері згорання інтенсивність утворення оксидів азоту зменшується.

Якщо температура в зоні горіння гетерогенної суміші невисока, то теплової енергії, що віддається паливу, може бути недостатньо для забезпечення розпаду вуглеводнів до кінцевих продуктів. У результаті в продуктах згорання збільшується концентрація вуглеводнів, що випарувалися та не згоріли.

На рис. 3.9 наведено принципову схему розташування місць утворення токсичних речовин у камері згоряння двигуна з іскровим запаленням.

Аналогічну схему мають і дизельні двигуни. Різниця лише в тому, що зони утворення NO_x не мають фіксованого місця і часу в камері згоряння.

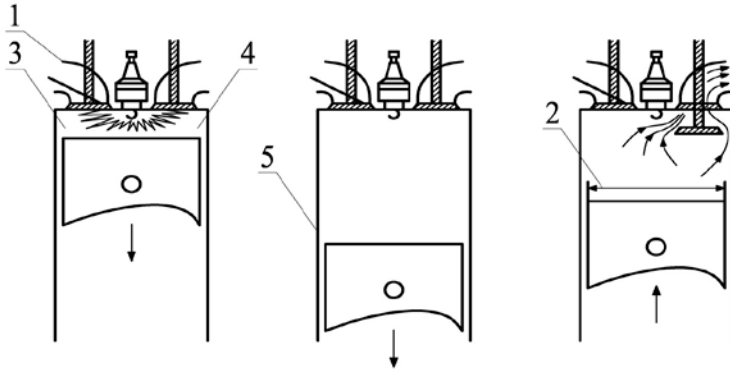


Рис. 3.9. Схема утворення токсичних речовин у поршневному двигуні: 1 — утворення NO за високотемпературного окислення повітря; 2 — зшкрябування зі стінок циліндра масляної плівки (викиди вуглеводнів та твердих частинок); 3 — гасіння полум'я біля стінок циліндра (викиди вуглеводнів); 4 — утворення локальних зон з перезбагаченою паливоповітряною сумішшю (утворення CO); 5 — призупинення реакцій утворення NO і CO при розширенні

Приблизний вміст основних речовин у відпрацьованих газах бензинових та дизельних двигунів наведено в табл. 3.6.

Склад відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння до сьогодні не є повністю вивченим. Вважається, що ці гази містять більше 1000 шкідливих речовин, які негативно впливають на навколишнє середовище й на людину. На сьогодні відомі близько 200 компонентів. Період їх існування в навколишньому середовищі до природної нейтралізації становить від декількох хвилин до 5 років. За хімічним складом, властивостям та характером дії на організм людини їх об'єднують у групи. Налічують вісім груп таких компонентів.

Таблиця 3.6

Об'ємний вміст різних речовин у відпрацьованих газах, %

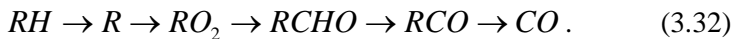
№ п/п	Речовина	Тип двигуна	
		Бензиновий	Дизельний
1	Кисень, O_2	0,05 ÷ 8,0	2,0 ÷ 18,0
2	Вуглекислий газ, CO_2	5 ÷ 12,5	1,0 ÷ 12,0
3	Водяна пара, H_2O	0,05 ÷ 8,0	0,5 ÷ 10,0
4	Азот, N_2	74 ÷ 77	76 ÷ 78
5	Оксиди азоту, NO_x	0,05 ÷ 0,5	0,1 ÷ 1,0
6	Чадний газ, CO	0,1 ÷ 10,0	0,01 ÷ 0,5
7	Вуглеводні, C_xH_y	0,2 ÷ 2,0	0,01 ÷ 0,5
8	Альдегіди	0 ÷ 0,2	0 ÷ 0,05
9	Сажа	до 100	до 20 000
10	Оксиди сірки	0,003	0,015

Група 1. До неї входять нетоксичні речовини: азот, кисень, водень, водяна пара, вуглекислий газ та інші природні компоненти атмосферного повітря.

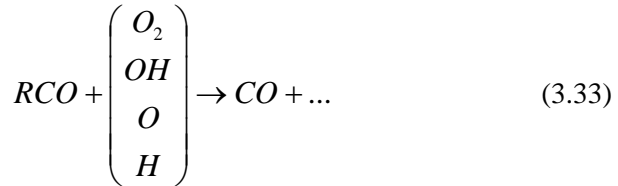
У цій групі заслуговує на увагу діоксид вуглецю (вуглекислий газ CO_2). Збільшення його вмісту в атмосфері сьогодні спричинює «парниковий ефект». Вміст цього газу у продуктах згоряння в даний час не нормується.

Величина викидів CO_2 залежить від фізико-хімічних і теплофізичних властивостей палив (див. табл. 3.5) та їх витрат. Коли як моторне паливо використовують водень, то в продуктах згоряння CO_2 відсутній.

Група 2. До цієї групи відносять тільки одну речовину — оксид вуглецю (чадний газ CO). Це продукт неповного згоряння палива. Він утворюється в результаті хімічних реакцій під час згоряння вуглеводневих палив з деякою нестачею повітря (кисню), а також у результаті дисоціації CO_2 (за температур більше 2000 °К). Утворення CO є одним із принципово можливих результатів реакції горіння вуглеводнів, який можна представити так:



Реакція радикала RCO , що призводить до утворення CO , може відбуватися як результат одночасної взаємодії з чотирма різними компонентами:



Це є типовим для бензинових карбюраторних двигунів.

У дизельних двигунах, що працюють з коефіцієнтами надлишку повітря більше одиниці, ймовірність протікання таких реакцій безпосередньо у полум'ї менша. Проте *в циліндрах дизелів знаходять ся інші дж ерела ут ворення CO:*

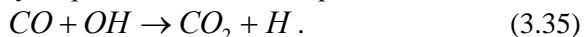
- низькотемпературні зони полум'я, що присутні на стадії займання палива;
 - краплі палива, які надходять у камеру на пізніх стадіях вприскування. Вони також згоряють за недостатньої кількості кисню;
 - частинки сажі, що утворюються в період поширення турбулентного полум'я по гетерогенній суміші, в якій при загальному коефіцієнті надлишку повітря більше одиниці можуть утворюватися зони з недостатньою його кількістю.
- У результаті в цих зонах проходять реакції, типу:



Водночас, у відпрацьованих газах дизельних двигунів міститься, як правило, менше CO.

Монооксид вуглецю не має ні кольору, ні запаху, є легшим за повітря. На відкритому повітрі, за наявності достатньої кількості кисню, він горить голубуватим полум'ям, виділяючи досить багато теплоти і утворюючи під час згоряння вуглекислий газ.

Основна частина CO, що утворюється в камері згоряння, як правило, окислюється до CO₂, не виходячи за межі цієї камери. Найбільший внесок в утворення CO₂ вносять реакція:



Окислення CO у CO₂ може відбуватися у вихлопній трубі, а також у нейтралізаторах (допалювачах) відпрацьованих газів. Проте значна частина цього газу все ж викидається в навколишнє середовище.

Наприклад, концентрація CO у вихлопних газах бензинових

автомобільних двигунів коливається від 0,5 до 15 %, у вихлопних газах дизельних двигунів — від 0,3 до 9 %. Цей газ, як правило, завжди присутній у гаражах (0,01 ÷ 0,02 %). Його вплив на організм людини давно відомий, проте до сьогодні трапляється чимало смертельних випадків з вини саме чадного газу.

Група 3. До її складу входять *оксиди азоту* (NO_x): N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 і N_2O_5 . У *відпрацьованих газах* двигунів, що спалюють вуглеводневі палива, переважає NO (99 % в бензинових двигунах і більше 90 % у дизельних двигунах).

Монооксид азоту (NO) — це безбарвний газ, який не вступає в реакції з водою і мало розчинний в ній. Проте він легко окислюється киснем повітря і утворює при цьому діоксид азоту. За нормальних умов в атмосферному повітрі NO з часом повністю перетворюється на NO_2 .

Діоксид азоту (NO_2) — це газ бурого кольору з характерним запахом. Він важчий за повітря, тому накопичується в понижених місцях рельєфу. На транспортних підприємствах він може накопичуватися, наприклад, в ямах для технічного обслуговування транспортних засобів.

У камері згоряння NO *можє утворюватися так*:

- під час високотемпературного окислення азоту повітря (термічний NO);
- у результаті низькотемпературного окислення компонентів палива, що містять азот (паливний NO);
- унаслідок зіткнення вуглеводневих радикалів з молекулами азоту в зоні реакцій горіння за наявності пульсацій температури (швидкий NO).

У камерах згоряння домінує термічний NO . Він утворюється з молекулярного азоту під час горіння збіднених паливо-повітряних сумішей та сумішей, близьких за складом до стехіометричних. Це відбувається за фронтом полум'я в зоні продуктів згорання. Під час згорання бідних і помірно багатих сумішей (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha > 0,8$) реакції відбуваються за таким ланцюгом:



Під час згоряння багатих сумішей ($\alpha < 0,8$) відбуваються також реакції:



Під час спалювання бідних сумішей вихід NO визначається максимальною температурою ланцюга теплового вибуху (максимальна температура $2800 \div 2900$ °K), тобто кінетикою утворення. В багатих сумішах вихід NO перестає залежати від максимальної температури теплового вибуху і визначається кінетикою розкладання. При горінні бідних сумішей суттєвий вплив на утворення NO здійснює нерівномірність температурного поля в зоні продуктів згоряння й присутність водяної пари, яка в ланцюговій реакції окислення N_2 є інгібітором.

Висока інтенсивність процесів нагрівання, а потім охолодження суміші газів у циліндрах двигунів внутрішнього згоряння приводить до утворення досить нерівноважних концентрацій реагуючих речовин. Відбувається ніби заморожування NO, що утворився, уповільнення швидкості його розкладання.

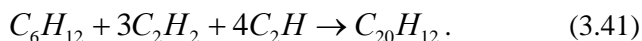
Компоненти палива, що містять азот (аміни, циклічні з'єднання у вигляді піридину, карбазолу), є джерелами утворення паливного NO уже за температур $1300 \div 1400$ °K, адже на ці процеси затрачується енергії менше, ніж на руйнування зв'язків молекулярного азоту. Ці речовини легше вступають в реакцію окислення, ніж атмосферний азот.

Група 4. Це найчисленніша група. До її складу входять різні вуглеводні — з'єднання типу C_xH_y . Це декілька десятків найменувань речовин. *Вони утворюються в результаті таких процесів.*

- реакцій ланцюгового теплового вибуху — піролізу і синтезу (утворюються поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), альдегіди, феноли);
- неповноти згоряння унаслідок порушення процесу горіння (через припинення реакцій окислення вуглеводнів за низьких температур, неоднорідність паливо-повітряної суміші в окремих циклах або циліндрах двигуна (утворюються незгорілі компоненти палива і мастил).

У відпрацьованих газах транспортних засобів містяться вуглеводні різних гомологічних рядів: парафінові (алкани), нафтонові (циклани) і ароматичні (бензоліні), всього біля 160 компонентів. Вони утворюються в результаті неповного згорання палива в двигуні.

Найтоксичніші з вуглеводнів — це ПАВ. Серед них максимальний рівень токсичності має бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$). Гіпотетична реакція його утворення при піролізі вуглеводневих палив при температурах більших ніж $873\text{ }^{\circ}\text{K}$ може бути записана у вигляді:



Утворення бенз(а)пірену відбувається одночасно з утворенням сажі за подібним механізмом.

Незгорілі вуглеводні є однією з причин появи білого або блакитного диму з вихлопної труби транспортного засобу. Це відбувається, якщо займання робочої суміші в циліндрі двигуна запізнюється, або за понижених температур у камері згорання.

Група 5. Її становлять *альдегіди* — органічні сполуки, що містять альдегідну групу, пов'язану з вуглеводневим радикалом.

Наприклад, у відпрацьованих газах автомобільних двигунів присутні в основному формальдегід, акролеїн і оцтовий альдегід. Найбільша кількість альдегідів утворюється на режимах холостого ходу двигуна, а також малих навантажень, коли температура в камері згорання невисока.

Формальдегід ($HCHO$) — безбарвний газ з неприємним запахом. Він важчий за повітря та легко розчиняється у воді. Формальдегід є тією речовиною, яка надає запаху відпрацьованим газам, особливо дизельних двигунів.

Акролеїн ($CH_2=CH-CH=O$), або альдегід акрилової кислоти — безбарвний отруйний газ із запахом підгорілого жиру.

Оцт овий альдегід (CH_3CHO) — газ із різким запахом і токсичною дією на людський організм.

Група 6. До неї відносять сажу та інші тверді та рідкі дрібнодисперсні частинки (продукти зношування двигунів, аерозолі, масла, нагар тощо).

Тверді частинки включають нерозчинні речовини (твердий вуглець, оксиди металів, діоксид кремнію, сульфати, нітрати,

асфальти), а також ті, що можуть розчинятися в органічних розчинниках (смоли, феноли, альдегіди, лак, нагар, важкі фракції, що містяться в паливі і мастилах).

Сажа (твердий вуглець чорного кольору) є основним компонентом нерозчинних твердих частинок. Вона утворюється внаслідок об'ємного піролізу (термічного розкладання вуглеводнів у газовій або паровій фазі за недостатньої кількості кисню).

Механізм її утворення включає декілька стадій.

- початкова стадія — утворення зародків;
- зростання зародків до утворення первинних частинок (шестикутних пластинок графіту);
- збільшення розмірів первинних частинок (коагуляція) до складних утворень — конгломератів, які можуть включати 100 ÷ 150 атомів вуглецю;
- вигорання.

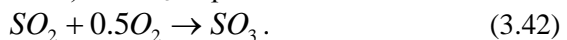
Утворення сажі у полум'ї відбувається під час згорання збагаченої суміші (з низьким коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha = 0,33 \div 0,7$). У добре відрегульованих двигунах із зовнішнім утворенням паливо-повітряної суміші незначна ймовірність появи таких зон. У дизельних двигунах локальні зони з перезбагаченою сумішшю утворюються частіше. Отже, в них імовірніші процеси сажоутворення. Тому викиди сажі у дизельних двигунів, як правило, більші.

Утворення сажі великою мірою залежить також від властивостей палива. Чим більше співвідношення С/Н в паливі, тим більший вихід сажі з відпрацьованими газами.

При викиданні її транспортними засобами у великих кількостях сажа може погіршувати видимість на дорогах.

Група 7. Це група сірчистих з'єднань.

Сірка, що міститься в моторному паливі, під час горіння інтенсивно окислюється до діоксиду сірки (SO_2). Це безбарвний газ з різким задушливим запахом. Механізм такого окислення схожий з механізмом утворення СО. Діоксид сірки може окислюватися (з суттєво меншою швидкістю) до SO_3 за рівнянням:



Далі відбувається реакція SO_3 з водяною парою, що приводить до утворення H_2SO_3 . Реакція, як правило, протікає на

стінках камери згоряння за температури нижче ніж 815°K .

У групу входить також *сірководень* (H_2S) — безбарвний отруйний газ із характерним запахом тухлих яєць. Вони з'являються у складі відпрацьованих газів двигунів, якщо використовується паливо з підвищеним вмістом сірки. Дизельні палива, як правило, мають більший вміст сірки, ніж інші палива, що використовуються на транспорті.

Сірчисті з'єднання важчі за повітря та розчиняються у воді.

Група 8. Компоненти цієї групи — *свинець* і його з'єднання. Вони зустрічаються у відпрацьованих газах у вигляді з'єднань галогенідів свинцю, які утворюються за механізмом, подібним до механізму утворення сажі. Це відбувається під час спалювання етилованих бензинів, від використання яких на сьогодні людство уже практично відмовилось. *Етилованими* називають бензини, що мають в своєму складі присадку на основі свинцю (головною її складовою є *тетраетилсвинець* — $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$). Ця присадка підвищує октанове число бензину.

Октанове число — це опосередкована детонаційна характеристика палива. Вона показує, як працює спеціальний дослідний двигун під час спалювання дослідного палива у порівнянні з сумішшю ізооктану та нормального гептану. Октанове число палива відповідає відсотковій частині ізооктану в суміші. Якщо двигун при спалюванні дослідного палива розвиває таку саму потужність без настання детонації, як при спалюванні суміші з 90 % ізооктану та 10 % гептану, то октанове число такого палива вважається 90.

Це число визначає здатність двигуна працювати без детонації. Чим вище октанове число, тим більша стійкість бензину проти детонації. Це, у свою чергу, дає змогу збільшувати ступінь стиснення паливо-повітряної суміші в циліндрі двигуна перед її запалюванням без детонації, і таким чином підвищувати корисну потужність двигуна. Детонаційне згоряння робочої суміші протікає з надзвуковою швидкістю, що в 100 разів швидше за нормальне. *Робота двигуна з детонацією* небезпечна тим, що двигун перегрівається, потужність його падає, а термін служби різко скорочується.

Негативний вплив на екосистеми здійснюють не тільки згадані компоненти відпрацьованих газів двигунів, виділені у вісім

груп, але й самі вуглеводневі палива, масла та мастила. Маючи велику здатність до випаровування, особливо за підвищених температур, пари палив та мастил можуть легко поширюватися в повітрі на великі відстані і негативно впливати на живі організми.

У місцях заправки транспортних засобів відбуваються випадкові розливи, а також навмисні виливи відпрацьованого мастила прямо на землю або у водойми. На місці масляних плям протягом тривалого часу не з'являється рослинність. Нафтопродукти, що потрапляють у водойми, негативно впливають на флору і фауну останніх.

3.3.4. Випаровування палива та експлуатаційних матеріалів

Одним із джерел забруднення навколишнього середовища є процеси випаровування, які дуже поширені в транспортних системах.

Випаровування — пароутворення на поверхні речовини, що відбувається за будь-яких температур і, як правило, одночасно з процесами теплообміну.

У випаровуванні з поверхонь розрізняють:

- випаровування з вільної поверхні рідини (випаровування палива під час зберігання й транспортування, з паливного бака);
- випаровування тонких плівок, крапель рідини (палив, мастильних матеріалів, розчинників) з поверхонь деталей, вузлів, агрегатів, конструкцій тощо.

Випаровування рідини з вільної поверхні являє собою поєднання двох процесів — «відривання» молекул з поверхні з утворенням шару насичених парів і дифузії парів з цього шару в навколишнє середовище.

Дифузія — процес перенесення речовини (компонента суміші) із зони з більшою його концентрацією в зону з меншою концентрацією.

Утворення шару насичених парів визначається молекулярно-кінетичними параметрами речовини (кінетичне випаровування) або швидкістю поширення парів у навколишньому середовищі (дифузійне випаровування).

Кінетичне випаровування є лімітувальним під час оцінювання сумарної швидкості випаровування, коли ця швидкість обумовлена тільки швидкістю «відривання» молекул від поверхні (наприклад, під час випаровування у вакуум або за сильного обдування дрібних крапель). В інших випадках лімітувальним є дифузійне випаровування (характерний для поршневих двигунів), швидкість якого визначається особливістю процесів тепломасоперенесення між поверхнею випаровування і навколишнім середовищем.

Процес виділення речовин (парів палива, лакофарбових матеріалів, розчинників, кислот), які забруднюють довкілля, під час випаровування може бути викликаний різницею температур (термодифузія), тиску (бародифузія), концентрацій (градієнтна дифузія) тощо.

Закономірності молекулярного перенесення під час випаровування речовини з відкритої поверхні в навколишнє середовище (з паливного бака або поплавцевої камери) описуються законом Фіка, який пов'язує питомий потік молекул речовини (у паровій фазі) j з градієнтом його концентрації c :

$$j = -D \text{ grad } c, \quad (3.43)$$

де D — коефіцієнт дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коефіцієнт дифузії — маса компоненту, що переноситься за одиницю часу через одиницю поверхні за одиничного градієнта концентрації даного компонента. Він збільшується зі зростанням температури і зменшується зі зростанням тиску:

$$D = D_0 (T/T_0)^n (p_0/p), \quad (3.44)$$

де D_0 — коефіцієнт дифузії за температури ($T_0 = 273 \text{ }^\circ\text{K}$) і тиску ($p_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$) навколишнього середовища;

$n = 1,75 \div 2,0$ — показник степеня.

Коефіцієнт дифузії може бути задано лише по відношенню до певного середовища. На відміну від перенесення теплоти, дифузія максимальна в газах (табл. 3.7) і мінімальна — в твердих тілах ($D = 10^{-12} \div 10^{-14} \text{ м}^2/\text{с}$). У рідинах $D = (1 \div 3) 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Для сумішей і парів палив, які можна розглядати як ідеальні гази, до коефіцієнтів дифузії можна застосовувати закон адитивності. Коефіцієнт дифузії парів вуглеводнів зменшується зі зростанням їх молярної маси.

Процеси випаровування рідин активно використовують на всіх етапах життєвих циклів об'єктів транспорту. Вони відіграють значну роль у забрудненні газоподібними речовинами атмосфери та водного середовища (наприклад під час нанесення покриттів електрохімічними способами, миття, фарбування, сушіння заготовок, виробництва деталей та ремонту техніки, у процесах регулювання паливоподавальної апаратури).

Таблиця 3.7

Коефіцієнт дифузії різних газів та парів у повітрі

№ п/п	Речовина	$D_0 \cdot 10^{-5}$	n
1	Кисень, O_2	1,78	1,75
2	Діоксид вуглецю, CO_2	1,38	2,0
3	Водень, H_2	6,34	2,0
4	Вода, H_2O	2,2	1,75
5	Метан, CH_4	1,96	2,0
6	Бутан, C_4H_{10}	0,75	2,0
7	Октан, C_8H_{18}	0,505	2,0
8	Метилловий спирт, CH_3OH	1,325	2,0
9	Етиловий спирт, C_2H_5OH	1,02	2,0
10	Бензол, C_6H_6	7,7	2,0

Коли резервуари АЗС спорожнюються, паливо, яке залишається на внутрішніх стінках, випаровується. Під час заповнення цих резервуарів новим паливом в атмосферу з них витісняються великі обсяги парів. Це витіснення називають *великим диханням резервуару*. Протягом зберігання палива за добових коливань температур відбувається *мале дихання резервуару*.

Сутність «малого дихання» резервуарів полягає в тому, що за підвищення температури зовнішнього повітря (в денний час) насичені пари палива й саме паливо всередині резервуару нагріваються, розширюються, пари палива витісняються з нього через дихальні клапани (для запобігання деформування резервуару). При зниженні температури (у нічний час) пари палива стискаються, конденсуються, що сприяє надходженню до резервуару зовнішнього повітря через ті самі дихальні клапани. Процес циклічно повторюється. При «малому диханні» резервуара

об'ємом 5000 м^3 щодоби в атмосферне повітря витісняється до 100 кг бензину.

Досвід показує, що через велике дихання резервуара для зберігання бензину об'ємом 20 м^3 за один цикл спорожнення та заповнення в атмосферу випаровується взимку 11 л , а влітку 23 л бензину. При щодобовому одноразовому заповненні такого резервуара протягом місяця в атмосферу потрапляє взимку 330 л бензину, а влітку — 690 л . Таким чином, середньорічні втрати бензину за постійної експлуатації одного такого резервуара становлять 6 т .

3.3.5. Зношування поверхонь

Зношування — це відносно рівномірне за площиною зменшення товщини покриттів, деталей тощо, яке відбувається унаслідок тертя. Зношування є причиною забруднення повітря, води, ґрунту мінеральним пилом (з дорожнього одягу, принесеного колесами автомобілів на проїжджу частину, унаслідок ерозії ґрунту з неукріплених відкосів), гумовою крихтою, частинками металів (свинцю, міді, цинку, кадмію, нікелю), фрикційних матеріалів, що містять азбест (диски зчеплення, гальмівні накладки тощо).

Найбільший об'єм виділення мінерального пилу пов'язаний зі зношуванням покриттів дорожнього одягу (щебенивих, гравійних) — унаслідок вибивання колесами автомобіля з покриття окремих частинок в сухий період року, змітання дрібних частинок з покриттів вітром та повітряними вихорами, які є наслідком руху транспортних засобів, змивання їх водою. Для вдосконалених покриттів найхарактернішим зношуванням є стирання їх поверхні шинами.

Унаслідок подовжніх та поперечних коливань під час руху транспортних засобу тиск коліс на покриття то зростає, то зменшується. У моменти зменшення тиску тягове зусилля може перевищувати зчеплення коліс із покриттям, що може тягти за собою короткочасне пробуксовування, яке гаситься при подальшому збільшенні навантаження. Прослизання окремих ділянок шини відбувається і під час кочення колеса без коливань навантаження. Це відбувається при переході від зони контакту до ділянки вільного обертання. У ведучих коліс під час передачі

обертowego моменту ділянки шини, що наближаються до зони контакту з покриттям, стискаються, а ділянки, які вийшли з контакту, розтягуються. У задній частині зони контакту відбувається інтенсивне прослизання шини. При цьому піщинки, які прилипли до протектора, і частинки пилу здійснюють абразивний вплив, що стирає покриття. Зношування протектора шини й поверхні дороги відбувається одночасно.

Розрізняють три основні види зношування протекторних шин: втомлювальне (гістерезисне або механохімічне), абразивне, за допомогою «скочування».

Втомлювальне зношування характеризується руйнуванням поверхневого шару гуми внаслідок багаторазових деформацій його дрібними нерівностями (виступами) на поверхні кочення.

Абразивне зношування відбувається внаслідок підвищення температури при терті двох поверхонь і проявляється в утворенні на поверхні протектора розривів і тріщин. Це може бути результатом різкого й тривалого гальмування або розгону автомобіля, руху з великими швидкостями на поворотах.

Зношування внаслідок «скочування» проявляється в утворенні системи паралельних гребенів і западин, що чергуються між собою, розташованих перпендикулярно до напрямку стирання. Це є наслідком поєднання певних зовнішніх умов гальмування і властивостей гуми. Стирання протекторної гуми, як правило, відбувається за змішаним механізмом зношування.

На інтенсивність зношування впливають такі фактори: конструкція шини, малюнок протектора, склад гуми, швидкість руху, технічний стан автомобіля, навантаження на колесо, тиск повітря в шині, температура навколишнього повітря й шини, стиль і майстерність водіння. Зношування дорожніх покриттів залежить від міцності кам'яних матеріалів, якості виконання будівельних робіт, своєчасності проведення поточних ремонтів, типу транспортних засобів, що рухаються, ступеня використання вантажопідйомності, швидкості руху й типу шин.

3.4. Утворення шкідливих речовин із продуктів згоряння в атмосфері

Унаслідок *термохімічних і фотохімічних реакцій з*

продуктів згоряння палив в атмосфері можуть утворюватися інші шкідливі речовини. Ці речовини можуть утворювати так звані термохімічні та фотохімічні тумани. Найпоширенішими є фотохімічні реакції, які проходять в атмосфері під впливом сонячного ультрафіолетового випромінювання і є причинами утворення фотохімічних смогів.

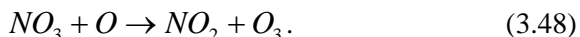
Однією з найпоширеніших є реакція розпаду діоксиду азоту з утворенням оксиду азоту і атомарного кисню, для перебігу якої поглинається сонячне випромінювання:



Після цього атомарний кисень реагує з молекулярним киснем атмосферного повітря з утворенням озону:



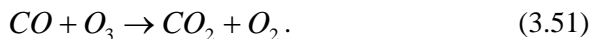
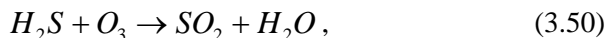
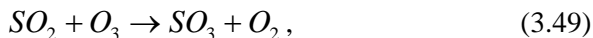
Реакція розпаду NO_2 спричинює багато інших реакцій, зокрема:



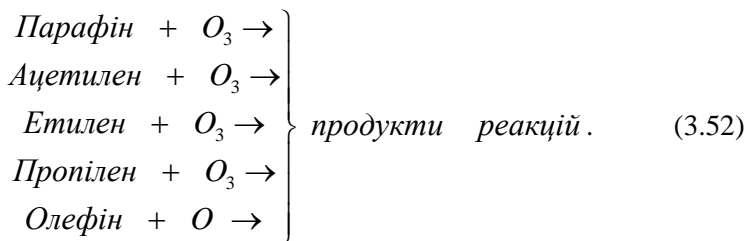
NO_2 є каталізатором утворення вільних радикалів з вуглеводневих сполук. Ці радикали унаслідок окислення можуть утворювати альдегіди та інші речовини, що містять вуглець.

Оксиди азоту, потрапляючи у верхні шари атмосфери, сприяють руйнуванню озонового шару.

Продукти згоряння вступають також в інші реакції в атмосфері:



Озон є каталізатором проходження в атмосфері реакцій окислення вуглеводнів, що викидаються з продуктами згоряння. В результаті утворюються різні продукти:



Як результат реакцій, у яких беруть участь оксиди азоту і вуглеводні, утворюються пероксиацетнітрати (ПАН) та пероксилбензолнітрати (ПБН).

Якщо діоксид сірки SO_x викидається у вологе повітря, то в присутності продуктів фотохімічних реакцій за декілька годин він з вологою в повітрі утворює поряд з проміжними продуктами окислення водний розчин сірчаної кислоти, агресивність якої досить велика. Якщо діоксид сірки викидається в сухе повітря, він може там утримуватися 2–3 тижні й переноситися на висотах до 1,5 км на великі відстані — до 300–400 км, поступово утворюючи сірчану кислоту. Діоксид сірки, сірчана кислота та проміжні продукти їхньої реакції врешті вимиваються дощем, переходять у сульфати й потрапляють у ґрунт. З історії моніторингу відомі факти випадіння «надто сірчистих» дощів у країнах Скандинавії, тимчасом як джерелом забруднення були промислові підприємства Англії або Західної Європи.

3.5. Забруднення від стаціонарних джерел на транспорті

Серед *стаціонарних джерел*, що забруднюють навколишнє середовище на транспорті, можна виділити:

- підприємства, які забезпечують ремонт транспортних засобів;
- допоміжні виробництва;
- будівлі й споруди господарчо-побутового призначення (котельні, готелі, станції, вокзали, аеропорти, їдальні, заправні станції, паливні склади);
- місця стоянок транспортних засобів тощо.

Забруднення від цих джерел надходять як в атмосферу, так і в гідросферу. На прилеглих до них територіях формується

поверхневий стік, що включає дощові та снігові води, води від миття рухомого складу та прибирання приміщень, стічні води, що утворюються у виробничих процесах тощо.

Забруднення атмосферного повітря найчастіше відбувається унаслідок роботи виробничих вентиляційних систем. Повітря, що видаляється, може містити мінерального і органічного пилу, аерозолів, масляних туманів.

Поверхневий стік з території транспортних підприємств може містити рідкі нафтопродукти, залишки мийних, дезинфікуючих засобів, протижелезних реагентів, формувальних сумішей, розчинів, що використовуються в металообробці, відпрацьовані електроліти акумуляторних батарей, продукти руйнування штучних покриттів і зношування шин. Стічні води можуть містити рідкі токсичні речовини: бензол, ацетон, кислоти, луги, розчинені метали (свинець, миш'як, кадмій, ртуть, алюміній, берилій, хром та інші), нафтопродукти. Потрапляючи у водойми, вони в решті-решт можуть опинитися у питній воді та призводити до отруєнь.

Бензол C_6H_6 — рідина без кольору, що переважно використовується як розчинник для олійних фарб і жирів.

Ацетон CH_3COCH_3 — безбарвна рідина, що легко випаровується та легко загоряється. Її використовують як розчинник нітроцелюлозних фарб і лаків.

Надходження *нафтопродуктів* у навколишнє середовище має місце не лише в рухомих джерелах, але й у стаціонарних, до яких, насамперед, слід віднести склади нафтопродуктів, заправні станції тощо. Вони отримують, зберігають і реалізують нафтопродукти у великих кількостях. Це є серйозним джерелом забруднення, унаслідок як випаровування палива, так і його розливів.

Сучасні темпи будівництва, ремонту та утримання транспортних шляхів приводять до швидкого розвитку виробництва будівельних та експлуатаційних матеріалів на підприємствах різного профілю. Це кар'єри з видобутку каміння, піску, гравію, каменеподрібноувальні заводи, підприємства для виготовлення органічних в'язучих, емульсій, заводи для переробки гудрону та виготовлення бітуму, асфальтобетонні заводи, цементобетонні заводи, заводи залізобетонних конструкцій тощо.

Каменеподрібновальні заводи призначені для подрібнення та сортування каміння з отриманням щебенів необхідних розмірів. Під час їх роботи виділяється багато пилу, спостерігається високий рівень шуму та вібрації.

Підприємства для підготовки органічних в'язучих призначені для приготування та зберігання поверхвоактивних в'язучих та підготовки їх до використання. Під час виготовлення та використання бітумних в'язучих виділяються токсичні, а часом і канцерогенні речовини.

Бітумну емульсію виготовляють шляхом диспергування бітуму в водному розчині емульгатора. Вона виглядає як однорідна малов'язка рідина. Головними причинами викидів під час *виробництва бітумних емульсій* є:

- технологічні процеси, що протікають в емульсійних установках (нагрівання вихідних компонентів, приготування водного розчину емульгатора, перемішування, супроводжуване випаровуваннями, тощо);
- конструктивні недоліки установок, здебільшого через можливість вільного виходу шкідливих речовин та випарів в атмосферу, відсутність накопичувачів для виробничих вод.

У технології виробництва *катіонних бітумних емульсій* можна виділити такі основні виробничі процеси, де відбувається значний викид забруднень:

- *теплогенератори* — працюють на нафтовому паливі. З відпрацьованими газами викидаються вуглеводні, оксиди азоту, оксиди сірки, оксид вуглецю, тверді частинки;
- *блок приготування бітуму* — викидаються вуглеводні;
- *ємності для зберігання соляної кислоти* — викидаються пари соляної кислоти через клапани для її зливання, а також через негерметичності ємностей;
- *блок приготування водного розчину емульгатора* — викиди парів соляної кислоти та парів емульгатора (склад залежить від хімічного складу емульгатора, зазвичай речовини 2-го, 3-го класів небезпеки);
- *блок зберігання готової продукції* — витоки емульсії в процесі перекачування та зберігання.

Асфальтобетонні та цементобетонні заводи призначені відповідно для приготування асфальтобетонних та цементобетонних сумішей, які використовуються, наприклад, для дорожніх покриттів аеродромів тощо. На цих підприємствах виділяється значна кількість пилу, присутній шум, вібрації, загазованість повітря. В атмосферу викидається багато пилу, сажі, вуглеводнів, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, оксидів азоту, фенолу, оксидів ванадію тощо. Спалювання мазуту в топках барабанів для сушіння призводить до викидів бенз(а)пірену.

Питома кількість шкідливих речовин, що викидається під час виробництва асфальтобетонної суміші в атмосферу, залежить від продуктивності заводу. Наприклад, за продуктивності 25 т/год, а також за продуктивності системи витяжної вентиляції 16 000 м³/год під час виробництва 1 т суміші в атмосферу викидається:

- неорганічного пилу — 15 кг;
- вуглеводнів — 0,14 кг;
- діоксиду сірки — 0,01 кг;
- оксиду вуглецю — 0,0005 кг;
- фенолу — 0,0004 кг;
- оксидів азоту — 0,00045 кг.

Навколо транспортного підприємства існує *санітарно захисна зона (СЗЗ)*. Це спеціальна територія з особливим режимом використання, яка встановлюється для захисту середовища проживання від шкідливих впливів підприємства. На території СЗЗ заборонено проживання та ведення господарської діяльності.

Концентрації шкідливих речовин у повітрі, воді та ґрунті не повинні перевищувати встановлених гранично допустимих концентрацій (ГДК) на межі санітарно-захисної зони.

Санітарні норми та правила поділяють усі підприємства на 5 класів за санітарною класифікацією. Для кожного з цих класів встановлено розмір нормативної санітарно-захисної зони:

- для I класу — 1000 м;
- для II класу — 500 м;
- для III класу — 300 м;
- для IV класу — 100 м;
- для V класу — 50 м.

Територія санітарно-захисної зони повинна бути впорядкована та озеленена з використанням порід дерев та кущів, які є стійкими до забруднень. З боку житлової забудови зона підприємств I ÷ IV має містити смугу зелених насаджень шириною не менше 50 м, зона підприємств V класу — не менше 20 м.

У разі викиду (скиду) забруднюючих речовин у повітря, воду чи ґрунт, що сталися внаслідок аварії або інших обставин на території підприємства, відповідальна особа повинна негайно вжити заходів з ліквідації наслідків забруднень та повідомити місцеві органи виконавчої влади. Підприємство повинно проводити *виробничий екологічний контроль, завданнями якого є:*

- перевірка виконання заходів з охорони природи та оздоровлення навколишнього середовища;
- дотримання нормативів якості навколишнього середовища, тобто контроль за концентрацією забруднень в атмосферному повітрі та ґрунті на межі СЗЗ, у викидах стаціонарних та пересувних джерел, у скидах у каналізацію та поверхневі водні об'єкти, в ґрунтах та в ґрунтових водах на території підприємства, а також поблизу місць, відведених для захоронення відходів транспортного підприємства;
- виконання вимог природоохоронного законодавства.

Для проведення виробничого екологічного контролю необхідно видати наказ по підприємству. Підприємство зобов'язане:

- дотримуватися встановлених нормативів на водопостачання та водовідведення;
- вживати заходів щодо недопущення скидання у водні об'єкти недостатньо очищених стічних вод;
- утримувати в належному стані очисні та інші водогосподарські споруди, які запобігають забрудненню водних об'єктів;
- вести облік обсягів водопостачання та водовідведення.

Котельні, що працюють на транспортних підприємствах, необхідно обладнувати системами очищення продуктів згорання палива. Підприємства повинні мати спеціальні ділянки для миття рухомого складу, вузлів та деталей. Під час миття слід виключити

потрапляння неочищених вод у поверхневі водойми та ґрунт. Установки для миття повинні мати очисні пристрої.

Підприємства, які мають на своїй території ємності для зберігання та заправки транспортних засобів паливно-мастильними матеріалами, повинні організувати їх приймання та видачу так, щоб виключати можливість потрапляння цих матеріалів у каналізацію, водойми, ґрунт. Місця проведення змащувальних робіт повинні бути оснащені ємностями для збирання відпрацьованих змащувальних матеріалів. Зберігання в'язучих (бітуму, гудрону, дьогтю інших) потрібно здійснювати в спеціальних критих приміщеннях з надійним відведенням поверхневих вод, або в цистернах, що підігріваються. Зберігання їх у відкритих ямах і ємностях виключене.

3.6. Вплив викидів пересувних та стаціонарних джерел на навколишнє природне середовище та здоров'я людини

Усі *отруйні забруднюючі речовини*, що надходять в навколишнє середовище від пересувних і стаціонарних джерел, за *ступенем небезпеки ділять на чотири класи*:

- 1 — надзвичайно небезпечні (свинець, ртуть та інші);
- 2 — високонебезпечні (марганець, мідь, сірчана кислота, хлор та інші);
- 3 — помірно небезпечні (ксилол, метиловий спирт та інші);
- 4 — малонебезпечні (аміак, бензин, керосин, оксид вуглецю, скипидар, ацетон та інші).

Чутливість людини до забруднення атмосферного повітря залежить від багатьох факторів: віку людини, її статі, загального стану здоров'я, виду харчування, температури й вологості повітря тощо.

Дихальна система має механізми, які допомагають захистити організм від потрапляння всередину певних видів забруднень разом із повітрям, що вдихається. При диханні носом розташовані всередині нього волоски затримують відносно крупні тверді частинки. Слизова оболонка у верхній частині дихального тракту затримує дрібніші частинки та може розчиняти деякі гази. При подразненні дихальної системи з'являються чхання й кашель,

які допомагають видаляти затримані забруднення з дихального тракту.

Дрібні тверді частинки є небезпечнішими для людини, оскільки вони легше проходять через природні захисні оболонки й опиняються в легенях.

Екологи усіх країн чимало уваги приділяють забрудненням атмосферного повітря викидами транспортних двигунів. *Програма глобального екологічного моніторингу ООН передбачає контроль за такими речовинами:* діоксид азоту (NO₂), діоксид сірки (SO₂), сірководень (H₂S), сульфати, кадмій (Cd), свинець (Pb), ртуть (Hg), хром (Cr), мідь (Cu), олово (Sn), молібден (Mo), ванадій (V), марганець (Mn), нікель (Ni), сурма (Sb), миш'як (As), селен (Se).

Шкідливі речовини мають різну токсичність і тому несуть різну небезпеку. Для порівняння різних шкідливих речовин вводять поняття коефіцієнту токсичності й коефіцієнту агресивності.

Коефіцієнт токсичності шкідливої речовини — це відношення середньодобової гранично допустимої концентрації цієї речовини ГДК_{СД} до ГДК_{СД} оксиду вуглецю, умовно прийнятої за одиницю.

У таблиці 3.8 наведено значення коефіцієнтів токсичності для декількох шкідливих речовин, характерних для викидів транспортних двигунів.

Таблиця 3.8

Середньодобові гранично допустимі концентрації шкідливих речовин та їх коефіцієнти токсичності

Шкідлива речовина	Коефіцієнт токсичності (К)
СО	1
C _x H _y	1,7
NO _x	11,8
Сажа	20
SO ₂	20
Формальдегід	83
Свинець	1430
Бенз(а)пірен	1000000

З таблиці видно, що найбільші коефіцієнти токсичності мають бенз(а)пірен і свинець. Це і стало однією з основних причин відмови від використання етилованих бензинів.

Рівень забруднення атмосферного повітря значною мірою визначає стан здоров'я населення. Особливо небезпечними є токсичні речовини, що мають яскраво виражені специфічні впливи на людину: викликають алергічні реакції, є канцерогенами тощо. Тому стан атмосферного повітря селітебних територій мають постійно контролювати державні органи.

Захворюваність населення, яке проживає в районах розташування великих індустріальних об'єктів та в зонах впливу промислових підприємств, у 1,5 ÷ 2 рази вища, ніж у віддалених від промислових об'єктів районах.

На людину, яка проживає в промисловому районі, потенційно може впливати кілька сотень хімічних речовин. Реально, в конкретно взятому забрудненому районі, число хімічних речовин, концентрація яких перевищує ГДК, — обмежене. Водночас комбінована дія деяких забруднювачів може призводити до посилення ефектів токсичного впливу на людину.

На забруднених територіях насамперед поширюються хвороби органів дихання та інфекційні хвороби. Серед захворюваності органів дихання провідну роль відіграють гострі респіраторні захворювання верхніх дихальних шляхів.

З огляду на рівень автомобілізації, який постійно зростає, не можна недооцінювати ролі автотранспорту в зростанні захворюваності людини. Особливо це стосується міст із великим транспортним навантаженням. Однією з причин цього зростання є безпосередній вплив газоподібних токсикантів і твердих частинок, які надходять в організм людини через дихальні шляхи і шкіру.

Досвід підтверджує, що у будинках, розташованих поряд із великими автодорогам (на відстанях до 10 м), жителі хворіють на рак у середньому у 3 ÷ 4 рази частіше, ніж у будинках, віддалених від дороги на відстань 50 м.

Свинець (Pb). Свинець є надзвичайно небезпечним для людини через його значну токсичність і здатність накопичуватися в організмі. Він є високотоксичним для нервових клітин і викликає зниження швидкості передачі нервових сигналів та порушення постачання кисню до головного мозку.

В минулому, коли широкого використовувалися етиловані бензини, концентрація газоподібних *органічних сполук свинцю* у великих містах могла досягати значних величин, що провокувало такі хвороби як:

- *свинцева анемія* — ураження нервової системи, травного тракту і крові;
- *поліневрит* — запалення нервів, що проявляється спочатку у вигляді оніміння та похолодіння в кінцівках (кистях рук та стопах ніг), болях у кінцівках, пізніше слабкість у ногах, нестійкій ході, важкості утримувати у руках предмети, далі — атрофія м'язів кінцівок, відтак людина перестає відчувати дотики холодних та гарячих предметів, що спричиняє появу ранок, які погано заживають;
- порушення засвоєння вітамінів;
- зниження імунітету тощо.

Неорганічні форми з'єднань свинцю, що надходять в організм людини з пилом, викликають такі хвороби:

- *астму* — періодичні напади задухи, пов'язані з порушенням прохідності бронхів;
- *бронхіт* — запальне захворювання бронхів, що вражає їх слизову оболонку;
- *судинну недостатність* — порушення загального чи місцевого кровообігу внаслідок недостатньої функції кровоносних судин, що викликається порушенням їх прохідності, зниженням тонуусу, зменшенням об'єму крові, що проходить;
- порушення уваги.

Тет рает илсвинець може потрапляти до організму як через органи дихання, так і через неушкоджену шкіру. Він є надзвичайно отруйним, адже вибірково вражає нервову систему. Він має властивість накопичуватися в організмі й тому може викликати гострі та хронічні захворювання.

Від викидів свинцю в повітря потерпають насамперед діти. Під його впливом у дітей спостерігається гіперактивність, зниження розумового (інтелектуальних здібностей) та психічного розвитку (посилюється у міру зростання автомобілізації країн, особливо в регіонах з високим автотранспортним навантаженням), зниження працездатності, здатності до навчання. При цьому на

здоров'я дітей впливають не тільки високі, але й постійно діючі низькі концентрації свинцю. Особливо вразливі до них діти віком до п'яти років. На цьому етапі організм перебуває на стадії інтенсивного формування основних сенсорних і психо-соціальних механізмів і тому є надзвичайно вразливим.

Свинцеві отруєння проявляються по-різному. Вони включають психічне збудження, тривогу, нічні жахіття, галюцинації, порушення пам'яті та інтелекту, аж до розпаду особистості. Отруєння свинцем і його з'єднаннями спричинюють ураження ясен, розлад кишківника, захворювання нирок. З'єднання свинцю можуть вражати генетичний апарат людини і викликати мутації. Для вагітних жінок свинець становить особливу небезпеку. Він має здатність проникати через плаценту в ненароджений плід та накопичуватися в грудному молоці.

Потрапляючи у ґрунт, свинець накопичується там і майже не виводиться. Період його природного напіввиведення становить декілька тисяч років.

Кадмії (Cd). Отруєння кадмієм небезпечно тим, що цей хімічний елемент виводиться з організму дуже повільно (період його напіввиведення становить більше 10 років). Накопичення кадмію відбувається переважно в нирках, печінці та у кістковій тканині. Пероральне (шляхом ковтання) й інгаляційне (шляхом вдихання) надходження кадмію в організм провокує зміни у лімфі крові, розвиток хронічних бронхітів, сухість слизових оболонок, пригнічення репродуктивної функції, кишкові кровотечі. Крім того, кадмій здатний провокувати виникнення раку репродуктивних органів.

Кадмій також накопичується у ґрунті. Період його напіввиведення з ґрунту — 1 100 років.

Інші високотоксичні метали — миш'як, цинк, мідь, хром — також мають здатність накопичуватися. Вони погано виводяться з організму й збільшують токсичний вплив у міру накопичення. Ці метали акумулюються також в ґрунті і в рослинах при потрапленні на них поверхневих стоків. Періоди напіввиведення з ґрунту для цинку — 500 років, для міді — 1500 років.

Надзвичайно небезпечним металом є **ртуть**. Потрапивши одного разу в природне середовище, цей метал, не розкладаючись, переходить із повітря в воду, в водні організми, в їжу людей, і такі

цикли тривають нескінченно. Потрапляючи в організм людини, він призводить до важких отруєнь.

Деякі рідкісні метали, зокрема, *молібден, галій, германій* менш небезпечні для людини, але потрапляючи в її організм, підсилюють токсичну дію інших забруднень.

З'єднання *берилію* і *хрому* є високотоксичними. У концентраціях понад 0,15 мг/л в м'якій воді й понад 11–20 мг/л у жорсткій воді берилій викликає загибель риб, а дафнії гинуть уже за концентрації берилію понад 0,05 мг/л. За концентрації берилію 0,5–1,0 мг/л різко гальмуються біохімічні процеси самоочищення водойм і розмноження мікрофлори. Використання стічних вод із вмістом берилію понад 15 мг/л для зрошування сільськогосподарських культур недоцільне.

Споживання з питною водою чи їжею сполук шестивалентного хрому спричинює ураження внутрішніх органів, купання в водоймі — запальні зміни слизових оболонок очей, дерматити та екземи; хром виконує роль також канцерогену для живих організмів. Хром із води накопичується в тканинах риб. Форель, наприклад, акумулює хром у вигляді хромату в концентрації понад 0,001 мг/л, а концентрація хрому в свіжій воді понад 10 мг/л є токсичною для цього виду. Для більшості інших видів риб летальною є концентрація хрому понад 20–50 мг/л.

Такі сполуки шестивалентного хрому, як хромова кислота, хромовий ангідрид, біхромат натрію згубно діють на різні водні організми при концентраціях понад 0,01 мг/л. Із сполук тривалентного хрому найвищу токсичність для водних організмів має сірчаноокислий хром. Шкідливо впливаючи на флору і фауну водойм, сполуки хрому тим самим гальмують проходження процесів самоочищення води. Стічні води із вмістом хрому не можна використовувати для поливу сільськогосподарських культур.

Нерозчинні у воді з'єднання *алюмінію* вважаються нетоксичними. Проте розчинні солі алюмінію — хлориди, сульфати, нітрати — вже за добу після потраплення з питною водою в живі організми всмоктуються в кров (до 50 % від кількості, що потрапила). Згодом вони виділяються з організму, але значна частина їх накопичується в тканинах і спричинює отруєння.

Для риб найшкідливішими є окис алюмінію та азотнокислий та хлористий алюміній. Сполуки алюмінію шкідливо діють також на інші водні організми. Накопичуючись у водоймах, з'єднання алюмінію гальмують розмноження мікрофлори води і тим самим затримують процеси самоочищення. Так, алюміній азотнокислий згубно діє на дафнії вже з концентрації 0,5 мг/л. Другим за токсичністю є алюміній хлористий, решта сполук алюмінію малотоксичні.

Згідно з дослідженнями деяких зарубіжних авторів, токсична дія на організм людини унаслідок прийому всередину проявляється при таких дозах сполук алюмінію:

- оцтовокислий алюміній — 0,2–0,4 мг/кг;
- гідрокис алюмінію — 3,7–7,3 мг/кг;
- алюмінієві галуни — 2,9 мг/кг маси.

Останні сильно подразнюють слизову оболонку очей і за концентрації цієї сполуки в водоймі 0,1 мг/л з розрахунку на алюміній під час купання у людей спостерігається хронічний кон'юнктивіт, а за концентрації понад 0,5 мг/л — гостре запалення кон'юнктиви. Мінімальна шкідлива концентрація хлористої та азотнокислої сполук алюмінію з розрахунку на іон металу становить у воді 0,1 мг/л. Деякі сполуки алюмінію, наприклад, алюміній–калій сірчаноокислий та алюміній–натрій сірчаноокислий, є алергенами.

Метали, що надходять із виробничими стоками транспортних підприємств, можуть знаходитися в водних об'єктах в порівняно малих кількостях. Але навіть невелике збільшення їх концентрації може завдати великої шкоди живим організмам. Так, для здоров'я людини надзвичайно важливою є кількість фтору в питній воді, яка не повинна перевищувати 1,5 мг/л — інакше пошкоджується зубна емаль, а за великої концентрації спостерігається пошкодження кісток (флюороза).

Кумулятивна дія отруйних металів на людину проявляється після накопичення їх в організмі і раптового надходження в кров і тканини. При цьому спостерігаються симптоми гострого чи хронічного отруєння. Здатність до кумуляції металів мають ґрунти і рослини при поливанні їх виробничими стічними водами. Використання стічних вод з концентрацією алюмінію понад 1 мг/л може призвести до загибелі посівів.

Бензол C_6H_6 . Спричинює гостру місцеву подразнювальну дію. Може всмоктуватися шкірою людини й викликати загальнотоксичну дію на організм. Якщо бензол потрапляє у водойму, то риба набуває неприємного запаху і стає практично непридатною для споживання уже за концентрації 10 мг/л.

Ацетон CH_3COCH_3 — малотоксична речовина. Вона, як правило, спричинює лише місцеву подразнювальну дію на шкіру й слизові оболонки. Проте потрапляння ацетону разом зі стічними водами у водойми суттєво не впливає на їх санітарний стан.

Бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$) — речовина першого класу небезпеки, канцероген, пошкоджує генетичний апарат, викликаючи мутації, що передаються у спадок дітям. Він добре розчиняється в оліях, жирах, сироватці людської крові. Накопичуючись в організмі людини до небезпечних концентрацій, бенз(а)пірен стимулює утворення злоякісних пухлин.

Небезпека впливу канцерогенної речовини залежить від дози і періоду, протягом якої дія відбувається. Накопичення канцерогенної речовини в окремих органах людини підсилює її дію. Пухлини виникають не одразу після початку дії канцерогенної речовини, а лише через тривалий час — 15–20 років (для мишей цей термін становить усього 4–6 місяців). Багато канцерогенних речовин можуть викликати стійкі спадкові зміни — мутації.

У районах з високим вмістом у повітрі бенз(а)пірена значно збільшується захворюваність та смертність від раку легень, раку стравоходу, раку шкіри. Небезпечними з точки зору токсичної дії на населення, що проживає в районі крупних автомагістралей, є також концентрації *акролеїну* (C_3H_4O) і *ацетальдегіду* (CH_3CHO).

Кислоти і луги, які змиваються поверхневими водами у водойми, змінюють їх кислотність і тим самим впливають на умови проживання там водних організмів, склад і чисельність їх популяцій. Лужні води, які мають водневий показник *pH* більше 9,5 є небезпечними для риб. Води меншої лужності (*pH* 8,6 ÷ 9,5) через тривалий час здійснюють пригнічуючий вплив на риб. Води, що підкислюють водойму, за *pH* 6,4 ÷ 5,0 також несуть безпосередню небезпеку риbam, особливо при одночасній наявності у водоймі солей заліза або за концентрацій вуглекислого газу понад 20 мг/л. За *pH* < 4,5 можуть загинути всі живі організми у водоймі.

Гідробіонти тією чи іншою мірою реагують на зміну гідрохімічного режиму водойми, яка відбулася внаслідок адаптуватися до нового хімічного складу води й гине: відбувається зміна у співвідношенні між видами в біоценозах. Такі зміни можуть також знизити плодючість у гідробіонтів, зменшити їхню життєздатність і стати фактором, який обмежує розвиток і чисельність водних організмів.

Вуглеводні (C_xH_y). Вуглеводні мають токсичні та канцерогенні властивості. Серед тих, що викидаються з відпрацьованими газами, найнебезпечнішими є ароматичні вуглеводні олефінового ряду (загальна формула C_nH_{2n}). Вплив на організм неканцерогенних вуглеводнів проявляється по-різному, від неприємних відчуттів і аж до появи різних захворювань. Вони викликають головний біль, запаморочення, нудоту, подразнення слизових оболонок. На ранніх стадіях отруєння спостерігається також зниження кров'яного тиску, уповільнення пульсу, млявість. У важчих випадках мають місце клінічні судоми, послаблення дихання, розширення зіниць, порушення з боку серцево-судинної системи.

Серед захворювань найхарактернішими є порушення функціонального стану центральної нервової та серцево-судинної систем. Найбільше страждає вища нервова діяльність. Перебування у середовищі з великою концентрацією вуглеводнів може викликати наркотичне сп'яніння. Навіть за дуже низьких концентрацій вуглеводнів можуть виникати функціональні розлади нервової системи:

- *неврастенія (астенічний невроз)* — патологічний стан нервової системи людини, що характеризується підвищеною запальністю та дратівливою слабкістю;
- *вегетоневроз (вегетосудинна дистонія)* — порушення функціонування вегетативної (автономної) нервової системи, що проявляється найчастіше у невротичних розладах, головних болях, порушеннях сну, запамороченнях голови, розладах дихання, прискореному серцебитті, похолодінні рук та ніг, внутрішньому тремтінні, болі в суглобах, набряках, відчутті жару в обличчі, втраті свідомості.

Однією з хвороб є так звана *бензинова пневмонія* — захворювання, що виникає при частому вдиханні парів бензину і потраплянні його в легені. При вдиханні пари бензину виникають порушення дихання, *тахікардія* — пришвидшення скорочень серцевого м'яза, *судоми* — розлади руху, спричинені патологічним скороченням м'язів.

Крім того, вуглеводні можуть спричиняти серцево-судинні захворювання та викликати зміни у складі крові.

Вуглеводні під дією сонячного ультрафіолетового випромінювання реагують з оксидами азоту, внаслідок чого утворюються нові токсичні продукти — *фот ооксидант и*. Останні є основою фотохімічного смогу.

До фотооксидантів належать озон, чадний газ, з'єднання азоту, перекису тощо. Фотооксиданти біологічно активні. Вони спричинюють шкідливу дію на живі організми, ведуть до зростання легеневих і бронхіальних захворювань, руйнують гумові вироби, прискорюють корозію металів, погіршують видимість в атмосфері.

Вперше поява *фот охімічного смогу* була зафіксована в Лос-Анжелесі наприкінці 40-х років ХХ століття. Причиною його стало значне забруднення повітря продуктами згоряння двигунів транспортних засобів. Згодом такий смог періодично з'являвся у великих містах зі значним скупченням транспорту.

Нафтопродукти. Поняття «нафтопродукти» у гідрохімії умовно обмежується тільки вуглеводневою фракцією (аліфатичні, ароматичні вуглеводні). Насправді вони являють собою надзвичайно складну, непостійну і різноманітну суміш речовин (низько- і високомолекулярні насичені, ненасичені аліфатичні, нафтеніві, ароматичні вуглеводні, кисневі, азотисті, сірчисті сполуки, а також ненасичені гетероциклічні сполуки типу смол, асфальтенів, ангідридів).

Потрапляючи зі стічними водами у водойми, нафтопродукти викликають глибокі зміни у складі водних біоценозів через те, що нафтопродукти проникають у всі шари цих водойм. Частина їх компонентів (40 %) осідає на дно, інша частина (40 %) опиняється в завислому стані у вигляді суспензій і емульсій в товщі води та в молекулярно-розчиненому стані, ще частина (20%) вкриває поверхню води у вигляді плівки. Бактеріальне

окислювання нафтопродуктів на дні відбувається в 10 разів повільніше, ніж на поверхні.

Практично всі водні організми відчувають на собі негативну дію нафтопродуктів. Водні рослини вкриваються нафтовою плівкою і стають непридатними для нересту риб. Сама риба, перебуваючи у воді з концентрацією нафтопродуктів понад 0,1 мг/л протягом 1 ÷ 3 діб, набуває запаху нафти і стає непридатною для споживання. Донні відклади, вкриті шаром нафтопродуктів, незалежно від товщини шару також непридатні для мешкання організмів. Нафтова плівка на поверхні водойми просочує пір'я птахів, які сідають на воду, тому пернаті не можуть злетіти й гинуть. Крім того, нафтова плівка порушує обмін енергії, тепла, вологи між гідросферою та атмосферою, знижує вміст кисню в воді, зменшуючи здатність води до самоочищення, перешкоджає випаровуванню вологи з поверхні водойми (порушує кругообіг води). Під впливом нафти відбуваються мутагенні зміни в організмах, що розвиваються. Нафтопродукти мають наркотичний вплив на водяних тварин.

Пригнічення зростання рослинності океану (фітопланктону) загрожує серйозними наслідками, адже внаслідок фотосинтезу вона щороку постачає в атмосферу $414 \cdot 10^9$ т кисню на рік, тимчасом як зелені рослини суходолу за цей же час продукують $53 \cdot 10^9$ т. Зростаюче споживання кисню внаслідок технічного прогресу з одночасним зменшенням його надходження в атмосферу (внаслідок пригнічення рослинності) може привести до безповоротних змін клімату на планеті.

Дія нафтового забруднення на ссавців проявляється в зниженні водовідштовхувальної здатності волосяного покриву, в послабленні зору й нюху. Найбільш згубний вплив нафти позначається на молодих, ще не зміцнілих особинах. Особливого ризику піддаються тварини, коли вони збиваються на лежбищах у великі зграї і малорухомі.

Оксид вуглецю (CO). Це отруйний газ, який потрапляючи в організм людини через органи дихання, проникає просто в кров. Він викликає порушення кисневого обігу в організмі. Його небезпека полягає у тому, що він у 240 разів швидше, ніж кисень зв'язується з гемоглобіном крові у легенях і утворює *карбоксигемоглобін (СОНb)*, який неспроможний отримувати та

віддавати кисень, тобто підтримувати природну функцію крові. Кров втрачає здатність зв'язувати кисень в легенях, тому в організмі порушується газообмін і з'являється кисневе голодування. Як результат нестачі кисню порушуються функції усіх систем організму — людина починає задихатися. Крім того, це з'єднання дуже стійке й розпадається лише за наявності великої кількості кисню. Тяжкість наслідків впливу на людину оксиду вуглецю залежить від його концентрації та тривалості перебування.

Отруєння чадним газом часто трапляється у водіїв далеких рейсів, які ночують у кабінах автомобілів, залишаючи двигуни працювати для обігріву. Часто трапляються отруєння закритих гаражах під час прогрівання двигунів.

Очевидно, що кількість накопиченого карбоксилгемоглобіну у крові залежить від концентрації CO у повітрі, яким дихає людина, а виведення цього з'єднання залежить від накопиченої концентрації. Тому фізіологічний ефект змінюється залежно від концентрації CO у повітрі, від тривалості вдихання людиною цього повітря, а також від кількості повітря, що вдихається та від виду дихання (повільний ритм дихання — коли людина перебуває у стані спокою, чи швидкий ритм дихання — коли людина рухається). Від цього залежать і наслідки впливу на організм. Ці наслідки можуть проявлятися у вигляді легкого головного болю після десятигодинного перебування людини у спокійному стані в середовищі з концентрацією CO 0,01 %, у вигляді нудоти та важкого дихання при двогодинному перебуванні людини в активному русі у середовищі з його концентрацією 0,02 %, а також у вигляді колапсу (дуже важкого отруєння) після п'ятнадцятихвилинного перебування людини у спокійному стані в середовищі, де концентрація CO становить 1 %.

При гострій інтоксикації людина спочатку відчуває легкий головний біль, прискорене серцебиття, потім запаморочення, нудоту. Якщо людину вчасно не вивести з-під впливу цього газу, то згодом з'являються такі загрозливі симптоми, як астенія, сонливість, втрата свідомості та смерть. Якщо ж людину вчасно вивести на свіже повітря, то нормальне дихання у неї поступово відновлюється, проте прискорене серцебиття зберігається надовго.

За дуже великих доз чадного газу в повітрі настає швидка втрата свідомості й смерть.

Тривале перебування у середовищах з малими концентраціями викликає серцево-судинні, легеневі захворювання, *атеросклероз* — враження стінок кровоносних судин, за якого на внутрішній поверхні артерій починає відкладатися холестерин. Навколо цих відкладів починає розвиватися з'єднувальна тканина та відкладається вапно. Далі до них приклеюються кров'яні пластинки — тромбоцити і, як результат, утворюються тромби.

Оксид азоту (NO). Вдихання цього газу викликає зменшення рівня гемоглобіну в крові. Тому зовнішні ознаки впливу оксиду азоту на людину часто схожі на ознаки впливу CO.

Діоксид азоту (NO₂) — спричинює сильну подразнювальну дію на слизові оболонки дихальних шляхів. Діоксид азоту спричинює сенсорні, функціональні й патологічні ефекти: почуття сухості та першіння в горлі, послаблення нічного зору, важкість дихання тощо. Він здатний глибоко проникати в легені та пошкоджувати їх тканини. Унаслідок контакту із слизовою оболонкою утворює азотисту (HNO₂) та азотну (HNO₃) кислоти, які роз'їдають стінки альвеол. Ці стінки починають пропускати сироватку крові в порожнину легень, у цій сироватці розчиняється повітря і утворює піну, що перешкоджає подальшому газообміну і викликає набряк легенів.

Загалом оксиди азоту є отруйними газами. Характер їх дії на організм людини залежить від вмісту різних оксидів азоту в повітрі. При перебуванні в атмосфері з відносно високими концентраціями оксидів азоту (0,004–0,008 %) у людини виникають астматичні прояви та набряк легенів. Вдихаючи повітря, що містить оксиди азоту у високих концентраціях, людина не має неприємних відчуттів і не підозрює про небезпеку. Внаслідок тривалої дії порівняно невеликих концентрацій оксидів азоту на організм людина може захворіти на хронічний бронхіт, запалення слизової оболонки шлунково-кишкового тракту, страждати на серцеву слабкість, нервові розлади.

Крім того, внаслідок перебування тривалий час в атмосфері з підвищеним вмістом оксидів азоту в організмі людини можуть утворюватися нітрити й всмоктуватися в кров. Наявність їх у крові викликає перетворення гемоглобіну на метабемоглобін, що, у свою

чергу, призводить до порушень серцевої діяльності.

Оксиди азоту спричинюють негативний вплив і на рослинність, вступаючи в реакцію з атмосферною вологою і утворюючи на листочках розчини азотної і азотистої кислот. Таким самим є механізм дії оксидів азоту на будівельні матеріали і металеві конструкції. Крім того, оксиди азоту беруть участь у реакціях утворення фотохімічного смогу.

Діоксид сірки (SO_2). Цей газ викликає подразнення та захворювання слизових оболонок очей та дихальних шляхів. При зіткненні з вологою поверхнею слизових оболонок верхніх дихальних шляхів діоксид сірки утворює спочатку сірчисту кислоту (H_2SO_3), яка швидко окислюється до сірчаної кислоти (H_2SO_4).

Подразнювальна дія SO_2 на слизові оболонки призводить до розвитку таких захворювань:

- хронічний риніт — хронічне запалення слизової оболонки носа;
- запалення слухового проходу;
- хронічний бронхіт з астматичними компонентами — хронічне запалення бронхів.

Тривалий вплив на людину малих концентрацій SO_2 може спричинити патологічні зміни в органах травлення, функціональні порушення щитовидної залози.

Унаслідок перебування у середовищі з досить високими концентраціями SO_2 може спостерігатися гострий бронхіт, задуха і навіть смерть від рефлекторного спазму горла.

Крім того, вдихання забрудненого SO_2 повітря призводить до змін складу крові, погіршення імунітету, порушення вуглецевого та білкового обмінів речовин в організмі, пригнічення окислювальних процесів у головному мозку, печінці, селезінці, м'язах, руйнації вітаміну В1 у крові. Саме цей вітамін відіграє важливу роль у білковому й вуглеводневому обміні в організмі, підтримує нормальне функціонування центральної нервової системи.

При вимиванні з атмосфери SO_2 та інших оксидів сірки «кислотні» дощі, що утворюються при цьому, знижують родючість ґрунту та ефективність застосування мінеральних добрив на орних землях, негативно впливають на довгорічні трави сінокосів і

пасовищ, вражають деревні рослини, особливо дуб, липу, ялину, руйнують хлорофіл у листі. Це призводить до уповільнення росту і зниження врожайності сільськогосподарських насаджень.

Діоксид сірки є причиною передчасної корозії металів, зниження стійкості лакофарбувальних покриттів, руйнування, забруднення й потемніння через окислення облицювання будівель і споруд, зниження міцності й довговічності металевих конструкцій, особливо з алюмінію.

Тверді частинки (сажа, пил, аерозолі). Вони викликають подразнення та хвороби органів дихання. Дрібні частинки сажі розміром $0,5 \div 2$ мкм затримуються в легенях та викликають алергію. Їх шкідлива дія виявляється, насамперед, в ураженні верхніх дихальних шляхів, легень, слизових оболонок очей, носоглотки, ротової порожнини. Найбільша небезпека сажі полягає в тому, що вона має здатність адсорбувати на своїй поверхні бенз(а)пірен. В такому разі канцерогенна дія бенз(а)пірену посилюється.

Якщо викидаються крупні фракції твердих частинок, вони досить швидко осідають. Фракції діаметром менше 10 мкм здатні утримуватися в атмосфері до трьох тижнів, знижуючи прозорість атмосфери, погіршуючи видимість, збільшуючи кількість туманних днів, що, в свою чергу, призводить до зменшення ультрафіолетової радіації Сонця та зміни мікроклімату.

Озон (O_3). До 1967 року присутність озону у повітрі вважалось корисною і свідчила про його чистоту. На сьогодні відомо, що озон є сильним окисником і через те агресивно діє на організм людини. Його вплив викликає подразнення слизових оболонок, кашель, задуху, спазми дихальних шляхів, пошкодження легеневої тканини, виникнення серцево-судинних захворювань, послаблення імунної системи. У таблиці 3.9 показано деякі наслідки впливу озону на людину та навколишнє середовище.

Формальдегід ($HCHO$). При контакті він дратує слизові оболонки людини, дихальні шляхи, вражає центральну нервову систему.

Акролеїн ($CH_2=CH-CHO$). Подразнює слизові оболонки.

Таблиця 3.9

**Наслідки впливу різних концентрацій озону в повітрі на
людину та навколишнє середовище**

Концентрація, млн ⁻¹	Тривалість впливу, год	Наслідки
0,02	1	Розтріскування гумових виробів
0,03	8	Пригнічення рослинності
0,1	1	Спазми дихальних шляхів
2,0	2	Сильний кашель

3.7. Шумовий вплив транспорту

Шумом називаються будь-які небажані для людини звукові коливання, що заважають праці або відпочинку, створюють акустичний дискомфорт. Будь-який шум можна охарактеризувати кількома параметрами:

- звуковий тиск;
- інтенсивність звуку;
- звукова потужність (потік звукової енергії) джерела шуму;
- рівень звукової експозиції;
- частотний спектр;
- направленість.

Звуковий тиск — це надлишковий тиск у пружному середовищі, в якому поширюються звукові коливання, і який спричинений цими коливаннями. Іншими словами, звуковий тиск — це різниця між миттєвим значенням тиску у збуреному середовищі у момент проходження звукової хвилі і тиском у незбуреному середовищі. Вимірюється у паскалях (Па).

3.7.1. Характеристики звукових хвиль

Шум визначається суб'єктивним сприйняттям людей, яке змінюється між індивідуумами і часто навіть для одного й того ж індивідуума залежно від його поточного ставлення до проблеми. Через суб'єктивну природу шум не може бути вимірний об'єктивними (фізичними) одиницями. Але для того, щоб класифікувати і порівняти різні події шуму, необхідно дати щонайменше наближений опис із застосуванням кількісних

значень. Звук є варіацією повітряного тиску навколо середнього значення атмосферного тиску. Атмосферний тиск виражається в паскалях ($100125 \text{ Па} = 1 \text{ атм}$). Діапазон змінюваних значень звукового тиску розміщується приблизно від $0,0006 \text{ Па}$ (шепіт на відстані $1,5 \text{ метра}$ від співрозмовника) до 1000 Па (постріл з гвинтівки біля вуха стріляючого). Через цей великий діапазон звуковий тиск не є зручним засобом описування відносної гучності звуку. Крім того, людське вухо реагує на звукові хвилі нелінійно. Збільшення основних характеристик звуку (зокрема й звукового тиску) спричинює збільшення подразливої дії за логарифмічною залежністю. Тобто сприймається не абсолютна різниця характеристик, а кратність їх зміни. Тому для вимірювання звукового тиску застосовують логарифмічну шкалу. Кожна одиниця цієї шкали показує зміну звукового тиску у десять разів. Одиницею вимірювання звукового тиску за цією шкалою є бел (Б):

$$L_p = \lg \frac{P}{P_0} [\text{Б}], \quad (3.53)$$

де P — вимірний звуковий тиск, Па;

P_0 — порогове значення звукового тиску, що сприймається органами слуху людини, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$.

На практиці частіше користуються кратною одиницею — децибел (дБ), яка визначається як десята частина бела, або:

$$L_p = 10 \lg \frac{P}{P_0} [\text{дБ}]. \quad (3.54)$$

Діапазон шкали децибелів може змінюватися в межах від'ємних і позитивних значень, але людське вухо може сприймати тільки рівні звукового тиску від 0 дБ (поріг нормальної людської виразності) до приблизно 130 дБ (поріг болю). Діапазон рівнів шуму, який відповідає щоденним шумам у навколишньому середовищі змінюється між 35 і 110 дБ .

Через логарифмічну природу рівня звукового тиску результати його додавання відрізняються від звичайного арифметичного додавання: сума двох однакових значень рівня звукового тиску виражається через зростання одного з них на 3 дБ . Відповідно до суб'єктивно сприйнятої гучності звуків різної інтенсивності, зростання рівня звукового тиску постійного чистого

тону на 10 дБ проявляється як подвоєння гучності звуку.

Інтенсивність звуку (сила звуку) це середня енергія, що переноситься звуковою хвилею за одиницю часу через одиницю площі, перпендикулярної до напрямку поширення звукових коливань:

$$J = \frac{E}{T \cdot S}, \text{ [Вт/м}^2\text{]}, \quad (3.55)$$

де E — енергія, що переноситься, Дж;

T — час, с;

S — площа, через яку переноситься енергія, м².

На практиці так само використовують логарифмічну шкалу:

$$L_J = \lg \frac{J}{J_0} \text{ [Б]}, \text{ або } L_J = 10 \lg \frac{J}{J_0}, \quad (3.56)$$

де J — інтенсивність звуку, що вимірюється, Вт/м²;

J_0 — порогове значення інтенсивності звуку, що сприймається органами слуху людини, $J_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Звукова потужність (потік звукової енергії) джерела шуму визначається як енергія, що випромінюється джерелом шуму. Вона вимірюється у ватах (Вт) і визначається потоком інтенсивності звуку (сили звуку), що проходить через замкнуту поверхню S , яка оточує джерело звуку:

$$N = \oint_S I dS, \text{ [Вт]}. \quad (3.57)$$

На практиці теж користуються логарифмічною шкалою:

$$L_N = \lg \frac{N}{N_0}, \text{ [Б]}, \text{ або } L_N = 10 \lg \frac{N}{N_0} \text{ [дБ]}, \quad (3.58)$$

де N — виміряна звукова потужність, Вт;

N_0 — порогове значення звукової потужності, що сприймається органами слуху людини, $N_0 = 10^{-12}$ Вт.

Звуковий тиск, інтенсивність звуку та звукова потужність можуть змінюватися у дуже широких межах. Так, абсолютні значення звукового тиску, що може сприйматися людиною, становлять $2 \cdot 10^{-5} \div 2 \cdot 10^4$ Па (нижнє значення — це поріг чутливості, або звуковий тиск коливань, які людина може сприймати як звук, верхнє значення — больовий поріг, або

звуковий тиск коливань, які фізіологічно людина може витримувати). Інтенсивність звуку і звукова потужність мають ще більші діапазони змін. Ці діапазони сягають 10^{15} разів.

Більшість шумів складаються з суміші тонів з різними частотами, які вимірюються у герцах (Гц). Здатність почути шум дуже залежить від частотного спектру цього шуму.

Частотний спектр шуму — це сукупність частот звукових коливань, з яких складається шум. Людина по-різному сприймає звуки різної частоти.

Вона чує звуки краще, коли домінуюча звукова енергія відбувається в частотах від 1000 до 6000 Гц. Звуки з частотами понад 10000 Гц (як наприклад свистіння) набагато важче почути, так само як і звуки з частотами нижче 100 Гц (як, наприклад, грюкання). Тобто людське вухо має різну чутливість до тонів різної частоти: воно найбільш чутливе до тонів від 1 кГц до 5 кГц, менш чутливе для вищих частот і найменше - для нижніх частот. Наприклад, звук частотою 100 Гц з рівнем звукового тиску 44 дБ за гучністю сприймається приблизно так само, як і звук частотою 1000 Гц з рівнем звукового тиску 29 дБ.

Щоб виміряти звук за шкалою, яка наближує результат вимірювання до відчуження звуку людьми, більша вага повинна бути приділена рівням звуку на частотах, які люди чують краще. Таким чином для більшості випадків вимірювання рівня звукового тиску коригується так званім «А»-фільтром (вимірюваний звуковий тиск p коригується у значення p_A і перетворюється на «А»- коригований рівень звукового тиску (або рівень звуку) L_{pA}

$$L_{pA} = 10 \lg \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2 \quad [\text{дБА}]. \quad (3.59)$$

Якщо характеристики шуму вимірюють за логарифмічною шкалою А, то одиниці вимірювання позначають дБА.

Метод для коригування (навантаження) частотного спектра, щоб імітувати людське вухо, розроблюється роками. Багато різних шкал вимірювання звуку, включаючи «А»-коригований рівень звуку (і також В, С, D, і Е-кориговані рівні звуку) були розроблені під час цього пошуку. «А»-коригування було рекомендоване ЕРА для описування шуму навколишнього середовища тому, що воно

зручне у використанні, є точним у більшості випадків і широко використовується у всьому світі. На рис. 3.10 наведено рівні деяких шумів довкілля в рівнях звуку за шкалою «А». Діапазони вимірних значень представлені для максимальних рівнів звуку.

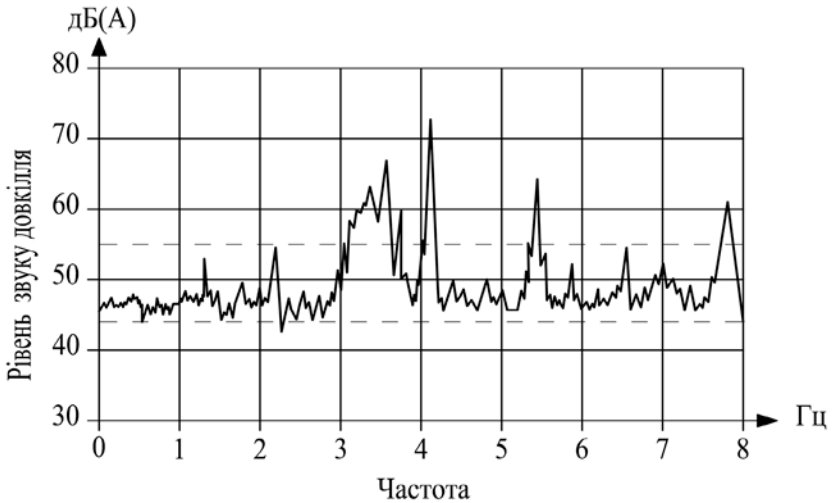


Рис. 3.10. Рівні деяких шумів довкілля в рівнях звуку за шкалою «А»

Щоб оцінити збурення конструкцій, які спричиняються низькочастотною звуковою вібрацією, використовується фільтр навантаження типу «С», в першу чергу, щоб оцінити імпульсний шум. Такий шум генерується, наприклад, пострілами важкої зброї (мінометами, артилерією), а також вибухами. Звукові рівні тиску, які вимірюються з використанням «С»-навантаження, виражаються в дБС.

Більшість вимірювачів рівня звуку обладнані шкалами коригування «А» і «С», деякі також включають шкалу «В».

Якщо шум складається зі звукових коливань різної частоти, то для визначення основних характеристик шуму (звукового тиску, інтенсивності звуку та звукової потужності) весь спектр шуму поділяються на проміжки, які називають октавами.

Октавою називають смугу частот, у які початкова частота

удвічі менша за кінцеву. В кожній октав визначають середньгеометричну частоту:

$$f_{CG} = \sqrt[2]{f_{кінц} \cdot f_{поч}}, \text{ [Гц]}, \quad (3.60)$$

де $f_{кінц}, f_{поч}$ — кінцева та початкова частота октавної смуги, Гц.

Як опорну в шкалах прийнято середньгеометричну частоту октавної смуги 1000 Гц. Для середньгеометричних частот усіх решти октавних смуг визначено поправки, які потрібно враховувати при підрахунку характеристик звуку. Значення цих поправок для шкал А, В і С наведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Поправки за шкали А, В, С вимірювання звукового тиску

Середньгеометрична частота, Гц	Поправка шкали, дБ		
	А	В	С
31.5	-39.4	-17.1	-3.0
63	-26.2	-9.3	-0.8
125	-16.1	-4.2	-0.2
250	-8.6	-1.3	0
500	-3.2	-0.3	0
1000	0	0	0
2000	1.2	-0.1	-0.2
4000	1.0	-0.7	-0.8
8000	-1.1	-2.9	-3.0
16000	-6.6	-8.4	-8.5

Для вимірювання і оцінки гучності звуку (суб'єктивного сприймання) використовуються фони і сони. Фон є одиницею рівня гучності. Маються на увазі, що він еквівалентний рівню в децибелах довідкового тону частотою 1000 Гц, який є однаково гучним зі звуком, що оцінюється.

Сон є лінійною (не логарифмічною) мірою гучності. 1 сон дорівнює гучності тону частотою 1000 Гц і з рівнем звукового тиску 40 дБ. Звук, оцінений як удвічі гучніший, ніж тон частотою 1000 Гц з рівнем 40 дБ, дорівнює 2 сонам, і т.д. Зростання на 10 дБ еквівалентне подвоєнню значення гучності в сонах.

Рівень звукової експозиції. Шум навколишнього середовища складається з окремих подій випромінювання шуму окремими джерелами: літаками, автомобілями, потягами тощо. Кожна подія може бути частково охарактеризована максимальним рівнем звуку та часовою залежністю. Охарактеризувати тривалість звукових подій, які змінюються за рівнем у часі досить важко. Єдиний шлях – об'єднати максимальний рівень звуку з часом, протягом якого поточний рівень звуку буде більшим від заданого рівня, наприклад, кількість секунд, протягом яких звук змінюється в межах 10 дБ нижче від максимуму.

Суб'єктивні тести показують, що реакція людини на шум є функцією не тільки максимального рівня звуку, але також тривалості події і зміни рівня звуку з часом. Дві шумові події з рівною звуковою енергією однакову реакцію. Наприклад, шум з постійним рівнем звукового тиску 85 дБ і тривалістю 10 сек викликає таку ж реакцію, як і шумова подія з рівнем звукового тиску 82 дБ і тривалістю 20 сек. Цей факт відомий, як принцип «рівної енергії». Рівень звукової експозиції SEL є мірою фізичної енергії шумової події, яка враховує як інтенсивність, так і тривалість події. SEL є інтегралом від рівня звуку протягом періоду, що визначається зміною рівня звуку над заданим порогом (який є щонайменше на 10 дБ нижчим від максимального значення рівня звуку, що вимірюється протягом даної шумової події) з поправкою на стандартизовану тривалість 1 сек. Один SEL – це рівень постійного звуку тривалістю 1 сек, який забезпечує кількість звукової енергії, що дорівнює енергії шумової події. Значення може бути розраховане, використовуючи рівняння для еквівалентного рівня з тривалістю T , заміненою на час $T_0 = 1$ сек.

$$SEL = 10 \log \left[\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{0,1L_a(t)} dt \right], \quad (3.61)$$

де: t_1 , t_2 – початок та кінець проміжку часу, для якого рівень звуку змінюється в межах 10 дБА нижче від максимального значення.

У табл. 3.11 наведено значення SEL і L_{Amax} для військових літаків на відстані 330 м, двигуни яких працюють на максимальному значенні тяги (режим зльоту). За визначенням величини SEL скориговані на тривалість 1 сек і не залежать від

середніх або максимальних рівнів шуму, які відповідають шумовій події, що розглядається.

Таблиця 3.11

Значення SEL і L_{Amax} для військових літаків на відстані 330 м (режим зльоту)

Тип літака	Рівень експозиції звуку SEL , дБА	Максимальний рівень шуму L_{Amax} , дБА
B1B	123,5	118,3
B52G	121,5	113,9
B52H	112,2	105,2
C17	100,0	94,5
C5	113,5	106,3
C135B	106,6	101,9
C141	105,8	99,7
KC135A	117,8	109,1
KC135R	92,2	87,1

Аналіз рівня звукової експозиції поодиноких подій інколи застосовується для оцінки порушення сну в нічний час, а також для визначення перешкоджання сприйняття мови, перш за все, в місцевості, де добовий рівень звуку є нижчим від 65 дБА. Проте це не передбачає визначення довготермінового впливу на здоров'я людей.

Еквівалентний рівень звуку. Рівень звуку, як правило, змінюється з часом, він може змінюватися у дуже малому діапазоні (наприклад, на певній відстані від автомагістралі) або у дуже широкому діапазоні (близько до аеропорту). Проте він має описуватися однією величиною (одиноцею). Описування всіх шумів різного походження базується на гіпотезі, що рівні дози шуму спричиняють рівні наслідки шумового впливу. Метод усереднення у часі описується так званим еквівалентним безперервним рівнем звуку $L_{Aекв}$, який також вимірюється у дБА:

$$L_{Aекк} = 10 \log \left[\frac{T_0}{T} \int_{t_2}^{t_1} 10^{0,1L_a(t)} dt \right] \text{ [дБА]}, \quad (3.62)$$

де: T – час спостереження рівнів шуму, T_0 дорівнює 1 сек, t_1, t_2 – початок і кінець проміжку часу спостереження рівня звуку.

Еквівалентний безперервний рівень звуку широко розповсюджений для вимірювання довготермінової шумової експозиції. Він використовується у більшості законодавств окремих країн, а також прийнятий стандартами ISO для вимірювання як екологічної шумової експозиції, так і ризику професійного пошкодження слуху. Але виникають проблеми стосовно використання $L_{\text{Аекв}}$ для описування швидкозмінного звуку і звукових подій, які втрапляються випадково. Для подолання проблем використовуються декілька додаткових одиниць для описування історії звукової події (зміни рівня звуку у часі):

- максимальний рівень звукового тиску L_{max} ;
- статистичні рівні шуму L_n (вказують на рівень, який перевищується протягом $(100 - n)\%$ часу);
- індекс шуму і кількості подій NNI (враховує також кількість подій шуму);
- «штрафи», які додаються до $L_{\text{Аекв}}$.

Якщо звук містить поодинокі тони або дуже низькі частоти, він може сприйматися як дуже подразнюючий. Таким чином, інколи «штрафи» додаються до $L_{\text{Аекв}}$ для того, щоб врахувати це роздратування. Дослідження продовжуються щодо вдосконалення поточного методу усереднення.

Головна перевага еквівалентного рівня звуку полягає у тому, що він дозволяє встановити кореляцію (співвідношення) з ефектами впливу шуму на людей, навіть за умов широких змін рівнів звуку довкілля. Він використовується тоді, коли мають значення тільки тривалість і рівні звуків, а не час їх прояву (вдень або вночі). Еквівалентний рівень звуку легко вимірюється доступним обладнанням, а також є основою для ще однієї одиниці вимірювання – повного шуму довкілля, який є добовим рівнем звуку з корекцією на день та ніч (L_{dn}).

Добовий рівень звук є коригованим еквівалентним рівнем звуку, що визначається протягом періоду у 24 години з додатковими навантаженнями у 10 дБ до еквівалентного рівня звуку, який триває протягом нічних годин (від 22.00 до 7.00). Середовище, у якому денний еквівалентний рівень звуку 60 дБ і нічний еквівалентний рівень звуку 50 дБ, має коригований нічний рівень звуку 60 дБ ($50 + 10$) і результуюче добове значення – $L_{\text{dn}} = 60$ дБ. В табл. 3.12 наведені типові використання чотирьох одиниць

вимірювання звуку для опису шуму довкілля.

Таблиця 3.12

**Типові використання чотирьох одиниць вимірювання звуку
для опису шуму довкілля**

Типове використання	Назва	Природа
Для описування постійних звуків як у приміщенні так і для транспорту, що рухається простим вимірювачем шуму	А-коригований рівень звуку	Миттєве значення рівня звуку коригується відповідно до частотної чутливості вуха людини
Для описування шуму транспорту, що рухається, такого як літак, поїзд, автомобіль	А-коригований рівень експозиції звуку	Сума енергій миттєвих значень рівнів звуку, пов'язаних з поодинокими подіями, для того, щоб визначити загальну енергію події.
Для описування усереднених рівнів шуму довкілля, якими експонуються люди	Еквівалентний рівень звуку	А-коригований рівень звуку який є еквівалентним дійсному рівню звуку, що змінюється у часі, бо він має таку саму загальну енергію, що і дійсний рівень звуку
Для описування усереднених рівнів шуму в житлових зонах протягом дня і ночі	Добовий рівень звуку	А-коригований еквівалентний рівень звуку для 24-годинного періоду доби з поправкою 10 дБ для нічного часу випромінювання звуку

Найбільш поширеною є пропозиція щодо уніфікації критерію оцінки акустичного стану НПС, пов'язана з використанням рівня шуму $L_{\text{Аекв}}$. Величину $L_{\text{Аекв}}$ прийнято за базу для оцінки впливу шуму у населених місцях (стандарт ISO R 1996-1971). Другою базовою величиною цього стандарту є рівень експозиції звуку SEL (або LAE), що використовується для визначення енергетичного вмісту в одному ізольованому випадку шумового випромінювання, наприклад в такому, що утворюється під час руху літака. Для визначених рівнів експозиції шуму SEL(i) для усіх випадків шумового випромінювання $i = 1...n$ упродовж

інтервалу часу T еквівалентний рівень шуму $L_{\text{Аекв}}$ визначається як енергетична сума рівнів експозиції шуму $SEL(i)$.

Ступінь впливу шуму залежить від наступної множини факторів:

- рівня звукового тиску;
- частотного розподілу шуму та його спектральних нерівномірностей;
- часу (тривалості) звучання шуму;
- маршрутів руху транспортних засобів або польоту літаків;
- кількості операцій за добу; виду процедур, що використовуються під час виконання характерних операцій (наприклад, режиму роботи двигунів);
- складу парку транспортних засобів;
- часу доби та року; метеорологічних умов.

Крім того, реакція суспільства на експозицію шуму залежить від таких факторів: використання земельних ділянок (land-use); використання будинків (building-use); типу будівельних конструкцій; відстані до магістралі чи аеропорту; фонового рівня навколишнього шуму; дифракції, рефракції та відбиття шуму навколо будинків залежно від топографічних та метеорологічних умов.

Крім зазначених факторів величини визначення шуму повинні відповідати ще й наступним вимогам:

- можливість застосування для різних джерел та видів навколишнього шуму та їх комбінацій;
- сумісність числових термінів з реакцією людей на шум;
- врахування розподілу шуму у часі (протягом доби);
- міжнародне визнання та застосування.

Сьогодні неможливо врахувати усі вимоги при визначенні одного індексу шуму. Але найбільш важливими факторами несприятливого впливу шуму на людину є:

- інтенсивність та частотний склад шуму;
- тривалість та частота повторюваності впливу шуму;
- індивідуальні особливості людей, відмінність їх реакції у різний час доби, пори року, місцезрештування, наявність шумів стороннього походження тощо.

Аналіз існуючих базових критеріїв, що використовуються для оцінки несприятливого впливу шуму на НПС показує, що вони відрізняються один від одного врахуванням згаданих факторів та математичною структурою. Оцінки гучності та шумності покладені в основу визначення найбільш специфічних комплексних індексів шуму, таких як, наприклад, LDN - рівень шуму за день-ніч (США, ЕРА). Але після введення в експлуатацію реактивних літаків було висловлено думку, що величини та шкали оцінки гучності, які на той час існували, не задовольняють вимоги оцінки несприятливого впливу шуму, саме тому була розроблена шкала шумності для визначення PNL (Stevenson) - рівня сприйманого шуму, виходячи з того, що характеристика сприйманої шумності, яка визначається як небажаність звуку, відрізняється від гучності і краще характеризує шум, ніж гучність. Рівень шуму PNL безпосередньо не вимірюється приладами (як, наприклад, LA), тому що шкала шумності надто складна і дозволяє тільки перераховувати спектральні значення звуку у рівні сприйманого шуму з метою отримання їх точної оцінки. Розроблено фільтр типу «D», характеристики якого наближені до значень частотних кривих однакової шумності, а не однакової гучності (як характеристики фільтра «A»), що дозволяє інструментально приблизно визначати рівні шуму PNL. Критерій PNL був удосконалений спеціальними «зважуючими» корекціями на тривалість епізоду визначення шуму та дискретночастотні складові у спектрі шуму – таким чином був отриманий ефективний рівень сприйманого шуму EPNL. Водночас, як один з кращих засобів прогнозування впливу шуму на населення визнана величина частки населення (у відсотках), що виявляє сильне роздратування від проживання в умовах навколишнього шуму. Ця оцінка також була введена до нормативної бази аналізу, прогнозування і регулювання шуму на державному та регіональному рівнях. З цією метою, наприклад, використовуються залежності, які отримані Шульцем і затверджені Міждисциплінарним комітетом по шуму FICON США в 1992 р. (рис. 3.11). Такі самі залежності використовуються і у ряді європейських країн, наприклад, в Німеччині, Голандії, Франції та у цілому в Європі.

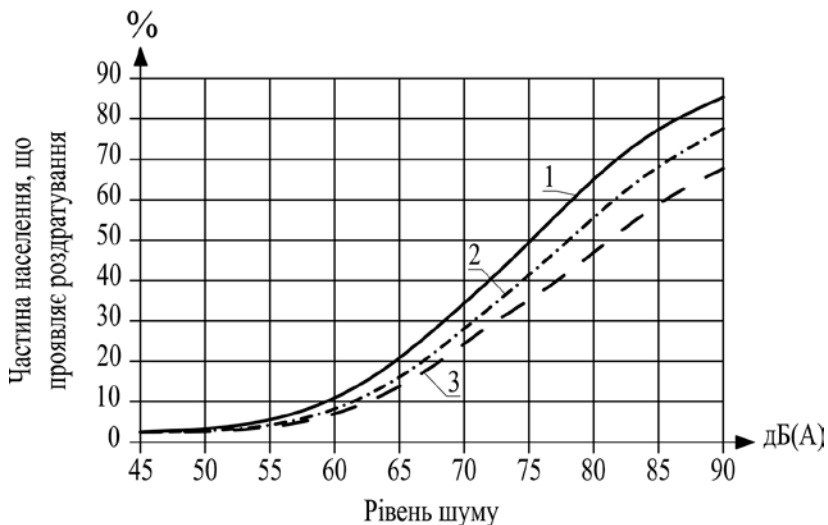


Рис. 3.11 Залежності частки населення, що виявляє роздратування шумом залежно від його гучності для різних видів транспорту: 1 – авіаційний транспорт, 2 – залізничний транспорт, 3 – автомобільний транспорт

Оцінка небажаності або неприємності впливу шуму виконується також через вивчення випадків реакції громадськості. Ці реакції вимірюються в межах шкали: від стану – «реакції відсутні» до стану – «дієвих легітимних та політичних акцій» громадськості. Але цей метод оцінки не набув поширення для визначення нормативних вимог до акустичного середовища.

Роздратування є вимірюваним наслідком реакції суспільства на різні, в тому числі екологічні, фактори, як, наприклад, шумова експозиція. Хоча роздратування окремих індивідів інколи вимірюється у лабораторії, оцінки суспільного роздратування найбільш корисні для передбачення наслідків запланованих дій, включаючи шосе, аеропорти, дорожній рух, залізниці, або інші джерела шуму. Факторами, що безпосередньо впливають на роздратування від шуму, є втручання у зв'язок і порушення сну. Іншими менш прямими ефектами є порушення задоволення своєю власністю або задоволення самотністю. Наслідки змушеного шумом роздратування відчуються як

приватне незадоволення, публічно виражені скарги до органів влади і потенційно шкідлива дія на здоров'я.

Дані соціальних досліджень щодо впливу шуму на мешканців вказують на те, що у середньому 3...4% населення висловлюють роздратування шумом на рівні $L_{dn} = 55$ дБА і навіть нижче. Близько 16 % населення висловлюють роздратування шумом при рівнях $L_{dn} = 65$ дБА, 25 % – при рівні шуму $L_{dn} = 70$ дБА і 37 % - якщо рівень шуму досягає 75 дБА. При цьому 20...30% населення не турбується навіть високими рівнями шуму.

Виявлено також декілька інших факторів, крім величини шумової експозиції, які впливають на реакцію суспільства:

- тривалість шуму і частота випадків появи;
- пора року (вікна відкриті або закриті);
- час доби;
- рівні шуму довкілля у суспільстві за відсутності шумів, що дратують.
- історія попередньої експозиції шуму;
- ставлення до джерела шуму;
- наявність чистих тонів або імпульсів.

Джерелами шуму, що особливо дратують суспільство, є перш за все повітряні судна, дорожній рух і залізниці, хоча шум від об'єктів індустрії, будівництва і побутовий шум всередині будівель може також бути проблемою. Визначення роздратування від усіх джерел за однією прогнозною кривою передбачає певне спрощення. Шум повітряних суден дратує більш відчутно, ніж еквівалентні рівні шуму залізниць, автомагістралей, трамваїв і міського дорожнього шуму. Розбіжність особливо виразна для високих рівнів шуму.

3.7.2. Фактори, що впливають на рівень транспортного шуму

На рівень транспортного шуму впливає ряд факторів.

Інтенсивність транспортного потоку — найбільші рівні шуму реєструються на магістральних вулицях великих міст.

Швидкість транспортного потоку — при збільшенні швидкості транспортних засобів відбувається зростання шуму двигунів, шуму від кочення коліс і подолання опору повітря.

Склад транспортного потоку — вантажний транспорт здійснює більшу шумову дію в порівнянні з пасажирським. Тому зростання частки вантажного рухомого складу в транспортному потоці приводить до загального зростання шуму.

Тип двигуна — порівняння двигунів співвимірної потужності дає змогу провести їх ранжування за збільшенням рівня шуму: електродвигун, карбюраторний двигун, дизель, газотурбінний двигун.

Планувальні рішення щодо територій — поздовжній профіль і звивистість транспортних шляхів, наявність різнорівневих транспортних розв'язок впливають на характер роботи двигунів, а отже, і на створюваний шум. Висота і щільність забудови визначають дальність поширення шуму від магістралей. Так, ширина зон акустичного дискомфорту уздовж магістралей в денні години може перебувати в межах $700 \div 1000$ м залежно від типу прилеглої забудови.

Наявність зелених насаджень — уздовж магістралей з обох боків передбачають санітарно-захисні зони, в яких висаджують дерева. Лісопосадки перешкоджають розповсюдженню шуму на довколишні території.

Деякі люди вважають, що транспортні шуми їх не турбують. Проте вегетативна нервова система людини на будь-який шум реагує негативно. «Звикання» людини до шуму не відбувається. Встановлено, що фізіологічна та біохімічна адаптація людини до шуму неможлива. Особливо важко переносити раптові різкі звуки високої частоти.

Шум інтенсивністю понад 80 дБА є шкідливим для організму людини. Сучасні умови життя у великих містах створюють шум, що наближається до цього значення.

Працівники транспортних підприємств, які безпосередньо зайняті в процесах перевезення, ремонту та обслуговуванні рухомого складу, також працюють в умовах підвищеного шумового впливу. В умовах такого самого впливу перебувають і пасажери в пасажирському транспорті.

Акустичним звуком називають звукові коливання частотою $16 \div 20000$ Гц. Коливання менших частот називають *інфразвуком*, вищих частот — *ультразвуком*. Ультразвук частотами вище 10^9 Гц називають *гіперзвуком*.

Органи слуху людини сприймають звукові коливання різних частот залежно від інтенсивності звуку. Схематично різні звукові зони залежно від інтенсивності наведено на рис. 3.12.

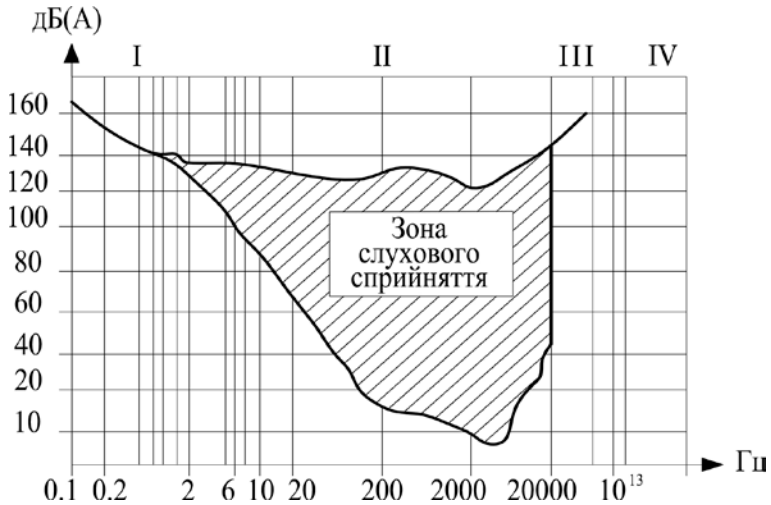


Рис. 3.12. Зона слухового сприйняття звуку людиною: I — крива більшового порогу; 2 — крива порогу чутності; I — інфразвукова зона; II — акустична зона; III — ультразвукова зона; IV — гіперзвукова зона

Середні значення інтенсивності шуму від рухомого складу різних видів транспорту є такими:

- легковий автомобіль 70 ÷ 80 дБА;
- автобус 80 ÷ 85 дБА;
- вантажний автомобіль 80 ÷ 90 дБА;
- поїзд метрополітену 90 ÷ 95 дБА;
- залізничний потяг (на відстані 7 м від колії) 95 ÷ 100 дБА;
- залізничний потяг (біля коліс) 125 ÷ 130 дБА;
- реактивний літак на злеті 130 ÷ 160 дБА.

Усередині транспортних засобів рівні шуму трохи нижчі:

- у салоні автомобіля — близько 60 дБА;
- у пасажирському вагоні поїзда — до 68 дБА;
- при наборі швидкості автомобілем, відкриванні та закритті дверей автобусами спостерігається різке

зростання шуму — до 100 дБА.

На ремонтних підприємствах транспорту чимало виробництв характеризуються високими рівнями шумового впливу. У ковальських цехах основними джерелами імпульсного ударного шуму з рівнем звукового тиску до 130 дБА є молоти й механічні преси. У механічних цехах робота металорізального устаткування створює шум у середньому $85 \div 100$ дБА, в окремих випадках він може сягати $105 \div 114$ дБА. У цехах, де проводяться клепальні роботи, створюється шум з рівнем до 115 дБА. У цехах зі шліфувальними та свердильними роботами — $88 \div 118$ дБА.

3.7.3. Особливості впливу шуму на організм людини

Зростання міст супроводжується прискореним розвитком транспорту, і, як наслідок, збільшенням шумового забруднення. Шкідливий шумовий вплив транспорту супроводжує людину все життя і посилюється одночасною дією вібрації, загазованості й інших видів впливу.

Кожна людина сприймає шум по-різному. Багато залежить від віку (максимальна чутливість слуху людини проявляється у віці 14–19 років), темпераменту, стану здоров'я, стану навколишнього середовища.

Шум є одним із найсильніших подразнювачів. При цьому з усього діапазону інтенсивностей можна виділити дві найхарактерніші точки:

- *порог чутності* відповідає найменшій силі звуку, що сприймається органами слуху людини як звук;
- *больовий поріг* відповідає найменшій силі звуку, за якої у людини виникає неприємне відчуття, яке з часом переходить у відчуття болю.

З рис. 3.12 видно, що людина сприймає звукові коливання великого діапазону частот. При перевищенні межі порогу чутності органи слуху можуть сприймати звукові коливання не тільки акустичного, але частково ультразвукового й інфразвукового діапазонів. З рисунку також видно, що для звуків різних частот поріг чутності та больовий поріг є різними.

Дослідження впливу шуму на живі організми засвідчили розвиток у них загальної *неспецифічної реакції*, яка характеризується:

- зниженням споживання кисню всіма тканинами головного мозку;
- дистрофічними змінами в мозку та внутрішніх органах;
- появою судинних розладів;
- біохімічними змінами у внутрішніх органах, що свідчить про напруженість захисно-присосувальних сил організму.

Специфічним впливом шуму є його вплив на слуховий аналізатор. Як реакція на шум спостерігається фізіологічне явище пристосування чутливості слухового аналізатора до різних рівнів сили звуку — адаптація, яка відіграє захисну роль. Слухова чутливість знижується (до 10 дБ), внаслідок чого менше звукової енергії потрапляє у внутрішнє вухо, де розташований слуховий аналізатор людини. При тривалому впливі інтенсивних звуків настає слухова втома. У виникненні слухової втоми бере участь центральна нервова система. Слухова втома проявляється як тимчасове погіршення слуху. Подібне явище спостерігається, наприклад, після впливу на людину потужного авіаційного шуму.

За тривалого впливу шуму навіть невеликих рівнів слуховим змінам передують зміни в інших функціональних системах організму, насамперед у центральній нервовій системі. В основі цих змін лежать зміни активності мозкових клітин, порушення режиму їх роботи внаслідок значного поширення збудження із слухового аналізатора по всьому головному мозку. Це призводить до:

- порушення сну;
- підвищеної втомлюваності;
- підвищеної роздратованості;
- зміни психіки, що виявляється в пригніченому настрої, емоційній неврівноваженості.

Стійка втрата слуху (глухота) може виникати внаслідок тривалого (5–8 років) впливу шуму й недостатнього відпочинку для повного відновлення слуху. Глухота багато в чому обумовлена індивідуальними особливостями людини. Деякі люди втрачають слух навіть після короткого періоду дії шуму порівняно помірної інтенсивності, у інших навіть сильний шум за тривалої дії не

приводить до втрати слуху.

Спостерігаються й *інші наслідки шумового впливу на організм*. Під впливом шуму збуджуються центри головного мозку, регулюючі функції залоз внутрішньої секреції і біоритми, що може спричинити зміну частоти ударів серця за хвилину, частоти дихання, кров'яного тиску, викликати зміни в крові й розширення зіниць.

Шум сприяє розвитку гіпертонічної хвороби, захворюванням виразки шлунку та дванадцятипалої кишки. Високі рівні шуму, наприклад, шуму реактивних літаків понад 120 дБ, можуть стимулювати подразнення вестибулярного апарату, виникає запаморочення.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я шум діє як відволікаючий подразник, він може заважати сприйняттю мови, впливати на розумову діяльність, погіршуючи процеси збирання та обробки інформації, впливати на психофізіологічний стан людини.

За наявності шуму загальна захворюваність людини зростає приблизно на 15 %. Збільшення рівня шуму на кожні 10 дБ тягне за собою збільшення захворюваності в 1,2–1,3 разу, знижується продуктивність праці. В умовах шуму (наприклад, у лікарні, розташованій поблизу аеропорту) одужання хворих відбувається повільніше й гірше. Спостерігалися випадки, коли у жінок, що працювали в період вагітності в шумних умовах, народжувалися діти з порушенням слуху.

Найчутливіші до дії шуму діти та люди похилого віку. У школярів, які навчаються в умовах проникаючого шуму вище ніж 45 дБ, спостерігається зниження слухової чутливості внаслідок втомлюваності органів слуху, порушення дії вегетативної системи, у дітей спостерігаються підвищена стомлюваність та головні болі.

Суттєвий фізіологічний вплив на організм людини може чинити *інфразвук*. Такий звук, особливо за великої амплітуди коливань, може входити в резонанс із коливаннями внутрішніх органів та відчуватися людиною як біль у вухах.

Інфразвукові коливання передають інформацію про подразники до нервових центрів і викликають рефлекторні реакції інших органів та систем.

Цим шляхом механічна енергія інфразвуків перетворюється на теплову й частково на енергію біохімічних і біоелектричних

процесів, що характеризують відповідну реакцію живого організму на інфразвуковий подразник. Найбільш фізіологічно активними для живого організму є частоти від 2 до 17 Гц саме внаслідок резонансних явищ внутрішніх органів.

Багато джерел інфразвуку є на транспорті. З ним зв'язана робота компресорних установок, гальмівних систем поїздів і вантажних автомобілів, тягових електродвигунів, дизелів, газових турбін тощо.

У транспортних процесах інфразвук, як правило, супроводять високочастотні звуки акустичного діапазону, тому інфразвук ми мало відчуємо, але від цього не стає менш небезпечним.

За впливом на організм людини інтенсивність інфразвуку поділяють на зони:

- *порог безпеки* — інтенсивність інфразвуку, яка є умовно безпечною для людини (90 дБА);
- *порог переносимості* — інтенсивність інфразвуку, яка при тривалій дії на організм призводить того, що в організмі розвиваються психофізіологічні відхилення від норми, які носять стійкий характер (140 ÷ 155 дБА);
- *порог потенційної небезпеки* — інтенсивність інфразвуку, що може призводити до психофізіологічних відхилень, які важко виліковні і є загрозою для життя людини (155 ÷ 180 дБА);
- *порог небезпеки смерті* — інтенсивність інфразвуку, яка призводить до смерті людини навіть за короткочасної дії (180 ÷ 190 дБА).

Акустичний діапазон включає шуми виробничі та побутові, безперервні та імпульсні. Значний шумовий вплив у цьому діапазоні створюють транспортні засоби. У великих містах серед основних складових шуму є шум автотранспорту, шум від руху залізничних потягів, авіаційний шум тощо. В акустичному діапазоні високочастотні шуми вважаються найшкідливішими. Транспортні засоби створюють переважно низькочастотний і середньочастотний спектри шуму. Наприклад, під час руху залізничного потягу найбільша інтенсивність шуму перебуває в діапазоні 500 ÷ 800 Гц.

Ультразвук також має шкідливий вплив на організм

людини, проте його дія рідше проявляється. Ультразвук використовується у виробничих процесах під час металообробки в ультразвукових установках, для отримання емульсій, сушіння, очищення, зварювання, у дефектоскопії, навігації, підводному зв'язку. Ультразвук виникає під час роботи верстатів, ракетних та інших двигунів. Вплив на організм людини низькочастотного ультразвуку, зі спектром частот, близьким до акустичного діапазону, характерне для виробничих цехів транспортного господарства. *Навіть невеликі дози ультразвукового опромінювання* цього діапазону за тривалого впливу, що багато разів повторюються, *викликають у працівників* слабкість, сонливість, зниження працездатності.

Гіперзвук, як правило, отримують штучно, генеруючи за допомогою спеціальних випромінювачів. Він розповсюджується тільки в кристалах, в повітрі сильно поглинається. Для транспортних процесів такий звук не характерний.

Звуковий удар, що виникає при польотах надзвукових літаків, може викликати у людей та тварин роздратування від слабкої психофізіологічної реакції до захисно-оборонних реакцій (переляку, здригання, пробудження від сну тощо). Звуковий удар у зонах інтенсивного звучання може викликати зниження працездатності людини, особливо при виконанні робіт, що потребують напруженої уваги, точних рухів та акуратності. Звуковий удар може спричинити сходження снігових лавин у гірських районах. Чутливі до звукового удару скакові коні, олені, морські тварини.

Модель реакції людини на шум довкілля є динамічною в тому сенсі, що повинна передбачати наявність оберненого зв'язку. Модель визначає, що сприйняття шуму людиною залежить від:

- стимулюючого фактору – рівня шуму;
- людських факторів – ставлення до шуму та набутого досвіду (щодо джерел шуму в першу чергу);
- ситуаційних факторів – особливостей, що супроводжують експозицію шуму довкілля.

Крім того, сприйняття шуму може бути зкориговано такими факторами:

- значенням (змістом) звукової інформації;
- ступенем (мірою) порушення виконуваної діяльності;

- безпосередньою неприємністю звуків.

Шум призводить до посилення стресу, який має декілька прямих наслідків: розвиток негативних почуттів та вплив на здоров'я. Це звичайно має зворотний зв'язок – підвищення рівня стресу. Стресові ефекти обох видів зумовлюють очевидні (явні) дії особи або її внутрішнє пристосування та повернення системи в збалансований нормальний стан.

Явні дії проявляються як звернення зі скаргою до місцевої влади з метою забезпечення сприяння діям по зменшенню шуму в джерелах, по посиленню ізоляції вікон, по зміні життєдіяльності на околицях житлових забудов та найбільш рішучий варіант – виїзду із зашумленої зони. Внутрішнє регулювання (пристосування до шуму) включає адаптацію, привикання або зміну особистого ставлення до явища, що веде до зменшення стресу від дії шуму. Наприклад, якщо особа зможе повірити в те, що авіація відіграє важливу роль по підтримці його якості особистого життя, можливо шум довкілля стане менш нестерпним.

Ця модель зниження стресу являє собою початковий ступінь розробки нових гіпотез, які підлягають експериментальній перевірці і які ведуть до кращого розуміння несприятливого впливу шуму на людей та посилюють можливості прогнозування специфічних ефектів за допомогою знань про параметри шуму, характеристики суспільства та індивідуальні людські чинники.

З викладеного вище можна зробити такі висновки:

- шум може впливати на результати життєдіяльності людини як усередині приміщень, так і зовні. При порівнянні рівнів зовнішнього та внутрішнього шуму необхідно враховувати значення звукоізоляції будівель;
- рівень шуму величиною $L_{\text{Аекв}} = 75$ дБА є тим порогом, що забезпечує захист від пошкодження слуху;
- порушення сну не спостерігається при рівнях шуму $L_{\text{Аекв}} = 35$ дБА та $L_{\text{Аmax}} = 45$ дБА в спальній кімнаті, проте необхідно враховувати кількість подій шумового випромінювання;
- максимальний рівень шуму $L_{\text{Аmax}}$, який забезпечує спокійне спілкування з нормальними голосовими зусиллями та 100%-розбірливість мови – 45 дБА;
- відповідно перегляд та прослуховування теле- та

радіопередач, прослуховування музичних записів забезпечується при рівнях шуму до 45 дБА;

- нормальний мовний зв'язок у шкільному класі забезпечується при рівнях шуму $L_{\text{Аекв}} = 45...50$ дБА та $L_{\text{Аmax}} = 55...65$ дБА;
- транспортний шум до рівня $L_{\text{Аекв}} = 60$ дБА, який визначається біля вуха слухача, не впливає на точність та ефективність розумової діяльності, наприклад такої, як читання або обчислення;
- роздратування, як інтегральна характеристика реакції населення на акустичне середовище, також враховується при визначенні нормативних значень шуму. Найбільш поширеною характеристикою визначення роздратування є частка населення (визначається у відсотках), що зазнає сильного роздратування від впливу шуму.

На міжнародному рівні Всесвітня Організація Здоров'я (ВОЗ) спільно з Організацією економічної співпраці і розвитку (ОЕСР) є тими головними організаціями, які збирали дані і отримали власні оцінки стосовно експозиції шуму. Ними визначені наступні порогові значення шуму (в одиницях денного еквівалентного рівня звуку $L_{\text{Аекв}}$):

- при $L_{\text{Аекв}} = 55...60$ дБА шум починає викликати роздратування;
- при $L_{\text{Аекв}} = 60...65$ дБА роздратування суттєво посилюється;
- при рівнях $L_{\text{Аекв}}$ вище 65 дБА з'являються серйозні поведінкові симптоми, наприклад, у вигляді скарг, протестів, демонстрацій, викликаних шумом.

З цієї причини ВОЗ було запропоновано директивні значення для рівня шуму довілля величиною 55 дБА, що визначається протягом денного періоду доби. Додаткові директивні значення запропоновані і для конкретних ситуацій і конкретних приміщень (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

Директивні рівні шуму для різних умов у $L_{\text{Аекв}}$, дБА.

Приміщення	День		Ніч	
	У приміщенні	Зовні	У приміщенні	Зовні
Житло	50	55		
Спальня кімната			30 45	45
Школи	35	55		
Лікарні, загальні палати	35 30		35 30	45 (для $L_{\text{Аmax}}$) 40 (для $L_{\text{Аmax}}$)
Концертні зали	100 для 4-годинного періоду		100 для 4-годинного періоду	
Дискотеки	90 для 4-годинного періоду		90 для 4-годинного періоду	

3.8. Екологічні наслідки аварій на транспорті

Транспортні процеси відносять до екологічно небезпечних процесів, тобто до таких, які призводять до біологічних, механічних і фізико-хімічних забруднень екосистем і завдають екологічної шкоди їх складовим. Найбільша небезпека з'являється під час переходу на аварійні режими експлуатації транспорту. Вони виникають унаслідок крайньої зношеності рухомого складу і устаткування, використання застарілих технологій, перевищення меж пропускної і провізної здатностей, порушення швидкісного режиму руху, а також неврахування суб'єктивних причин, що впливають на поведінку учасників транспортних процесів.

За тривалістю негативної дії об'єктів транспорту на здоров'я населення і природні комплекси розрізняють два види екологічної небезпеки:

- постійно присутня;
- короткострокова.

Постійно присутня екологічна небезпека є наслідком

нормального функціонування транспортного комплексу. Вона проявляється у підвищеному, у порівнянні з природним, рівні забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтового покриву, у підвищеному рівні шуму вздовж транспортних магістралей.

Короткострокова екологічна небезпека виникає в аварійних ситуаціях, за яких відбуваються швидко й часто катастрофічне забруднення атмосфери, води, ґрунту, загибель біоти, інші наслідки. Особливо сильно вона виявляється під час транспортування небезпечних вантажів.

Екологічна небезпека безпосередньо пов'язана з поняттям рівня екологічного ризику.

Концепція екологічної безпеки ґрунтується на теорії екологічного ризику. Екологічну небезпеку можна зменшити, але не можна усунути. В зв'язку з цим виникає завдання визначення ризику для людини й навколишнього природного середовища, зокрема протягом реалізації транспортних процесів. Процес ухвалення рішення в умовах ризику складається з трьох етапів:

- *оцінювання ризику*. Основним результатом цього етапу є отримання кількісних значень його наслідків, наприклад, захворюваності або смертності;
- *аналіз ризиків*. Метою цього етапу є порівняння кількісних величин ризиків за різних варіантів реалізації того чи іншого процесу;
- *управління ризиком* передбачає прийняття організаційно-технічних рішень на основі аналітичних результатів. Метою цього етапу є визначення черговості вирішення проблем, що спричиняють ризики, й знаходження шляхів підвищення екологічної безпеки.

Оцінювання ризику в транспортних процесах включає визначення ближніх і віддалених у часі наслідків для населення й інших компонентів екосистем від систематичних викидів забруднюючих речовин при нормальному функціонуванні транспорту, а також у разі аварій, зокрема під час транспортування небезпечних вантажів на дорогах, залізничних магістралях, річкових і морських шляхах.

Існують методики, що дають змогу оцінювати й прогнозувати екологічні ризики функціонування об'єктів

транспорту та транспортної мережі як у нормальному, так і в аварійному режимах. Отримані кількісні оцінки дають підстави порівнювати різні варіанти рішень щодо зменшення екологічних ризиків або зведення до мінімуму їх негативних наслідків.

У ході управління екологічним ризиком на транспортних процесах проводиться вибір засобів та заходів щодо підвищення екологічної безпеки транспортних процесів, зокрема вирішуються питання екологічного страхування транспортування небезпечних вантажів та інших видів діяльності.

Транспортні аварії і катастрофи призводять до економічних втрат для суспільства, завдаючи непоправних збитків. *Економічні втрати поділяють на прямі та непрямі.*

Прямі втрати — це втрати транспортних підприємств на ліквідацію наслідків аварій, зокрема, на ремонт і відновлення рухомого складу, витрати органів транспортної інспекції та юридичних органів на розслідування справ про аварії, медичних установ на лікування потерпілих, компенсації постраждалим із фондів соціального страхування тощо.

Непрямими втратами є втрати суспільства у зв'язку з втратою працездатності (тимчасовою або постійною) працівника, соціально-моральні втрати тощо.

Основними причинами високої аварійності на *автомобільному транспорті* є:

- перевищення швидкості руху;
- порушення правил обгону, маневрування і проїзду залізничних переїздів;
- виїзд на смугу зустрічного руху;
- недотримання черговості проїзду перехресть;
- порушення правил перевезення пасажирів;
- поганий технічний стан автомобілів;
- незадовільні дорожні умови.

На *залізничному транспорті* найбільшої шкоди навколишньому середовищу завдають аварії під час перевезення небезпечних вантажів, особливо в межах великих міст. Аварії приводять до пожеж, вибухів, розливів небезпечних речовин, потрапляння отруйних речовин у навколишнє середовище.

Факторами екологічного ризику та основними причинами аварій на залізничному транспорті є відмови технічних засобів і

устаткування, низька якість підготовки рухомого складу до вантаження небезпечних вантажів, помилки при проектуванні і проведенні будівельних робіт, незадовільний стан колійного господарства.

Важливу роль в аварійній безпеці залізниць відіграє технічний стан мостів, тунелів та інших штучних споруд залізниць. Їх тривала експлуатація з перевищенням нормативних термінів служби може призводити до виникнення багатьох дефектів, які загрожують аваріями.

Важливим є також підтримання парку вагонів у задовільному експлуатаційному стані.

На *трубопроводному транспорті* аварії відбуваються на газопроводах, нафтопроводах, продуктопроводах. Великі аварії на газопроводах часто супроводжуються вибухами й займаннями газу. Серед найбільших забруднень навколишнього середовища — ті, що викликані виливами продуктів, насамперед нафтопродуктів, з трубопроводів у місцях перетину їх з водними об'єктами, адже нафтопродукти, що виливаються, потрапляють у воду і ґрунт.

Основні причини аварій на трубопроводах пов'язані з порушенням вимог технічних умов, а також проектних рішень під час будівництва трубопроводів, пошкодженнями зовнішньою корозією, зовнішніми впливами на трубопроводи з метою розкрадання продуктів, що транспортуються.

3.9. Екологічні проблеми транспортних тунелів

Влаштування тунелів є одним із найкращих способів вирішення багатьох екологічних проблем, пов'язаних з транспортом, особливо у великих містах. Завдяки новітнім технологіям сьогодні тунель не розглядається як надто складана споруда. Переміщення транспортних потоків нижче рівня землі дає змогу знизити рівень забруднення атмосфери в приземному шарі, знизити рівень шуму в містах, підвищити безпеку руху на дорогах тощо.

Екологічні проблеми під час будівництва та експлуатації транспортних шляхів, зокрема й підземних тунелів, *виникають з багатьох причин:*

- використання недосконалих технологій та недосконалих

- конструктивних рішень;
- відсутність техніки та технологій, які дають змогу контролювати викиди забруднень;
- недостатньо глибоке розуміння серйозності екологічних проблем у середовищі проектувальників, будівельників, замовників, які фінансують та реалізують транспортні програми;
- недостатність фінансування.

Серед головних екологічних проблем під час прокладання тунелів є такі:

- зміна рівня ґрунтових вод;
- шумовий вплив як усередині тунелю, так і на виході з нього;
- вентиляція тунелів.

Зміна рівня ґрунтових вод суттєво впливає на прилеглі території і на місцеві біотопи, які там проживають. Іноді цей вплив може поширюватися на відстань до 20 км. Особливо сильно цей вплив проявляється в долинах річок та інших понижених місцевостях із заплавною рослинністю та вологолюбивими біотопами. Саме такі біотопи часто стають останнім притулком для багатьох рідкісних видів тварин і рослин, особливо в міських умовах.

Для збереження вологолюбивих біотопів у стані, близькому до їх початкового природного стану, виникає необхідність перекидання відкачаної води під час будівництва тунелю у місця, що потребують зволоження. Необхідні для цього насосні станції та інфільтраційні споруди слід передбачати під час проектування та будівництва.

При перетинанні потоку підземних ґрунтових вод тунелем постає потреба не лише захисту тунелю від води, але й збереження потоку ґрунтових вод шляхом спорудження дюкерів або застосування інших технічних рішень.

Шумовий вплив транспорту в тунелях і на виході з них, як правило, перевищує допустимий рівень, а саме 55 дБА. Загальноприйнятими технічними рішеннями для захисту від шумового впливу є застосування шумозахисних екранів. При цьому при виборі виду й конструкції екрану часто керуються лише акустичними вимогами зниження рівня шуму. Вибір конструкції,

кольору та матеріалу шумозахисних споруд мають велике значення з точки зору візуального сприйняття.

Під час проектування тунелю, як правило, немає необхідності створювати шумозахисні споруди від шуму, що виходить з тунелю, якщо будинки розташовані на відстані більше 100 м від виходу. Проте характеристики тунельного шуму відрізняються від шуму на відкритих ділянках шляхопроводу.

Є необхідність улаштування звукоізолюючого опорядження тунелю, але не по всій його довжині, а тільки в крайніх частинах на виходах з тунелю. Довжина цієї частини становить приблизно $2 \div 3$ діаметри тунелю.

Досвід свідчить, що для досягнення необхідного ефекту з економічної та екологічної точки зору вигідніше влаштовувати опорядження з високоякісного матеріалу на невеликих ділянках, ніж використовувати матеріали з низькими властивостями шумопоглинання на усій довжині тунелю.

Водночас неможливо запропонувати одне стандартне технічне рішення, адже в кожному конкретному випадку потрібно враховувати ситуацію перед тунелем з огляду на конструкцію, топографію, характери транспортних засобів, їх акустичних характеристик, напрямок і висоту тунелю тощо.

Вентиляція всередині тунелю здійснюється вентиляційними пристроями, які на сьогодні працюють практично безшумно.

Розраховується вентиляція тунелів з урахуванням таких факторів:

- забруднення повітря CO є головним критерієм для розрахунку потреби у свіжому повітрі для вентиляції;
- емісія NO_x є також важливим критерієм для уточнення питання, чи не викликають об'єми газів, що виходять з тунелю, забруднення атмосферного повітря понад ГДК;
- врахування параметрів, що впливають на об'єм свіжого повітря, що має подаватися в тунель. Це такі параметри, як ухили проїзної частини, що визначають режим руху, типи двигунів транспортних засобів, інтенсивність та швидкості руху.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть приклади позитивних та негативних впливів

транспортного засобу на навколишнє середовище.

2. Опишіть головні види впливу транспортного комплексу на навколишнє середовище та назвіть заходи, що дають змогу його зменшити.
3. Опишіть впливи різних видів транспорту на різні компоненти біосфери.
4. Опишіть джерела та склад шкідливих викидів під час виробничих процесів на експлуатаційних і ремонтних транспортних підприємствах.
5. Поясніть процес повного та неповного окислення палива.
6. Від чого залежить величина викидів забруднюючих речовин при спалюванні палива?
7. Опишіть приблизний склад відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання.
8. Опишіть процес утворення чадного газу, оксидів азоту та сажі в двигунах транспортних засобів.
9. Поясніть шляхи появи вуглеводнів у відпрацьованих газах двигунів транспортних засобів.
10. Які альдегіди присутні у відпрацьованих газах двигунів?
11. Як відбуваються процеси випаровування палива та мастильних матеріалів?
12. Поясніть механізми забруднення навколишнього середовища внаслідок процесів зношування поверхонь деталей.
13. Поясніть процеси утворення нових забруднюючих речовин з продуктів згорання в атмосфері.
14. Назвіть основні види стаціонарних джерел транспортних підприємств, що є забруднювачами навколишнього середовища.
15. Які забруднюючі речовини може містити поверхневий стік транспортних підприємств?
16. Поясніть поняття санітарно-захисної зони навколо транспортного підприємства. Як класифікують підприємства за розміром цієї зони?
17. Які основні завдання виробничого екологічного контролю на транспортному підприємстві?

18. На які класи поділяють отруйні забруднюючі речовини?
19. Що таке коефіцієнт токсичності шкідливої речовини?
20. Охарактеризуйте вплив металів (кадмій, миш'як, мідь, хром, берилій, цинк, молібден, галій, германій, ртуть, алюміній) та їх сполук, бензолу, ацетону, бенз(а)пірену, вуглеводнів, оксиду вуглецю, оксидів азоту, оксидів сірки, твердих частинок, що викидаються з продуктами згоряння, на НПС та організм людини.
21. Як впливають на стан водойм кислотні та лужні стоки, а також виливи нафтопродуктів?
22. Які фактори впливають на рівень транспортного шуму? Охарактеризуйте середні значення інтенсивності шуму від рухомого складу різних видів транспорту.
23. Охарактеризуйте специфічну та неспецифічну реакцію організму на вплив шуму. Охарактеризуйте дію на організм людини ультразвуку, гіперзвуку, звукового удару.
24. Охарактеризуйте можливі причини та екологічні наслідки аварій на різних видах транспорту.

РОЗДІЛ 4

ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

4.1. Класифікація автомобільного транспорту

Відповідно до законодавства, *автомобільний транспорт* включає:

- підприємства автомобільного транспорту, що здійснюють перевезення пасажирів, вантажів, багажу, пошти; авторемонтні й шиноремонтні підприємства;
- рухомий склад автомобільного транспорту;
- транспортно-експедиційні підприємства;
- автовокзали і автостанції;
- навчальні заклади;
- ремонтно-будівельні організації та соціально-побутові заклади;
- інші підприємства, установи та організації незалежно від форм власності, що забезпечують роботу автомобільного транспорту (ст. 30 Закону України «Про транспорт»).

До земель автомобільного транспорту належать землі, надані в користування під споруди й устаткування енергетичного, гаражного та паливно-роздавального господарства, автовокзали, автостанції, лінійні виробничі споруди, службово-технічні будівлі, станції технічного обслуговування, автозаправні станції, автотранспортні, транспортно-експедиційні підприємства, авторемонтні заводи, бази, вантажні двори, майданчики контейнерні та для перечеплення, службові та культурно-побутові приміщення й інші об'єкти, що забезпечують роботу автомобільного транспорту.

До земель дорожнього господарства належать землі, надані в користування під проїзну частину, узбіччя, земляне полотно, декоративне озеленення, резерви, кювети, мости, тунелі, транспортні розв'язки, водопропускні споруди, підпірні стінки, смуги відведення й розташовані в їх межах інші дорожні споруди та обладнання.

До складу земель дорожнього господарства входять також землі, що знаходяться за межами смуг відведення, якщо на них розміщені споруди, які забезпечують функціонування автомобільних доріг, а саме: паралельні об'їзні дороги, паромні

переправи, снігозахисні споруди й насадження, протилавинні та протисельові споруди, вловлювальні з'їзди; майданчики для стоянки транспорту й відпочинку, підприємства та об'єкти служби дорожнього сервісу; будинки (зокрема, житлові) та споруди дорожньої служби з виробничими базами; придорожні лісосмуги для захисту доріг і вирощування деревини, зокрема, ділової.

Землі, що знаходяться під автомобільними дорогами загального користування та їх спорудами, надаються дорожнім організаціям у користування відповідно до чинного законодавства.

Сучасний *автомобільний транспорт* можна поділити на три види об'єктів транспорту:

- рухомий склад;
- автомобільні дороги;
- автотранспортні підприємства.

Рухомий склад автомобільного транспорту можна поділити на групи:

- автомобілі;
- причепа;
- напівпричепа.

Автомобілі поділяють на:

- транспортні — призначені для перевезення пасажирів чи вантажів;
- спеціальні — призначені для виконання різних функцій переважно в технологічних процесах (підйомні крани, бульдозери, навантажувачі, рухомі компресори, рухомі насоси тощо);
- спортивні — призначені для участі у спортивних змаганнях.

Транспортні автомобілі ділять на такі групи:

- пасажирські — переважно легкові автомобілі та автобуси;
- вантажні — автомобілі для перевезення різного роду вантажів;
- вантажно-пасажирські — переважно автомобілі на базі легкового транспорту, здатні перевозити як пасажирів, так і певного роду вантажі;
- тягачі — автомобілі, які не мають власних ємностей для розміщення вантажів і призначені лише для буксирування причепів та напівпричепів.

Легкові автомобілі класифікують з об'ємом циліндра двигуна.

Виділяють такі групи:

- автомобілі особливо малого класу — до 1,2 л;
- автомобілі малого класу — до 1,8 л;
- автомобілі середнього класу — до 3,5 л;
- автомобілі великого класу — більше 3,5 л.

Автобуси класифікують за кількістю пасажирів, яку вони можуть перевозити. Виділяють такі групи:

- автобуси особливо малої місткості — до 10 пасажирів;
- автобуси малої місткості — до 35 пасажирів;
- автобуси середньої місткості — до 60 пасажирів;
- автобуси великої місткості — до 100 пасажирів;
- автобуси особливо великої місткості — більше 100 пасажирів.

4.2. Автомобільний транспорт як джерело забруднення навколишнього природного середовища

Позитивні й негативні аспекти функціонування автомобіля протягом багатьох років формували вимоги до його конструкції. Ці вимоги змінювалися в часі під впливом різних чинників. Так, наприклад, у *50-ті роки минулого століття* основні вимоги стосувалися підвищення комфорту. Це був час автомобілів великих габаритних розмірів з могутніми швидкохідними карбюраторними двигунами, з широким використанням автоматичних трансмісій і електричних сервоприводів.

Протягом *60-х років* основну увагу почали приділяти безпеці пасажирів. Автомобілі розвивалися у напрямі підвищення безпеки їх конструкції під час фронтального зіткнення.

Наприкінці 60-х та на початку 70-х років основним пріоритетом стало зменшення викидів CO , C_xH_y , NO_x та сажі з відпрацьованими газами двигуна. Це пов'язане з запровадженням у багатьох країнах світу обмежень на викиди токсичних речовин з відпрацьованими газами.

Наприкінці 70-х — на початку 80-х років пріоритет змістився в бік підвищення паливної економічності. Це, своєю чергою, пов'язане зі світовими нафтовими кризами.

З середини 80-х років і до середини 90-х зміну пріоритетів диктувало загострення конкурентної боротьби між виробниками. Спочатку на перший план вийшли вимоги покращення швидкісних

властивостей, а потім — підвищення комфортабельності й пасивної безпеки конструкції за рахунок впровадження електронного управління силовими агрегатами й трансмісією, кондиціонерів, нових методів розрахунку і проектування.

Наприкінці 90-х років на перший план вийшли вимоги підвищення безпеки за рахунок використання антиблокувальних систем нового покоління, суміщених із засобами запобігання зіткнення, бортовими навігаційними системами, іншими інтелектуальними технологіями на базі розвитку автомобільної мікроелектроніки й інформатики. З'явилася технічна можливість зменшити безпечну відстань між рухомими транспортними засобами, інформувати водіїв про можливі перешкоди на маршруті, оптимізувати режими руху відповідно до ситуації, яка складається на дорозі.

З початком нинішнього століття на перший план вийшли вимоги мінімізації споживання викопних вуглеводневих палив за забезпечення високої транспортної ефективності, необхідного рівня безпеки виконання транспортних послуг, транспортного комфорту, шкідливості дії на навколишнє середовище.

Автотранспорт — один із чинників забруднення повітря. Викиди газів на вулицях можуть погано вплинути на загальний стан здоров'я суспільства. Ба більше: дорожній рух — це джерело викидів тонко-дисперсних та дуже тонко-дисперсних часток у містах. Чимало наукових досліджень свідчать, що ці частки суттєво впливають на здоров'я людей.

Транспортна мережа в Україні доволі густа, кількість та активність автотранспорту в містах великі, й шкоду докільню він завдає дуже відчутну. Основні причини цього — застарілі конструкції двигунів, використовуване паливо (бензин, а не газ чи інші, менш токсичні речовини) та погана організація руху, особливо в містах, на перехрестях. У відпрацьованих газах, що їх викидають наші автомобілі, виявлено близько 280 різних шкідливих речовин, серед яких особливу небезпеку становлять канцерогенні бенз(а)пірени, оксиди азоту, свинець, ртуть, альдегіди, оксиди вуглецю й сірки, сажа, вуглеводні.

На сьогодні викиди забруднювальних речовин автомобільним транспортом у середньому за рік становлять близько 5,5 млн т, це біля 39 % усього обсягу шкідливих викидів в Україні.

Лева частка забруднень припадає на великі міста. У деяких з них відсоток забруднення повітря вихлопними газами часом досягає 70 ÷ 90 % загального рівня забруднень. Однією з серйозних проблем є те, що більш як 20 % автотранспортних засобів експлуатується в Україні з перевищенням встановлених нормативів умісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

Підприємства технічного обслуговування автомобілів: автозаправні станції (АЗС), станції технічного обслуговування (СТО), пункти огляду автомобілів тощо, які знаходяться в придорожній смузі, — суттєво забруднюють навколишнє середовище нафтопродуктами (бензином, дизельним паливом, трансмісійними й моторними мастилами), консистентними змащувальними оливами, промивальними рідинами. Обсяг відпрацьованих мастил, що часто викидають під час їх заміни, залежно від типу автомобіля і його технічного стану може становити 13 ÷ 33 % від витрати свіжих мастил.

Під час зовнішнього миття автомобілів частинки різних нафтопродуктів, що знаходяться на поверхнях деталей, вузлів і агрегатів, змиті водою, потрапляють у ґрунт і водойми. За відсутності спеціально обладнаних мийних установок з очищенням власниками автомобілів зазвичай миють свої авто стихійно, біля придорожніх водойм чи просто на узбіччях. При цьому вода після миття потрапляє у поверхневі водойми або у ґрунтові потоки взагалі без жодного очищення, суттєво шкодячи навколишньому середовищу. Тому в багатьох країнах Європи стихійне миття автомобілів (поза спеціально обладнаними майданчиками) заборонено законодавчо.

4.3. Вплив рухомого складу автотранспорту на навколишнє природне середовище

Специфікою рухомих джерел забруднення, тобто автомобілів є:

- високі темпи зростання чисельності рухомого складу порівняно із зростанням кількості стаціонарних джерел;
- просторова розосередженість автотранспорту;
- безпосередня близькість до житлових районів (автотранспорт часто заповнює усі місцеві проїзди й двори

житлової забудови);

- вища токсичність викидів рухомого складу автотранспорту у порівнянні з викидами стаціонарних джерел;
- складність технічної реалізації засобів захисту від забруднень на рухомих джерелах;
- низьке розташування джерел забруднення, внаслідок чого відпрацьовані гази автотранспорту накопичуються біля поверхні землі в зоні дихання людей і гірше розсіюються у порівнянні з промисловими викидами і викидами від стаціонарних джерел, які, як правило, мають димові й вентиляційні труби значної висоти.

Автотранспорт створює в містах обширні зони із стійким перевищенням санітарно-гігієнічних нормативів забруднення повітря.

4.3.1. Викиди під час роботи двигунів автомобілів

Під час роботи двигуна внутрішнього згорання виділяють три основних *джерела утворення шкідливих викидів*.

- відпрацьовані гази;
- картерні гази;
- випаровування пального з системи живлення.

Джерелами випаровування пального у паливній системі є переважно карбюратор і паливний бак. При цьому у бензинових двигунів випаровування суттєвіші. Дизельне пальне має меншу здатність випаровуватися, а паливна система дизельних двигунів більш герметична.

Випаровування бензину в автомобілі відбуваються і в неробочому стані. Внутрішня порожнина бензобака автомобіля завжди сполучається з атмосферою для підтримки тиску усередині бака на рівні атмосферного. Це необхідно для нормальної роботи всієї системи живлення двигуна, але водночас створює умови для випаровування легких фракцій бензину й забруднення ними повітря.

Картерні гази, як і випаровування з системи живлення, містять переважно вуглеводні. Ці гази утворюються шляхом надходження у картер паливо-повітряних сумішей через нещільності циліндро-поршневої системи з камер згорання, де вони змішуються з парами мастил, що випаровуються зі стінок циліндрів. Їх кількість

у двигуні зростає зі збільшенням зношення. Крім того, вона залежить від умов руху й режиму роботи двигуна. Більшість сучасних автомобільних двигунів обладнані спеціальною системою вентиляції картера з подаванням видалених із нього газів назад у циліндри двигуна, де вони згоряють. Тому, принаймні для дизельних двигунів, основним джерелом шкідливих викидів в атмосферу під час роботи є відпрацьовані гази. Проте в режимі холостого ходу система вентиляції газів картерів працює менш ефективно, що погіршує екологічні показники автомобілів.

Відпрацьовані гази утворюються унаслідок спалювання пального в камерах згоряння двигуна. Хімічний склад продуктів згоряння залежить від багатьох чинників. Серед основних — вид пального, його якість, спосіб спалювання в двигуні, технічний стан двигуна, його режим роботи тощо.

До складу органічної маси *палива нафтового походження* входять переважно такі хімічні елементи: вуглець, водень, кисень, азот і сірка. Негорюча частина палива включає вологу й мінеральні домішки. Продуктами повного згоряння такого палива є переважно вуглекислий газ, водяна пара й діоксид сірки. При неповному згорянні за недостатньої кількості кисню замість вуглекислого газу утворюється чадний газ.

Технічний стан двигуна також безпосередньо впливає на екологічні показники відпрацьованих газів. Так, викиди бензинового двигуна з неправильно відрегульованим запаленням і карбюратором можуть містити монооксид вуглецю в кількостях, що перевищують нормативи в 2–3 рази.

Найбільш несприятливими режимами роботи двигуна є робота на малих швидкостях і робота в режимі «холостого ходу». За таких режимів роботи в складі продуктів згоряння вміст багатьох забруднюючих речовин значно перевищує їх вміст під час навантажених режимів роботи.

4.3.2. Шум на автотранспорті

Автомобіль, який працює абсолютно безшумно, може бути не менш небезпечний, ніж занадто шумний. За відсутності адекватного шуму водій, особливо недосвідчений, може не відчувати швидкості автомобіля, резервів його потужності, тобто

втрачати зворотній зв'язок під час водіння. Це небезпечно й для пішоходів, адже останні можуть не почути автомобіля, який наближається і, отже, не відчувати небезпеку.

Шум, що створюється автотранспортним засобом, складається з таких основних складових: шуму двигуна, шуму агрегатів автомобіля, шуму кузова, шуму додаткового обладнання, шуму шин, аеродинамічного шуму потоків повітря під час руху. При цьому шум автомобіля поділяють на види. *Механічний* — шум, який спричиняють корпусні деталі та агрегати самого автомобіля та його двигуна; шум, що спричиняють процеси згоряння в двигуні. *Аеродинамічний* — шум, що виникає під час руху газоповітряної суміші у камеру згоряння та продуктів згоряння з камери, у процесі взаємодії лопатей вентилятора з повітрям тощо.

Виділяють зовнішній шум автомобіля і внутрішній шум автомобіля.

Зовнішній шум — це одне з джерел шумового забруднення населених територій. У багатьох містах внесок автомобільного транспорту в загальний шумовий фон становить до 80 %. Для обмеження рівня шумового фону зовнішній шум автомобілів нормують.

Середні величини інтенсивності зовнішнього шуму становлять:

- легкові автомобілі — 70 ÷ 80 дБА;
- автобуси — 80 ÷ 85 дБА;
- вантажні автомобілі — 85 ÷ 95 дБА;
- мотоцикли — 85 ÷ 100 дБА;
- трамваї — 75 ÷ 95 дБА.

Рівень шуму істотно змінюється в залежності від типу двигуна, технічного стану автомобіля, режиму й швидкості руху, навантаженості автомобіля, інтенсивності руху тощо. Змінюються також основні джерела шуму. Так, якщо за швидкості руху 75 ÷ 80 км/год та повної завантаженості автомобіля основним джерелом шуму є двигун, то за швидкості 80 ÷ 100 км/год основний шум створюють автомобільні шини.

Шум від транспортного потоку суттєво залежить від його швидкості. Приблизна залежність показана на рис. 4.1.

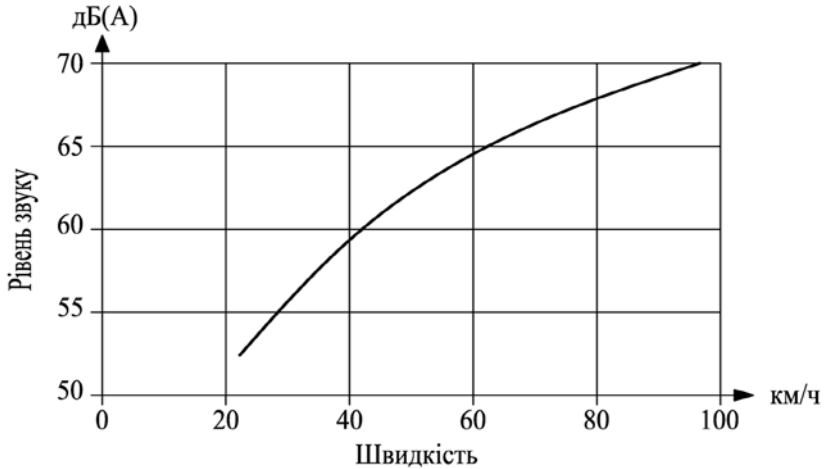


Рис. 4.1 Залежність еквівалентного рівня звуку від швидкості транспортного потоку

Характеристика шуму дуже суттєво залежить від типу автотранспортного засобу. При цьому дизельні двигуни створюють більше шуму. Так, вантажний автомобіль із дизельним двигуном на усіх режимах роботи створює більше шуму, ніж легковий автомобіль, у середньому на 15 дБА. На рівень шуму окрім типу двигуна й швидкості руху суттєво впливають *строк служби автомобіля і стан дорожнього покриття*. Середня різниця рівнів шуму залежно від цих чинників у діапазоні швидкостей 50 ÷ 100 км/год можна оцінити у 3 ÷ 5 дБА.

Оскільки *транспортний потік* утворюють окремі автомобілі, він, як і будь-яке джерело шуму складається з багатьох дрібних джерел. Тому й підпорядковується тим самим закономірностям, які характеризують цикл руху окремо взятого автотранспортного засобу. Тобто шум транспортного потоку можна поділити на шум холостого ходу, шум зрушування з місця та прискорення, шум усталеного руху, шум сповільнення та зупинки.

Шум також значною мірою залежить від інтенсивності транспортного потоку та його складу. Приблизну залежність рівня шуму від цих параметрів показано на рис. 4.2.

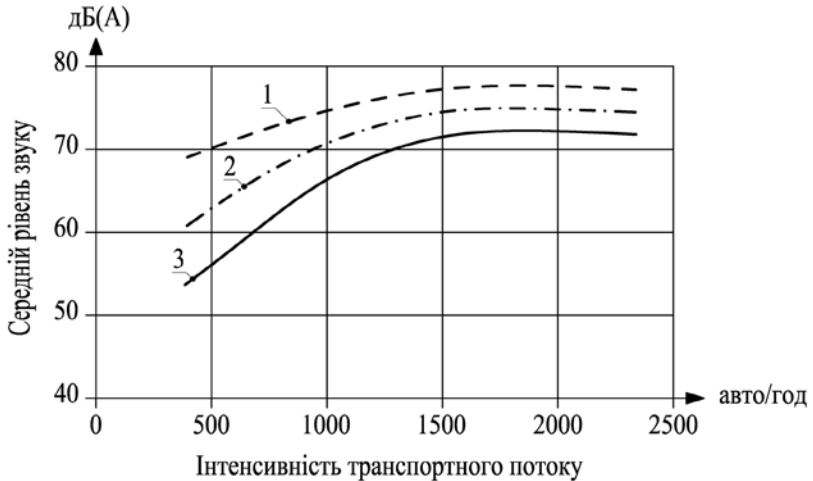


Рис. 4.2 Залежність середнього рівня звуку від інтенсивності та складу транспортного потоку

1 — вантажний транспортний потік (понад 60 % вантажних автомобілів); 2 — змішаний транспортний потік (33 ÷ 35%); 3 — легковий транспортний потік (15 ÷ 20%)

Попри те, що здебільшого шини автомобіля стають головним джерелом шуму за швидкостей більше 80 км/год, для деяких типів і моделей автомобілів, а також залежно від їх технічного стану, шум, спричинений шинами, переважає вже за швидкості 50 ÷ 60 км/год. Шум від шин виникає внаслідок обтікання їх повітряним потоком, стиснення й видалення повітря в межах зони контакту з покриттям, вібрації шини. Для більшості легкових автомобілів середнього й високого класу тільки за великих прискорень на першій та другій передачах переважає шум двигуна і системи випуску відпрацьованих газів.

На рівень шуму значною мірою впливає конструкція шин, ступінь їх зношеності, швидкість руху автомобіля. Різницю у рівнях звуку, що її спричиняють «найбільш шумні» і «найбільш тихі» шини, можна оцінити у 20 дБА. За швидкості руху автомобіля 40 км/год рівні шуму відповідно досягають 90 і 70 дБА. Конструкція малюнка протектора шини може змінювати рівень шуму в діапазоні

від 63 до 90 дБА за однакових умов руху (однакової швидкості та однакового стану дорожнього покриття).

У таблиці 4.1 наведено рівні шуму, які створюють шини різного типу під час руху малолітражного легкового автомобіля з різною швидкістю. З таблиці видно, що вплив типу шин на збільшення рівня зовнішнього шуму автомобіля збільшується за зростання швидкості руху.

Таблиця 4.1

Вплив типу шин і швидкості руху на рівень зовнішнього шуму малолітражного легкового автомобіля на гладенькому асфальтобетонному покритті

Тип шин	Швидкість руху, км/год		
	60	80	100
ІН-251	70,7	71,4	77,4
2x2-70 Мішлен	70,5	74,0	76,6
Альфа 20-20п (з гладеньким протектором)	68,2	70,9	72,1
ЕХ-85	72,5	75,5	77,3

Вплив шорсткості поверхні дорожніх покриттів на зовнішній шум автотранспортних засобів вивчено досить докладно. Збільшення шорсткості сприяє збільшенню рівня звукового тиску, однак ступінь впливу цього чинника різна для різних типів транспортних засобів. Для вантажних автомобілів цей вплив незначний, адже основними джерелами шуму у них є двигун і трансмісія. Для легкових автомобілів цей вплив помітніший, особливо за високих швидкостей руху. Найменша величина поправки до рівня звукового тиску, яку спричиняє шорсткість покриття, спостерігається за висоти виступів покриття близько 1 мм (див. рис. 4.3). Зменшення та збільшення висоти виступів спричинює зростання поправки. Проте, починаючи з висоти виступів 2 мм це зростання сповільнюється, а починаючи з висоти 4 мм практично припиняється.

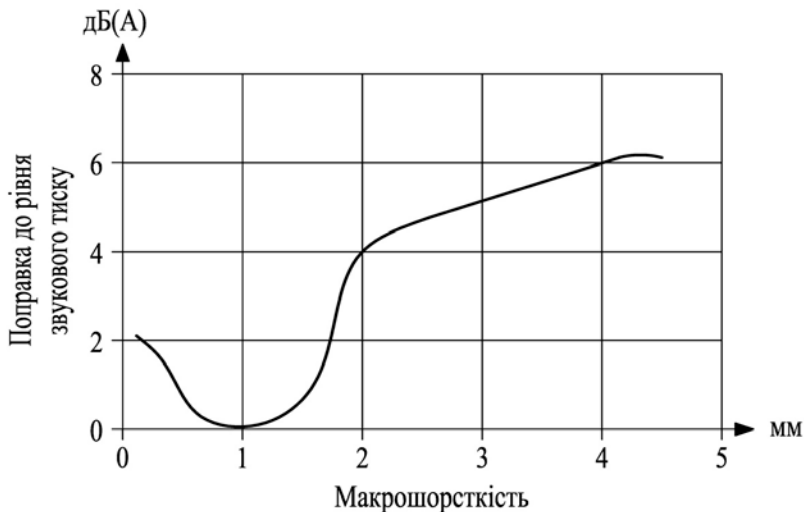


Рис 4.3. Поправка до рівня звукового тиску, що спричиняється шинами легкового автомобіля на покриттях з різною шорсткістю поверхні

Така залежність справедлива практично для всіх типів покриттів у сухому й мокрому їх стані. При цьому слід зазначити, що зволоження покриття підвищує рівень транспортного шуму не менше, а в багатьох випадках і більше, ніж підвищення шорсткості дорожнього покриття (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Вплив типу і шорсткості дорожнього покриття на рівень транспортного шуму

Тип покриття	Шорсткість, мм	Стан покриття за рівнем вологи	Рівень звукового тиску, дБА, при швидкості руху автомобіля, км/год		
			80	100	120
1	2	3	4	5	6
Дрібнозернистий асфальтобетон	0,3–0,43	Сухо	72	75	78
	0,3–0,34	Мокро	77,5	80	82
Асфальтобетон типу «наждачний папір»	0,3–0,6	Сухо	75	78	81
	0,3–0,6	Мокро	83	84	86,5

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
Бруківка	0,3–0,8	Сухо	81	85	–
	0,3–0,8	Мокро	81	85	–
Цементобетон: - з насічками глибиною, мм - без насічок	1,2–1,8	Сухо	75	78	83,5
	1,5–3,0	Мокро	79,5	83,5	86
	–	Мокро	81	83	84
Шорстка поверхня, оброблена щебенем розміром 10÷14 мм	2,5–3,0	Сухо	78	81	84
	2,5–3,0	Мокро	81,5	84	86

Органи слуху людини є найчутливішими до діапазону частот від 1000 до 3000 Гц. Збільшення шорсткості покриття призводить до більшого зростання рівнів звукового тиску саме в діапазоні частот вище 1000 Гц. Залежність показано на рис. 4.4.

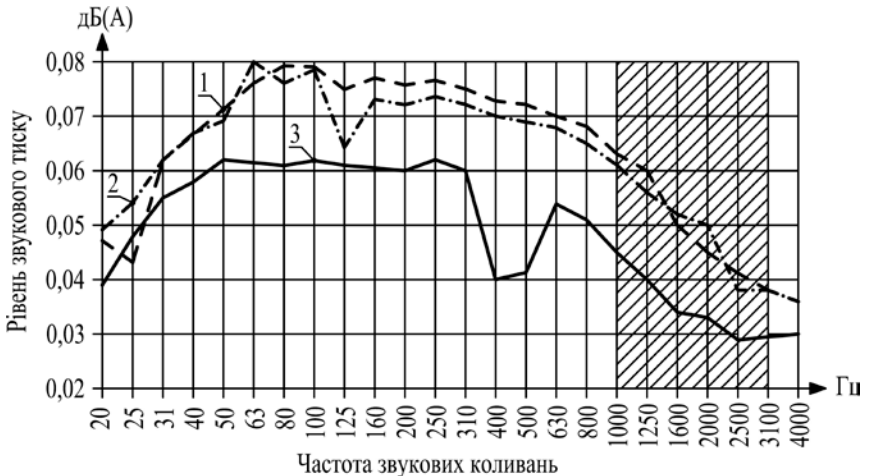


Рис. 4.4. Спектр шуму від мікроавтобуса з динамометричним причепом при швидкості 60 км/год: 1 — спектр шуму на шорсткому ($R_{sr} = 3,8$ мм) покритті при працюючому двигуні; 2 — те саме при накаті; 3 — спектр шуму на гладенькому ($R_{sr} < 0,3$ мм) покритті при накаті

Рівень шуму істотно залежить також від величини мікронерівностей поверхонь покриттів, особливо за високих швидкостей руху, коли саме шини визначають рівень шуму від легкових автомобілів (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Залежність рівня шуму легкового малолітражного автомобіля від глибини нерівностей на поверхні дорожнього покриття (шорстка зношена поверхня) при швидкості руху від 60 до 100 км/год

Глибина нерівностей, мм		Рівень звуку дБА					
		шина ИИ-251			шина EX-85		
		60 км/год	80 км/год	100 км/год	60 км/год	80 км/год	100 км/год
Шорсткість	0,6	75,7	73,4	77,4	77,5	77,6	77,3
	2,4	77,0	79,2	78,0	78,2	78,9	79,0
	4,1	77,6	77,0	78,6	78,0	79,4	81,2
Нерівності	4,4	77,5	75,0	81,6	75,9	79,4	76,4
	6,8	81,0	84,0	84,8	80,0	85,1	86,4
	7,8	77,0	83,0	82,7	78,3	82,4	83,3

Внутрішній шум є важливим показником, адже впливає на комфорт і безпеку водіння автомобіля.

Вимірювання внутрішнього шуму проводять під час розгону автомобіля поблизу крісла водія на висоті $0,6 \pm 0,05$ м над рівнем сидіння. Якщо автомобіль має місця для пасажирів позаду крісла водія, додатково вимірюють внутрішній шум над останнім рядом крісел. Якщо місць для сидіння в автомобілі більше дев'яти, додатково вимірюють цей показник над першим місцем за кріслом водія та над останнім рядом крісел. Якщо рядів крісел більше ніж 3 (не враховуючи крісло водія) вимірюють ще й над середнім рядом крісел.

Середні величини інтенсивності внутрішнього шуму становлять:

- легкові автомобілі — 74 ÷ 80 дБА;
- автобуси — 76 ÷ 83 дБА;
- вантажні автомобілі — 80 ÷ 84 дБА.

4.3.3. Вібрації на автотранспорті

Під час руху автомобіля виникають коливання, спричинені нерівностями дороги, а також неврівноваженими силами двигуна й трансмісії, які здійснюють обертальні або зворотно-поступальні рухи. Ці коливання передаються на раму, кузов автомобіля і через полотно дороги на елементи придорожнього простору. Тому розрізняють два види впливу вібрацій:

- вплив на водія і пасажирів автомобіля;
- вплив на навколишні об'єкти.

Вплив вібрації на людину викликає ряд негативних змін у її органах і системах:

- зміна ритму й частоти дихання;
- зміна артеріального тиску;
- зниження гостроти зору, особливо бінокулярного;
- порушення діяльності нервової системи;
- зниження концентрації уваги.

Колівання з частотою близькою до 40 Гц викликають у людини неприємні відчуття. Найбільшої шкоди завдають коливання, частоти яких близькі до резонансних частот окремих органів і систем.

Параметри коливань в автомобілі (амплітуда, частота, прискорення) є переважно випадковими. Рівень вібрації залежить переважно від швидкості руху, нерівності дорожнього покриття та конструктивних особливостей підвіски автомобіля.

При конструюванні автомобілів значну увагу приділяють підвісці автомобіля. Коливання всередині автомобіля за всіма параметрами намагаються наблизити до тих, які відносно легко переносить людина. Проте забезпечити необхідні параметри вібрації тільки за рахунок конструкції підвіски неможливо. Найменший рівень вібрацій, викликаних взаємодією коліс автомобіля з дорожнім покриттям, є між колесами автомобіля (всередині колісної бази). При конструюванні пасажирських транспортних засобів саме там намагаються розміщувати сидіння.

Вібрації, що виникають під час взаємодії коліс із покриттям, передаються через полотно дороги у навколишнє середовище у вигляді хвиль, що затухають. При цьому передача вібрації відбувається через ґрунт далі на будівлі й споруди. Рівень вібрації

при цьому залежить від інтенсивності транспортного потоку, швидкості руху, складу транспортного потоку, нерівності дорожнього покриття. Передача вібрації на навколишні споруди залежить від ґрунту, його щільності, вологості, ступеня однорідності й гранулометричного складу. Ці самі параметри визначають і частоту коливань (це в середньому $10 \div 25$ Гц).

Для підвищення безпеки руху автомобілів на мокрих дорогах широко практикується використання шорстких поверхневих шарів проїзних частин. Це покращує зчеплення автомобільних шин з дорогою. Намагання забезпечити тривалий термін експлуатації доріг призводить до застосування в будівництві доріг щебеню з розміром зерен до 25 мм і більше. Унаслідок зношування нерівності досягають значних розмірів. Через те, що ширина цих нерівностей мала (до 100 мм), при взаємодії з шинами вони спричиняють значні коливання, які характеризуються частотами більше $15 \div 17$ Гц практично за всіх реальних швидкостей руху автомобіля. Тобто вони є високочастотними.

Шини та підвіска не можуть повністю погасити віброколивання. За висоти виступів макрошорсткості $1 \div 3$ мм (залежно від швидкості руху) відбувається гасіння віброколивань за рахунок демпфуючих якостей шин. За більшої висоти виступів гасіння коливань здійснює підвіска автомобіля та подушка сидіння водія та пасажирів. Якщо нерівності досягають $5 \div 7$ мм і більше, шини та підвіска вже не можуть погасити віброколивання, і рівень вібрації в салоні автомобіля, як правило, перевищує максимально допустимі межі за санітарними нормами

Для зменшення вібрацій, що їх спричиняють двигун і трансмісія, ефективними методами є конструктивне збільшення жорсткості валів, їх балансування, покращення зчеплення зубчастих коліс у передачах, застосування амортизаторів та гнучких вставок, уникнення резонансних частот, застосування поглиначів вібрацій (нанесення на віброуючі деталі різних покриттів, які здатні поглинати енергію механічних коливань і перетворювати її на теплову.

4.3.4. Електромагнітне випромінювання автомобілів

Автомобільний транспорт є порівняно малопотужним джерелом електромагнітних випромінювань. Проте збільшення

кількості автомобілів на території житлової забудови призводить до того, що їх внесок у загальний фон електромагнітного випромінювання стає помітним. На сьогодні значного поширення набуває електротранспорт, зокрема, з'являються електромобілі. Вже сьогодні електромагнітне поле на 20 ÷ 30 % території міст формується унаслідок або з урахуванням автомобільного руху.

Електромагнітні хвилі, що виникають унаслідок руху транспортних засобів, перешкоджають теле- і радіотрансляції. Для нормального існування живих організмів необхідний певний рівень електромагнітного випромінювання. Електромагнітні поля з високою щільністю енергії можуть мати шкідливий вплив безпосередньо на організм людини.

Ступінь впливу електромагнітних випромінювань визначається кількістю енергії, що ним переноситься. Залежно від виду тканини й характеру випромінювання (частоти або довжини хвилі) частка поглиненої енергії електромагнітного випромінювання може коливатися від 20 до 100 %. Поглинена тканинами енергія перетворюється на теплову.

Поглинання енергії шкірним покривом не є надто небезпечним. Зайве тепло, в яке ця енергія перетворюється, відчувається як підвищення температури шкіри й інтенсивно випромінюється в навколишній простір. Поглинання енергії внутрішніми органами несе більшу небезпеку. Деякі органи — нирки, серце, мозок, очі — мають слабо виражений механізм терморегулювання. Збільшення температури цих органів навіть на 1 °С може призвести до незворотних наслідків.

Результатом впливу електромагнітних випромінювань на організм в цілому є:

- швидка стомлюваність;
- біль у суглобах;
- головний біль у людей, виробнича діяльність яких пов'язана зі змінними електромагнітними полями;
- електромагнітні поля підвищеної напруженості здатні викликати у людини зоровий ефект миготіння й порушення орієнтації.

Інтенсивність електромагнітного випромінювання автотранспортного засобу визначають його конструктивні та експлуатаційні характеристики. Вона найбільше залежить від типу

двигуна (дизельний чи карбюраторний) та компонування автомобіля. Суттєве значення також мають використання пластмасових або металевих крил, дахів, облицювання кузова, повітряних фільтрів; форма й розташування розподільника і котушки запалювання на двигуні і в моторному відділенні та інші чинники. Відіграють роль також технічний стан усіх вузлів і агрегатів, які формують електромагнітне поле автомобіля; наявність і стан струмопровідних перемичок між частинами кузова, стан поверхні кузова.

Основне джерело електромагнітних випромінювань в автомобілі — це система запалювання автомобіля (насамперед свічки, розподільник, високовольтні дроти) та прилади електричного живлення (генератори постійного і змінного струму, регулятори напруги, датчики тощо). Їх називають *первинними випромінювачами*. Елементи кузова, деталі моторного відсіку, капот, дах, решітка радіатора — *вторинні випромінювачі*. У цілому автомобіль є контуром, власні характеристики індуктивності та ємності якого залежать від багатьох чинників і поки що мало вивчені.

Усі автомобілі можна умовно поділити на три групи:

- 1 — карбюраторні з об'ємом двигуна до 3,0 л;
- 2 — карбюраторні з об'ємом двигуна понад 3,0 л;
- 3 — дизельні.

Дизельні двигуни мають значно меншу величину електромагнітного випромінювання. Якщо кількісно оцінити ступінь впливу на навколишнє середовище автомобілів кожної групи, то коефіцієнт приведення буде мати відповідно такі значення: $K_1 = 1$; $K_2 = 1,32$; $K_3 = 0,2$.

Для зменшення рівня випромінювання на етапі проектування намагаються підвищувати екрануючу здатність кузова автомобіля, встановлюють спеціальні вставки та з'єднання спеціальної конструкції для зменшення випромінювання крізь щілини між капотом і крилами автомобіля. У деяких автомобілях використовують спеціальне екранування усіх приладів системи запалювання.

4.3.5. Забруднення продуктами зношування автотранспортних засобів

Під час руху автотранспортних засобів у навколишнє середовище викидаються продукти зношування, які утворюються переважно внаслідок тертя деталей між собою. *Основні джерела такого забруднення:* деталі двигуна та трансмісії, гальмівні колодки, шини.

Деталі двигуна автомобіля та його трансмісії під час роботи спрацьовуються. Для сповільнення цього процесу деталі змащують. Важливим моментом є те, що використовувати слід саме ті мастила, які рекомендовані для застосування саме для цього автомобіля.

Для виготовлення *гальмівних колодок* використовують азбест. Він має багато властивостей, які протягом тривалого часу робили його практично незамінним. Це насамперед міцність та стійкість до стирання. Проте під час роботи гальмівних колодок, виготовлених із нього, унаслідок зношування утворюється азбестовий пил. Цей пил, потрапляючи в легені людини, накопичується там і викликає захворювання.

На сьогодні для виготовлення гальмівних колодок замість азбесту все частіше використовують композиційні матеріали, близькі до нього за властивостями. Сучасні композиційні матеріали мають більшу зносостійкість, ніж азбест і тому мають більший термін роботи та утворюють менше пилу. Їхнім недоліком є вища теплопровідність, ніж у азбесту.

Під час руху автотранспортних засобів по дорогах відбувається зношування автомобільних шин і стирання дорожніх покриттів. При стиранні шин відбувається забруднення придорожньої смуги переважно кадмієм, який додають до гуми для прискорення процесів вулканізації. *Вміст кадмію* значно збільшується при стиранні старих шин з відновленим протектором. Шорсткість поверхонь дорожніх покриттів сприяє абразивного зносу шин. Проте шорсткість, так само як і малюнок протектора шин, влаштовуються для підвищення безпеки руху автомобіля. Найінтенсивніше абразивне зношування відбувається при різкому гальмуванні. Але у разі виникнення аварійної ситуації важливіше запобігти скоєнню дорожньо-транспортної пригоди чи максимально пом'якшити її наслідки, а не зменшувати зношування шин.

Продукти зношування автомобільних шин становлять приблизно 1 % шкідливих викидів від автотранспортного засобу. При цьому вміст особливо шкідливих речовин у них значно вищий, ніж у інших викидах. Так, з продуктами зношення шин викидається: близько 50 % бенз(а)пірену, 100 % N-нітрозамінів, 70 % загального обсягу канцерогенів, 15 % твердих речовин. Близько 60 % частинок, що утворюються внаслідок зношення шин (шинний пил) настільки малі, що можуть глибоко проникати в легені людини.

Латексна гума, що входить до складу *шинного пилу*, може викликати алергічні реакції. Ці реакції проявляються у вигляді риніту (нежить), кон'юнктивіту (сльозовиділення), кропивниці, бронхіальної астми. У деяких випадках шинний пил може навіть викликати анафілактичний шок.

До повного зношення протектора одного комплекту шин легкового автомобіля середнього класу (4 шини) в навколишнє середовище викидається в середньому біля 14 кг гумового пилу. До повного зношення шин вантажного автомобіля, який має 8 робочих шин, викидається біля 92 кг гумового пилу. Шини, відновлені методом вулканізації, зношуються приблизно удвічі швидше, ніж нові. Автотранспортне підприємство середнього розміру за рік викидає до 30 т гумового пилу. До складу цього пилу входить біля 10 % природного каучуку та близько 40 % синтетичного. Природний каучук, потрапляючи в навколишнє середовище (грунт) досить швидко розпадається і долучається до природного кругообігу вуглецю. Синтетичний каучук є стійкішим до розкладання.

Ефективними методами уповільнення зношування автомобільних шин є контроль тиску безпосередньо в шинах, контроль технічного стану автомобіля, зокрема розхилу коліс та їх сходження.

4.4. Експериментальне визначення екологічних показників автомобільних двигунів

До *екологічних показників автомобільних двигунів* відносять концентрації у відпрацьованих газах таких речовин: оксид вуглецю CO, вуглеводні C_xH_y, оксиди азоту NO_x, а також тверді та рідкі частинки. Для будь-якого двигуна характерний значний діапазон відхилень концентрації цих речовин у відпрацьованих газах

залежно від його індивідуальних особливостей, технічного стану, режиму роботи.

Метод визначення концентрації оксиду вуглецю (CO). Для визначення використовують метод інфрачервоної спектроскопії. Цей метод ґрунтується на використанні властивості оксиду вуглецю вибірково поглинати інфрачервоне випромінювання з довжиною хвилі 4,7 мкм. Принципову схему приладу для вимірювання концентрації CO наведено на рис. 4.5.

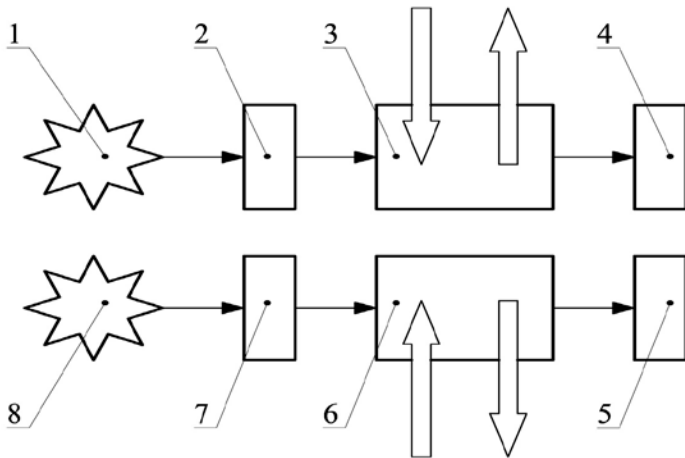


Рис. 4.5. Принципова схема роботи інфрачервоного аналізатора CO:
1, 8 — джерела інфрачервоного випромінювання; 2, 7 — фільтри;
3 — вимірювальні кювета; 6 — порівняльна (контрольна) кювета;
4, 5 — детектори випромінювання

Принцип роботи інфрачервоного аналізатора такий. На етапі калібрування приладу контрольну кювету 6 заповнюють еталонним газом, тобто газом з відомим вмістом CO та відомим коефіцієнтом поглинання ІЧ-випромінювання. Перед початком роботи вимірювальну кювету 3 заповнюють відпрацьованими газами автомобіля. Під час роботи два джерела інфрачервоного випромінювання 1 та 8 створюють два інфрачервоні промені, які спрямовують крізь фільтри 2 та 7. Фільтри затримують випромінювання інших довжин хвиль, пропускаючи лише випромінювання з довжинами хвиль близькими до 4,7 мкм. Після

фільтрів два однакової довжини хвилі промені пропускають через вимірювальну кювету 3 та контрольну кювету 6 і далі спрямовують на детектори випромінювання 4 та 5. Інтенсивність променя, що пройшов через контрольну кювету, є постійною. Інтенсивність пройденого через вимірювальну кювету променя залежатиме від концентрації CO у газах, що заповнюють цю кювету. Чим вища концентрація CO, тим менш інтенсивним буде промінь на виході через поглинання всередині кювети. Різниця у показниках детекторів випромінювання 4 та 5 є величиною, на підставі якої обчислюють вимірювана концентрація CO.

Метод визначення концентрації вуглеводнів (C_xH_y). Вміст вуглеводнів у відпрацьованих газах двигунів можна також визначити за допомогою методів інфрачервоної спектроскопії. Однак через те, що різні вуглеводні поглинають ІЧ-випромінювання на різних частотах, на практиці під час роботи таких пристроїв виникає багато ускладнень. Результати вимірювання залежать від складу вуглеводневої суміші й тому часто бувають недостатньо точними.

На сьогодні поширеним є метод полум'яно-іонізаційного детектування (ПІД). Принципову схему роботи ПІД-детектора наведено на рис. 4.6.

Принцип його роботи дуже простий. У трубці між двома електродами різного потенціалу пропускають струмина чистого водню, яка змішується з повітрям і підпалюється. Водневе полум'я має великий електричний опір, тому струм, що проходить у цей момент між електродами і вимірюється, є невеликим. Потім до струмини водню додають струмину відпрацьованих газів (пробу). Перед згорянням ці струмини змішуються. Наявність вуглеводнів у газовій суміші, що згоряє, змінює електричний опір полум'я. Чим більша концентрація вуглеводнів, тим опір полум'я нижчий. Тому струм, що проходить між електродами, збільшується. За різницею струмів під час спалювання чистого водню та суміші водню з пробую відпрацьованих газів двигуна обчислюють концентрацію вуглеводнів у газах. Метод є досить точним.

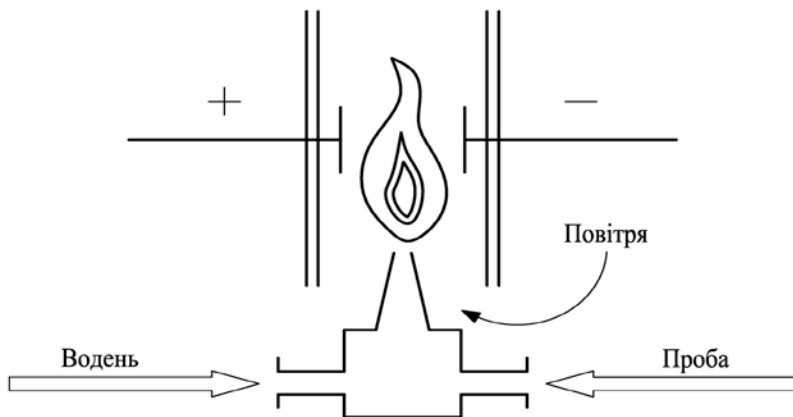


Рис. 4.6. Принципова схема роботи полум'яно-іонізаційного детектора вуглеводнів

Метод визначення концентрації оксидів азоту (NO_x). Для визначення концентрації оксиду азоту в відпрацьованих газах найпоширенішими є прилади, принцип роботи яких ґрунтується на явищі хемілюмінесценції — світінні тіл, спричиненому протіканням екзотермічних хімічних реакцій. У даному разі використовують реакцію окислення оксиду азоту (NO) озоном (O_3). Унаслідок окислення утворюється збуджена молекула діоксиду азоту (NO_2^*), яка одразу переходить у нормальний (стійкий) стан, виділяючи при цьому енергію у вигляді кванта світла.

Принципову схему аналізатора NO наведено на рис. 4.7. Прилад працює так. У генераторі озону 1 виробляється озон з кисню атмосферного повітря. Відпрацьовані гази автомобільного двигуна спрямовують у камеру реакції 2, де вони змішуються з виробленим озоном. Унаслідок екзотермічної реакції в камері утворюється випромінювання, яке через світловий фільтр 3 спрямовують на фотоелектричний помножувач 4. У помножувачі випромінювання перетворюється на електричний сигнал, і далі через підсилювач 5 його спрямовують на блок реєстрації та обробки інформації, де відбувається визначення концентрації оксиду азоту в досліджуваних газах. Основним параметром є інтенсивність випромінювання в

камері реакції, яка залежить від кількості атомів оксиду азоту в ній, тобто від концентрації NO у відпрацьованих газах.

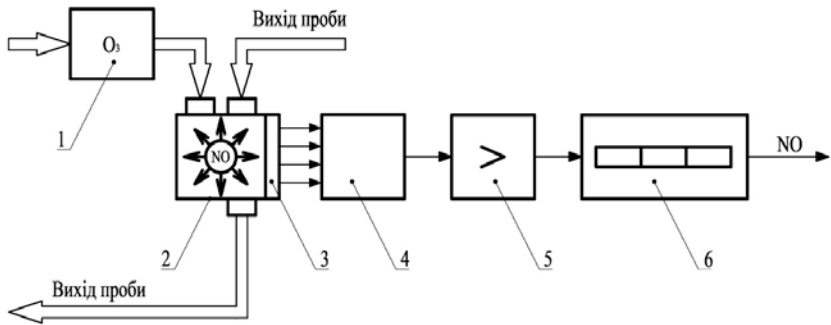


Рис. 4.7. Принципова схема роботи хемілюмінесцентного аналізатора оксидів азоту: 1 — генератор озону; 2 — камера реакції; 3 — оптичний фільтр; 4 — фотоелектричний помножувач; 5 — підсилювач сигналу; 6 — блок реєстрації та обробки інформації

Перед початком роботи прилад калібрують, використовуюючи газові суміші з відомою концентрацією NO.

Метод визначення концентрації твердих та рідких частинок (димності відпрацьованих газів). Тверді та рідкі частинки, а також багатоатомні гази, здатні до поглинання та розсіювання світлового потоку, впливають на оптичні властивості відпрацьованих газів двигунів. Оскільки такий вплив погіршує прозорість та призводить до появи певного кольору, вводять поняття *димності відпрацьованих газів*.

Присутність у газах частинок викликає появу трьох основних кольорів забарвлення автомобільних вихлопів.

Чорний колір з'являється у разі присутності частинок сажі. Це є наслідком неповного згоряння пального.

Синій колір є наслідком присутності у газах аерозолів масла. Ці аерозолі з'являються унаслідок потрапляння мастила з системи змащування у камеру згоряння.

Білий колір з'являється часто під час прогрівання двигуна і є наслідком наявності у відпрацьованих газах легких вуглеводнів.

На сьогодні є два основні *методи вимірювання димності*: фільтрування відпрацьованих газів через паперовий фільтр із подальшим вимірюванням зміни оптичних властивостей цього фільтра; вимірювання послаблення світлового випромінювання під час його проходження через пробу відпрацьованих газів.

Принципову схему роботи *приладу, що працює за принципом фільтрації через паперовий фільтр*, наведено на рис. 4.8.

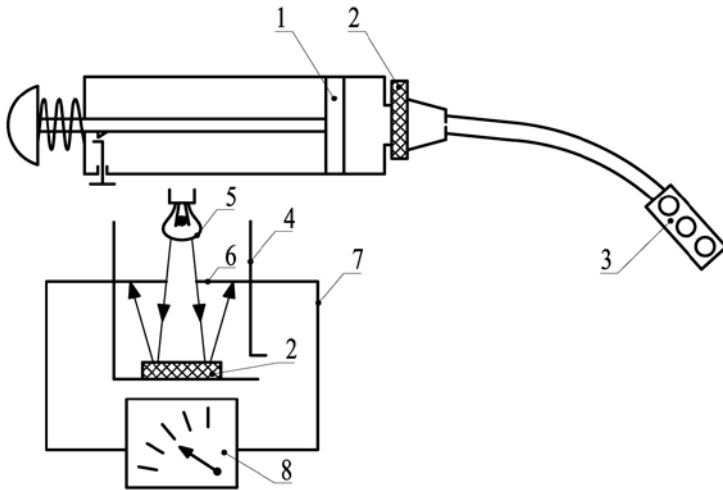


Рис. 4.8. Принципова схема роботи насосного димоміру: 1 — поршневий насос; 2 — паперовий фільтр; 3 — пробовідбірник; 4 — корпус вимірювача; 5 — джерело світла; 6 — фоточутлива пластинка; 7 — електричний контур; 8 — вимірювач струму

Прилад працює так. Пробовідбірник 3 розміщують у джерелі вихлопу. За допомогою поршневого насоса 1 проба газів певного об'єму прокачується через паперовий фільтр 2. Після прокачування забруднений паперовий фільтр видаляють із насоса. Ступінь забрудненості фільтра залежить від концентрації твердих та рідких частинок у газах, що були через нього прокачані. Фільтр розміщують у корпусі 4 вимірювача димності. Джерело світла 5 створює світловий потік, який через отвір у фоточутливій пластинці 6 падає на поверхню фільтра 2. Через забрудненість фільтра частина

падаючого випромінювання ним поглинається, інша частина відбивається від його поверхні і спрямовується на фоточутливу пластинку 6. Кількість поглинутого світла пропорційно залежить від забрудненості фільтра. Тому зі збільшенням забрудненості інтенсивність відбитого випромінювання зменшується. Фоточутлива пластинка 6 є частиною електричного контуру 7, через який пропускають електричний струм. Опір фоточутливої пластинки залежить від інтенсивності її опромінювання. Внаслідок цього величина струму, що проходить через контур 7 і вимірюється приладом 8, змінюватиметься залежно від забрудненості фільтра.

Перевагою застосування насосного димоміру є його простота і мобільність. Це дає змогу проводити вимірювання димності в польових умовах. Проте сам процес вимірювання займає досить багато часу.

Принципову схему роботи *приладу, що працює за оптичним принципом* наведено на рис. 4.9.

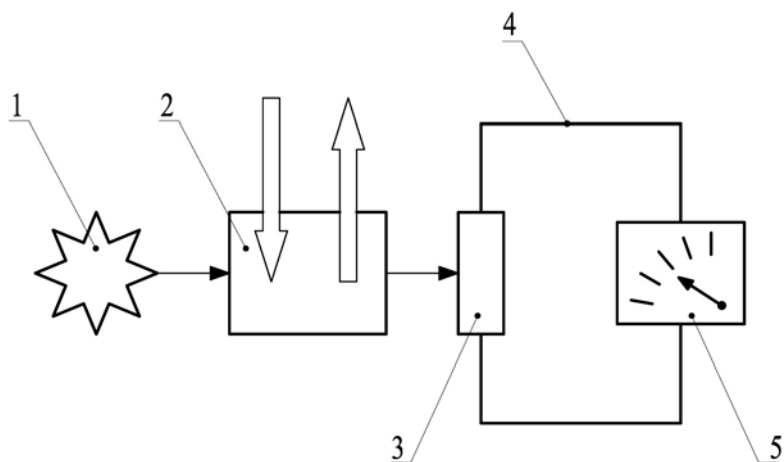


Рис. 4.9. Принципова схема роботи оптичного димоміру: 1 — джерело світла; 2 — проточна кювета; 3 — фотоелемент; 4 — електричний контур; 5 — вимірювач струму

Прилад працює так. Відпрацьовані гази двигуна подаються у проточну кювету 2. Світловий промінь від джерела світла 1

пропускають крізь кювету і спрямовують на фотоелемент 3, електричний опір якого залежить від інтенсивності його освітлення. Фотоелемент є частиною електричного контуру 4, струм у якому вимірюють за допомогою вимірювача 5. Залежно від оптичних властивостей (димності) відпрацьованих газів, що проходять через кювету, змінюватиметься освітленість фотоелемента, а отже і струм у контурі.

Недоліком таких приладів є громіздкість та значна вага. З огляду на це їх використовують переважно для стендових вимірювань димності двигунів.

4.5. Вплив властивостей паливно-мастильних матеріалів на екологічні показники автомобільних двигунів

Традиційні види пального для автомобільних двигунів є сумішшю різних вуглеводнів. При цьому елементний склад пального (співвідношення між вмістом окремих елементів) може відрізнятись залежно від сировини та технології його виготовлення. Відповідно, відрізнятись можуть склад і характеристики продуктів згоряння.

Приблизний елементний склад деяких видів пального наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Елементний склад деяких видів автомобільного пального

Пальне	Вуглець	Водень	Азот	Сірка
Бензин	85	15	0	< 0,15
Дизельне пальне	86 ÷ 87	13	0	< 0,5
Керосин	85 ÷ 86	14	0	< 1
Стиснений природний газ	75	25	0,3	0
Скраплений нафтовий газ	82	18	0,5	<0,015

До складу суміші можуть входити як нормальні вуглеводні (їх молекули мають вуглецевий скелет у вигляді витягнутого ланцюжка), так і їх ізомери (вуглецевий скелет має розгалужену будову). Ці вуглеводні мають однаковий елементний склад, але різні

теплофізичні властивості. Відповідно, і властивості продуктів їх згоряння можуть відрізнятися.

У двигунах внутрішнього згоряння бензин попередньо змішується з повітрям і подається у циліндри, де перед запалюванням електричною іскрою стискується. Одним із показників ефективності роботи двигуна є ступінь стиснення суміші перед запалюванням. Чим вищий цей ступінь, тим вищий ККД двигуна. Тому вдосконалення процесів спалювання пального розвивались у напрямку підвищення цього ступеня. Проте досягнення занадто високих тисків у циліндрі двигуна призводить до значного нагрівання суміші і, як результат, може відбуватися її передчасне samozapalювання. Воно відбувається одночасно по великому об'єму суміші і має характер вибуху (детонація). Під час детонації перегріваються і передчасно зношуються деталі циліндро-поршневої групи, втрачається потужність двигуна, погіршуються його екологічні характеристики (збільшуються викиди вуглеводнів та сажі).

Детонація здебільшого залежить від складу пального. Існують палива більш стійкі та менш стійкі до детонації. На цю стійкість суттєво впливає структура молекул вуглеводнів, що водять до складу пального. Характеризують детонаційну стійкість *октановим числом*.

Нормальні вуглеводні мають низьку детонаційну стійкість, тоді як вуглеводні з розгалуженою структурою молекул мають, як правило, високу стійкість. Октанове число пального визначають дослідними методами на тестових двигунах. Як зразкові палива приймають нормальний гептан з дуже низькою детонаційною стійкістю, яку приймають за нуль, та ізооктан з досить високою детонаційною стійкістю, яку приймають за 100 (безрозмірна величина). Досліджуваному паливу присвоюють октанове число наприклад, 95, якщо воно має таку ж детонаційну стійкість (може бути так само стиснене перед запалюванням), як і суміш із 95 частин ізооктану та 5 частин нормального гептану.

Винятками є нормальні вуглеводні з коротким вуглецевим ланцюгом. Наприклад, октанове число метану — 120, бутану — 112.

Для підвищенні екологічних властивостей палив намагаються використовувати для їх виготовлення вуглеводні з високою детонаційною стійкістю, а також додавати до палив

антидетонаційні присадки — речовини, які збільшують детонаційну стійкість суміші.

Сучасні автомобільні двигуни складаються, як правило, з більш ніж одного циліндра. У таких двигунах при виході паливо-повітряної суміші з карбюратора з неї на стінки впускного колектора можуть осідати краплини бензину і стікати в напрямку циліндрів. По дорозі легкі фракції випаровуються, а важкі в рідкому стані потрапляють у перші за напрямком руху циліндри. Це призводить до того, що паливо-повітряні суміші в різних циліндрах виявляються неоднаковими за масою та складом. Як результат, режими роботи циліндрів виявляються неоднаковими. Циліндри, до яких потрапляє менше важких фракцій з більшим октановим числом, працюють в умовах більш сприятливих до детонації. При виникненні детонації з цієї причини у двигуні втрачається від 7 до 12 % потужності, відповідно, перевитрачається пальне, погіршуються екологічні характеристики. Під час горіння пального збагаченого важкими фракціями у відпрацьованих газах підвищується вміст бенз(а)пірену, оксидів азоту, альдегідів, сажових частинок.

Через те, що нормальні вуглеводні з коротким вуглецевим ланцюгом мають досить високе октанове число, у двигунах внутрішнього згорання рекомендовано використовувати як пальне зріджені нафтові гази та бензини з низьким вмістом ароматичних вуглеводнів і добавками метану CH_4 та метанолу CH_3OH .

У дизельних двигунах паливо-повітряна суміш не запалюється іскрою, а має зайнятися внаслідок зростання температури наприкінці стискання повітря в циліндрі. Температура при цьому має бути вищою, ніж температура займання. Пальне, яке подається в циліндр, спочатку випаровується, а потім займається. На це витрачається деякий час, протягом якого пальне продовжує впорскуватися у циліндр. Цей період називають часом затримки запалювання. Чим більший час затримки, тим більше пального надійде до циліндра до моменту його займання. Чим більше пального опиняється в циліндрі в момент займання, тим більше енергії виділяється в процесі горіння. Сам процес стає «жорстким». Зі збільшенням жорсткості горіння збільшуються навантаження на елементи циліндрово-поршневої групи. Це призводить до підвищення шуму під час роботи двигуна та до швидкого зношення деталей.

Час затримки запалювання, як і детонаційна стійкість, залежить здебільшого від складу пального. Як дизельне пальне доцільно використовувати вуглеводні, що мають малий час затримки і легко самозапалюються. Такі властивості мають вуглеводні з довгими вуглецевими ланцюгами та великою кількістю груп CH_2 . Характеризують час затримки запалювання *цетановим числом*.

За аналогією з октановим числом цетанове число визначають дослідними методами на тестових двигунах. Як зразкові палива приймають вуглеводень нормальної будови цетан ($\text{C}_{16}\text{H}_{34}$), який має високу здатність до самозаймання і цетанове число якого приймається за 100, а також альфаметилнафталін ($\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CH}_3$) з низькою здатністю до самозаймання з умовно прийнятим нульовим цетановим числом.

Дизельні палива, що використовуються сьогодні, мають цетанове число у межах $40 \div 55$. При збільшенні у пальному вмісті вуглеводнів з високою здатністю до самозаймання, тобто з високим цетановим числом, зменшується кількість оксидів азоту у відпрацьованих газах. Це пояснюється тим, що час затримки запалювання невеликий, до циліндра не встигає надходити велика кількість пального і тому протягом згорання не розвиваються високі температури. Зменшується також димність відпрацьованих газів і вміст у них вуглеводнів та оксиду вуглецю. Це пояснюється тим, що «нежорстке» горіння сприяє повнішому згорянню пального.

При збільшенні цетанового числа пального знижується шум двигуна та сповільнюється зношування його деталей, оскільки зростання тиску в циліндрі відбувається повільніше.

Наявність ароматичних вуглеводнів у складі дизельного палива призводить до появи у продуктах згорання бенз(а)пірену та інших канцерогенних речовин. У країнах ЄС вміст таких вуглеводнів у дизельному паливі нормується на рівні 20 %. В Україні до недавнього часу цей показник не нормувався і досягав 40 %.

Наявність сірки в дизельному паливі призводить до появи у продуктах згорання її оксидів. У країнах ЄС вміст сірки нормується на рівні 0,05 %. В Україні нафтопереробні заводи до недавнього часу випускали дизельне паливо з її вмістом 0,2 % та 0,5 %.

4.6. Вплив технічного стану автомобіля на його екологічні показники

Склад відпрацьованих газів дизельних двигунів та двигунів внутрішнього згоряння різний. Причинами є різний елементний склад палива та структура вуглеводнів, що до нього входять, а також різні умови, за яких відбувається горіння пального.

Приблизний вміст у відпрацьованих газах цих двигунів деяких забруднень наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Приблизний вміст у відпрацьованих газах двох типів двигунів деяких забруднень

Компонента відпрацьованих газів	Вміст компоненти у відпрацьованих газах для типу двигуна	
	Двигун внутрішнього згоряння	Дизельний двигун
	% за об'ємом	
Азот	74 ÷ 77	76 ÷ 78
Кисень	0,2 ÷ 8,0	2 ÷ 18
Водяна пара	3,0 ÷ 13,5	0,5 ÷ 10,0
Оксид вуглецю	0,1 ÷ 10	0,01 ÷ 0,3
Діоксид вуглецю	5,0 ÷ 12,0	1,0 ÷ 12,0
Оксиди азоту	0,0 ÷ 0,6	0,005 ÷ 0,2
Вуглеводні	0,3 ÷ 3,0	0,01 ÷ 0,5
Альдегіди	0,0 ÷ 0,2	0,0 ÷ 0,05
	мг/м ³	
Оксиди сірки	0 ÷ 0,003	0 ÷ 0,015
Сажа	0 ÷ 60	–

Різного роду несправності в агрегатах і вузлах автомобілів призводять, як правило, до збільшення кількості забруднень, що викидаються з відпрацьованими газами. При цьому усі несправності з точки зору збільшення викидів можна розділити на дві групи:

- несправності, що призводять до порушень процесів горіння в двигуні — це насамперед несправності та порушення налаштування самого двигуна;
- несправності, що призводять до збільшення витрати

пального автомобілем — переважно це несправності різних систем автомобіля, як-от: ходової частини, трансмісії, гальмівної системи тощо.

У двигунах внутрішнього згорання типові несправності, що впливають на процеси горіння, такі. Несправності в системі запалювання: вихід з ладу свічок запалювання, зміна кута випередження запалювання тощо. Несправності в системі живлення: зношення чи забруднення повітряних та паливних жиклерів, порушення в налаштуванні роботи паливного насоса, порушення в регулюванні системи холодого ходу, забруднення паливного фільтра, забруднення повітряного фільтра тощо. Несправності в механізмах двигуна: зношування циліндро-поршневої групи, порушення герметичності клапанів (призводить до зниження ступеня стискування, втрат паливо-повітряної суміші через перетікання крізь зазори, утворені від зношення, потрапляння мастила в камеру згорання).

Унаслідок порушень у роботі системи регулювання температури в системі охолодження може знижуватися температура охолоджувальної рідини. Внаслідок зниження температури біля стінок циліндрів там погіршуються умови горіння пального, а відтак у відпрацьованих газах збільшується концентрація вуглеводнів, альдегідів, твердих частинок.

У дизельних двигунах типовими несправностями є такі: засмічення чи обгоряння отворів сопел для впорскування пального, зміна кута випередження впорскування, розгерметизація паливопроводів, зниження ККД турбокомпресора і, як результат, зниження тиску наддуву, засмічення повітряного фільтра, порушення в роботі охолоджувача повітря наддуву.

У багаточиліндрових дизельних двигунах неможливо забезпечити рівномірну подачу пального у всі циліндри. Наприклад, для двигуна, що має 8 циліндрів, нормальною вважається розбіжність при стендових випробуваннях — 3 % в навантаженому режимі і 40 % на режимі холодого ходу. Протягом експлуатації внаслідок зношування елементів така розбіжність може збільшуватися в декілька разів. При цьому при збільшенні подачі пального у циліндр лише на 25 % більше номінальної призводить до збільшення димності відпрацьованих газів на 40 %. При наближенні зношеності дизельного двигуна до моменту повного вироблення

його ресурсу питома витрата пального збільшується на $8 \div 10$ %. Своєчасне технічне обслуговування дизельного двигуна зі своєчасним виявленням і усуненням несправностей може знижувати токсичність відпрацьованих газів на 30 %.

Досвід свідчить, що переважна більшість несправностей дизельного двигуна та відхилень від його налаштувань призводить до значного збільшення димності відпрацьованих газів. Тобто димність може бути візуальним показником його технічного стану.

Несправності чи порушення регулювання автомобіля, спричинюючи перевитрату пального, автоматично призводять до збільшення абсолютних викидів забруднень із відпрацьованими газами.

Приблизну надлишкову витрату пального через деякі несправності вантажного автомобіля наведено в таблиці 4.8.

Перевитрата пального може бути спричинена також характером водіння автомобіля. Наприклад при плавному русі без різких прискорень та різкого гальмування витрата середня пального зменшується на $15 \div 20$ %. Відповідно зменшуються абсолютні викиди забруднень. Сповільнюються також процеси зношування трансмісії, гальм, шин тощо.

Таблиця 4.8

Приблизна надлишкова витрата пального, викликана деякими несправностями вантажного автомобіля

Вид несправності	Перевитрата пального, %
Зниження тиску повітря в шинах на 0,1 МПа	До 10
Надмірне затягування гальм	До 20
Надмірне затягування підшипників коліс	До 10
Порушення збіжності керованих коліс більше ніж на 4 мм	До 6
Перекис заднього моста	До 15
Застосування високов'язких мастил у трансмісії	До 8
Збільшення опору руху через установлення додаткових тентів, щитів тощо	До 15

На режимах прискорення та примусового холостого ходу двигунів внутрішнього згорання збільшуються викиди оксиду вуглецю та вуглеводнів. У дизельних двигунів на режимах

прискорення різко збільшуються викиди сажових частинок та вуглеводнів.

На витрату пального впливають також параметри навколишнього середовища. У холодну пору року є необхідність прогрівання двигуна протягом 5 ÷ 10 хвилин після запуску. У період, коли карбюраторний двигун холодний, бензинова плівка, що рухається стінками впускного колектора, не встигає випаровуватися і тому нерівномірно розподіляється між циліндрами. Це призводить до порушень нормальних умов горіння і до значного збільшення (у кілька разів) викидів вуглеводнів, альдегідів, твердих частинок під час прогрівання.

Після прогрівання двигуна при роботі взимку через більшу густину холодного повітря горіння в циліндрах відбувається за більшого коефіцієнту надлишку повітря. Це призводить до зменшення викидів оксиду вуглецю. Водночас, зниження температури повітря призводить до того, що знижується температура рідини в системі охолодження, двигун не прогривається так, як у теплу пору року, тому спостерігається збільшення викидів вуглеводнів з відпрацьованими газами.

У теплий період року, навпаки, через зменшення густини повітря знижується коефіцієнт надлишку, і тому збільшуються викиди CO, а через вищу температуру всередині циліндрів збільшуються викиди оксидів азоту.

Підвищена температура навколишнього середовища призводить до нагрівання й інтенсивнішого випаровування бензину в паливній системі. Це призводить до зростання тиску у впускному колекторі та подавання більш збагаченої суміші в циліндри двигуна. Як результат, збільшуються витрати пального та викиди оксиду вуглецю та вуглеводнів з відпрацьованими газами.

У дизельних двигунах зниження температури повітря (збільшення його густини) призводить до збільшення періоду затримки запалювання й, відповідно, збільшення жорсткості процесу горіння, збільшення викидів вуглеводнів та твердих частинок, збільшення димності відпрацьованих газів. Водночас через зменшення температури в циліндрах знижуються викиди оксидів азоту.

Підвищення температури повітря (зниження густини) викликає збільшення температури в циліндрах і, як наслідок, збільшення викидів оксидів азоту.

Під час роботи в гірських умовах зі збільшенням висоти зменшується густина атмосферного повітря й, відповідно, зменшується його масова витрата в двигуні (зменшується коефіцієнт надлишку). При цьому змінюються умови горіння пального, й потужність двигуна падає. В середньому на кожні 100 м підйому потужність знижується на 1 %.

Щоб запобігти втраті потужності, а, відповідно, і перевитраті пального, двигуни часто оснащують висотними коректорами (коректорами тиску атмосферного повітря). Їх завдання коригувати подачу повітря для утворення робочої суміші залежно від зміни атмосферного тиску.

4.7. Екологічні вимоги до підприємств дорожнього господарства

Підприємство дорожнього господарства має забезпечувати проведення заходів з охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів.

Основні підприємства дорожнього господарства за санітарною класифікацією можна віднести до таких класів (з відповідним розміром санітарно-захисної зони):

- асфальтобетонні заводи інвентарного типу — II клас (санітарно-захисна зона — 500 м);
- асфальтобетонні заводи стаціонарного типу — III клас (санітарно-захисна зона — 300 м);
- цементобетонні заводи та заводи залізобетонних виробів і конструкцій — IV клас (санітарно-захисна зона — 100 м);
- кар'єри з видобутку та виробництва камінних матеріалів (без вибухових робіт) — V клас (санітарно-захисна зона — 50 м).

Одним із основних виробничих процесів у дорожньому господарстві є виробництво бітумних емульсій. Для підтримання екологічно безпечних умов під час їх виробництва необхідно виконання насамперед таких заходів:

- використання емульгаторів, які мають санітарний сертифікат і рекомендовані до використання;

- герметизація вузлів і з'єднань блока приготування бітуму та правильна його експлуатація для зменшення викидів вуглеводнів;
- забезпечення налагодження та регулювання роботи теплогенератора для досягнення більшої повноти згоряння пального і зменшення викидів вуглеводнів, оксиду вуглецю, сажі тощо;
- використання герметичних ємностей та трубопроводів (наприклад, пластикових) для зберігання та перекачування соляної кислоти для зменшення її втрат через випаровування;
- використання закритих ємностей для приготування водного розчину емульгатора та механічних перемішувачів для запобігання надходження в атмосферу парів емульгатора та соляної кислоти;
- використання спеціальних відстійників-накопичувачів для відведення промивних вод та залишків водного розчину емульгатора;
- нейтралізація вод у відстійнику-накопичувачі за допомогою лугів;
- обвалування території підприємства або цеху захисними валами для запобігання розтікання емульсії у разі її випадкового виливу;
- забезпечення технологічного контролю за екологічною безпекою упродовж виробництва.

4.8. Відходи автотранспортних підприємств

До автотранспортних підприємств відносять (АТП): пасажирські станції та автовокзали, вантажні станції, транспортно-експедиційні агентства та контори, авторемонтні заводи, лінійні підрозділи, що забезпечують утримання та експлуатацію автомобільних доріг.

Унаслідок функціонування АТП, баз дорожньої техніки, інших об'єктів інфраструктури транспорту утворюється багато відходів. Приблизну структуру відходів АТП наведено на рис. 4.10

Спрацьовані нафтопродукти — це моторні мастила, трансмісійні мастила, консистентні мастила, індустріальні мастила,

нафтопродукти, якими миють транспортні агрегати. Збирання та повторна переробка спрацьованих нафтопродуктів дає можливість запобігти забрудненню ними навколишнього середовища та зекономити вихідну сировину — нафту.

Спрацьовані нафтопродукти збираються з трьома групами з огляду на подальше використання:

- мастила моторні спрацьовані — моторні масла, котрі в суміші з індустріальними маслами використовують в трансмісіях;
- мастила індустріальні спрацьовані — відпрацьовані мастила та робочі рідини для гідросистем, приладні та турбінні мастила;
- суміші нафтопродуктів спрацьовані — нафтові промивні рідини, рідини, зібрані під час зачистки засобів зберігання та транспортування, тощо.



Рис. 4.10. Структура відходів АТП

Під час заміни мастил у польових умовах для збирання використовують спеціальні пересувні ємності, возики тощо. Для заміни мастил стаціонарно на АТП обладнують спеціальні пункти збирання. Відпрацьовані нафтопродукти, зібрані за групами, слід

направляти на спеціалізовані підприємства для подальшої переробки.

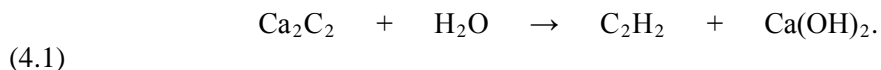
Стічні води — це переважно води, використані для миття автомобілів, їх агрегатів, води, використані на фарбувальних ділянках, а також поверхневі води (дощові та снігові, води від поливання території підприємства та миття вдосконалених покриттів).

Через різні джерела надходження стічні води містять пісок, глину, інші тверді частинки, залишки фарби та розчинників, нафтопродукти, поверхневоактивні речовини (уразі використання мийних засобів). Стічні води слід направляти на очищення, після чого використовувати повторно (система оборотного водопостачання). Очисні споруди складаються переважно з установок механічного очищення води від твердих частинок та установок очищення від нафтопродуктів. Після цього необхідна утилізація видалених забруднень. Можливе також біохімічне очищення, за якого після механічного очищення воду подають до відстійників з активним мулом. Можливі й інші методи очищення.

Спрацьований електроліт і свинцевий шлам. Для приготування електроліту акумуляторних батарей використовують сірчану кислоту. Під час роботи акумулятора метал з анодних пластин, що містить переважно свинець, випадає на дно акумулятора у вигляді шламу (суміші електроліту зі свинцевим пилом та шматочками самих пластин). У спрацьованому акумуляторі шлам може становити 15 ÷ 25 % від маси акумулятора. Суха маса цього шламу містить біля 70 % свинцю. Спрацьований електроліт та шлам потребують утилізації.

Кислоти відпрацьованого електроліту нейтралізують лугами. При цьому використовують вапно, вуглекислий кальцій та магній. Свинцевий шлам збирають та направляють на повторну переробку.

Відходи ацетиленових генераторів. Такі генератори використовують для ацетилену, який використовують для різання металів та газового зварювання. Як сировину використовують карбід кальцію Ca_2C_2 , який при взаємодії з водою H_2O утворює ацетилен C_2H_2 , та гідроксид кальцію $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Реакція відбувається так:



Гідроксид кальцію являє собою гашене вапно. Зберігають ці відходи в герметичних металевих ящиках. Використовують у будівництві при проведенні штукатурних робіт і біління.

Спрацьована гальмівна рідина. Після зливання гальмівної рідини з гальмівної системи автомобіля її відстоюють. Потім очищену частину використовують повторно, а забруднену відправляються на утилізацію.

Спрацьований антифриз та вода з системи охолодження. У системах охолодження двигуна автомобіля для роботи взимку використовують спеціальні рідини з низькою температурою замерзання (антифризи). Ці рідини містять етиленгліколь $C_2H_4(OH)_2$. Це токсична речовина, яка потребує утилізації.

Для транспортування антифризів використовують герметичні металеві діжки чи балони, на яких обов'язково має бути напис *«ОТРУТА»* і знак отруйної речовини.

Якщо як охолоджуючу рідину використовують воду, то на період стоянки автомобіля взимку її зливають із системи охолодження. Така вода містить сполуки заліза та інших металів, що опиняються там внаслідок корозії деталей системи охолодження. З огляду на те, що виливання цієї води у ґрунт насичує останній цими сполуками, доцільно зливу воду використовувати повторно.

Спрацьовані фільтри й брудне ганчір'я. Під час технічного обслуговування та поточного ремонту з автомобілів знімають відпрацьовані фільтруючі елементи фільтрів. На них накопичується багато моторних олив. Різниця в масі нового і відпрацьованого фільтруючого елемента може становити 160 ÷ 250 г. Накопичується також брудне, просочене нафтопродуктами ганчір'я. Цей вид відходів збирають та зберігають у закритих металевих ящиках, захищених від опадів, для попередження вимивання з них нафтопродуктів. Утилізують такі відходи шляхом спалювання в котельнях.

Рухомий склад автотранспорту та його складові, що відпрацювали свій строк. На сьогодні тенденція розвитку автомобілебудування проглядається в бік передбачення можливості повторного використання та повторної переробки деталей та вузлів автомобіля уже на етапі його проектування.

Для прикладу, вантажний автомобіль марки R113H 4x2 має масу близько 5,9 т. Цю масу становлять такі основні матеріали і

вироби: 2,4 т сталі, 1,3 т чавуну, 1,2 т сталевих листів, 0,6 т гуми, 0,13 т алюмінію. Є також близько 50 кг свинцю, 30 кг пластмаси, 30 кг міді, 30 кг лакових покриттів, 4 кг цинку. На повторну переробку при цьому направляють сталеві та чавунні вироби, свинець алюміній і мідь. Можуть переробляти також пластмаси і гуму, проте для визначення технології переробки необхідно знати їх склад. Загалом частка матеріалів автомобіля, що може бути перероблена, може сягати більше 80 %.

Відпрацьовані автомобільні шини. Вони містять цінний з точки зору можливої переробки каучук, метал, технічний вуглець тощо. Шини зі зношеним протектором можуть бути відновлені шляхом накладання нового протектора. Ті, які не підлягають відновленню, утилізують. Шляхи утилізації: подрібнення з подальшим використанням як сировини для виготовлення різних виробів або додаванням як добавки до дорожніх покриттів.

4.9. Вплив автомобільних доріг на навколишнє природне середовище

Автомобільна дорога — це комплекс споруд, що призначені для руху рухомого складу автомобільного транспорту та пішоходів. Цей термін стосується усіх доріг, вулиць, провулків по усій їх ширині, включно з проїзними частинами, тротуарами, роздільними смугами тощо.

4.9.1. Характеристика автомобільних доріг України

Автомобільні дороги класифікують за трьома основними показниками — за значенням, за покриттям, за категорією.

За значенням автомобільні дороги поділяють на:

- дороги загального користування;
- вулиці та дороги населених пунктів;
- відомчі (технологічні) дороги, які знаходяться на внутрішньогосподарських територіях підприємств;
- автомобільні дороги на приватних територіях.

Дороги загального користування поділяють на:

- дороги державного значення;
- дороги місцевого значення.

Автодороги *державного значення* поділяють на:

- магістральні;
- регіональні.

Магістральні — це дороги на території України, які є частинами міжнародних транспортних коридорів або суміщені з міжнародними автомагістралями категорії «Є». В Україні магістральні дороги позначаються літерою «М».

Регіональні — це дороги, що з'єднують столицю з адміністративними центрами областей та містами державного підпорядкування, а також дороги, що з'єднують основні прикордонні пункти пропуску автотранспорту, морські порти міжнародного значення, аеропорти міжнародного значення, великі промислові та культурні центри країни. В Україні регіональні дороги позначаються літерою «Р».

Автодороги *місцевого значення* поділяють на:

- територіальні;
- районні.

Територіальні — дороги, що з'єднують адміністративні центри областей між собою та з адміністративними центрами районів, містами обласного підпорядкування, адміністративні центри районів між собою, а також дороги, що з'єднують основні аеропорти, морські та річкові порти, залізничні вузли тощо з магістральними й регіональними дорогами. В Україні територіальні дороги позначаються літерою «Т».

Районні — дороги, що з'єднують адміністративні центри районів з населеними пунктами району та ці населені пункти між собою, а також дороги, що з'єднують населені пункти та інші дороги загального користування в межах району з залізничними станціями, портами, аеропортами тощо.

В Україні налічується близько 170 тис. км доріг загального користування, а також близько 150 тис. км доріг місцевого значення (відомчих та приватних). Ці цифри не враховують вулиці міст та інших населених пунктів.

Значна частина автомобільних доріг загального користування проходить через території населених пунктів. Це не відповідає вимогам до міжнародних транспортних коридорів, бо призводить до обмеження швидкості руху. Середня швидкість руху на магістральних дорогах у 2 ÷ 3 рази нижча, ніж у країнах Західної

Європи. Мережу автомобільних доріг України державного значення наведено на рис 4.11.

Вулиці й дороги населених пунктів поділяють на:

- магістральні дороги (безперервного та регульованого руху);
- магістральні вулиці загальноміського значення (безперервного та регульованого руху);
- магістральні вулиці районного значення;
- вулиці й дороги місцевого значення.

За покриттям автомобільні дороги поділяють на:

- дороги з твердим покриттям;
- ґрунтові.

Дороги з твердим покриттям поділяють на:

- цементобетонні;
- асфальтобетонні;
- чорні шосе;
- гравійні шосе;
- бруківку.

Переважає більшість доріг державного значення мають асфальтобетонне покриття — 81 %. Чорне покриття мають 10,2 %, цементобетонне — 8,7 %, інші види покриття — 0,1 %.

У залежності від пропускної спроможності, кількості смуг руху, ширини смуг, ширини проїзної частини, ширини земляного полотна тощо автомобільні дороги поділяють на 5 категорій, при цьому першу категорію поділяють на дві підкатегорії. Характеристики доріг різних категорій наведено в таблиці 4.9.

Серед усіх автомобільних доріг України дороги I категорії з обов'язковою розподільчою смугою і 2 ÷ 4 смугами для руху в кожному напрямку становлять менше 2 % від протяжності доріг з твердим покриттям.

Найбільше доріг I категорії в Київській області — понад 400 км. Далі йдуть Житомирська, Донецька та Дніпропетровська, у кожній з яких таких доріг понад 200 км. В Кіровоградській, Сумській, Закарпатській та Чернівецькій областях таких доріг менше 20 км.

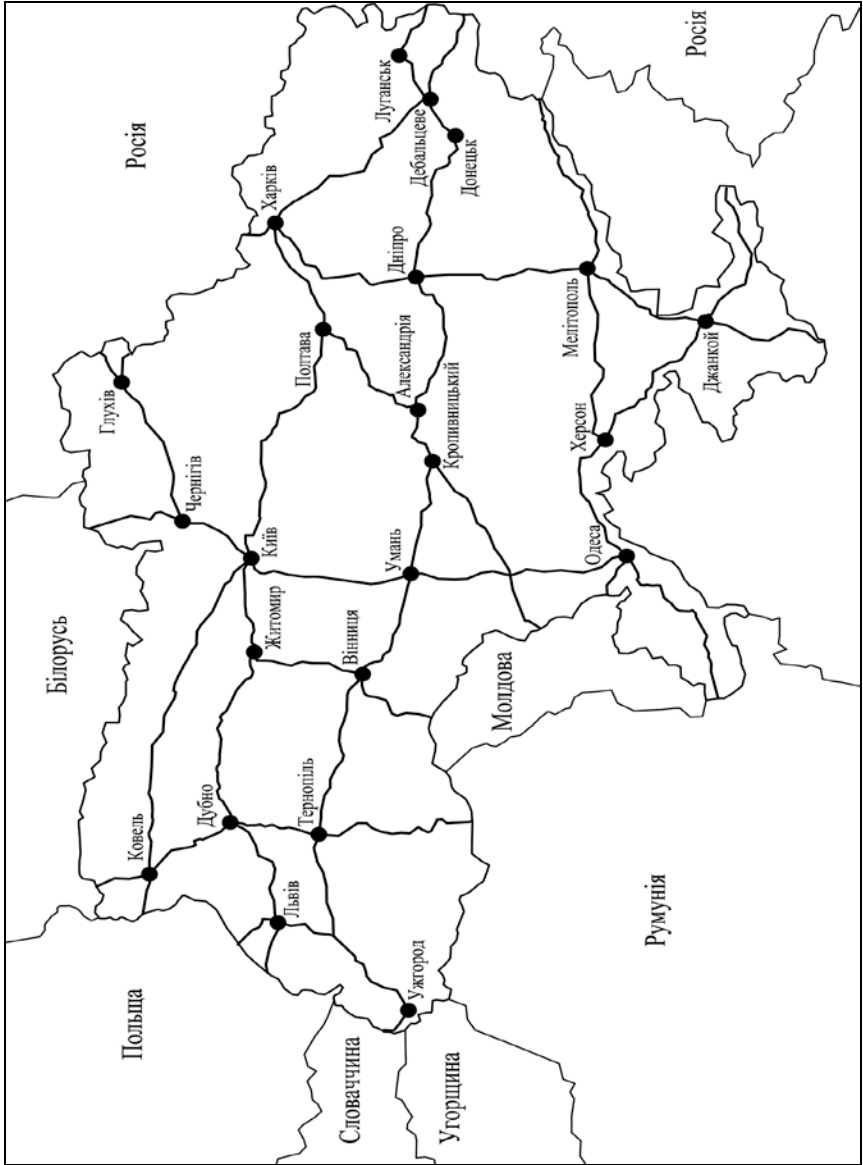


Рис. 4.11 Мережа автомобільних доріг України державного значення

Таблиця 4.9

Характеристика автомобільних доріг різних категорій

Категорія	1а	1б	2	3	4	5
Інтенсивність руху (у транспортних одинацях на добу)	>10000	>10000	>3000÷ 10000	>1000÷ 3000	>150÷ 1000	<150
Інтенсивність руху (у приведених до легкового автомобіля)	>14000	>14000	>5000÷ 14000	>2500÷ 5000	>300÷ 2500	<300
Швидкість руху, км/год	150	140	120	100	90	90
Кількість смуг (в обидві стор.), шт	4; 6; 8	4; 6	2	2	2	1
Ширина смуги руху, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	4,5
Ширина розділь- ної смуги, м	6	6	–	–	–	–
Найменша ширина земляного полотна, м	28,5; 36,0; 43,5	28,5; 36,0	15	12	10	8

4.9.2. Основні напрями і форми впливу доріг на навколишнє середовище

Автомобільна дорога як об'єкт транспорту та інженерна споруда, прокладена на місцевості, порушує природні ландшафти, змінює режим стоку поверхневих і ґрунтових вод, спричиняє інший негативний вплив на навколишнє середовище. Серед основних негативних впливів можна виділити такі.

Вилучення місцевих природних ресурсів. Відчуження земельних площ (постійне чи тимчасове). Добування кам'яних матеріалів, піску тощо. Зняття родючого шару ґрунту.

Зміна рельєфу місцевості. Влаштування насипів вище природного рельєфу місцевості та виїмок нижче цього рельєфу. Насипання відвалів невикористаного ґрунту. Утворення глибоких

кар'єрів після видобування зосереджених запасів будівельних матеріалів та ґрунту.

Гідротехнічні роботи. Осушування (дренаж) земель, боліт. Регулювання стоку поверхневих вод. Примусова зміна русел водотоків. Влаштування насипів на болотах.

Технологічні забруднення. Виділення мінерального пилу. Шум та вібрація від будівельних машин та внаслідок вибухових робіт. Забруднення поверхні в місцях розташування тимчасових споруд, стоянки машин, проведення вибухових робіт. Прокладення комунікацій у придорожній смузі. Оброблення пестицидами, протижелезними речовинами тощо.

Транспортні забруднення. Відпрацьовані гази транспортних засобів. Транспортний шум, вібрації. Побутове забруднення придорожніх земель транспортними засобами, що проїжджають. Рекреаційні навантаження на навколишнє середовище.

При перетині річкових долин на підходах до штучних споруд, таких як насипи та виїмки, порушується середня швидкість переважаючих вітрів, що приводить до зміни мікроклімату і, як результат, порушення нормального функціонування екосистем. Проходження дороги може порушити традиційні сезонні шляхи міграції тварин і комах, завдати шкоди архітектурним і археологічним пам'яткам.

Використання протижелезних матеріалів, дорожній пил та ерозія можуть пригнічувати придорожню рослинність, забруднювати водойми та водотоки.

Використання місцевих будівельних матеріалів та відходів при укладанні дорожніх шарів проїзної частини може призводити до забруднення придорожньої смуги токсичними речовинами.

Інженерні споруди на дорогах (мостові переходи, розв'язки, тунелі, підпірні стінки, захисні споруди) мають свою специфіку впливу на навколишнє середовище. При будівництві мостових переходів відбувається зміна та переформування берегової лінії, зміна поперечного перерізу течії. Унаслідок цього порушується гідравлічний режим потоку, з'являються розмиви. Під час будівництва можуть бути знищені місця нересту риб та їх зимувальні ями.

Джерелами впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище є:

- автотранспорт;
- інженерні споруди (земляне полотно, мостові переходи, шляхопроводи, водоперепускні споруди);
- об'єкти дорожньої інфраструктури (майданчики для відпочинку, автозаправні станції, пункти харчування, зупинки громадського транспорту тощо).

Автодороги є одним із джерел утворення пилу в приземному повітряному шарі. Під час руху автомобілів відбувається стирання дорожніх покриттів і автомобільних шин, продукти зношування яких змішуються з твердими частинками відпрацьованих газів. До цього додається бруд, занесений на проїзну частину з прилегло до дороги ґрунтового шару. Тому в суху погоду утворюється пил, що піднімається над дорогою в повітря. Його переносить вітер на відстані від декількох до сотень кілометрів.

Хімічний склад і кількість пилу залежать від матеріалів дорожнього покриття. Найбільша кількість пилу утворюється на ґрунтових і гравієвих дорогах.

Дороги з покриттям із зернистих матеріалів (гравієві) утворюють пил, що складається переважно з діоксиду кремнію.

На ґрунтових дорогах пил на 90 % складається з кварцевих частинок, решту становлять оксиди алюмінію, заліза, кальцію тощо.

На дорогах з асфальтобетонним покриттям до складу пилу додатково входять продукти зношування матеріалів, що містять бітум, частинки фарби або пластмаси від ліній розмічування дороги на смуги.

Пил створює передумови виникнення дорожньо-транспортних пригод у момент початку дощу. Дрібні сухі частинки пилу насичені повітрям і не одразу просочуються вологою. Тому перші краплі дощу не змочують частинки пилу, і протягом якогось періоду не змивають його з дороги. Як результат, утворюється бруд, який різко знижує коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям. Гальмування в таких умовах може призвести до заносування і втрати керованості автомобіля.

Пил осідає також на рослинності придорожньої смуги. Лісопосадки та ліси вздовж доріг пригноблюються. Сільськогосподарські культури, висаджені поблизу дороги, накопичують шкідливі речовини, що містяться в пилових викидах і відпрацьованих газах.

Ці забруднення потрапляють і в прилеглі водойми. Туди ж потрапляє поверхневий стік з автодоріг, що містить солі соляної кислоти або хлориди та інші протиожеледні реагенти.

Під автодороги відчужуються значні земельні площі. Так, на будівництво 1 км сучасної автомагістралі потрібно до $10 \div 12$ га площі. Крім цього, додаткові площі відводять для технологічних цілей: влаштування складів зберігання будівельних матеріалів, місць стоянок транспортної техніки, розміщення знятого з дороги ґрунту, споруди тимчасових споруд і під'їздів тощо. Особливо великі площі займають транспортні розв'язки: від 15 га при перетині двосмугових доріг до 35 га при перетині магістралей з шістьма смугами руху.

Загалом основні напрями та характеристики впливу автодоріг на навколишнє середовище наведено в табл. Д.2, а впливу процесів утримання та ремонту автомобільних доріг наведено в табл. Д.3 додатка.

4.9.3. Вплив дорожнього покриття на витрату пального автомобілем

Матеріал і текстура (шорсткість) дорожнього покриття помітно впливають на споживання пального автомобільними двигунами, а отже, на обсяг викидів відпрацьованих газів. Найпомітніша ця залежність для легкових автомобілів (див. рис. 4.12 та рис 4.13).

Характер залежності витрати пального від матеріалів дорожнього покриття змінюється під час руху автомобілів на різних передачах та на різних швидкостях руху.

На витрату пального суттєво впливає і макрошорсткість поверхні дорожнього покриття. Однак ця залежність складніша, ніж для матеріалу покриття (табл. 4.10)

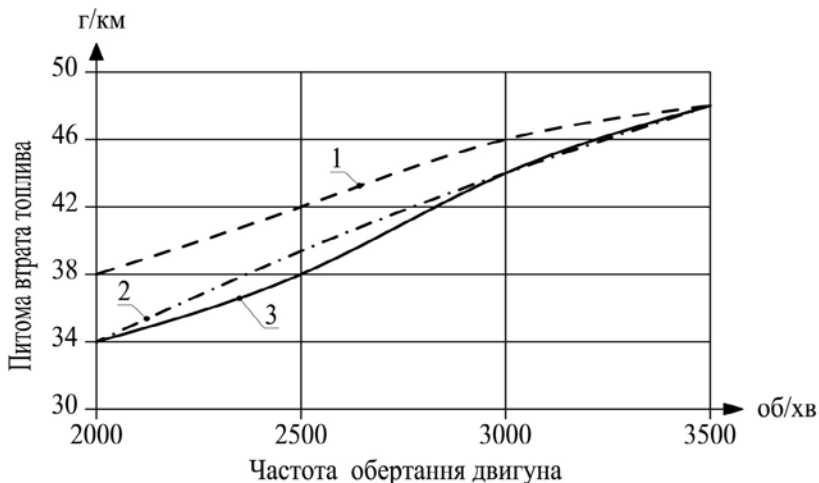


Рис. 4.12. Залежність витрати пального для малолітражних легкових автомобілів від матеріалів дорожнього покриття (рух на третій передачі): 1 — цементобетон ; 2 — асфальтобетон гладкий; 3 — поверхнева обробка

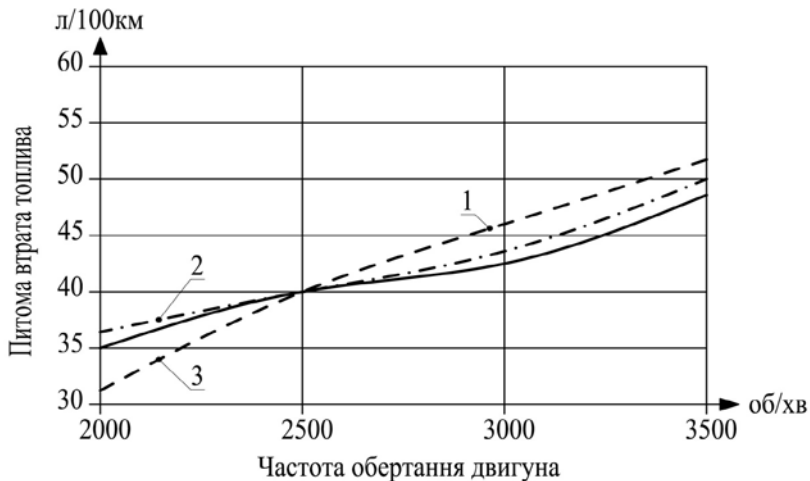


Рис. 4.13. Залежність витрати пального для малолітражних легкових автомобілів від матеріалів дорожнього покриття (рух на четвертій передачі): 1 — асфальтобетон гладкий; 2 — цементобетон; 3 — поверхнева обробка

Таблиця 4.10

Залежність питомої витрати пального малолітражним легковим автомобілем (г/км) від матеріалу та шорсткості поверхні дорожнього покриття

Швидкість руху, км/год	R менше 0,3 мм	R=0,3 мм	R=3,08 мм	R=2,07 мм	R=1,42 мм	Цементобетон
4-а (пряма) передача: 65	31,12	39,04	36,05	33,78	34,45	34,89
80	40,40	40,50	39,48	45,56	41,45	40,05
100	46,97	48,96	43,43	48,33	41,51	42,12
115	50,99	50,24	50,49	50,46	48,15	49,62
3-я передача: 50	32,29	36,72	33,89	–	46,69	37,80
60	39,87	45,60	39,38	–	50,18	42,60
70	44,47	48,09	44,51	–	52,82	46,29
85	48,25	55,91	48,32	–	55,59	48,41

Примітка: шорсткість (R — глибина текстури) менше і дорівнює 0,3 мм — на асфальтобетонному покритті з гладкою поверхнею; шорсткість 3,08; 2,07 і 1,42 мм отримана в результаті будівництва поверхневої обробки (3,08 мм — після закінчення будівництва, 2,07 і 1,42 мм — у міру зношення). Будівництво цементобетонного покриття тільки що завершено, на поверхні влаштовано поперечні канавки завглибшки 2–3 мм.

Зі зростанням шорсткості поверхні покриття питома витрата пального збільшується. У середньому збільшення глибини нерівностей макрошорсткості на 1 мм призводить до збільшення витрати пального малолітражного автомобіля на $1,6 \div 2,4 \%$, залежно від швидкості руху (див. рис. 4.14).

З рис. 4.14 видно, що збільшення макрошорсткості до 5 мм може призвести до збільшення витрати пального на $8 \div 12 \%$. Складніша залежність для вантажних автомобілів (див. рис. 4.15).

Шини вантажних автомобілів значно більші за розмірами, ніж шини легкових автомобілів. Суттєві відмінності є також у їхній конструкції. Тому на витрати енергії під час контакту з покриттям, а отже, на витрату пального більше впливає не сама висота нерівностей, а радіус їх вершин, який змінюється зі збільшенням ступеня зношення поверхні покриття.

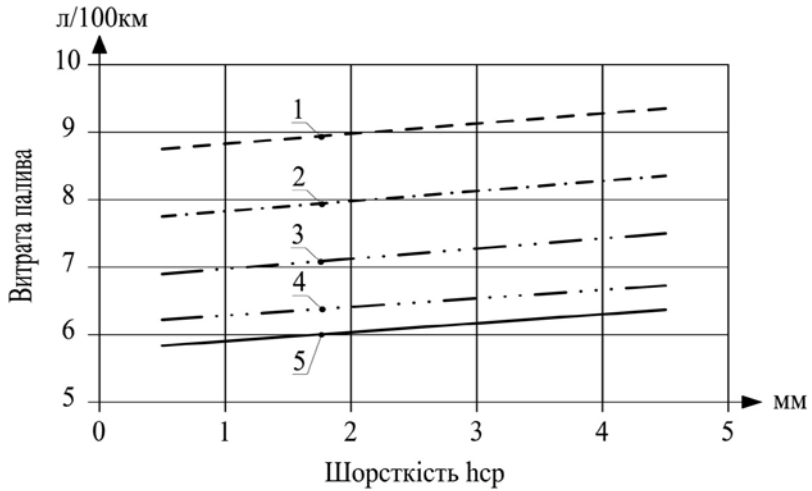


Рис. 4.14. Вплив висоти нерівностей на асфальтобетонному покритті на витрати пального (малолітражний легковий автомобіль): 1 — рух на першій передачі; 2 — рух на другій передачі; 3 — рух на третій передачі; 4 — рух на четвертій передачі; 5 — рух на п'ятій передачі

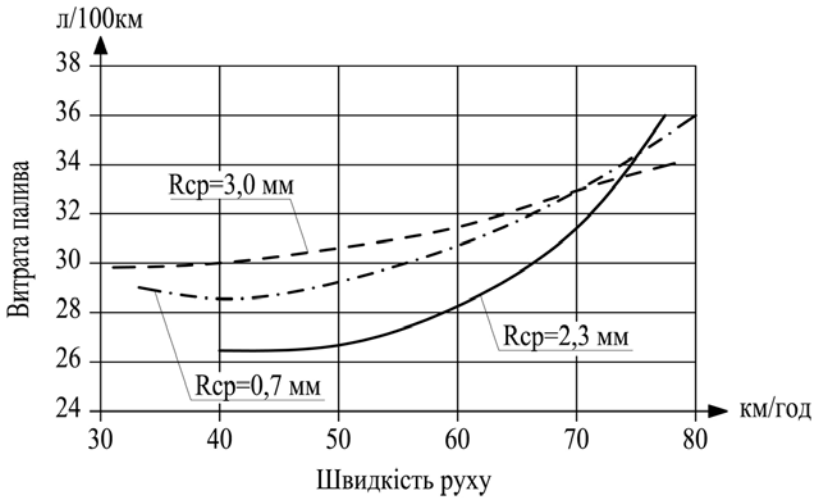


Рис. 4.15. Залежність витрати пального вантажного автомобіля від швидкості руху та шорсткості асфальтобетонного покриття

Як видно з рис. 4.15, за висоти нерівностей 2,3 мм витрата пального може бути значно менша, ніж за висоти 0,7 мм. А за шорсткості 0,7 мм витрата пального дорівнює витраті за шорсткості 3,0 мм.

Вплив шорсткості поверхні дорожнього покриття на витрату пального автомобілем стає причиною залежності рівня токсичності відпрацьованих газів двигунів від стану дорожнього покриття. Питомі рівні викидів залежно від висоти нерівностей наведено в табл. 4.11.

Таблиця 4.11

Питомі викиди токсичних компонентів з відпрацьованими газами залежно від шорсткості дорожнього покриття, г/км (малолітражний легковий автомобіль)

Компон. відпрацьованих газів	Швидкість, км/год	R менше 0,3 мм	R=0,3 мм	R=3,08 мм	R=2,07 мм	R=1,42 мм	Цементобетон
1	2	3	4	5	6	7	8
CO	65	2,44	2,42	2,58	2,43	2,48	2,48
	80	2,94	2,85	3,22	3,04	3,02	2,92
	100	3,68	3,74	3,86	3,82	3,84	3,61
	115	4,54	5,32	5,20	4,87	5,34	4,83
NO _x	65	0,80	0,51	0,67	0,54	0,62	0,62
	80	1,18	1,11	1,30	1,59	1,21	1,15
	100	2,39	2,13	1,92	2,23	2,24	1,75
	115	3,05	3,36	3,22	3,04	3,39	3,15
C _x H _y	65	2,56	2,49	2,25	2,39	2,43	2,55
	80	2,55	2,53	2,66	2,60	2,73	2,59
	100	2,64	2,62	2,72	2,53	2,61	2,61
	115	2,65	2,79	2,82	2,64	2,80	2,82

Примітка: шорсткість R менш і рівна 0,3 мм відповідає асфальтобетону з гладкою поверхнею, R = 3,08; 2,07 і 1,42 мм — поверхневій обробці в процесі її служби

4.9.4. Забруднення придорожніх територій автомобільних доріг

Вздовж доріг формуються особливі зони, які мають ширину біля 10 м. У цих зонах проявляється так званий крайовий ефект впливу транспорту на екосистеми. Ширина зони крайового ефекту збільшується зі збільшенням терміну експлуатації автомобільної дороги. *Чинники впливу зони крайового ефекту на екосистеми* можна поділити на групи:

- *бар'єрні* — чинники, які перешкоджають природній міграції видів до місць тимчасового та постійного проживання, обміну генофонду, розмноженню, харчуванню тощо;
- *турбування* — ті, що непокоять та лякають тварин, порушуючи середовище їхнього існування;
- чинники, що обумовлюють хімічне забруднення середовища проживання рослин, тварин то людини, у тому числі ті що потрапляють у трофічні ланцюги;
- чинники, які обумовлюють зіткнення з транспортом, що рухається, і загибель на дорогах.

Бар'єрні ефекти призводять до ізоляції одних популяцій від інших та порушують природні трофічні ланцюги. Це, у свою чергу, спричинює розсіювання популяцій. До подібних наслідків призводить і загибель особин на дорогах. Зниження чисельності популяцій є також результатом постійного негативного впливу шуму, світла, інших чинників.

Інженерні споруди на автомобільних дорогах — мости, водоперепускні труби, водовідвідні лотки тощо — є причиною виникнення водної ерозії ґрунтів на придорожніх територіях. Поверхневий стік, який утворюється внаслідок випадання опадів, танення снігів, поливання проїзних частин доріг, змиває та виносить на придорожні території різні розчинні й нерозчинні забруднення. Концентрація цих забруднень залежить від частоти прибирання вулиць, інтенсивності руху автотранспорту, ступеня благоустрою території, інтенсивності випадіння опадів, тривалості попереднього періоду без опадів, присутності поблизу промислових підприємств, їхнього профілю тощо. Концентрація деяких забруднень у водах поверхневого стоку з доріг для найхарактерніших місць наведено в таблиці 4.12.

Концентрація забруднень у дощових водах суттєво змінюється з часом. Вона максимальна на початку дощу і поступово знижується з його продовженням. Це пояснюється тим, що на початку дощу з поверхні дороги змивається основна частина забруднень, що накопичилися там у попередній період без дощу. Через те, що забруднення періодично видаляються під час прибирання та миття дороги, інша частина розвіюється вітром, кожна територія може бути охарактеризована максимальною кількістю забруднень, що може накопичитися на одиниці площі. На певний момент часу *масову кількість забруднень на одиниці площі* можна визначати за формулою:

$$M = m_{\max} \cdot (1 - e^{-k \cdot t}), \quad (4.2)$$

де m_{\max} — максимально можлива кількість забруднень на одиниці площі;

k — коефіцієнт динаміки накопичення забруднень, доб^{-1} ;

t — тривалість періоду без опадів, доб .

Таблиця 4.12

Концентрація деяких забруднень у водах поверхневого стоку для характерних місць, мг/л

Характер басейну водозбору	Дощовий стік		Стік від танення снігу	
	Завислі речовини	Нафто-продукти	Завислі речовини	Нафто-продукти
Центр міста з високим рівнем благоустрою та низькою інтенсивністю транспортного руху	400 ÷ 600	7 ÷ 12	1300 ÷ 1600	10 ÷ 12
Новий благоустроений район міста з середньою інтенсивністю руху	700 ÷ 1000	10 ÷ 15	1500 ÷ 1700	12 ÷ 15
Промисловий район з інтенсивним рухом	800 ÷ 1200	12 ÷ 20	2000 ÷ 2500	12 ÷ 20
Сучасна автомагістраль	800 ÷ 1000	15 ÷ 20	2500 ÷ 3000	20 ÷ 30

Кількість забруднень, яка змивається дощем, за інших рівних умов залежить від тривалості та середньої інтенсивності дощу і може бути визначена за формулою:

$$M_{\text{змиє}} = M \cdot (1 - e^{-K \cdot t}), \quad (4.3)$$

де K — константа змивання забруднень, яка залежить від характеру басейну водозбору і приймається в інтервалі $0,003 \div 0,008$ (менші значення — для менш забруднених територій і більш рівнинного рельєфу).

Концентрація забруднень у водах, що утворюються під час танення снігу; мало змінюється в часі. Це пояснюється тим, що сніг забруднюється поступово в міру накопичення його на поверхні землі. Тому з деяким наближенням ця концентрація приймається як постійна протягом періоду танення снігу.

Поверхневий стік негативно впливає на водні об'єкти. Найпомітніше погіршення якості води в річках спостерігається в періоди інтенсивних дощів. Вода забруднюється насамперед великими плаваючими предметами, зростає концентрація завислих речовин, спостерігається утворення на поверхні плівки з нафтопродуктів. Після дощу у воді суттєво зменшується концентрація розчиненого кисню. Причиною є значне збільшення споживання кисню органічною частиною придонних відкладень, що формується осіданням завислих речовин, принесених дощовим стоком.

Придорожня смуга характеризується не тільки забрудненням поверхневих вод, але й ґрунтів, ґрунтових вод, придорожньої рослинності. Забруднення відбувається насамперед за рахунок випадіння з атмосфери дрібнодисперсних твердих частинок та токсичних компонентів відпрацьованих газів автомобілів. Більша частина цих компонентів (до 80 %) випадає на поверхню безпосередньо на дорозі чи придорожній території. Досвід показує, що їх концентрація у ґрунті швидко зменшується з віддаленням від проїзної частини. При цьому рівень вмісту токсичних речовин у ґрунті тим більший, чим більша інтенсивність руху на дорозі. Важливу охоронну роль можуть відігравати придорожні зелені насадження, які є природним бар'єром і затримують поширення забруднення на придорожню зону. Аналізи показують, що глиця,

гілки та листя інших насаджень містять зі боку дороги у $1,5 \div 3$ рази більше заліза, свинцю та кадмію ніж з протилежного боку.

Взимку часто використовують хімічні методи боротьби з ожеледицею. Це пов'язане з використанням протиожеледних реагентів: хлоридів, нітратів, фосфатів і сульфатів натрію, хлору, магнію, спиртів, гліколів, ацетатів тощо. Наприклад, при видаленні засоленого снігу чи бруду з проїзної частини на узбіччя відбувається їх безпосередній контакт з ґрунтом та рослинністю. Солі руйнують тканини рослин. При потраплянні солей у ґрунт порушується його хімічний склад та структура. Це призводить до загибелі дерев у придорожній смузі. Найчутливіші до таких впливів клен, каштан, липа.

4.10. Підвищення екологічної безпеки при експлуатації автомобільного транспорту

Багатогранність автотранспортного комплексу як складної соціально-економічної системи спричиняє її багатосторонній зв'язок з навколишнім природним середовищем. Це, своєю чергою, потребує різнопланових заходів для підвищення екологічної безпеки при його експлуатації.

4.10.1. Технічні заходи зі зменшення негативного екологічного впливу автотранспорту

Підвищення економічності двигунів

Підвищення економічності автомобільних двигунів досягається вдосконаленням їх конструкції і дає змогу скоротити споживання пального й, відповідно, понизити викиди забруднюючих речовин. Водночас забезпечується заощадження паливно-енергетичних ресурсів, що є ще одним важливим екологічним завданням.

Роботи з удосконалення конструкцій як карбюраторних, так і дизельних двигунів ведуться постійно. Запропоновано багато цікавих технічних рішень. Наприклад, для карбюраторних двигунів це застосування нових систем керування утворенням паливно-повітряної суміші, систем впорскування цієї суміші у циліндри, вдосконалення систем запалювання тощо.

Поліпшення робочого процесу двигуна досягається застосуванням різних пристроїв у карбюраторі. До таких пристроїв належать:

- *обмежувач розрідження*. Він діє на режимі примусового холостого ходу і дає змогу понизити витрату пального і мастила;
- *економайзер примусового холостого ходу*. Цей пристрій застосовується найбільше. Він знижує витрату пального на $1,5 \div 2 \%$ і вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах у 2,1 разів за період уповільнення;
- *електронне управління процесами утворення робочої суміші*. Майже всі сучасні карбюратори оснащені такими системами. Це дає змогу підтримувати оптимальний склад паливно-повітряної суміші на різних режимах роботи двигуна, підвищує його паливну економічність і зменшує викиди забруднюючих речовин до 5% ;
- *системи живлення з електронним упорскуванням пального*. Попри досягнутий досить високий рівень технічного вдосконалення систем живлення з карбюраторами, вони мають обмежену межу адаптації до різних режимів роботи двигуна. Тому саме ці системи дуже поширені. Більшість автомобільних двигунів сьогодні оснащено системами з мікропроцесорним управлінням упорскуванням бензину і електронним запаленням. Причинами такого поширення систем упорскування є підвищення паливної економічності й зниження токсичності відпрацьованих газів. Застосування електронних систем упорскування пального з точним дозуванням пального по окремих циліндрах на всіх режимах роботи двигуна дає змогу підвищити потужність двигуна на $10 \div 30 \%$ і знизити витрату пального на $20 \div 30 \%$;
- *дизелізація транспортних засобів* має гарні перспективи для економії паливних ресурсів і зниження викидів в атмосферне повітря. Дизельні силові установки застосовують на великовантажних автомобілях, автобусах, у менших масштабах на легковому автотранспорті. Дизель сам по собі економічніший за карбюраторний двигун на $20 \div 30 \%$. Токсичність відпрацьованих газів дизеля значно нижча.

Система живлення дизеля забезпечує точне дозування пального за різних режимів роботи, що разом з високим коефіцієнтом надлишку повітря і високим ступенем стиснення сприяє повнішому згорянню пального в циліндрах двигуна і зниженню токсичності викидів. Порівняння токсичності викидів при спалюванні 1 кг пального в карбюраторному та дизельному двигунах наведено в табл. 4.13.

Таблиця 4.13

Структура токсичних компонентів при спалюванні 1 кг пального в карбюраторному та дизельному двигунах

Основні компоненти відпрацьованих газів	Карбюраторний двигун		Дизельний двигун	
	г	%	г	%
Оксид вуглецю	225	73,8	25	25,5
Оксиди азоту	55	18,1	38	38,8
Вуглеводні	20	6,6	8	8,2
Оксиди сірки	2	0,7	21	21,4
Альдегіди	1	0,3	1	1,0
Сажа	1,5	0,5	5	5,1
Разом	304,5	100,0	98	100,0

Підвищенню екологічних показників дизельних двигунів сприяє застосування турбонаддуву та рециркуляції відпрацьованих газів.

Турбонаддув — це попереднє стиснення повітря перед подаванням його в циліндри дизельного двигуна. Через підвищений тиск на вході відбувається хороше наповнення циліндрів. Потужність двигуна підвищується, а паливна економічність зростає на 4 ÷ 6 %. Турбонаддув застосовують зараз також у карбюраторних двигунах.

Рециркуляція відпрацьованих газів — це перепускання частини цих газів у впускний трубопровід двигуна. Її доцільно використовувати в допустимих межах при роботі двигуна на малих і середніх навантаженнях. Застосування рециркуляції в обсязі 10 % дає змогу зменшити вміст оксидів азоту у відпрацьованих газах приблизно на 30 ÷ 40 % і поліпшити процес утворення паливо-повітряної суміші без істотної зміни витрати пального. Недоліком цього методу є те, що зростає димність двигуна.

Оснащення дизельних двигунів сучасними електронними системами управління у поєднанні з турбонаддувом, рециркуляцією і високоефективною фільтрацією відпрацьованих газів дає змогу суттєво знизити їх токсичність.

Досить висока паливна економічність може бути досягнута при використанні газодизелів і дизельно-газових двигунів.

Дизельно-газові двигуни допускають поперемінну роботу на дизельному і на газовому паливі.

Газо-дизельні двигуни розраховані на дизельне пальне з додаванням газу і не можуть працювати по чисто газовому циклу. Газодизельний двигун не поступається за потужністю дизельному двигуну і дає змогу економити в експлуатації до 80 % дизельного пального.

Усі удосконалення традиційних автомобільних двигунів, спрямовані на підвищення їх економічності й зниження токсичних викидів, потребують досить великих фінансових витрат на їх впровадження і експлуатацію. Орієнтовні показники деяких удосконалень наведено в табл. 4.14.

Таблиця 4.14

Залежність затрат на модернізацію двигуна внутрішнього згоряння залежно від зниження викидів оксидів азоту

Вид вдосконалення двигуна внутрішнього згоряння	Відносні викиди оксидів азоту, %	Додаткові витрати на модернізацію, у. од.
Дизель з турбонаддувом	100	–
Додатково впорскування під високим тиском та регулювання газорозподілу	85	1500 ÷ 3000
Додатково модернізація камери згоряння та рециркуляція відпрацьованих газів	50 ÷ 60	3000 ÷ 6000
Конвертація дизеля в газодизель, використання насиченого киснем пального, використання каталітичного нейтралізатора	10 ÷ 30	до 10 000

Альтернативні привідні механізми

На сьогодні двигуни внутрішнього згоряння є основними двигунами для автомобілів. Спеціалісти вважають, що вони такими

залишаться на найближчі роки з огляду на багато їх переваг. Проте вважають також, що ці двигуни уже практично досягли межі своєї досконалості і подальший розвиток, особливо у бік покращення їхніх екологічних характеристик потребує значних капітальних вкладень. Тому значну увагу починають приділяти використанню двигунів нових типів.

Двигун Стірлінга (двигун зовнішнього згорання). Вперше був запатентований у 1816 році у Шотландії як альтернатива паровому двигуну з низьким коефіцієнтом корисної дії. Принцип дії такого двигуна досить простий, проте існуючі на сьогодні його конструкції досить складні. Робота ґрунтується на попереминому нагріванні та охолодженні робочого тіла (газу, рідше рідини) та використанні енергії його температурного розширення. При цьому робоче тіло циркулює у замкненому контурі всередині двигуна, а теплова енергія для нагрівання підводиться ззовні. На сьогодні в двигунах Стірлінга як газоподібне робоче тіло використовують водень та гелій. Одну з принципових схем роботи двигуна наведено на рисунку 4.16.

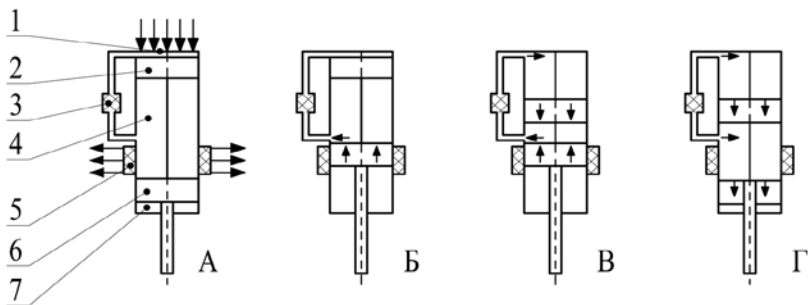


Рис. 4.16. Схема роботи одноциліндрового двигуна Стірлінга: 1 — гаряча порожнина; 2 — поршень-витискувач; 3 — регенераційний теплообмінник; 4 — холодна порожнина; 5 — холодильник; 6 — робочий поршень; 7 — буферна порожнина

Це одноциліндровий чотиритактний двигун, що використовує газ як робоче тіло. Його робота відбувається таким чином.

Такт 1 (рис. 4.16, а). Робочий поршень 6 знаходиться в крайньому нижньому положенні, поршень-витискувач у крайньому верхньому. При цьому робоче тіло переважно знаходиться в холодній порожнині 4 і охолоджується холодильником 5, від якого тепла енергія відводиться назовні.

Такт 2 (рис. 4.16, б). Робочий поршень 6 рухається вгору, стискаючи холодне робоче тіло у холодній порожнині.

Такт 3 (рис. 4.16, в). Поршень-витискувач рухається вниз, зменшуючи об'єм холодної порожнини та збільшуючи об'єм гарячої. При цьому робоче тіло перетікає з холодної в гарячу порожнину через обвідний трубопровід.

Такт 4 (рис. 4.16, г). Завдяки підведенню теплової енергії ззовні до гарячої порожнини робоче тіло там нагрівається й розширюється. Поршень-витискувач у цей час знаходиться у фіксованому положенні, тому розширення робочого тіла призводить до перетікання його надлишку через обвідний трубопровід у холодну порожнину, що підвищує там тиск і змушує робочий поршень рухатися вниз (здійснювати робочий хід). Рухаючись униз, робочий поршень стискає газ у буферній порожнині 7. Стиснений газ зберігає додаткову енергію для переміщення робочого поршня вгору при повторенні робочого циклу.

Обвідна лінія має додатковий регенераційний теплообмінник, який попередньо нагріває робоче тіло при його переміщенні з холодної порожнини у гарячу і охолоджує його при зворотному переміщенні.

Однією з головних переваг двигуна Стірлінга є його високий коефіцієнт корисної дії. Цей ККД може досягати 50 %, тимчасом як середній ККД карбюраторного двигуна $28 \div 30$ %, дизельного двигуна — $32 \div 40$ %.

Двигуни Стірлінга мають багато *екологічних переваг*. Завдяки тому, що тепла енергія підводиться до двигуна ззовні, можна використовувати будь-які джерела теплової енергії. У разі використання традиційного джерела спалювання хімічних палив, у таких двигунах є можливість оптимальної організації процесів горіння в окремих камерах згорання, що дає змогу суттєво знизити викиди токсичних речовин з продуктами згорання без погіршення експлуатаційних характеристик самого двигуна. На рис. 4.17 показано орієнтовну залежність вмісту CO , NO_x та C_xH_y у

відпрацьованих газах двигунів Стірлінга залежно від коефіцієнту надлишку повітря при спалюванні нафтових палив. З рисунка видно, що при спалюванні збіднених сумішей викиди усіх трьох компонентів зменшуються. Зокрема, знижуються викиди NO_x завдяки тому, що немає необхідності підтримувати в камері згоряння високі температури.

Під час роботи двигуни Стірлінга не створюють великих рівнів шуму та вібрацій.

Недоліками двигунів Стірлінга можна назвати: високу вартість через використання термостійких матеріалів з високими коефіцієнтами теплопередачі для нагріваючих теплообмінників; досить велику складність конструкції; великі розміри охолоджувальних теплообмінників через необхідність відведення значних кількостей теплової енергії в навколишнє середовище; недовговічність деяких вузлів.

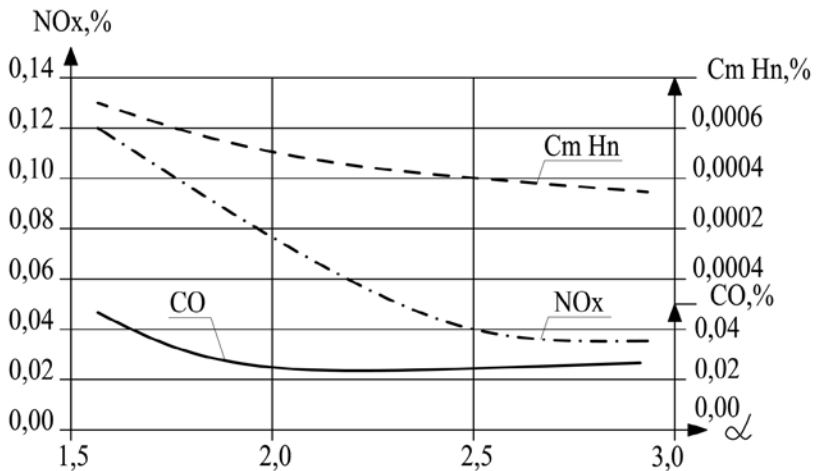


Рис. 4.17. Показники токсичності двигунів Стірлінга

За основними токсичними показниками двигуни Стірлінга є значно чистішими, ніж карбюраторні та дизельні двигуни. У таблиці 4.15 наведено середні питомі викиди трьох різних типів двигунів.

Таблиця 4.15

Середні питомі викиди (віднесені до одиниці енергії) різними типами двигунів, мг/кДж

Речовина, що викидається	Тип двигуна		
	Бензиновий двигун	Дизельний двигун	Двигун Стірлінга
Оксид вуглецю, CO	19,0 ÷ 80,0	0,272 ÷ 6,6	0,136 ÷ 0,408
Оксиди азоту, NO _x	3,8 ÷ 7,6	0,55 ÷ 0,27	0,136 ÷ 0,27
Вуглеводні, C _x H _y	3,8	0,8	0,004 ÷ 0,008

Двигуни Стірлінга вважаються сьогодні найбільш перспективними для використання на супутниках та на морських і річкових судах. На водному транспорті завжди є багато води для використання в охолоджувальних теплообмінниках, що дає можливість зробити їх невеликими за розмірами.

Газотурбінний двигун. Ці двигуни можуть використовуватися сьогодні як для вантажних, так і для легкових автомобілів. Найперспективнішим для застосування на автомобільному транспорті вважають двовальний двигун. Схему його роботи наведено на рис. 4.18.

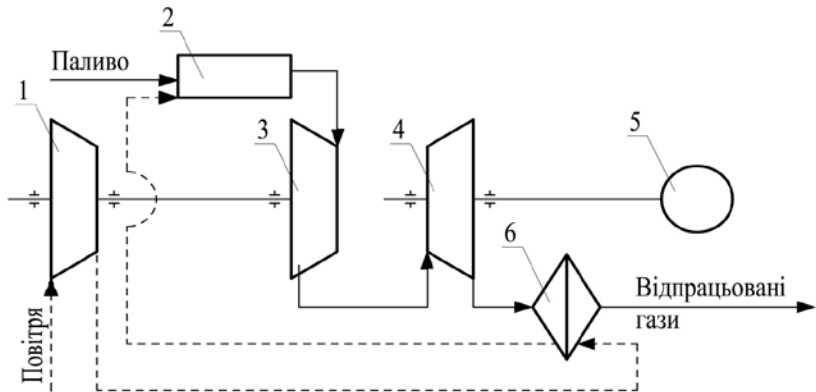


Рис. 4.18. Схема роботи двовального газотурбінного автомобільного двигуна: 1 — повітряний компресор; 2 — камера згоряння пального; 3 — турбіна приводу компресора; 4 — силова турбіна; 5 — трансмісія автомобіля; 6 — регенератор теплової енергії відпрацьованих газів

Двигун складається з першого вала, на якому розташовані повітряний відцентровий компресор 1 та привідна турбіна компресора 3, а також другого (силового) вала, на якому розташовані силова турбіна 4 та трансмісія автомобіля 5. Два вали кінематично між собою не пов'язані. Крім того, двигун має камеру згоряння 2 та регенератор теплової енергії відпрацьованих газів 6. Двигун працює так. Компресор 1 забирає атмосферне повітря і стискає його. Стиснуте повітря подається на регенератор теплоти 6, де нагрівається, отримуючи тепло від відпрацьованих газів. Далі нагріте повітря подається в камеру згоряння 2. Пальне, потрапляючи в камеру згоряння 2, змішується з нагрітим повітрям і спалюється. Продукти згоряння, що утворилися, подаються під тиском спочатку на привідну турбіну компресора, а далі на силову турбіну і приводять їх у дію. Після турбін гарячі відпрацьовані гази подаються у регенератор 6, де віддають частину теплової енергії, нагріваючи повітря. Після цього гази викидаються в атмосферу. Силова турбіна 6 передає механічну енергію на трансмісію автомобіля 5, приводячи його у рух.

Газотурбінні автомобільні двигуни мають багато переваг, до яких можна віднести:

- мала маса і габаритні розміри;
- велика питома потужність;
- відсутність необхідності у системі охолодження;
- просте обслуговування (простіше, ніж у бензинових та дизельних двигунів);
- більший термін служби мастил;
- полегшений холодний запуск.

Газотурбінні двигуни є також екологічно чистішими, ніж бензинові та дизельні. Концентрації основних шкідливих речовин у відпрацьованих газах цих двигунів наведено у таблиці 4.16.

Причиною менших концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах є те, що пальне спалюється в камері згоряння у вигляді постійного факела. Це дає можливість організувати стаціонарний процес утворення паливо-повітряної суміші, який легше контролювати. У результаті пальне спалюється при досить великому коефіцієнті надлишку повітря, що, своєю чергою, веде до більшої повноти згоряння і менших викидів оксидів азоту і

вуглеводнів. Крім того, є можливість підтримувати відносно низьку температуру згоряння, що веде до незначних утворень оксидів азоту.

Таблиця 4.16

Концентрація шкідливих речовин у відпрацьованих газах різних типів двигунів

Тип двигуна	Концентрація шкідливих речовин у відпрацьованих газах		
	CO, %	NO _x , мг/л	C _x H _y , мг/л
Бензиновий двигун	3,6	4,0	1,79
Дизельний двигун	0,2	2,7	0,09
Газотурбінний двигун	0,003	0,1	0,00078

До недоліків газотурбінних двигунів, що стримують їх широке застосування на автомобільному транспорті, можна віднести:

- високу вартість через технологічну складність виробництва і необхідність застосування дорогих матеріалів;
- значний рівень шуму під час роботи;
- застосування складніших коробок передач;
- вищі питомі витрати пального у порівнянні з бензиновими і дизельними двигунами (на 15 ÷ 20 %);
- суттєве зниження потужності двигуна при підвищенні температури атмосферного повітря (при збільшенні температури на 1 °С потужність знижується на 1 %);
- гірші динамічні характеристики автомобіля.

Електричний двигун. Такий тип двигуна є досить перспективним для застосування в автомобільному транспорті. Він має багато технологічних та екологічних переваг над традиційними двигунами. Чинником, що стримує їх широке впровадження, є складність забезпечення електричною енергією.

На сьогодні найреальнішим енергетичним джерелом для електромобілів є електричні акумулятори. Недоліком сучасних акумуляторів є велика маса при відносно невеликих можливостях щодо запасу енергії (обмежений запас ходу). Вважається, що перспективними можуть бути лише акумулятори, які можуть запасати питому енергію не менше ніж 100 Вт·год/кг. Різні типи

сучасних пристроїв значно відрізняються один від одного за цим показником.

Найпоширеніші сьогодні *свинцеві акумулятори* запасують лише 40 Вт·год/кг. Нікель-кадмієві акумулятори мають кращу характеристику — 50 Вт·год/кг, проте вони суттєво дорожчі. Через низькі енергетичні характеристики їх вважають мало перспективними.

Більш перспективними акумуляторами є: *срібно-цинкові* — 200 Вт·год/кг (недоліком є значна вартість); *хлорно-літійові* та *сірчано-натрієві* — 250 ÷ 300 Вт·год/кг (недоліком є їх функціонування за дуже високих температур — 500 ÷ 600 °С).

Автомобільні акумулятори окрім досить обмеженого питомого запасу енергії (обмеженого запасу ходу) мають обмежену питому потужність. Наприклад, одні з кращих за цією характеристикою свинцеві акумулятори мають питому потужність 250 ÷ 400 Вт/кг, нікель-кадмієві — 200 Вт/кг. Це погіршує характеристики автомобіля, зокрема під час розгону. Покращити ці характеристики автомобіля можна використанням у комбінації з акумуляторами так званих *ультраконденсаторів* — пристроїв з малою питомою енергоємністю (порядку 4 Вт·год/кг), проте дуже високою питомою потужністю (до 8000 Вт/кг). Використання ультраконденсаторів дає можливість компенсувати брак потужності акумулятора у моменти підвищених навантажень (розгін, гальмування тощо).

У електромобілів практично відсутні викиди шкідливих речовин з двигунів протягом руху. Присутній лише підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Загалом до *недоліків електротранспорту* відносять такі:

- виробництво електроенергії на електростанціях супроводжується більшими питомими викидами шкідливих речовин у навколишнє середовище, ніж від автомобілів з традиційними двигунами;
- обслуговування електромобілів потребує дорогої інфраструктури (заряджання акумуляторів, специфічне техобслуговування);
- необхідність утилізації відпрацьованих акумуляторних батарей.

Для забезпечення енергією електродвигуна замість акумуляторів можуть бути використані *паливні елементи*. Це гальванічні елементи, в яких унаслідок реакцій, що протікають в них, хімічна енергія перетворюється на електричну.

Як паливо для таких елементів сьогодні найчастіше використовують водень чи вуглеводні, а також кисень чи повітря. Схему роботи воднево-повітряного паливного елемента наведено на рис. 4.19.

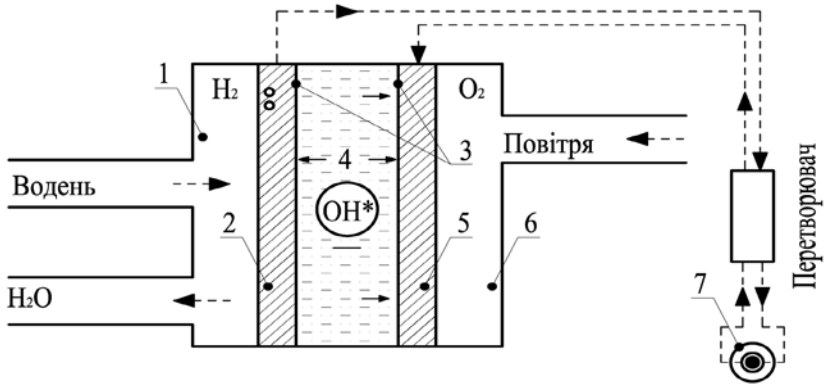


Рис. 4.19. Схема роботи воднево-повітряного паливного елемента:

- 1 — воднева порожнина; 2 — анод; 3 — платиновий каталізатор;
4 — мембрана; 5 — катод; 6 — повітряна порожнина; 7 — електродвигун

Прилад має дві порожнини — водневу 1 та повітряну 6, розділених мембраною 4. З обох боків на мембрану нанесено платиновий каталізатор 3 та електроди (анод 2 і катод 5). Працює прилад так. У камеру 1 під тиском подають водень, а в камеру 6 під тиском подають повітря, що містить кисень. Електроди 2 і 5 виконують пористими так, щоб водень та кисень могли проходити крізь них до платинового каталізатора. Водень з камери 1, проходячи через каталізатор, розкладається на вільні електрони та позитивно заряджені іони. Кисень з камери 6, також проходячи через каталізатор, захоплюють електрони і перетворюються на негативно заряджені іони. Вони притягуються до позитивно заряджених іонів водню, і вступаючи в реакцію з ними, утворюють

воду. Внаслідок цього процесу утворюється вода та вільні електрони, які починають рухатися (створюють електричний струм) від аноду 2 до катоду 5 через електричний контур, елементом якого є електродвигун 7.

Перевагами паливних елементів є:

- високий коефіцієнт корисної дії;
- відсутність шкідливих викидів протягом роботи;
- повна відсутність шуму.

Недоліками є:

- висока вартість пристрою через необхідність використання платинових каталізаторів;
- значна питома вага (віднесена до одиниці потужності питома вага у $2 \div 4$ рази перевищує питому вагу традиційних двигунів);
- висока вартість водню, що використовується як паливо, та складність його зберігання та борту автомобіля.

Комбіновані силові установки автомобілів. Комбінація різних силових установок в автомобілі дає змогу ефективніше використовувати їхні переваги.

Найпопулярнішими на сьогодні є *комбінації двигунів внутрішнього згоряння та електродвигунів*. На рис. 4.20 наведено схему комбінованої силової установки з послідовним увімкненням таких двигунів.

Основним (тяговим) двигуном є електродвигун 4, який приводить у рух ведучі колеса 5. Цей двигун отримує електроенергію від розподільного блоку 6 від двох основних джерел — від акумуляторної батареї 1 та від електрогенератора 3, який, своєю чергою, перетворює на електричну механічну енергію двигуна внутрішнього згоряння 2. У схему включено також конденсаторну батарею 7, завдання якої накопичувати надлишкову електричну енергію при малих навантаженнях на установку та покривати нестачу енергії при максимальних навантаженнях.

Найефективнішою така силова установка є в умовах міста, коли автомобіль рухається з частою зміною режимів руху.

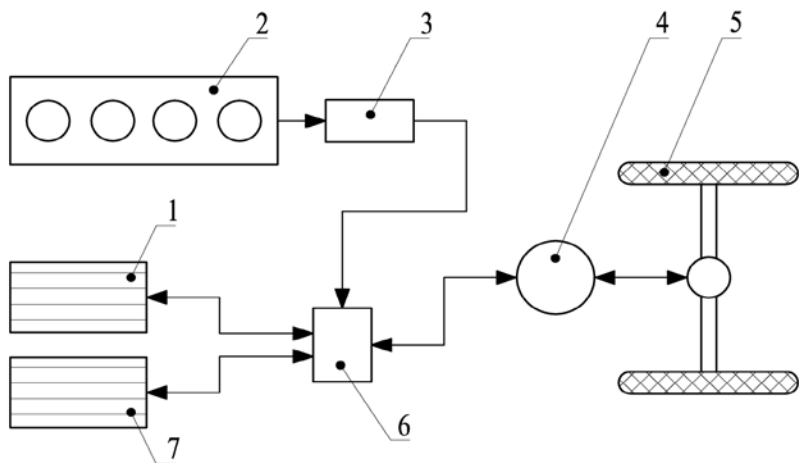


Рис. 4.20. Схема роботи комбінованої силової установки автомобіля:
 1 — акумуляторна батарея; 2 — двигун внутрішнього згоряння;
 3 — електрогенератор; 4 — тяговий електродвигун; 5 — ведучі колеса;
 6 — розподільний блок; 7 — конденсаторна батарея

При усталеному русі з порівняно невеликою швидкістю тяговий двигун працює від акумуляторної батареї. Двигун внутрішнього згоряння не працює взагалі. Коли заряд акумуляторної батареї падає, включається двигун внутрішнього згоряння, який через електрогенератор приводить у рух силовий електродвигун та при надлишку енергії заряджає акумуляторну батарею. Коли акумуляторна батарея заряджена, двигун внутрішнього згоряння знову вимикається.

При русі з підвищеними навантаженнями (розгін, рух по дорозі з підйомом угору тощо) також вмикається двигун внутрішнього згоряння, і силовий двигун живиться від двох джерел, при цьому у моменти наявності надлишку енергії відбувається підзарядка акумуляторної батареї.

За необхідності розвинути максимальну потужність (різке прискорення чи гальмування) додатково як джерело електроенергії використовується конденсаторна батарея. В ній можуть використовуватися ультраконденсатори, що забезпечують значну потужність протягом короткого періоду часу. Відновлення заряду

конденсаторної батареї може бути здійснено у будь-який інший період під час руху автомобіля.

Завдання розподільного блоку 6 — керувати усіма джерелами електроенергії на борту автомобіля залежно від режиму його руху.

У такій силовій установці двигун внутрішнього згоряння працює не на змінних режимах, як у традиційних автомобілів, а в одному постійному, оптимальному для нього режимі, при якому його робота є найбільш ефективною, а витрата пального та викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами є мінімальними.

До недоліків комбінованих силових установок з електродвигунами відносять:

- високу вартість комбінованих установок;
- необхідність утилізації відпрацьованих акумуляторних батарей.

Інший варіант комбінованої силової установки — це комбінація двигуна внутрішнього згоряння з *інерційним двигуном* (маховиком). Це двигун, в якому механічну енергію запасав диск чи циліндр, який швидко обертається. Такий двигун має велику питому потужність і дає змогу передавати енергію на ведучі колеса з мінімальними втратами.

Комбінована установка з маховиком може працювати подібно до установки з електроакумулятором. Перед початком руху автомобіля маховик розкручується за допомогою двигуна внутрішнього згоряння, таким чином запасався енергія. На постійних режимах руху працює лише двигун внутрішнього згоряння. На перехідних режимах, коли необхідна додаткова потужність, вона покривається за рахунок енергії маховика. При цьому на режимах розгону енергія від маховика відбирається (швидкість обертання зменшується), а на режимах гальмування, завдяки спеціальній трансмісії, енергія повертається маховику (швидкість обертання збільшується).

Як і у попередньому випадку, в комбінованій силовій установці є можливість забезпечення роботи двигуна внутрішнього згоряння в одному постійному режимі, в якому легше забезпечити оптимальні умови спалювання пального, відповідно підвищити ефективність двигуна та зменшити витрати пального і викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Удосконалення конструкції автомобіля

Зниження маси конструкції транспортного засобу. Це важливий напрям поліпшення екологічних показників транспорту. Практика свідчить, що на кожну додаткову тону маси спорядженого автомобіля на кожні 100 км шляху додатково витрачається до 2,5 л бензину або до 1,6 л дизельного пального. Зниження власної маси транспортних засобів може відбуватися за рахунок зміни конструкції агрегатів, удосконалення технологічних процесів виготовлення автомобілів і заміни матеріалів на легші. Для досягнення цієї мети сьогодні широко застосовують пластмасові матеріали.

При створенні нових типів рухомого складу автотранспорту зниження власної маси закладається вже на стадії проектування, коли передбачаються нові компоновальні схеми й полегшені конструкційні матеріали. За рахунок зниження маси економія енергоресурсів може становити $8 \div 10$ %.

Зменшення опору руху. Це суттєво впливає на скорочення витрати пального. Одним із основних напрямів зменшення опору є *правильний вибір передавальних чисел* головної передачі і коробки передач. Із збільшенням числа передач, особливо на вантажних автомобілях, зростають труднощі при виборі оптимальної передачі за зміни умов руху. Так, на автомобілях КАМАЗ, де є п'ятиступінчаста коробка передач і дільник, водії рідко користуються підвищувальними передачами, тому спостерігається перевитрата пального. Ця проблема може бути вирішена завдяки застосуванню спеціальних автоматичних пристроїв, що сигналізують про необхідність увімкнення потрібної передачі, або застосуванням автоматичних коробок передач.

Аеродинаміка транспортних засобів також істотно впливає на витрату пального. Під час руху з високою швидкістю значна частина енергії витрачається на подолання опору повітря. Ці витрати прямо пропорційні квадрату швидкості й визначаються обтічністю автомобіля. Остання визначається як добуток коефіцієнта опору повітря на лобову площу транспортного засобу. Аеродинамічні властивості автомобілів підвищуються за рахунок надання обтічної форми, рівномірного розташування вантажу, встановлення

спеціальних обтічників (дефлекторів) на даху кабіни вантажного автомобіля тощо.

Підвищення якості пального та зниження токсичності газів, що викидаються

Якість пального часто підвищують спеціальними присадками. Їх поділяють на:

- присадки, що інтенсифікують горіння;
- антидимні присадки-інтенсифікатори.

Антидимні присадки також інтенсифікують горіння, підвищують цетанове число пального і зменшують кількість світлого диму, що з'являється під час роботи холодного дизеля. Як антидимні присадки можна використовувати метилацетат, ацетонпероксид, етилнітрат, ізоамілінітрат тощо. Їх доцільно додавати до дизельного пального з низьким цетановим числом.

Антидимні присадки також застосовують для зменшення темного диму (сажі). Вони практично не впливають на виділення дизелями оксиду вуглецю, але істотно знижують виділення альдегідів, бенз(а)пірена і прискорюють вигорання сажі.

Зниження токсичності відпрацьованих газів. Цього досягають деякими технічними рішеннями, які можна поділити на дві групи:

- оптимізація процесів горіння пального в циліндрах двигуна;
- установка спеціальних нейтралізаторів відпрацьованих газів та фільтрів.

Оптимізацію процесів горіння можна вважати найперспективнішим методом зменшення вмісту у відпрацьованих газах оксиду вуглецю CO та вуглеводнів C_xH_y , адже цих продуктів неповного згоряння пального легше позбутися саме на стадії їх утворення. Проте уникнути появи у продуктах згоряння багатьох інших шкідливих речовин цими методами практично неможливо.

Установку нейтралізаторів відпрацьованих газів застосовують як додаткове устаткування, що без значних змін у конструкції двигуна легко вбудовується у випускний тракт двигуна і забезпечує зовнішнє часткове очищення газів.

Розрізняють такі способи зменшення токсичності відпрацьованих газів нейтралізацією:

- термічна нейтралізація;
- каталітична нейтралізація;

- рідинна нейтралізація;
- комбінована нейтралізація.

У самостійну групу виділяють способи видалення з відпрацьованих газів твердих частинок (сажі).

Термічна нейтралізація ґрунтується на електротермічному допалюванні незгорілих вуглеводнів і доокисленні чадного газу в спеціальній термостатичній камері, яка знаходиться за випускним колектором, з подальшою обробкою утвореного полум'я сильним електричним полем. У результаті продукти неповного згоряння палива CO та C_xH_y окислюються до кінцевих продуктів CO_2 та H_2O .

Термічний нейтралізатор являє собою теплоізольовану камеру, в якій спеціальним чином організовано процес протікання відпрацьованих газів та куди подається додаткова кількість свіжого повітря, а також організовуються процеси окислення. Ефективність процесів залежить від температури, що підтримується, тривалості перебування відпрацьованих газів у нейтралізаторі, кількості додаткового повітря та якості його змішування з газами. Після термічного нейтралізатора відпрацьовані гази спрямовуються у глушник.

Недоліком таких нейтралізаторів є те, що у відпрацьованих газах на виході може збільшуватися вміст оксидів азоту.

У дизельних двигунах окислення продуктів неповного згоряння пального може здійснюватися під час перепускання відпрацьованих газів через спеціальні *допалювачі*, в яких підтримується постійне горіння.

Застосування й термічних нейтралізаторів, і допалювачів призводить до зменшення потужності двигуна через збільшення опору в системі видалення продуктів згоряння, а також до збільшення питомої витрати пального.

Каталітична нейтралізація ґрунтується на застосуванні окислювальних і відновних реакцій. Вони потрібні для відновлення оксидів азоту до вихідних речовин — кисню і азоту.

Для прискорення окисних та відновних реакцій у нейтралізаторах використовують різні *каталізатори* — речовини, прискорювачі реакцій. Їх поділяють на:

- *окисні каталізатори* — прискорюють перебіг реакцій окислення;
- *відновні каталізатори* — прискорюють перебіг реакцій

відновлення;

- *двофункціональні каталізатори* — прискорюють перебіг обох видів реакцій.

В окислювальних і відновних реакціях можна застосовувати відносно дешеві окислювальні каталізатори на основі міді (CuO), марганцю (MnO₂), нікелю (NiO), хрому (Cr₂O₂), заліза (Fe₂O₃), цинку (ZnO). Проте їх недоліком є те, що вони досить недовговічні і тому малоефективні. Поширення сьогодні набули каталізатори на основі благородних металів — платини (Pt) та палладію (Pd). Вони достатньо селективні, мають низьку температуру початку ефективної роботи, довговічні й дають ступінь очищення до 70 ÷ 90 %. Каталізаторами в реакціях відновлення NO_x можуть виступати також родій (Rh) і рутеній (Ru). Проте значного поширення вони не набувають через їх високу вартість.

Каталітичні нейтралізатори (часто просто каталізатори) — це пристрої, що являють собою інертне тіло-носіє з нанесеним на нього активним каталітичним шаром. Їх розміщують у корпусі нейтралізатора (див. рис. 4.21). Найпоширенішими є гранульовані й монолітні (блочні) носії.



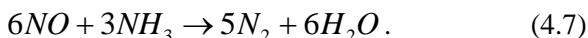
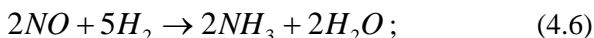
Рис. 4.21. Принципова схема каталітичного нейтралізатора

Гранульовані носії виготовляють з оксиду алюмінію або алюмосилікатів у вигляді гранул розміром 2 ÷ 5 мм. Гранули покривають речовиною-каталізатором і використовують як наповнювач, розміщуючи його всередині корпусу нейтралізатора та пропускаючи через нього відпрацьовані гази.

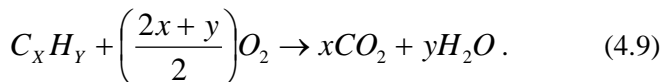
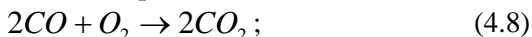
Блочні носії виготовляють у вигляді блоку, в тілі якого є поздовжні чи радіальні канали, поверхню яких покрито речовиною-каталізатором. Матеріалом блока може бути оксид алюмінію Al₂O₃,

кордієрит та інші. Він також може бути виготовлений з кераміки стільникової структури або з гофрованої фольги з нержавіючої сталі.

Використовуючи один нейтралізатор важко досягти ефективного очищення від трьох найпоширеніших груп речовин одночасно CO , C_xH_y та NO_x . Для підвищення ефективності використовують два нейтралізатори, конструктивно розташовані в одному блоці. В першому нейтралізаторі NO_x відновлюється до N_2 за такими реакціями:



Оксиди азоту, що містяться у відпрацьованих газах бензинових двигунів, на 99 % складаються з NO . В другому нейтралізаторі CO та C_xH_y окислюються до вуглекислого газу і води. Для забезпечення цього до другого нейтралізатора підводять додаткову кількість повітря. Реакції проходять за такими схемами:



Обмежують застосування каталітичних нейтралізаторів висока вартість, неможливість роботи з етилованим бензином (з'єднання свинцю й сірки виводять каталізатори з ладу), а також жорсткі технічні вимоги до їх конструкцій.

Ефективність роботи каталітичних нейтралізаторів оцінюється коефіцієнтом нейтралізації по кожній зі шкідливих речовин. Цей коефіцієнт визначається за формулою:

$$E_i = \frac{K_{i,ex} - K_{i,вих}}{K_{i,ex}} \cdot 100\%, \quad (4.10)$$

де $K_{i,ex}$ — концентрація i -тої речовини на вході в нейтралізатор,

$K_{i,вих}$ — концентрація тієї ж речовини на виході з нього.

Для сучасних автомобілів орієнтовні значення коефіцієнтів нейтралізації за трьома основними видами речовин є такими: $E_{C_xH_y} = 85 \%$, $E_{CO} = 93 \%$, $E_{NO_x} = 95 \%$.

Рідинні нейтралізатори найпростіші за принципом роботи. Відпрацьовані гази пропускають через шар води чи хімічного розчину. Під час проходження шкідливі речовини розчиняються або хімічно зв'язуються. Крім того, під час проходження через рідину вловлюються дрібнодисперсні тверді частинки.

Такі компоненти відпрацьованих газів, як альдегіди, оксиди сірки, вищі оксиди азоту розчиняються у воді й нейтралізуються. Сажа та інші дисперсні частинки вловлюються. Запах відпрацьованих газів послаблюється. При цьому оксид вуглецю і оксид азоту не незаражуються.

Для підвищення ефективності рідинних нейтралізаторів як реагент використовують водні розчини сульфату натрію (Na_2SO_3), або соди (Na_2CO_3) з додаванням гідроксиду (Na_2CO_3).

На відміну від термічних і каталітичних, рідинні нейтралізатори не потребують часу для переходу в робочий стан після пуску холодного двигуна. Недоліками таких нейтралізаторів є великі маса й габарити, а також необхідність частішої зміни робочого розчину. Крім того, вони можуть замерзати у холодні періоди.

Фільтри спеціальні уловлювачі в системах випуску двигунів внутрішнього згорання сприяють затриманню твердих частинок відпрацьованих газів. Сажа, сполуки сірки, вуглеводневі сполуки та інші тверді частинки вловлюються під час проходження через фільтрувальний елемент або внаслідок їх центрифугування. Сажові фільтри виготовляють із кераміки, металокераміки чи перфорованих металевих трубок і кривають керамічними волокнами.

Ефективність вловлювання становить $45 \div 60 \%$. Керамічні фільтри з тефлоновим покриттям здатні затримувати до $85 \div 95 \%$ сажі й твердих частинок. При цьому концентрація бенз(а)пірену у відпрацьованих газах знижується на $80 \div 95 \%$. У спеціальних уловлювачах створюються електростатичні поля у поєднанні з центрифугуванням. Їх недоліком є висока вартість, тому перевага часто надається нейтралізаторам.

4.10.2. Організаційні заходи зі зменшення негативного екологічного впливу автотранспорту

Розподіл транспортних потоків та зменшення кількості автомобілів

Попит на транспортні засоби та оптимальний розподіл транспортних потоків є індикаторами, що вказують на стабільний розвиток транспортної системи. У великих містах населення користується громадським транспортом місцевого сполучення інтенсивніше, ніж у сільських районах. Це пояснюється здебільшого тим, що в малозаселених районах мережа громадського транспорту розвинена гірше. За таких умов приватний транспорт має велику перевагу. В щільно заселених районах приватний транспорт з точки зору народного господарства є менш ефективним, ніж громадський.

При організації вантажоперевезень існує нагальна необхідність створювати алгоритми розподілу транспортних потоків, використовуючи дані про обсяги та маршрути необхідних перевезень з метою їх оптимізації. Головним завданням при цьому є економічна оптимізація перевезень за мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Практичний досвід показує, що політика ціноутворення в транспортній галузі, орієнтована на оптимізацію розподілу транспортних витрат з урахуванням як внутрішніх, так і зовнішніх ефектів, приносить більше економічної вигоди.

З точки зору охорони навколишнього середовища, метою розподілу транспортних потоків є використання всіх видів транспорту таким чином, щоб максимально використовувалися переваги різних видів транспорту, вантажний і легковий автомобільний транспорт ставав менш шкідливим і ефективнішим. При цьому важливіша роль повинна відводитися залізничному й водному видам транспорту.

Таким чином, використання видів транспорту, що завдають менший збиток навколишньому середовищу при виконанні поставленого завдання, потрібно стимулювати. Наприклад, під час вантажоперевезень за допомогою центрів логістики для оптимізації транспортних потоків, пасажироперевезень за допомогою введення проїзних квитків, оплачуваних роботодавцями.

У містах більшу увагу потрібно приділяти пішохідному руху, а також пересуванню за допомогою велотранспорту. Однак це потребує наявності відповідної інфраструктури.

Насамперед транспорт повинен задовольняти потреби суспільства у мобільності. Проте значне поширення транспорту сьогодні часто вступає у конфлікт з таким завданням, створюючи перешкоди транспортним потокам.

Досвід показує, що зростання кількості транспортних засобів можна стримувати з метою мінімізації негативних для навколишнього середовища наслідків тільки за допомогою регулювання попиту на транспорт. Сучасна транспортна політика держави повинна йти шляхом впливу на рішення громадян у момент вибору транспортних засобів та маршрутів пересування. Метою має бути створення умов для зростання попиту на громадський транспорт завдяки формуванню кращих пропозицій. Концепції транспортної політики повинні керувати попитом.

Існує кілька конкретних можливостей обмежити кількість транспорту на дорогах:

- створення мотивації для збільшення завантаженості особистих транспортних засобів. Наприклад, сприяти мотивації спільних поїздок незнайомих людей з однаковою метою спільним маршрутом або спільне використання автомобілів різними родинами. Підприємства міського транспорту можуть пропонувати маршрутні таксі. Такі засоби дають змогу навіть у віддалених місцях відмовитися від особистих транспортних засобів, зменшуючи транспортне навантаження на довкілля;
- введення митних зборів на особистий автомобільний транспорт. Унаслідок переміщення транспортного навантаження на метро й автобуси кількість автомобілів на дорогах значно зменшується. Проте це можливе лише з одночасним підвищенням привабливості громадського транспорту, адже учасникам руху слід запропонувати рівноцінну альтернативу;
- введенням мита на автомагістралях для вантажних автомобілів можна обмежувати й регулювати транспортний потік на далеких маршрутах.

Таким чином, обмеження транспортних потоків можливе лише за умови взаємодії багатьох чинників. Велике значення має пропонування учасникам руху різних альтернатив з вищим рівнем екологічної безпеки. Ці альтернативи можна зробити привабливими тільки шляхом впливу на фінансову сторону.

Наприклад, можлива така ситуація. Існує багатодітна родина, якій час від часу потрібно здійснювати поїздки автомобілем. При цьому для поїздок усієї родини потрібен великий автомобіль, для поїздок частини родини або одного її члена можна обмежитися малим автомобілем. Для купівлі навіть одного великого автомобіля у родини коштів не вистачає. Існує варіант створення мініорганізації з кількох таких родин, наприклад десяти, які спільно купують три автомобілі: мікроавтобус, автомобіль середнього класу та малолітражку. За правильної організації їх експлуатації усі десять родин можуть по чергово користуватися цими автомобілями за потреби. Існує також досвід створення комерційних організацій, які на початку вкладають гроші у купівлю цих автомобілів, а потім сім'ї сплачують їм за користування автомобілями.

Пришвидшення транспортного потоку

За допомогою заходів, спрямованих на прискорення транспортного потоку, можна спробувати вирішити такі проблеми, як транспортні затори і смог.

Розширення транспортної інфраструктури часто залишається єдиним, хоч і досить дорогим способом прискорення транспорту. Це вирішується часто шляхом будівництва або розширення магістралей, залізниць та водних шляхів. З точки зору впливу на навколишнє середовище розширення транспортної інфраструктури не є бажаним результатом, адже воно призводить до відчуження додаткових земельних площ. Необхідно брати до уваги, що для покращення транспортної ситуації потрібно збільшувати пропускну здатність не лише головних доріг, але ще й вузлових розв'язок та прилеглих до головних доріг вулиць. Інакше проблема транспортних заторів лише переноситься на інші ділянки дорожньої мережі.

Одним із засобів прискорення транспортного потоку є перенесення пасажиропотоку на інші види транспорту та організація пунктів пересадки між усіма видами транспорту. При цьому доцільним є задіяння відносно вільних видів транспорту. Наприклад,

у містах це може бути використання громадського транспорту замість легкових автомобілів. Завдяки громадському транспорту будуть збережені ресурси, наприклад, місце на дорогах. Наприклад, 100 пасажирів можуть їхати трамваєм завдовжки 45 м, а можуть їхати автомобілями завдовжки 4 м у середньому по 1,3 чол. на кожний автомобіль, займаючи при цьому ділянку дороги завдовжки понад 300 м.

Добровільну відмову від пересування на власних автомобілях на користь пересуванню на громадському транспорті на території великих міст можна, наприклад, стимулювати за організації пунктів пересадки «park & ride». На кінцевій станції метрополітену або трамваю місто пропонує безкоштовні автостоянки, щоб надати автомобілістам альтернативний спосіб пересування центром міста. Так само корисними можуть бути так звані комбіновані квитки, наприклад, квиток на літак, включно з поїздкою залізницею до аеропорту й назад.

Регулювання розподілу транспортних потоків та їх прискорення з використанням вільних ресурсів сприяє освоєнню величезного невикористаного потенціалу. На сьогодні ці ідеї необхідно пропагувати.

Застосування інформаційних систем і систем регулювання руху (*транспортна телематика*) дає змогу реєструвати весь транспортний потік, обробляти інформацію і управляти рухом транспорту, вибираючи оптимальні, найменш завантажені на момент руху маршрути. Існує два основних варіанти реалізації таких систем:

- розміщення навігаційних систем безпосередньо в транспортному засобі;
- створення систем управління транспортними потоками за допомогою електронних покажчиків на дорогах.

Для використання навігаційної системи всередині транспортних засобів кожному з таких засобів необхідно постійно отримувати інформацію про стан транспортних потоків. Це призводить до великої кількості інформації, що передається та приймається. На відміну від цього, системи управління з покажчиками на дорогах контролюються з центрального пункту. При цьому обсяги інформації, що передається та приймається, значно менші.

Вплив на режим роботи світлофора також вважається заходом транспортної телематики, наприклад, створення так званих «зелених хвиль» — пріоритетність зеленого сигналу світлофора для певних видів транспорту в певні періоди часу.

Можливий також розвиток систем телематики на залізничному транспорті. Наприклад, є досвід створення динамічних ділянок залізничної колії, які дають змогу декільком поїздам їхати з великою швидкістю один за одним.

Згадані заходи, спрямовані на прискорення транспортного потоку, тісно пов'язані з багатьма іншими чинниками. Введення в експлуатацію нової широкої вулиця не веде автоматично до швидкого руху без заторів. Існує також багато інших важливих моментів, починаючи від стилю водіння громадян до оптимізації «зелених хвиль».

Таким чином, прискорення транспортного потоку дасть можливість скоротити час перебування автомобіля в дорозі і, як наслідок, зменшити витрати пального і кількість шкідливих викидів від його спалювання.

Раціональне водіння

Можна досягнути зменшення споживання пального та, відповідно, викидів відпрацьованих газів автомобіля в навколишнє середовище, якщо дотримуватися деяких правил стосовно стилю водіння транспортного засобу. Дотримання таких правил дає змогу економити до 25 % пального у порівнянні з нераціональним водінням.

Завчасне перемикання передач. Сучасні двигуни дають змогу перемикатися на більш високу передачу уже за швидкості вала 2000 обертів за хвилину. Таким чином можна, наприклад, їхати на четвертій передачі за швидкості 40 км/год чи на п'ятій передачі за швидкості 50 км/год. За таких умов витрата пального значно знижується. Так, легковий автомобіль середнього класу, що рухається зі швидкістю 45 км/год на другій передачі споживає близько 11,5 л пального на 100 км, а на п'ятій передачі — лише близько 4,3 л. При цьому раннє перемикання передач не шкодить автомобілю, адже сучасні двигуни виготовляють із достатнім запасом міцності.

Перевірка тиску в шинах. Надзвичайно важливо підтримувати оптимальний тиск у шинах автомобіля. Якщо тиск знижується на

0,2 бар, опір шин дорожньому покриттю збільшується майже на 10 %. Це, своєю чергою, призводить до підвищення витрати пального.

Передбачливе водіння. Під час водіння автомобіля дорогами міста важливо уважно стежити за перешкодами на шляху для того, щоб звести до мінімуму значне гальмування та розгін. Це також приводить до додаткових витрат пального.

Шини, що легко йдуть, та спеціальні мастила. Використання шин з малим коефіцієнтом опору дорожньому покриттю та використання спеціальних синтетичних мастил, які сприяють безперешкодній роботі двигуна, дає змогу економити до 10 % пального.

Вимкнення двигуна. Суттєву кількість пального можна зекономити, якщо вимикати двигун протягом стояння в автомобільних заторах, під час зупинок на перехрестях, перед залізничними переїздами, якщо автомобіль зупиняється більше ніж на 20 секунд.

Економне використання пристроїв, що споживають енергію. Необхідно вимикати кондиціонер, обігрівач або підігрівач скла, коли вони не потрібні. Кондиціонер, наприклад, споживає біля 1 л пального на годину.

Мінімізація вантажів. Потрібно встановлювати на автомобіль верхній багажник лише у тих випадках, коли це дійсно необхідно. Створюючи додатковий опір руху, цей багажник призводить до додаткової витрати пального близько 0,7 л на 100 км. Якщо на ньому розмістити габаритний багаж, наприклад велосипед, витрата пального може збільшитись на 2–4 л на 100 км. З багажного відділення необхідно прибрати увесь непотрібний вантаж.

Відмові від поїздок на короткі відстані. На початковому етапі роботи, приблизно перші 4 км руху, коли двигун ще прогрівається після холодного запуску, витрата пального може досягати 50 л на 100 км. Водночас також суттєво збільшується викид шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Згадані правила дають змогу не тільки зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу при такому ж обсязі транспортних перевезень, але й знижують імовірність небезпечних ситуацій на дорогах.

Вплив на режим роботи світлофора

На перехрестях, де рух регулюється світлофором, на сьогодні є можливість створювати умови, коли роботою світлофора управляють самі учасники руху таким чином, щоб скоротити час очікування.

Принцип такого управління полягає ось у чому. При наближення транспортного засобу до перехрестя до світлофора надсилають запит на зелене світло. Реєстрація наближення транспортного засобу може відбуватися кількома методами. Наприклад, за допомогою індуктивної рамки, вбудованої безпосередньо у покриття дороги, за допомогою радарних сенсорів чи відеокамер, встановлених на перехресті. Оснащений комп'ютером світлофор, отримуючи запити на зелений сигнал з різних напрямків руху, за кількістю сигналів оцінює інтенсивність руху на цих напрямках. За результатами оцінювання, за наперед заданим алгоритмом комп'ютер встановлює відповідний сигнал світлофора. Існують різні *варіанти таких алгоритмів*. Наведемо деякі з них:

- комп'ютер не дає команду на ввімкнення зеленого сигналу на певному напрямку руху за відсутності транспортних засобів на цьому напрямку. В усьому іншому звична схема роботи світлофора не змінюється. Тобто черговий зелений сигнал пропускається;
- комп'ютеру задається мінімальний час тривання зеленого сигналу для кожного напрямку руху. Відповідно до результатів оцінювання інтенсивності руху на напрямку комп'ютер, за необхідності, збільшує тривалість зеленого сигналу;
- при встановленні світлофора на пішохідному переході комп'ютер дає команду на увімкнення зеленого сигналу тільки у тому разі, якщо на нього надійшов запит. Тобто до переходу підійшов пішохід.

Однією з найбільш пріоритетних завдань у більшості випадків є завдання прискорення потоку громадського транспорту, тобто скорочення часу зупинки автобусів, тролейбусів і трамваїв перед світлофором. Це робить їх привабливішими для місцевих мешканців. Переваги цього очевидні:

- пріоритетність громадського транспорту на світлофорах та

прискорення їх руху приведе до того, що пасажери почнуть віддавати перевагу саме цьому виду транспорту. Це, своєю чергою, сприятиме інтенсифікації використання трамваїв, автобусів, тролейбусів;

- інтенсивне використання пасажирами громадського транспорту приведе до зменшення на дорогах інших транспортних засобів, що, своєю чергою, зменшить кількість дорожніх пробок;
- завдяки скороченню тривалості зупинок перед світлофорами можна скорочувати загальну кількість засобів громадського транспорту за незмінної пропозиції, що економічно вигідно.

Надання принципової переваги громадському транспорту перед приватним є ефективним організаційним засобом охорони довкілля. За такої організації руху автобуси, тролейбуси і трамваї одразу отримують зелений сигнал світлофора, незалежно від часу очікування, встановленого алгоритмом. Оскільки запит на зелений сигнал світлофора надходить задовго до досягнення транспортним засобом перехрестя, це дає можливість перетнути його, не зупиняючись. Це важливо з точки зору динаміки руху, економії енергії і скорочення часу поїздки.

Головним недоліком такої організації руху є короткочасність зеленого і більша тривалість червоного сигналу світлофора для інших транспортних засобів. Одним із основних завдань на сьогодні є пошук компромісу. При цьому в основу алгоритму управління закладається кількість транспортних засобів, що очікують зеленого сигналу. Такий компроміс покликаний реально скоротити час очікування для всіх учасників руху.

4.10.3. Заходи зі зниження негативного впливу автодоріг на навколишнє природне середовище

Дорожньо-будівельні машини й механізми під час роботи створюють досить високий рівень шуму. Він коливається у межах 73 ÷ 90 дБА. Особливо сильний шум створює обладнання для забивання паль, бульдозери, пневматичні відбійні молотки, вібратори тощо. Наприклад, еквівалентний рівень шуму, що його створює скрепер при наборі ґрунту становить 83 ÷ 84 дБА, при його розвантаженні — 80 дБА (причому рівень шуму не залежить від

місткості ковша). Рівень шуму при розвантаженні автосамоскиду становить 82 ÷ 83 дБА, під час роботи бульдозера (на відстані 100–150 м) він становить 65 ÷ 69 дБА. Рівень шуму від котків, які ущільнюють ґрунт (на відстані 65 м), становить 76 дБА. Рівень шуму, який створюють деякі інші машини, наведено в таблиці 4.17.

Заходи зі зниження рівня шуму від дорожньо-будівельних машин і механізмів можна поділити на кілька груп.

Перша група. Це група конструктивних заходів, пов'язаних із поліпшенням конструкції двигунів і ходової частини машин.

Друга група. Група експлуатаційних заходів, пов'язаних із регулюванням двигунів та вихлопних систем, кріпильними роботами для ходової частини, застосуванням спеціальних глушників. Для малорухомих установок (наприклад, компресорів) можливе їх розміщення в спеціальних звукопоглинальних наметах або звукоізоляційних кабінах. Шум від компресора, розміщеного в наметі, знижується на 70 %, а в звукоізоляційній кабіні — на 90 %.

Таблиця 4.17

Рівні звуку при роботі доржньотранспортних машин

Тип машини	В кабіні (на роб. місці)	На відстані 7 м
Автогрейдер	92	85
Бульдозер з потужністю двигуна більше 73,6 кВт	90	90
Екскаратор з ємністю ковша		
— 2 м ³	95	92
— 1 м ³	90	88
— 0,5 м ³	87	85
Коток важкий	90	80
Автомобіль вантажопідйомністю більше 10 т	85	90
Дизель-молот	–	110
Компресор:		
— двигуном внутрішнього згорання	101	87
— електроприводом	93	80
Відбійний молоток пневматичний	115	108

Для зниження рівня шуму навколо стаціонарних майданчиків зберігання дорожньо-будівельних машин і механізмів потрібно влаштовувати спеціальні санітарні зони з густою посадкою зелених насаджень.

Рівень шуму від транспортних потоків на автодорогах з відстанню зменшується. Зниження рівня такого шуму на шляху його поширення можна розрахувати за формулою:

$$L_n = L_1 - A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5 \text{ (дБА)}, \quad (4.11)$$

де L_n — рівень шуму в досліджуваній точці на відстані n від джерела;

L_1 — рівень шуму, заміряного на відстані 7,5 м від дороги або на інших відстанях згідно з ГОСТ 20444-75;

A_1, A_2 — зниження рівня шуму від сферичного поширення в атмосфері і внаслідок його затухання в повітрі (3 ÷ 6 дБА на кожне подвоєння відстані);

A_3 — зниження рівня шуму завдяки впливу поверхні землі на поширення звукових хвиль;

A_4 — зниження рівня шуму зеленими насадженнями;

A_5 — зниження рівня шуму екрануючими елементами.

Величина зниження рівня шуму зеленими насадженнями залежить від характеру насаджень, породи дерев і кущів, пори року, частоти звуку тощо. Смуги, що складаються з декількох рядів дерев з розривами між ними, інтенсивніше поглинають шум, знижуючи його рівень, ніж суцільні насадження зі з'єднаними кронами. Це пояснюється тим, що в багаторядних смугах насаджень крім поглинання і розсіювання шуму з'являється ще ефект багаторазового відбиття звукових хвиль поверхніми листя окремих рядів. Тому для кращого шумопоглинання необхідно, щоб крони дерев були щільно зімкнуті, а простір під кронами був щільно засаджений кущами.

Для визначення шумозахисних властивостей смуг зелених насаджень використовують формулу:

$$\Delta L - 20 \lg \frac{d + \sum_{i=1}^z B_m + \sum_{i=1}^z A_m}{d} + 1,5z + \beta \sum_{i=1}^z B_m, \quad (4.12)$$

де ΔL – зниження рівня шуму зеленими насадженнями, дБА;

d — відстань від джерела шуму до першої смуги зелених насаджень, м;

$\sum_{i=1}^z B_m$ — сумарна ширина шумозахисних поліс, м;

$\sum_{i=1}^z A_m$ — сумарна відстань між смугами насаджень,

включаючи відстань від останньої смуги до точки вимірювання шуму, м;

z — кількість смуг зелених насаджень;

β — питома поглинання звукової енергії зеленими насадженнями залежно від виду дерев та виду насаджень, дБА/м.

Висота дерев у смугах зелених насаджень для ефективного шумозахисту повинна коливатися в межах $5 \div 8$ м, їхній вік — $15 \div 20$ років. Молоді дерева з нерозвинуеною кроною не мають необхідних шумозахисних властивостей.

Орієнтовно зниження рівня шуму зеленими насадженнями можна брати за таблицю 4.18.

Таблиця 4.18

Зниження рівня шуму зеленими насадженнями

Вид посадки зелених насаджень	Ширина смуги, м	Зниження рівня шуму, дБА
Однорядна при шаховому розташуванні дерев всередині смуги	10 ÷ 15	4 ÷ 5
	16 ÷ 20	5 ÷ 8
Дворядна за відстані між рядами 3 ÷ 5 м; ряди аналогічні однорядній посадці	20 ÷ 26	8 ÷ 10
Дво-, або трирядна за відстані між рядами 3 м; ряди аналогічні однорядній посадці	26 ÷ 30	10 ÷ 12

Незважаючи на переваги зелених насаджень стосовно їх декоративності, санітарно-гігієнічних функцій тощо, ефекти шумозахисту з'являються лише через кілька років після їх висадження. Тому для шумозахисту рекомендовано використовувати швидкорослі дерева й чагарники, стійкі до умов міського середовища.

Найкращий ефект зелені насадження можуть принести в поєднанні з різними штучними екрануючими спорудами, такими як зелені вали або насипи, шумозахисні стіни, шумозахисні екрани або бар'єри, будівлі нежитлового призначення тощо.

Зниження шуму під час прокладання доріг у виїмках або їх огорожування озеленими земляними валами досягає 15 дБА. Однак виїмки можливі лише за певного рельєфу місцевості, а вали займають значні площі, що в міських умовах нераціонально. Тому на сьогодні значного поширення набули шумозахисні екрани та бар'єри.

Поділ на екрани і бар'єри досить умовний. Ці споруди поряд із відбиванням (екрануванням) шуму частину звукових хвиль поглинають. Ступені відбивання і поглинання залежать від виду матеріалів, з яких вони виготовлені. На сьогодні використовують такі матеріали: бетон, залізобетон, азбестоцемент, армований скловолокном бетон, скло, алюміній, сталь, сталь з поверхневим шаром з пластмаси, дерево, зношені автомобільні шини тощо.

Екранами і бар'єрами можна досягти зниження рівня шуму до $10 \div 20$ дБА. Для виготовлення звукопоглинальних бар'єрів застосовують також перфоровані стінки з міцного матеріалу, заповнені різними пористими матеріалами, що мають повітряні порожнини. У такому разі ефект шумопоглинання зростає на $30 \div 50$ %.

Недоліком застосування для шумозахисту екранів і бар'єрів є те, що в зимовий час вони сприяють виникненню снігових заметів.

При проходженні доріг з інтенсивним рухом через населені пункти можна використовувати шумозахисні тунелі. Часто їх виконують у вигляді текстильних покриттів на металевих і тросових несучих конструкціях. Зниження рівня шуму текстильними тунелями становить $12 \div 15$ дБА.

Питання для самоперевірки

1. Як класифікується автомобільний транспорт та які основні причини його негативного впливу на НПС?
2. Назвіть основні джерела утворення шкідливих викидів під час роботи двигуна внутрішнього згорання.
3. Охарактеризуйте види шуму, що створюються автотранспортним засобом. Як вимірюють внутрішній шум автотранспортного засобу?
4. Вкажіть засоби боротьби з вібраціями під час руху автотранспортного засобу.
5. Від чого залежить інтенсивність електромагнітного випромінювання автотранспортного засобу?
6. Який вплив на організм людини може мати шинний пил?
7. Назвіть основні екологічні показники автомобільних двигунів.
8. Наведіть приклади методів визначення концентрації оксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту у відпрацьованих газах автомобільного двигуна, а також методів вимірювання їх димності.
9. Наведіть приблизний елементний склад традиційних видів пального для автомобільних двигунів.
10. Що характеризує октанове та цетанове числа?
11. Назвіть типові несправності дизельних та карбюраторних двигунів, що призводять до збільшення шкідливих викидів з відпрацьованими газами.
12. Як впливають атмосферні умови на кількість шкідливих викидів двигуном автотранспортного засобу?
13. Охарактеризуйте основні виробничі відходи автотранспортних підприємств.
14. За якими ознаками і як класифікують автомобільні дороги, а також вулиці та дороги населених пунктів?
15. Назвіть основні напрями та характеристики впливу автомобільних доріг на НПС.
16. Як впливає дорожнє покриття та його шорсткість на витрату пального автомобілем та на склад відпрацьованих газів автомобільних двигунів?
17. Охарактеризуйте особливості забруднення ґрунтів та

- поверхневих вод у придорожніх територіях.
18. Назвіть основні заходи (пристрої), що дасть змогу поліпшити робочі процеси в двигунах автомобілів.
 19. Опишіть роботу двигуна Стірлінга та порівняйте токсичність продуктів згоряння бензинових та дизельних двигунів з двигунами Стірлінга.
 20. Опишіть роботу газотурбінного двигуна. Порівняйте токсичність продуктів згоряння бензинових та дизельних двигунів з газотурбінними двигунами.
 21. Охарактеризуйте роботу паливного елемента, його переваги та недоліки.
 22. Назвіть основні шляхи вдосконалення конструкцій автомобілів для покращення їх екологічних характеристик.
 23. Вкажіть технічні методи зменшення токсичності відпрацьованих газів автомобілів?
 24. Якими організаційними заходами можна зменшити кількість автомобілів на дорогах?
 25. Назвіть основні заходи зниження рівня шуму від дорожньо-будівельних машин і механізмів.
 26. Охарактеризуйте зниження рівня шуму від автодоріг зеленими насадженнями, екранами та бар'єрами.

РОЗДІЛ 5

ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

5.1. Огляд залізничного сектора України

Законодавством України визначено, що залізничний транспорт включає підприємства залізничного транспорту, що здійснюють перевезення пасажирів, вантажів, багажу, пошти, рухомий склад залізничного транспорту, залізничні шляхи сполучення, а також промислові, будівельні, торговельні та постачальницькі підприємства, навчальні заклади, технічні школи, дитячі дошкільні заклади, заклади охорони здоров'я, фізичної культури та спорту, культури, науково-дослідні, проектно-конструкторські організації, підприємства промислового залізничного транспорту та інші підприємства, установи та організації незалежно від форм власності, що забезпечують його діяльність і розвиток (ст. 22 Закону України «Про транспорт»).

До земель залізничного транспорту належать землі, надані в користування підприємствам і організаціям залізничного транспорту відповідно до чинного законодавства України. До складу цих земель входять ті, які є смугою відведення залізниць, а саме землі, надані під залізничне полотно та його облаштування, станції з усіма будівлями й спорудами енергетичного, локомотивного, вагонного, колійного, вантажного і пасажирського господарства, сигналізації та зв'язку, водопостачання, каналізації, захисні й укріплюючі насадження, службові, культурно-побутові приміщення та інші споруди, необхідні для забезпечення роботи залізничного транспорту. Уздовж земель залізничного транспорту можуть бути встановлені охоронні зони. Землі залізничного транспорту слід утримувати в належному санітарному стані й використовувати для вирощування деревини, у тому числі ділової, та кормів для тваринництва.

Законодавством також дано визначення поняттям *залізничний транспорт* і *залізниця* (Закон України «Про залізничний транспорт», ст. 1).

Залізничний транспорт — виробничо-технологічний комплекс організацій і підприємств залізничного транспорту

загального користування, призначений для забезпечення потреб суспільного виробництва і населення країни в перевезеннях у внутрішньому й міжнародному сполученнях та надання інших транспортних послуг усім споживачам без обмежень за ознаками форми власності та видів діяльності тощо.

Залізниця — статутне територіально-галузеве об'єднання, до складу якого входять підприємства, установи та організації залізничного транспорту і яке, при централізованому управлінні, здійснює перевезення пасажирів та вантажів у визначеному регіоні транспортної мережі.

В Україні *залізничний транспортний комплекс* розосереджений практично по всій території країни. Він складається з шести залізниць, що взаємодіють із залізницями семи сусідніх країн, а також з основними морськими портами Чорного та Азовського морів та річки Дунай. Зокрема, експлуатаційна довжина залізничних ліній становить близько 22 тис. км, з яких електрифіковані майже 45 %. На сучасному етапі розвитку цей комплекс представлено розгалуженою мережею Львівської, Донецької, Придніпровської, Південної, Південно-Західної та Одеської залізниць.

Залізничний транспорт України *за загальною довжиною шляхів* посідає четверте місце у світі після США, Росії та Канади. За вантажообігом він виконує основні обсяги перевезень — від 40 до 50 %. За пасажироперевезеннями є незаперечним лідером в Україні. На нього припадає від 50 до 70 % загального обсягу перевезень.

За обсягами вантажних перевезень залізниці України займають четверте місце на Євразійському континенті, поступаючись лише залізницям Китаю, Росії та Індії. Вантажонапруженість українських залізниць (річний обсяг перевезень на 1 км) у 3 ... 5 разів перевищує відповідний показник розвинених європейських країн.

Роль залізничного транспорту в системі транспортних комунікацій України посилюється і тим, що через територію держави пролягають основні транспортні транс'європейські коридори: Схід–Захід, Балтика–Чорне море. Зокрема, транс'європейська залізнична магістраль Е-30, що бере початок у Берліні, перетинає Україну за маршрутом Мостиська–Львів–Київ і

прямує далі до Москви. Вона ж на території Польщі перетинається зі швидкісними магістралями Е-59 і Е-65 і створює можливість швидкісного залізничного сполучення майже між усіма державами Європи.

Сьогодні *довжина національної мережі залізничних транзитних коридорів* в Україні становить більш як 3 тис. км. Це переважно двоколіїні електрифіковані, обладнані автоблокуванням магістралі, що характеризуються високим рівнем використання технічних засобів.

Із входженням України до європейського економічного простору і збільшення внаслідок цього обсягів вантажних і пасажирських перевезень, значення залізничного транспорту зростає.

У транспортній системі України залізничний транспорт тісно взаємодіє з автомобільним транспортом (траса Харків–Ростов-на-Дону, шосе Харків–Севастополь тощо), а також із річковим (порти на Дніпрі, Десні, Дунаї) та морським транспортом (порти Одеси, Миколаєва, Херсона).

Багатоколіїні ділянки залізниці становлять майже третину її експлуатаційної довжини. Найбільша частка двоколіїнних ділянок від загальної довжини залізниць України припадає на Донецьку залізницю (24 %), електрифікованих ділянок і облаштованих автоблокуванням найбільше на Придніпровській залізниці (відповідно 24 % і 22 %).

Серед основних завдань Укрзалізниці на нинішньому етапі можна зазначити необхідність організації взаємодії залізниць та підприємств із метою задоволення потреб економіки та населення в перевезеннях та забезпечення ефективної і безпечної експлуатації залізничного рухомого складу, його ремонту й оновлення. Діяльність залізниць має бути спрямована на своєчасне та якісне виконання перевезень вантажів і пасажирів, забезпечення безпеки руху потягів та безпеки життя і здоров'я громадян, охорону навколишнього природного середовища від забруднення та інших шкідливих впливів.

За прогнозами експертів, залізничний транспорт і надалі залишатиметься провідним видом транспорту в Україні, проте, темпи його розвитку можуть бути меншими, ніж автомобільного, водного і повітряного.

5.2. Характеристика залізниць України

Донецька залізниця — потужний транспортний комплекс, що обслуговує важливий промисловий район України — Донбас. Експлуатаційна довжина дороги становить 2,9 тис. км. Вона пролягає через території Донецької, Луганської, частково Дніпропетровської, Запорізької, Харківської областей (рис. 5.1). Завдяки їй Донбас має транспортний зв'язок з Придніпров'ям, центральними районами України, Кавказом, Поволж'ям.

Серед станцій Донецької залізниці є великі відправники і одержувачі будівельних матеріалів і вапняку для металургійної промисловості, залізної руди, кам'яного вугілля тощо.



Рис. 5.1. Схема Донецької залізниці

Придніпровська залізниця — одна з найнапруженіших за обсягом відправлення вантажів: вугілля, залізної та марганцевої руди, чорних металів, будівельних матеріалів, сільськогосподарської продукції (рис. 5.2).

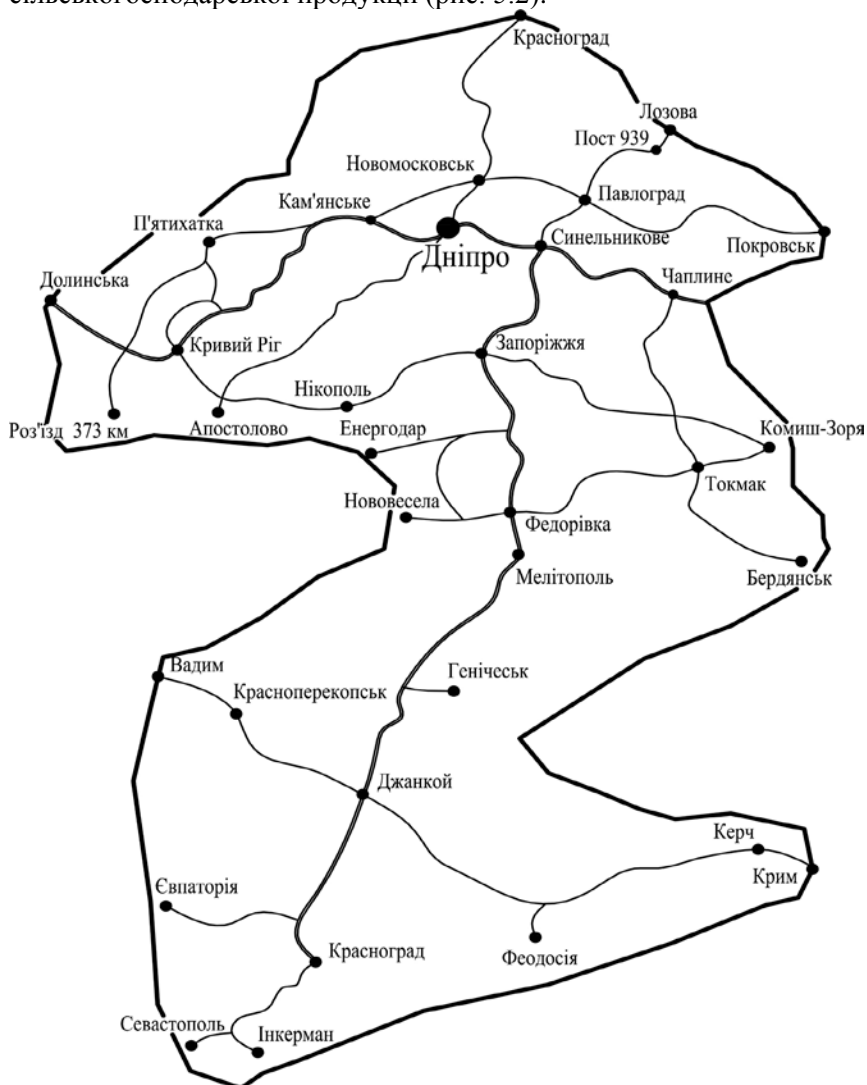


Рис. 5.2. Схема Придніпровської залізничної лінії

Залізниця обслуговує частину Нижньої Наддніпрянщини — Дніпровську, Запорізьку області, Кримський півострів та окремі райони ще п'яти областей України.

Загальна протяжність залізниці становить понад 3,2 тис. км, або 14,5 % загальної довжини залізничної мережі України. З них 58,4 % електрифіковано.

Густота залізничної мережі в Наддніпрянщині у 2...2,5 рази менша, ніж у Донбасі, що пов'язане переважно з меншою насиченістю території заводами, фабриками, шахтами, а також з наявністю в межах дороги річкового транспорту (р. Дніпро).

Майже половина усіх вантажів, що їх відправляють дорогою, — залізна і марганцева руда Криворізького й Нікопольського басейнів. Друге місце в структурі вантажів, що відправляються, належить будівельним матеріалам, третє — чорним металам.

Серед одержуваних станціями Придніпровської залізниці вантажів переважають кам'яне вугілля, залізна руда, допоміжна металургійна сировина й будівельні матеріали.

Південна залізниця — одна з найстаріших на мережі залізниць України. Вона обслуговує Харківську, Сумську, Полтавську область і частину територій областей, що прилягають до них, із сукупним населенням близько 20 млн. чол. (рис. 5.3).

Експлуатаційна довжина залізниці становить більш як 2,8 тис км, тобто 12,6 % від загальної довжини мережі залізниць України. На її частку припадає 8,5 % вантажообігу і 12,0 % пасажирообігу залізниць країни. Ця залізниця обслуговує понад 1 000 промислових підприємств. Структура перевезень має індустріально-аграрний характер. З Донбасу перевозять транзитний потік чорних металів, хімічних вантажів, будівельних матеріалів, машин і промислового устаткування.



Рис. 5.3. Схема Південної залізниці

Львівська залізниця — головні ворота в Європу. Для сполучення з країнами Західної Європи, Балтії та СНД на залізниці діють прикордонні переходи з Польщею, Словаччиною, Румунією, Білоруссю та Молдовою. Експлуатаційна довжина залізниці становить більше 4,5 тис. км, що є другим показником в Україні (рис. 5.4).

Майже 800 км ділянок Львівської залізниці входять до складу міжнародних транспортних коридорів: Львівська залізниця має 8% двоколіїних і 11% електрифікованих ліній. У внутрішньому вантажообігу провідну роль відіграють кам'яне вугілля, здебільшого з Львівсько-Волинського басейну і частково з Донбасу, мінеральні будівельні матеріали, нафтопродукти, чорні метали, машини, зерно, борошно й цукровий буряк.

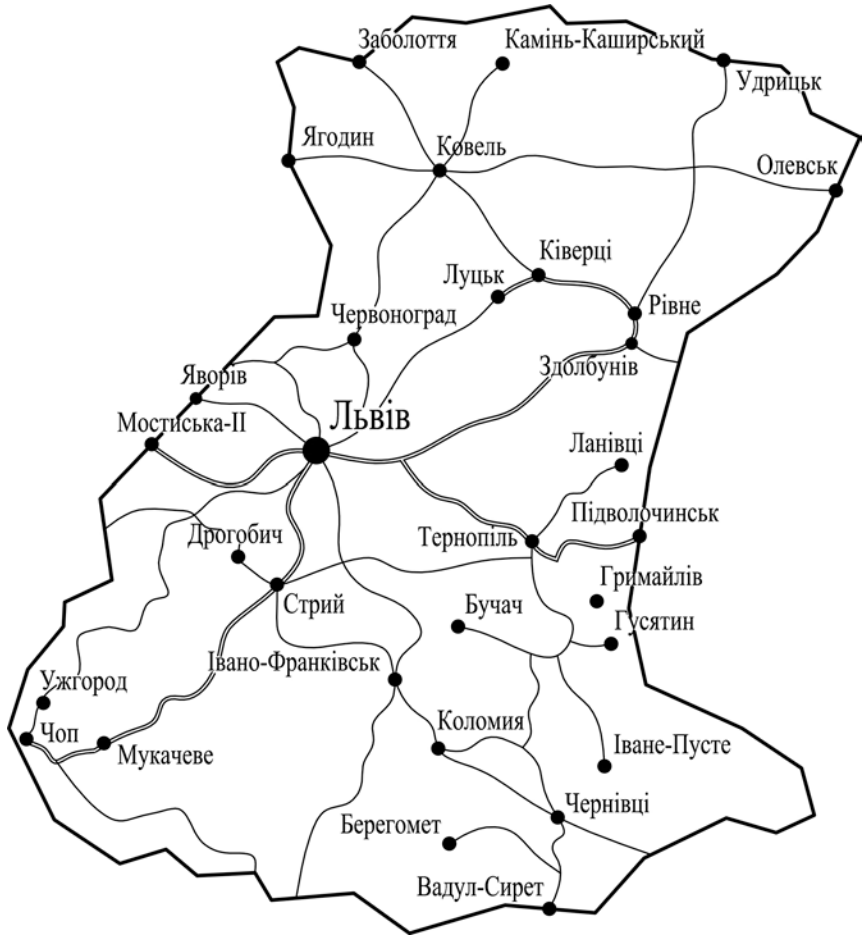


Рис. 5.4. Схема Львівської залізниці

Одеська залізниця — важлива складова єдиного транспортного конвеєра південного заходу України. Вона пролягає територією Одеської, Миколаївської, Херсонської, Черкаської, Кіровоградської та Вінницької областей (рис. 5.5).

Експлуатаційна довжина Одеської залізниці становить майже 4,1 тис. км. Протяжність електрифікованих ліній — 1,7 тис. км.



Рис. 5.5. Схема Одеської залізниці

Найбільш завантажені лінії Одеської залізниці прямують до морських портів. Основними вантажами, що їх перевозять у напрямку до Одеси, Чорноморська і Південної, є нафтопродукти, кам'яне вугілля, чорні метали й мінеральні будівельні матеріали. Велику частину вантажів перевантажують на морський транспорт і відправляють на експорт. У зворотному напрямку перевозять нафтопродукти, хлібні вантажі, а також глинозем.

Південно-Західна заліzniця обслуговує такі області України як Хмельницька, Вінницька, Житомирська, Київська, Чернігівська і частково Сумська. Експлуатаційна довжина дороги — 4,7 тис. км, що становить 20,9 % від загальної довжини мережі залізниць (рис. 5.6).



Рис. 5.6. Схема Південно-Західної залізниці

Ця залізниця має значний вантажопотік. Основні вантажі — кам'яне вугілля, чорні метали, хімічні продукти й машини Донбасу і Харкова, до яких зі станції Фастів додається потік залізної руди і чорних металів Наддніпрянщини. У загальному обсязі робіт дороги 3/5 становить транзит. Головні транзитні вантажі — залізна руда, нафтопродукти, кам'яне вугілля, чорні метали, хліб і ліс.

Експлуатаційна довжина залізниці сягає майже 4,6 тис. км. Південно-Західна залізниця лідирує серед залізниць України за обсягом пасажирських перевезень.

Південно-Західна залізниця, що обслуговує територію з розвинутою обробною промисловістю й інтенсивним сільським господарством, має пасивний вантажообіг: відправлення вантажів з її станцій менше, ніж прибуття. Серед вантажів, що їх відправляють, на першому місці знаходяться мінеральні будівельні матеріали, насамперед будівельний камінь і виробні матеріали, що їх добувають у кількох районах Українського кристалічного масиву. Істотною є частка у відправленні вантажів продукції харчової промисловості й сільського господарства, а в прибутті —

кам'яного вугілля, лісових вантажів, нафтопродуктів і чорних металів.

5.3. Вплив рухомого складу залізничного транспорту на навколишнє природне середовище

Рух поїздів на залізничному транспорті здійснюється за допомогою тягового рухомого складу, до якого належать локомотиви й моторвагонний рухомий склад. Словом «локомотив» ми завдячуємо Дж. Стефенсону. Свій перший паровоз заводського виготовлення він назвав «Локомонш». Ім'я першого паровоза згодом стало загальним для всіх наступних машин. До основних видів локомотивів належать електровози й тепловози. Існують також газотурбовози і мотовози. Вантажні локомотиви мають розвивати силу тяги, що дає можливість водити поїзди великої маси. Пасажирські локомотиви призначені для водіння легших поїздів, але з великими швидкостями.

Локомотивне господарство Укрзалізниці забезпечує експлуатацію та ремонт понад 4,5 тис. одиниць тягового рухомого складу різного призначення: електровозів, тепловозів, електропоїздів та дизель-поїздів. Господарство забезпечує перевізну роботу залізниць тяговими засобами й утримання останніх відповідно до технічних вимог. Основною виробничою одиницею локомотивного господарства є локомотивне депо, які споруджують на дільничних, сортувальних і пасажирських станціях.

Станції та інші розподільні пункти поділяють залізничну колію на відрізки, які мають назву «перегони». Станції вважаються основними виробничими одиницями залізниць і значною мірою визначають обсяг і якість їхньої роботи.

Колійне господарство включає власне залізничну колію та комплекс господарських підприємств і виробничих підрозділів, призначених для забезпечення нормальної роботи залізничної колії і проведення її планово-попереджувальних ремонтів.

5.3.1. Вплив магістральних тепловозів на навколишнє природне середовище

Тепловози створюють локальну область сильно забрудненого повітря на територіях залізничних вузлів, депо, сортувальних станцій.

Для вантажних і пасажирських тепловозів на певній ділянці курсування потягів маса i -ї забруднюючої речовини, викинутої за розрахунковий період (поїздки, добу, місяць, рік) в атмосферу j -м двигуном визначається за формулою:

$$M_{ij}^{тепл} = m_{ij} \cdot \sum Pl \cdot K_v \cdot K_f, \text{ [кг]}, \quad (5.1)$$

де m_{ij} — питомий викид i -ї забруднюючої речовини однією секцією тепловоза j -ї серії за одиницю вантажної чи пасажирської роботи, приведений одної одиниці вимірювання: вантажних поїздів — *кг речовини на тис. тоннокілометрів бруто*; для пасажирських поїздів — *кг речовини на тис. пасажирокілометрів*. Визначається для вантажних поїздів за рис. 5.7–5.9 для кожної ділянки курсування залежно від фактичного або середніх значень ваги поїздів.

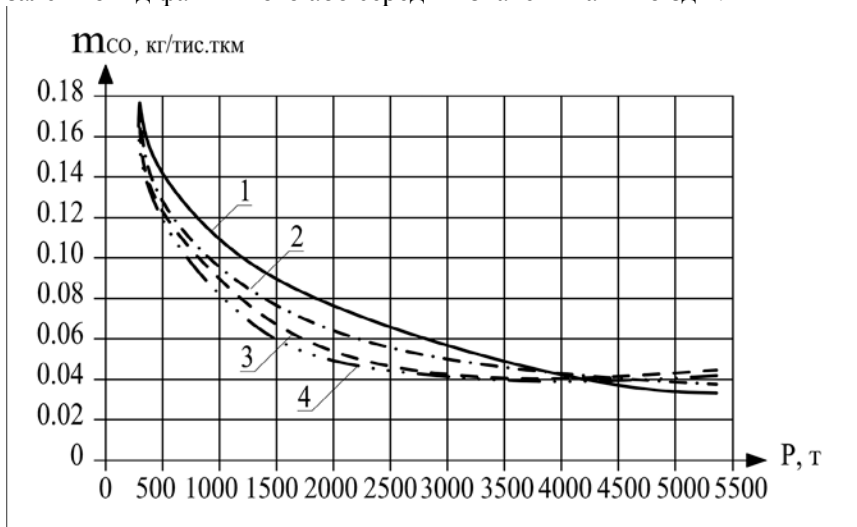


Рис. 5.7. Значення питомих викидів CO вантажними тепловозами в залежності від ваги потягів: 1 — тепловози серії ТЭ116; 2 — тепловози серії М62; 3 — тепловози серії ТЭ3; 4 — тепловози типу ТЭ10

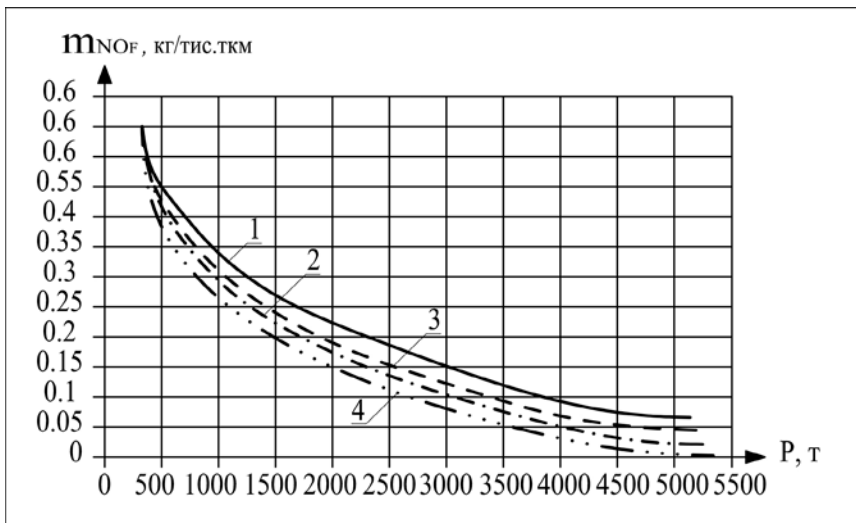


Рис. 5.8. Значення питомих викидів NO_x вантажними тепловозами в залежності від ваги потягів: 1 — тепловози серії ТЭ116; 2 — тепловози серії М62; 3 — тепловози серії ТЭЗ; 4 — тепловози типу ТЭ10

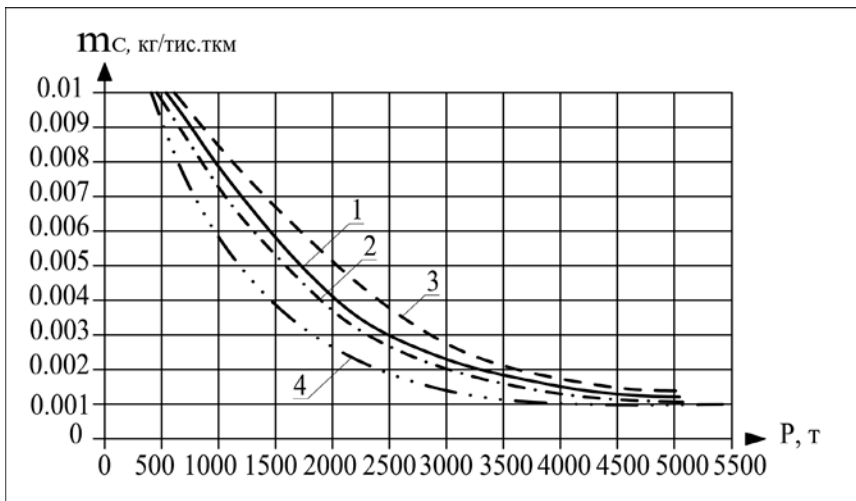


Рис. 5.9. Значення питомих викидів сажі вантажними тепловозами в залежності від ваги потягів: 1 — тепловози серії ТЭ116; 2 — тепловози серії М62; 3 — тепловози серії ТЭЗ; 4 — тепловози типу ТЭ10

K_v — коефіцієнт впливу швидкості руху поїздів на ділянці курсування. Приймається таким, що дорівнює 0,9 за збільшення дільничної швидкості на 20 % вище розрахункової, таким, що дорівнює 1,1 у разі її зниження на 20 %, і таким, що дорівнює 1,0 за дотримання заданої швидкості (прийнято на підставі експериментальних даних);

K_f — коефіцієнт впливу технічного стану тепловозів. Приймається таким, що дорівнює 1,2 для тепловозів з терміном експлуатації більш як два роки і таким, що дорівнює 1,0 для тепловозів з терміном експлуатації менше, ніж два роки.

У разі використання в перевізному процесі двосекційних тепловозів значення питомих викидів подвоюються, а для трисекційних — потроюються.

5.3.2. Вплив маневрових тепловозів та тепловозів промислового залізничного транспорту на навколишнє природне середовище

Робота маневрових тепловозів відрізняється від роботи магістральних тим, що двигуни маневрових працюють на різних режимах. Характерними режимами є: холостий хід, 25 % потужності, 50 % потужності, 75 % потужності, повна потужність. Розрахунок величин викидів забруднюючих речовин (за годину, добу, місяць, рік) виконується за формулою:

$$M_{ij}^{маневр} = \sum_{k=1}^n g_{ijk} \cdot \tau_k \cdot T \cdot K_f, \text{ [кг]}, \quad (5.2)$$

де $M_{ij}^{маневр}$ — загальна маса i -ї речовини, викинутої j -м двигуном при роботі на k -му режимі, кг;

g_{ijk} — питомий викид i -ї забруднюючої речовини при роботі j -го двигуна на k -му режимі, кг/год;

n — число режимів роботи двигуна тепловоза;

τ_k — частка часу роботи двигуна на k -му режимі, %;

T — сумарний час роботи тепловоза (за добу, місяць, рік), год.

Значення g_{ijk} і τ_k визначаються на підставі дослідницьких даних, отриманих фахівцями наукових і навчальних закладів.

Розрахунок величин викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозів промислового залізничного транспорту проводять аналогічно до розрахунку для маневрових тепловозів за формулою:

$$M_{ij}^{маневр} = \sum_{k=1}^n g_{ijk} \cdot \tau_k \cdot T' \cdot K_n \cdot K_f, \text{ [кг]}, \quad (5.3)$$

де T' — час перебування тепловоза в експлуатації, включно з часом простою в очікуванні роботи, год;

K_n — коефіцієнт використання тепловоза. Може прийматися таким, що дорівнює 0,7.

5.3.3. Вплив шляхової залізничної техніки на навколишнє природне середовище

Розрахунок величин викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами дизелів шляхової залізничної техніки проводять за формулою:

$$M_{ij}^{шл.техн} = \left(\frac{0,7e'_{ij} + 0,3e_{ij} \cdot Ne \cdot K_m}{1000} \right) \cdot T \cdot K_f, \text{ [кг]}, \quad (5.4)$$

де e'_{ij} — питомий викид i -ої забруднюючої речовини j -м двигуном при роботі на холостому ходу, г/год;

e_{ij} — питомий викид i -ої забруднюючої речовини j -м двигуном на одиницю потужності протягом години, г/кВт-год;

Ne — ефективна потужність дизеля, кВт;

K_m — коефіцієнт використання потужності. Визначає середнє експлуатаційне навантаження дизеля;

T — сумарний час роботи даної машини (за добу, місяць, рік), год;

K_f — коефіцієнт впливу технічного стану дизелів. Приймається таким, що дорівнює 1,2, для дизелів з терміном

експлуатації більше двох років і таким, що дорівнює 1,0, для дизелів з терміном експлуатації менше двох років.

5.4. Вплив стаціонарних джерел залізничного транспорту на навколишнє природне середовище

Зважаючи на специфіку діяльності, на залізничному транспорті *джерелами викидів шкідливих речовин в атмосферу є рухомий склад, пересувні та стаціонарні об'єкти* виробничих підприємств.

Викиди забруднень здійснюються на різних підприємствах залізничного транспорту під час виконання різних технологічних процесів.

До основних стаціонарних джерел належать: підприємства з переробки щебеню; рейко-зварювальні підприємства; вагоноремонтні, локомотиворемонтні та ремонтно-механічні заводи; шпалопросочувальні заводи; вагонні та локомотивні депо тощо.

5.4.1. Основні фактори впливу стаціонарних джерел залізничного транспорту

Фактори впливу об'єктів залізничного транспорту на навколишнє середовище можна класифікувати за такими ознаками:

- механічні (тверді відходи, механічний вплив на ґрунти будівельних, дорожніх, та інших машин);
- фізичні (теплові випромінювання, електричні поля, електромагнітні поля, шум, інфразвук, ультразвук, вібрація, радіація тощо);
- хімічні речовини та сполуки (кислоти, луги, солі, альдегіди, ароматичні вуглеводні, фарби і розчинники, органічні кислоти і з'єднання, антисептики).

Специфічний вплив залізничного транспорту на екологічну ситуацію в Україні обумовлений, зокрема, такими факторами:

- споживанням не поновлюваних природних ресурсів під час експлуатації залізничного транспорту (нафтопродукти, вода, повітря тощо);
- низькою паливною економічністю;
- забрудненням атмосферного повітря, водних басейнів та

грунту викидами та скидами унаслідок експлуатації рухомих та стаціонарних засобів;

- забрудненням природного середовища різними сипучими вантажами під час їх навантаження, вивантаження та транспортування, сміттям і відходами підприємств залізничного транспорту;
- забрудненням навколишнього середовища унаслідок аварій під час перевезення екологічно небезпечних вантажів.

У залежності від застосовуваного палива (твердого палива, мазуту, газу тощо), під час його горіння в атмосферне повітря виділяються різні шкідливі речовини, зокрема, оксиди сірки, вуглецю, азоту та легкої сажі з частками незгорілого палива у вигляді сажі, діоксид азоту, тверді продукти неповного згорання.

Найбільшими забруднювачами атмосферного повітря є Донецька, Одеська та Південно-Західна залізниці, що зумовлене специфікою діяльності їх складових і характером та інтенсивністю перевезення вантажів. Тобто, чимало викидів залишаються без очищення, що потребує розроблення і впровадження системи заходів щодо зменшення викидів і їх знешкодження.

Найменші обсяги викидів зафіксовано на Південній залізниці.

5.4.2. Вплив підприємств з переробки щебеню на навколишнє природне середовище

Щебінь широко використовують у будівництві насипів та прокладанні залізничних колій. Технологічний процес виробництва щебеню полягає в добуванні гірської породи та її переробці. Гірську породу видобувають у кар'єрах відкритим способом із застосуванням вибухових робіт. Гірську масу вантажать екскаватором на автомобільний або залізничний транспорт і доставляють на переробку в дробарно-сортувальний цех. У цеху, залежно від виду породи і необхідної кінцевої продукції, породу піддають дво- чи триступінчатому подрібненню. Після сортування готову продукцію подають конвеєрними транспортерами на відкритий склад, звідки відвантажують на автомобільний або залізничний транспорт.

Крім основних виробничих цехів: гірського і дробарно-сортувального, до складу щебеневого заводу входять допоміжні

цехи: транспортні, ремонтно-механічні, котельні тощо. Проте основним забрудненням, що виділяється в навколишнє середовище, є мінеральний пил. Залежно від виду гірської породи цей пил може містити до 70 % і більше вільного двоокису кремнію.

Інтенсивне пилоутворення супроводжує процеси подрібнення, сортування, транспортування та відвантаження готової продукції. Під час проведення вибухових робіт у кар'єрах відбувається залповий викид великої кількості пилу і газів.

Для боротьби з пиловиділенням у виробництві щебеня використовують гідравлічне знепилення та аспірацію. На неопалювальних щебневих заводах гідравлічне знепилення використовують сезонно, на опалювальних — цілорічно. Його застосування дає змогу скоротити пиловиділення до двох разів. Проте воно може бути обмежене умовами експлуатації технологічного устаткування й вимогами до якості продукції, що випускається.

Розрізняють *організовані* і *неорганізовані* викиди пилу. До організованих джерел відносять аспіраційні системи, обладнані пилоочисними установками. До неорганізованих — викиди у вигляді ненаправлених потоків пилу унаслідок порушення герметичності або відсутності захисних оболонок технологічного устаткування. Джерелами неорганізованих викидів є: вузли пересипання матеріалів та продукції; перевалочні роботи на складах; сховища матеріалів, що виділяють пил; вузли завантаження продукції в неспеціалізований транспорт навалом; кар'єрний транспорт і механізми; дороги з покриттями і без покриття; навантажувально-розвантажувальні роботи; буріння шурфів і свердловин; вибухові роботи.

Як пиловловлювальне устаткування на неопалювальних заводах використовують сухі циклони і рукавні тканинні фільтри, на опалювальних заводах — мокрі циклони-промивачі. Очищення запиленого повітря може бути одноступінчастим або двоступінчастим. Основна маса підприємств галузі складається з неопалювальних дробарно-сортувальних цехів з одноступінчастим очищенням аспіраційного повітря в сухих циклонах.

Річний викид пилу організованих джерел (аспіраційних установок) визначають за формулою:

$$M_{II} = \frac{Q \cdot (C^I \cdot n_1 + C^{II} \cdot n_2)}{10^6} \cdot \left(1 - \frac{\eta_T \cdot A}{100}\right), \text{ [т/рік]}, \quad (5.5)$$

де Q — продуктивність аспіраційної установки, яка визначається кількістю повітря, що видаляється від технологічного обладнання, м³/год;

C^I — концентрація пилу в повітрі, що видаляється, г/м³;

C^{II} — концентрація пилу в повітрі після гідравлічного знепилення, г/м³;

n_1 — річна кількість годин роботи установки без застосування гідравлічного знепилення, год/рік;

n_2 — річна кількість годин роботи установки з застосуванням гідравлічного знепилення, год/рік;

A — коефіцієнт, що враховує справну роботу очищувальних пристроїв.

Коефіцієнт A розраховують за формулою:

$$A = \frac{N}{N_1}, \quad (5.6)$$

де N — річна кількість днів справної роботи очисних установок;

N_1 — річна кількість днів роботи технологічного обладнання.

Розрахунок валових викидів (т/рік) від неорганізованих джерел визначають за кількістю годин роботи устаткування за рік (для вибухових робіт за кількістю вибухів, що проводяться, за рік).

Річний викид пилу на складі визначають за формулою:

$$M_{II}^{скл} = A + B + \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot T \cdot 10^6 \cdot B^I}{3600} + K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot C \cdot \Pi, \text{ [г/сек]}, \quad (5.7)$$

де A — викиди при переробці (зсіпання, перевалка, переміщення матеріалу), г/с;

B — викиди при статичному зберіганні матеріалу, г/с;

K_1 — вагова частка пилової фракції в матеріалі;
 K_2 — частка пилу (від усієї маси), що переходить в аерозоль;
 K_3 — коефіцієнт, що враховує місцеві метеоумови;
 K_4 — коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захищеності від зовнішніх впливів, умови пилоутворення;
 K_5 — коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу;
 K_6 — коефіцієнт, що враховує профіль поверхні матеріалу, що складується (визначається як $P_{факт}/P$);
 K_7 — коефіцієнт, що враховує крупність матеріалу;
 $P_{факт}$ — фактична поверхня матеріалу з урахуванням рельєфу його перерізу, м²;
 P — поверхня матеріалу в плані, м²;
 T — сумарна кількість матеріалу, що переробляється, т/год;
 C — виділення пилу з одного м² фактичної поверхні, г/м².

B^I — коефіцієнт, що враховує висоту пересипання.

Вибухові роботи в кар'єрах супроводжуються масовим короточасним виділенням пилу, що може в сотні разів перевищувати ГДК. Для розрахунку одноразових викидів при вибухових роботах користуються формулою:

$$M_{П}^{виб} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot D \cdot 10^6, \text{ [г]}, \quad (5.8)$$

де a_1 — кількість матеріалу, що піднімається в повітря під час вибуху 1 кг вибухової речовини (4 ... 5 т/кг);

a_2 — частка летючого пилу з розміром частинок 0–50 мкм, що переходить в аерозоль, по відношенню до підірваної гірської маси (в середньому $a_2 = 2 \cdot 10^{-5}$);

a_3 — коефіцієнт, що враховує швидкість вітру в зоні вибуху;

a_4 — коефіцієнт, що враховує вплив обводнення

свердловин і попереднього зволоження забою;

D — величина заряду вибухової речовини, кг.

5.4.3. Вплив рейково-зварювальних підприємств на навколишнє природне середовище

На рейково-зварювальних підприємствах зварюють шматки рейок і рейок стандартної довжини (25 м) в прогони завдовжки до 800 м. Технологічний процес складається з підготовки зварювальних стиків, безпосереднього зварювання та обробки зварного стика. Джерелами виділення забруднюючих речовин на цих підприємствах є:

- пости зачистки стиків ручним шліфувальним кругом перед зварюванням;
- зварювальні машини для контактного зварювання рейок;
- пости шліфування зварних стиків.

Окрім зварювання на цих підприємствах часто проводять наплавлення поверхні катання хрестових стрілочних переводів.

Для локалізації та видалення забруднюючих речовин, що виділяються в повітряне середовище, технологічне устаткування оснащено місцевою витяжною вентиляцією, укомплектованою пиловловлювальними установками.

Викиди пилу від поста зачистки визначають за формулою:

$$M_{\Pi} = \frac{q_1 \cdot \Pi}{1000} \cdot \left(1 - \frac{\eta_T \cdot A}{1000} \right), \text{ [кг/рік]}, \quad (5.9)$$

де q_1 — питоме пиловиділення на один стик, що оброблюється, г;

Π — число оброблюваних зварних стиків в рік, шт.;

η_T — ефективність очищення пиловловлювального устаткування, %;

A — коефіцієнт, що враховує справну роботу пиловловлювального устаткування.

Викиди зварювального аерозолу від поста зварювання визначають за формулою:

$$M_{II} = \frac{q_{36} \cdot II}{1000}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.10)$$

де q_{36} — питоме виділення зварювального аерозолі на один стик, що зварюється, г;

II — кількість зварюваних стиків в рік, шт.;

Наплавлення поверхні катання хрестових стрілочних переводів здійснюють електродами, витрата яких досягає 3 кг на одну хрестовину. Викиди зварювального аерозолі від поста наплавлення визначають за формулою:

$$M_{II} = \frac{q_{36} \cdot B \cdot II}{1000}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.11)$$

де q_{36} — питоме виділення зварювального аерозолі на один кілограм використаних електродів, г/кг;

B — кількість електродів, витрачених на одну хрестовину, шт.;

II — кількість хрестовин, що наплавляються за рік, шт.

Хімічний склад зварювального аерозолі у % за вагою є приблизно таким: оксиди заліза — 90 ... 93 %; оксиди марганцю — 1 %; оксиди хрому — 5 ... 8 %; оксиди нікелю — 1 %; оксиди титану — 0,1 %; оксиди кремнію — 0,2 %.

5.4.4. Вплив вагоноремонтних, локомотиворемонтних та ремонтно-механічних заводів на навколишнє природне середовище

Вагоноремонтні, локомотиворемонтні та ремонтно-механічні заводи здійснюють ремонт рухомого складу залізничного транспорту, виготовляють вузли, деталі, та апаратуру для експлуатації шляхового господарства та рухомого складу. Склад цехів і виробничі потужності заводів відрізняються залежно від їх продуктивності, типу здійснюваного ремонту q продукції, що випускається.

На локомотиворемонтних заводах здійснюється ремонт магістральних і маневрових тепловозів і електровозів. Вагоноремонтні заводи здійснюють ремонт пасажирських вагонів і вагонів спеціального призначення. На ремонтно-механічних заводах

проводять ремонт і виготовлення окремих вузлів і деталей, необхідних для ремонту та експлуатації рухомого складу й шляхового господарства.

Деякі ремонтні заводи окрім основної продукції виготовляють товари народного споживання господарського призначення.

До складу ремонтних підприємств можуть входити такі виробничі ділянки: складально-розбірні; механічні (металообробні й деревообробні); ливарні; термічні й ковальсько-пресові; ділянки зварювання і різання; ділянки нанесення лакофарбових покриттів; ділянки виготовлення пластмасових і гумотехнічних виробів; ділянки паяння; гальванічні ділянки.

На тепловозоремонтних заводах є також ділянки з випробування тягових двигунів, тепловозів і дизель-поїздів, у яких проводять обкатку відремонтованих дизелів.

Як правило, на кожному підприємстві є власна котельня, що працює на газі або мазуті.

Викиди забруднюючих речовин ремонтних підприємств відрізняються значною різноманітністю з кількістю джерел до 400 і більше.

На складально-розбірних ділянках проводять розбирання, очищення, миття й збирання після ремонту окремих вузлів і деталей. Очищення вузлів проводять в обдувальних та піскоструйних установках. При цьому в повітря виділяється металевий, металоабразивний та інші види пилу. Його викиди при цьому визначають за формулою:

$$M_{\Pi} = \frac{q \cdot B}{1000} \cdot \left(1 - \frac{\eta_T \cdot A}{1000} \right), \text{ [кг/рік]}, \quad (5.12)$$

де q — питоме пиловиділення на один кілограм очищуваних деталей, г/кг, $q = 1$, г/кг);

Π — кількість оброблюваних зварних стиків в рік, шт.;

η_T — ефективність пилоочисного устаткування, %;

A — коефіцієнт, що враховує справну роботу пилоочисного устаткування;

B — маса деталей, що очищуються за рік, кг/рік.

На ділянках механічної обробки металів і пластмас

використовують переважно таке устаткування: токарні, фрезерні, заточні, свердлильні, шліфувальні верстати. Характерною особливістю процесів механічної обробки металів є виділення твердих частинок пилю, металевої стружки, а також охолоджувальних аерозолів і емульсій. Останні виділяються у вигляді дрібнодисперсного туману.

Викиди кожної забруднюючої речовини визначаються за формулою:

$$M_i = q_i \cdot t_i \cdot 10^{-3} \cdot 3600, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.13)$$

де q_i — питоме виділення забруднюючих речовин на одиницю устаткування, г/сек;

t_i — загальний час роботи однотипних верстатів за рік, год/рік.

Миття деталей і вузлів здійснюють у мийних машинах або ваннах із застосуванням розчинів каустичної, кальцинованої соди і мийних порошоків.

Викиди забруднюючих речовин при здійсненні миття деталей у мийних машинах визначають за формулою:

$$M'_i = q'_i \cdot V \cdot t_i \cdot n \cdot 10^{-3}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.14)$$

де q'_i — питоме виділення забруднюючої речовини, г/год·м³;

V — об'єм мийної машини, м³.

t_i — час роботи мийної машини, год/добу.

n — кількість робочих днів на рік, днів/рік.

Викиди забруднюючих речовин при здійсненні миття деталей в мийних ваннах визначають за формулою:

$$M''_i = q''_i \cdot F \cdot t_i \cdot n \cdot 10^{-3}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.15)$$

де q''_i — питоме виділення забруднюючої речовини, г/год·м²;

F — площа дзеркала ванни, м².

На ділянках механічної обробки деревини здійснюються такі технологічні процеси: розпилювання; стругання; фрезерування та свердлення деревини на деревообробних верстатах. Основною

забруднюючою речовиною при цьому є деревний пил. Розрахунок кількості пилу, що виділяється, здійснюють за питомими показниками залежно від часу роботи кожної одиниці устаткування.

Кількість виділеного пилу визначається за формулою:

$$M^g = q \cdot t \cdot n \cdot 3600 \cdot 10^{-3} \cdot K, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.16)$$

де q — питомий показник кількості пилу у відходах, г/сек;

t — час роботи верстата, год/добу.

n — кількість однотипних верстатів, шт.;

K — кількість робочих днів на рік, днів/рік.

Усі виробничі операції на гальванічних ділянках, пов'язані з нанесенням на поверхню виробу покриттів, можна розділити на три основні групи: механічна підготовка поверхні виробу (очищення, шліфування й полірування), обробка поверхонь виробів у розчині (травлення, знежирення, промивання) і нанесення гальванічних і хімічних покриттів. Кожній із цих груп відповідають свої види і кількості забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря.

Для очищення поверхонь деталей застосовують піскоструминну і гідроабразивну обробку. Видалення з поверхонь деталей нерівностей, подряпин, утворення блискучої поверхні досягають шліфуванням, поліруванням, галтуванням, вібраційною обробкою.

Під час обробки деталей у розчинах з їх поверхні видаляють жири забруднення, мастило, окалину, продукти корозії, оксидні плівки тощо. Обробка включає кілька операцій: знежирення, травлення, хімічне й електрохімічне полірування і активування поверхонь деталей. З цією метою застосовують органічні розчинники, лужні, водні, кислотні й емульсивні мийні розчини.

Викиди парів органічних розчинників, що виділяються під час процесів знежирення деталей, визначають за формулою:

$$M_{op} = q_{op} \cdot F \cdot m_2 \cdot t \cdot n \cdot 3600 \cdot 10^{-3}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.17)$$

де q_{op} — питома кількість забруднюючих речовин, що виділяються з одиниці поверхні ванни, г/год·м²;

F — площа дзеркала ванни, м²;
 m_2 — коефіцієнт, що залежить від площі випаровування;

t — час знежирення на день, год/добу.

n — кількість робочих днів на рік, днів.

Для нанесення покриттів використовують різні хімічні речовини як у чистому вигляді, так і у складі сумішей при різних температурах, що обумовлює склад компонентів, які виділяються як забруднення в навколишнє середовище.

На ремонтних заводах проводять різні види зварювальних робіт: електродугове зварювання електродами на фіксованих робочих місцях і на загальних площах ремонтних цехів та на території заводу; газове зварювання й різання металів; напівавтоматичне зварювання дротом; контактне зварювання; наплавлення металів; плазмове різання і зварювання; зварювання в захисному середовищі.

Через те, що час виконання зварювальних робіт важко контролювати, кількість забруднюючих речовин, що виділяються, підраховують за питомими показниками, віднесеними до витрати зварювальних матеріалів.

Викиди деяких компонентів під час різання ряду металів (г/пог.м) приблизно обчислюють за такими емпіричними формулами:

- оксидів алюмінію при плазмовому різанні сплавів алюмінію:

$$q_{Al}^p = 2,4 \cdot \sqrt[3]{S}, \text{ [г/пог.м]}; \quad (5.18)$$

- оксидів титану при газовому різанні титанових сплавів:

$$q_m^p = 6 \cdot \sqrt{S}, \text{ [г/пог.м]}; \quad (5.19)$$

- оксидів заліза при газовому різанні легованих сталей:

$$q_{O.z.}^p = 0,5 \cdot \sqrt{S}, \text{ [г/пог.м]}; \quad (5.20)$$

- оксидів марганцю при газовому різанні легованих сталей:

$$q_M^p = 0,5 \frac{P_M}{100}, \text{ [г/пог.м]}; \quad (5.21)$$

- оксидів хрому при різанні високолегованих сталей:

$$q_{xp}^p = 0,135 \frac{P_{xp}}{100}, \text{ [г/пог.м]}, \quad (5.22)$$

де S — товщина листа металу, мм;

P_m , P_{xp} — процентний вміст відповідно марганцю та хрому в сталі, %.

На ремонтних підприємствах проводять фарбування деталей методами пневматичного і безповітряного розпилювання; фарбування в електростатичному полі; занурення; щіткою і валиком. Фарбування й сушіння здійснюються як у спеціальних камерах, так і на відкритих площах виробничих цехів. Під час виконання робіт у повітряне середовище виділяються забруднюючі речовини у вигляді пари розчинників і аерозолу фарби. Кількість забруднюючих речовин залежить від того, з яких матеріалів виготовлено фарбу, методу фарбування й ефективності роботи очисних пристроїв.

Розрахунок виділення забруднюючих речовин проводять окремо під час фарбування й під час сушіння. Виділення аерозолу фарби під час фарбування визначається за формулою:

$$M_{\phi}^{aep} = m \cdot \delta_{\phi} \cdot 10^{-4} K_c, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.23)$$

де m — кількість фарби, що використовується за рік, кг;

δ_{ϕ} , — частина фарби, що втрачається у вигляді аерозолу, %.

K_{ϕ} — частина фарби, що не випаровується (сухий залишок), %.

Виділення компонентів розчинників, які входять до складу фарби під час фарбування, визначають за формулою:

$$M_p^{nap} = 0,8 \cdot m \cdot f_p \cdot \delta'_p \cdot 10^{-4}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.24)$$

де f_p — вміст забруднюючих речовин у ЛФМ (лакофарбовому матеріалі), %;

δ'_p , — частка розчинника, що виділяється при нанесенні покриття, %;

0,8 — коефіцієнт виходу летких речовин ЛФМ.

Виділення забруднюючих речовин під час сушіння

пофарбованих поверхонь визначають за формулою:

$$M_{суш}^{нар} = 0,8 \cdot m \cdot f_p \cdot \delta_p'' \cdot 10^{-4}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.25)$$

де δ_p'' , — частка розчинника, що виділяється при сушінні, %.

Для розбавлення фарб (емалей) застосовують різні розчинники. Тому під час сушіння виділяються пари цих розчинників. Виділення їх компонентів визначають за формулою:

$$M_{суш}^{розч} = 0,8 \cdot m' \cdot f_p' \cdot 10^{-2}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.26)$$

де m' — кількість розчинника, що використовується за рік, кг;

f_p' , — кількість забруднюючих речовин, що містяться в розчиннику, %.

Викиди аерозолу фарби визначають за формулою:

$$T_{\phi}^{вик} = M_{\phi}^{аер} \cdot K_{ос} \left(1 - \frac{\eta_T \cdot A}{100} \right), \text{ [кг/рік]}, \quad (5.27)$$

де $K_{ос}$ — коефіцієнт осідання аерозолу фарби в повітропроводах;

η_T , — коефіцієнт очищення вловлюючого апарату, %.

A — коефіцієнт, що враховує справну роботу очисного устаткування.

Для вловлювання аерозолу фарби використовують гідрофільтри, коефіцієнт очищення яких визначають за формулою:

$$\eta = 65 + 5 \cdot V, \quad (5.28)$$

де V — швидкість повітря в промивному каналі, м/с.

Викиди компонентів розчинників визначають за формулою:

$$T_p^{вик} = M_p^{нар} \left(1 - \frac{\eta_{T1} \cdot A_1}{100} \right) + \left(M_{суш}^{нар} + M_{суш}^{розч} \right) \left(1 - \frac{\eta_{T2} \cdot A_2}{100} \right), \text{ [кг/рік]} \quad (5.29)$$

де η_{T1} — коефіцієнт вловлювання компонентів розчинників у вловлювальному апараті, встановленому в установках для фарбування, %;

$\eta_{Г2}$ — коефіцієнт вловлювання компонентів розчинників у вловлювальному апараті, встановленому в установках для сушіння, %;

A_1, A_2 — коефіцієнти, що враховують справну роботу очисного устаткування, встановленого відповідно в установках для фарбування і сушіння.

На термічних і ковальсько-пресових ділянках проводять нагрівання металу для кування в нагрівальних печах і ковальських горнах, надання металу певних властивостей шляхом гартування, ціанування, випалювання, відпускання і нормалізації. Ковальський горн (нагрівальна піч) може працювати на твердому паливі (вугілля), рідкому (мазут), газі та електриці. Для гартування у ваннах застосовують мінеральні мастила.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин при згорянні різних видів палива в печах і горнах проводять аналогічно з розрахунками для котельних, за винятком оксидів азоту. Викиди останнього визначаються за формулою:

$$M_{NO_x} = g_1 \cdot B_1 \cdot 10^{-3}, \text{ [т/рік]}, \quad (5.30)$$

де g_1 — питома кількість оксидів азоту, що виділяється при згорянні одиниці палива, кг/т (кг/м³);

B_1 , — кількість палива, що спалюється, т (м³).

При обробці металевих злитків і заготовок штампованих виробів (гартування, ціанування, випалювання, нормалізація) виділення забруднюючих речовин визначають за формулою:

$$M_i^{обp} = g_i^{обp} \cdot B_i \cdot 10^{-3}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.31)$$

де $g_i^{обp}$ — питома виділення забруднюючих речовин на кілограм металу, г/кг;

B_i , — кількість оброблюваного металу за рік, кг.

Виділення від ванн при гартуванні або відпусканні, коли відсутні дані про кількість деталей, що піддаються гартуванню, розраховують за формулою:

$$M_i^e = g_i^e \cdot m \cdot t \cdot 10^{-3}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.32)$$

де g_i^6 — кількість забруднюючих речовин, що виділяється з однієї ванни, г/год (приймається, що для кожної масляної ванни виділення аерозолів і парів становить 10 г/год);

m , — кількість ванн на ділянці, шт.;

t , — час роботи ванн, год/рік.

Ливарні цехи ремонтних заводів залізничного транспорту мають плавильні агрегати, шихтовий двір, ділянки приготування формувальних і стрижневих сумішей, місця розливання металу і очищення відливок.

Залежно від способів лиття й методу приготування рідкого металу номенклатура технологічного устаткування в ливарних цехах, а також їх склад можуть бути різними.

Як плавильні агрегати на ремонтних заводах використовують ливарні горна (вагранки), електродугові та індукційні печі. Основний вид лиття — в піщано-глинисті форми.

Валові викиди забруднюючих речовин при плавленні металів визначають за формулою:

$$M_i^{nl} = g_i' \cdot B \cdot \left(1 - \frac{\eta_T \cdot A}{100}\right), \text{ [кг/рік]}, \quad (5.33)$$

де g_i' — питомі виділення забруднень на одиницю продукції, кг/т;

B — кількість металу, що виплавляється на рік, т/рік;

η_T , — ефективність очищення вловлюючих апаратів, %.

A — коефіцієнт, що враховує справну роботу очисного устаткування.

За відсутності очисного устаткування приймається $\eta_T = 0$.

У процесі випуску чавуну з ливарних горнів виділення забруднюючих речовин розраховують за формулою:

$$M_i^{l2} = g_i^{l2} \cdot B_q \cdot 10^{-8}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.34)$$

де g_i^{l2} — питомі виділення забруднень на одиницю продукції, кг/т;

B_q — кількість металу, що виплавляється на рік, т/рік.

При виливанні чавуну у ковші $g_i^{лс}$ для оксиду вуглецю становить 125 ... 130 г, для графітного пилю — 18...22 г.

У ливарних цехах виділяється також значна кількість пилю. Його джерелами є процеси підготовки шихтових і формувальних матеріалів, процеси витягання відливок з піщано-глинистих форм і очищення їх від відпрацьованих формувальних сумішей за допомогою вибиваючого устаткування тощо.

Під час роботи з акумуляторними батареями на акумуляторних дільницях у повітря виділяються гази: водень, кисень і аерозоль сірчаної кислоти. Кількість газів, що виділяються, залежить від багатьох чинників, що супроводжують процес заряджування акумуляторних батарей (ступінь розрядженості й зношеності батареї, температура, час заряджування).

Найбільше виділення газів спостерігається наприкінці заряджування. Основною забруднюючою речовиною, що має контролюватися, є аерозоль сірчаної кислоти. Її викиди на акумуляторній ділянці розраховують за формулою:

$$M_{H_2SO_4}^{акум} = 0,9 \cdot q \cdot (Q_1 \cdot n_1 + Q_2 \cdot n_2 + \dots + Q_n \cdot n_n) \cdot 10^{-6}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.35)$$

де q — питоме виділення сірчаної кислоти, приймається таким, що дорівнює 1 мг/А·год;

$Q_{1 \div n}$ — номінальна ємність кожного типу акумуляторних батарей, наявних у ділянці, А·год;

n — кількість зарядок батарей відповідної ємності за рік.

Під час розбирання й збирання акумуляторних батарей використовують бітумну мастику, при розігріванні якої виділяється аерозоль мастила. Під час відливання свинцевих клем і міжелементних з'єднань виділяється свинець.

Викиди масляного туману і свинцю визначаються за формулою:

$$M_{mm, Pb}^{акум} = m_i \cdot t \cdot S \cdot n \cdot 10^{-3}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.36)$$

де m_i — питомий викид i -ї речовини на одиницю площі

дзеркала тигеля, г/сек·м²;

t — час перебування свинцю (мастики) в розплавленому стані в тигелі при одному розігріванні, сек;

S — площа дзеркала тигеля, в якому плавиться свинець (бігумна мастика), м²;

n — кількість розігрівань тигеля в рік.

На мідницьких дільницях для паяльних робіт використовують м'які припої, які плавляться при температурі 180 ... 230 °С. Ці припої містять свинець і олово, тому при паянні в повітря виділяються аерозолі цих металів. Розрахунок викидів проводять окремо для свинцю і олова за формулою:

$$M_i^{Pb,олово} = q_i \cdot a \cdot n \cdot k \cdot 3600 \cdot 10^{-3}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.37)$$

де q_i — питомі виділення свинцю і олова, г/сек;

a — «чистий» час паяння на день, год;

n — кількість робочих днів на рік;

k — кількість паяльних постів.

На тепловозоремонтних заводах є виробничі дільниці, де проводять випробування і обкатку дизельних двигунів після їх ремонту як на спеціальних стендах, так і під час приймання в ремонт і здавання відремонтованих тепловозів.

Під час роботи двигуна виділяються забруднюючі речовини: оксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводні, сірчистий ангідрид, сажа.

Обкатку двигунів проводять як без навантаження (холостий хід), так і з навантаженням.

Викиди забруднюючих речовин для i -го типу двигуна визначають за формулою:

$$M_i^{\text{обкатка}} = \frac{C_i \cdot B \cdot \alpha + C'_i \cdot (1 - \alpha) \cdot B}{10^3}, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.38)$$

де C_i — питоме виділення забруднюючих речовин (на холостому ходу) на один кілограм палива, г/кг;

C'_i — питоме виділення забруднюючих речовин при роботі двигуна з навантаженням, г/кг;

B — річна витрата дизельного палива, що витрачається на обкатку двигунів, кг/рік;

α — частка роботи двигуна на холостому ході.

Значення величин B і α приймають за даними заводу відповідно до режимних карт випробувань.

5.4.5. Вплив шпалопросочувальних заводів на навколишнє природне середовище

На шпалопросочувальних заводах (ШПЗ) відбувається підготовка й просочування дерев'яних шпал, що йдуть на відновлення, ремонт і будівництво залізничного полотна. Шпали просочують антисептиком, у складі якого використовують кам'яновугільну і сланцеву олії. Підготовлені для просочування шпали укладають на вагонетки і подають у просочувальний циліндр, в який під тиском надходить антисептик. Процес триває від 2 до 8 годин залежно від способу просочування і породи деревини, за температури близько 200 °С.

Після просочування антисептик відводять із робочого циліндра в проміжну ємність (маневровий циліндр) за допомогою стисненого повітря й вакуум-насоса. Просочені шпали вивантажують із просочувального циліндра і після охолодження подають на склад готової продукції.

Основні джерела виділення забруднення: просочувальний циліндр у період вивантаження шпал; трубопровід і вакуум під час перекачування антисептика з робочого циліндра в маневровий і створення вакууму в робочому циліндрі; вагонетки з просоченими шпалами в період їх охолодження і доставки на склад готової продукції. У повітряне середовище виділяються такі речовини: нафталін, антрацен, аценафтен, бензол, толуол, етилбензол, ксилол, фенол.

Викиди від місця вивантаження шпал з просочувального циліндра від трубопроводу і вакуум-насоса відводяться через повітропроводи місцевої і витяжної загальнообмінної вентиляції і викидаються в атмосферу.

Охолодження просочених шпал відбувається простонеба, тому викиди на місцях охолодження надходять безпосередньо в атмосферу.

При проектуванні нових шпалопросочувальних заводів

передбачають установку апаратів каталітичного або термічного очищення газів, що відводяться від технологічного устаткування, а також влаштування критих споруд для охолодження шпал після просочення.

Викиди окремих компонентів від джерел ШПЗ розраховують за формулою:

$$M_i^{\text{ШПЗ}} = q_i \cdot B \cdot \left(1 - \frac{\eta_T \cdot A}{100}\right) \cdot 10^6, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.39)$$

де q_i — питомі виділення компоненту, що входить до складу викидів, на один кубічний метр деревини, мг/м³;

B — річна кількість деревини, що просочується, м³;

η_T , — ефективність газоочисної установки, %;

A — коефіцієнт, що враховує справну роботу очисного устаткування.

5.4.6. Вплив вагонних і локомотивних депо на навколишнє природне середовище

У *локомотивних і вагонних депо* проводять обслуговування й ремонт рухомого складу. Локомотивні й вагонні депо займають значні за площею території, частина яких забруднюється нафтопродуктами в процесі здійснення виробничої діяльності: дизельним паливом і дизельними оливами, що проливаються під час заправлень локомотивів, мастилами — при заправленні букс, мазутом — при використанні його в котельнях депо. Загалом технологічні процеси в них аналогічні процесам, що відбуваються на вагоноремонтних і локомотиворемонтних заводах. Унікальними технологічними процесами, що проводяться в локомотивних депо й пов'язані з виділенням забруднюючих речовин у повітряне середовище, є приготування сухого піску й заправка локомотивів сухим піском.

Пісок використовують для підвищення сили тяги локомотива унаслідок посипання піском рейок. Ця ідея виникла щойно почало розвиватися паровозобудування. На рухомому рейковому складі встановлюють пісочницю — велику ємність, призначену для подачі піску під колеса. Основна мета —

поліпшення зчеплення коліс із рейками для збільшення дотичної сили тяги і виключення буксування. Використовують кварцовий пісок з розмірами частинок 0,2...0,5 мм. Це має бути однорідний матеріал з мінімальним вмістом шкідливих домішок і глинистих частинок. На магістральних залізницях використовують пісок підвищеної і нормальної якості, для промислового залізничного транспорту — нормальної якості. До використовуваного піску висувають підвищені вимоги щодо вологості. Вона не повинна перевищувати 0,5 % (сумарний вміст механічно доданої води і гігроскопічної вологи щодо ваги піску). Для цього пісок попередньо висушують у печах.

Технологічний процес сушіння складається з: подачі сирого піску в сушильну піч; сушіння піску в печі за рахунок спалювання палива (як паливо використовується газ або мазут); подачі сухого піску пневмотранспортом у ємнісні сховища; подачі піску з ємнісного сховища в роздавальний бункер, заправка піском локомотивів.

Викиди пилу, пов'язані з сушінням і транспортуванням піску, визначають за формулою:

$$M_n^{нул} = T \cdot q_n \cdot \left(1 - \frac{\eta_T \cdot A}{100}\right), \text{ [кг/рік]}, \quad (5.40)$$

де q_n — питоме виділення пилу на тону сухого піску, кг/т;

T — річна витрата сухого піску, т/рік;

η_T , — ефективність знепилювальної установки, %;

A — коефіцієнт, що враховує справну роботу очисного устаткування.

У складі вагонних депо або як самостійні підприємства працюють промивально-пропарювальні станції (ППС). Території промивально-пропарювальних станцій займають площу, більшу, ніж депо, з якої приблизно чверть досить сильно забруднена залишками перевезених нафтових вантажів. На цих станціях проводять обробку й очищення наливних цистерн від залишкових нафтопродуктів. Технологічний процес очищення включає такі операції, пов'язані з виділенням у повітряне середовище забруднюючих речовин: пропарювання цистерн парою, промивання гарячою водою,

продування й видалення залишкових газів із цистерни (дегазація).

Викиди забруднюючих речовин, що потрапляють у повітряне середовище через відкритий люк цистерни, визначають за формулою:

$$M_i^{цист} = q_i \cdot P, \text{ [кг/рік]}, \quad (5.41)$$

де q_i — питомі виділення інгредієнтів, що входять до складу викидів на одну цистерну, кг;

P — річна кількість оброблюваних цистерн, шт.

5.5. Утворення стічних вод на підприємствах залізничного транспорту

Крім згаданих вище, на залізничному транспорті *функціонує багато дрібних підприємств* — ремонтні майстерні, автобази, пральні, склади палива тощо. Крім нафтопродуктів і мінеральних забруднень стічні води цих підрозділів можуть забруднювати розчинні солі, луги та ін.

Підприємства Укрзалізниці є найбільшими споживачами води серед підприємств транспортного комплексу, щороку використовуючи значну кількість води для різних господарсько-побутових і виробничих потреб. Основними споживачами водних ресурсів на залізничному транспорті є вагонні й локомотивні депо, промивно-пропарювальні станції, пункти підготовки вагонів, заводи з ремонту рухомого складу, дирекції з обслуговування пасажирів тощо. Воду використовують і в багатьох технологічних процесах залізничного господарства, під час здійснення яких її забруднюють різні домішки, і вона переходить у розряд виробничих стічних вод. Водоспоживання об'єктами залізничного транспорту характеризується такими даними: вагонне господарство — 20 %; локомотивне господарство — 10 %; підприємства з ремонту рухомого складу — 7,5 %; господарсько-питне водопостачання — 50 %; колійне господарство і шпалопросочувальні заводи — 11,5 %; інші об'єкти — 1,0 %.

Використання води на підприємствах залізничного транспорту здійснюється для:

- охолодження технологічного устаткування;

- очищення та промивання рухомого складу, його вузлів і деталей, технологічного устаткування тощо;
- створення основи різноманітних технологічних розчинів, які застосовують при очищенні рухомого складу, нанесенні гальванічних покриттів, регенерації іонообмінних водопом'якшувальних фільтрів тощо.

Групування областей за частками у загальному обсязі викидів забруднюючих речовин в атмосферу та забору води підприємствами Укрзалізниці наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Групування областей за частками у загальному обсязі викидів забруднюючих речовин в атмосферу та забору води підприємствами Укрзалізниці

Області	Викиди в атмосферу забруднюючих речовин, т	Частка областей у загальному обсягу викидів, %	Забір води, тис. куб. м	Частка областей у загальному обсягу забору, %
1	2	3	4	5
<i>І група (понад 5%)</i>				
Донецька	1489,5	7,28	4915,4	7,24
Дніпровська	1421,1	6,94	4689,6	6,91
Харківська	1369,8	6,69	4520,3	6,66
Львівська	1232,1	6,02	4065,9	5,99
Вінницька	1135,8	5,55	3748,1	5,52
Луганська	1080,9	5,28	3567,0	5,26
Одеська	1037,7	5,07	3424,4	5,05
<i>II група (4 ... 5%)</i>				
Житомирська	1013,4	4,95	3344,2	4,93
Запорізька	893,7	4,37	2949,2	4,35

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
III група (3 ... 4%)				
Чернігівська	802,8	3,92	2649,2	3,90
Кіровоградська	800,1	3,91	2640,3	3,89
Київська	792,9	3,87	2616,6	3,86
Полтавська	767,7	3,75	2533,4	3,73
Сумська	740,7	3,62	2444,3	3,60
Миколаївська	677,7	3,31	2236,4	3,30
Хмельницька	658,8	3,22	2174,0	3,20
Черкаська	586,8	2,87	1936,4	2,85
Закарпатська	575,1	2,81	1897,8	2,80
Волинська	558,9	2,73	1844,4	2,72
Рівненська	528,3	2,58	1743,4	2,57
Тернопільська	521,1	2,55	1719,6	2,53
Івано-Франківська	431,1	2,11	1422,6	2,10
Чернівецька	414,9	2,03	1369,2	2,02
Херсонська	413,1	2,02	1363,2	2,01
Україна в цілому	20462,98	100	67860	100

Транспортно-екологічне районування території України дає змогу виокремити регіони з різним рівнем впливу залізничного транспорту на природне середовище. Так, найбільший вплив на навколишнє середовище здійснюють об'єкти й підприємства Укрзалізниці, розташовані у Вінницькій, Дніпропетровській, Донецькій, Львівській, Луганській, Одеській і Харківській областях.

Найбільшими споживачами водних ресурсів можна вважати Донецьку та Придніпровську залізниці, тимчасом як найменші обсяги споживання води припадають на Південну залізницю. Таку ситуацію можна пояснити як певною водозабезпеченістю регіонів

транспортних мереж, так і відмінністю між показниками роботи залізниць.

Технологія здійснення більшості виробничих операцій на залізниці також пов'язана зі споживанням води й утворенням забруднених стічних вод. *Так, виробничі стічні води локомотивних і вагонних депо здебільшого утворюються в процесі зовнішнього обмивання рухомого складу, під час промивання вузлів і деталей перед ремонтом, у гальванічних цехах або дільницях, під час промивання й заправлення акумуляторів, регенерації фільтрів, продування й промивання парових котлів, миття оглядових каналів і прання спецодягу.*

Здебільшого стічні води пунктів обмивання пасажирських вагонів і електросекцій містять завислі речовини й нафтопродукти, а також бактеріальні забруднення, які змивають під час обмивання підвагонних вузлів. Залежно від виду застосовуваного мийного засобу в стоках можуть бути присутні кислоти, луги, поверхнево-активні речовини.

На пунктах підготовки вантажних вагонів стічні води утворюються під час зовнішнього обмивання та внутрішнього промивання вагонів з-під різних вантажів (мінеральні добрива, хімікати, будівельні матеріали, комбікорми, зерно тощо). Ці стоки забруднені, як правило, важкими мінеральними домішками, містять розчинені солі, нафтопродукти з ходових частин, органічні сполуки тваринного чи рослинного походження.

Стічні води промивально-пропарювальних станцій утворюються під час пропарювання й промивання цистерн з-під нафти, дизельного палива, мазуту, гасу, бензину (зокрема етилованого), мастил та продуктів переробки нафти, а також під час обмивки естакад і лотків. Ці стоки забруднені переважно нафтопродуктами й завислими речовинами. У них можуть бути присутні, зокрема, феноли, органічні кислоти, ацетон, тетраетилсвинець.

Виробничі стоки після зовнішнього обмивання цистерн містять переважно речовини та нафтопродукти. Температура цих стоків зазвичай підвищена.

Виробничі стічні води шпалопросочувальних заводів утворюються з конденсату пару, води для охолодження, робочої води вакуум-насосів, стоків гаражів, пральних і ремонтних цехів.

При цьому у воду потрапляє багато механічних домішок та нафтопродуктів. Під час відстоювання спеціального антисептика в сховищах, просочення в циліндрах вологої деревини у воду попадають олії, феноли, жирні кислоти, піридин та інші сполуки, що входять до складу просочувальних олій. Крім цього, у воду переходять органічні речовини, що містяться в оброблюваній деревині — скипидар, ацетон, органічні кислоти. Значна частина забруднень знаходиться в стічних водах шпалопросочувальних заводів у розчиненому стані. Як правило, стоки мають підвищену температуру.

Дезінфекційно-промивні станції призначені для оброблення вагонів після перевезення худоби, птахів, шкірсировини, вовни, кісток та ін. Після промивання вагонів стічні води цих підприємств забруднені залишками перевезених вантажів, речовинами, які застосовують для дезінфекції вагонів (хлорне вапно, каустична сода). У них можуть бути присутні також бактеріальні забруднення. За складом розчинених забруднень ці стоки близькі до господарсько-побутових стоків.

У залежності від санітарного стану вагонів, які промивають, стічні води, що утворюються, поділяють на три категорії: води від промивання вагонів після перевезення здорових тварин, м'яса і шкірсировини; води від промивання вагонів після перевезення хворих або підозрюваних на захворювання тварин, імпортованих тварин і, нарешті, води після промивання вагонів, де перебували тварини, хворі чи підозрювані на захворювання на особливо небезпечні хвороби (сибірська виразка, ящур, сап), а також шкірсировина, не перевірена на збудників цих хвороб.

Виробничі *стічні води на щебеневих заводах* утворюються під час промивання щебеню, мокрого очищення повітря від пилу в аспіраційних системах, у гідрозатворах дробарок, охолодження маслогосподарства дробарок, обмивання устаткування, що ремонтується, прибирання приміщень. Стоки забруднюють переважно мінеральні завислі речовини, у незначних кількостях можуть бути присутні нафтопродукти.

На *рейкозварювальних потягах виробничі стічні води* утворюються під час охолодження зварювальних і гартівних агрегатів, випуску води з мийних машин для обмивання старорічних замощених рейок. Як домішки стоки цих підприємств містять

переважно нафтопродукти та завислі речовини. Під час використання мийних машин стоки можуть бути забруднені лугами й поверхнево-активними речовинами.

Стічні води пасажирських станцій здебільшого являють собою господарсько-побутові стоки, забруднені мінеральними й органічними домішками, включно з жирами і мийними засобами.

5.6. Інші забруднення, що утворюються на підприємствах залізничного транспорту

Підприємства залізничного транспорту займають території, які відрізняються не лише розмірами, але й ступенем забруднення. Характер технологічних процесів, здійснюваних підприємством, визначає вид та площу забруднення. Найпоширенішими забруднювачами територій підприємств залізничної галузі є нафта й нафтопродукти, мазут, дизельне паливо, олії і мастильні матеріали, антисептики, феноли, а також залишки перевезених вантажів і відходи виробництва.

Причиною забруднення залізничних колій нафтопродуктами є витікання їх із цистерн і зливальних приладів під час перевезення. Мастила потрапляють на шляхи під час сезонних і епізодичних заправлень букс, з колісних пар, а також безпосередньо з нещільно зачинених букс під час руху поїзда.

Значні обсяги земель займають *залізничні станції та пункти технічного обслуговування вагонів*, частина яких забруднюється, зокрема, сипучими вантажами, розлитими нафтопродуктами при маневрах рухомого складу та руху вантажних потягів.

Однією з форм фізичного (хвильового) забруднення навколишнього природного середовища об'єктами залізничного транспорту є *шум*. Рівень шуму на відстані 50 м від залізничного вокзалу становить у середньому 71 дБА, сортувальної станції — 74 дБА, залізничної лінії — 77 дБА і більше.

Зважаючи на те, що з кожним роком відбувається підвищення вантажності й швидкості залізничного транспорту, ці показники збільшуються, що в кінцевому підсумку призводить до зростання інтенсивності шумової «агресії» у всьому світі й негативно впливає на стан здоров'я та самопочуття мешканців планети. І, як свідчать проведені фахівцями у галузі залізничного

транспорту дослідження, зменшення шумового впливу від рухомого складу у сучасних умовах є складним завданням, вирішення якого пов'язане з необхідністю проведення комплексу технічних заходів щодо вдосконалення конструкції колій, локомотивів, вагонів тощо.

Для зниження шуму на залізничному транспорті здійснюються такі заходи:

- запровадження на сортувальних станціях радіозв'язку;
- заміна гальмових і башмаків на уповільнювачі, ланкової колії на безстикову;
- забезпечення маневрових тепловозів глушниками шуму;
- захисні лісові насадження.

Проте, як показує практика, ці заходи не забезпечують зниження рівня шуму до допустимого санітарними нормами.

5.7. Зниження негативного впливу на навколишнє природне середовище виробничих процесів на стаціонарних об'єктах залізничного транспорту

Одним із найнебезпечніших процесів, що негативно впливають на навколишнє середовище, є *миття* деталей під час ремонтів. У стічні води при цьому потрапляють нафтопродукти, поверхнево-активні речовини, різні солі й кислоти.

Мийні розчини забруднюють ґрунти й атмосферне повітря. Для забезпечення екологічності процесу миття необхідні замкнуті системи використання мийних розчинів і ефективна вентиляція з пристроями для уловлювання аерозолів. Не допускається потрапляння їх у ґрунти.

Під час розбирання рухомого складу найважливіше забезпечити збереження й повторне використання деталей після їх відновлення різними ресурсозберігаючими методами.

Під час виготовлення заготовок деталей литтям необхідно передбачити іскрогасники в трубах печей, очищати газові потоки від плавильних агрегатів, а печі від пилу, аерозолів шкідливих речовин; знижувати рівні теплових та іонізаційних випромінювань до встановлених стандартами значень; не допускати утворення вибухонебезпечних концентрацій газів, пилу та аерозолів; передбачати засоби захисту навколишнього середовища від

шкідливих речовин, пилу, шуму, випромінювань.

Під час виготовлення заготовок деталей куванням і штампуванням необхідно виключати вплив вібрації на конструкції будівель, щоб не викликати їх пошкоджень, захищати навколишній простір від шуму, викидів, пилу, газів, аерозолів; забезпечувати охолодження обладнання водою за замкнутим циклом: не допускати контакту нагрітих виробів з горючими речовинами, попереджувати утворення вибухонебезпечних концентрацій пилу і газів, передбачати кошти для очищення викидів в атмосферу та стоків у водойми.

Під час термічної обробки деталей слід виключати утворення вибухонебезпечних концентрацій газів і парів, очищувати викиди в атмосферу від аерозолів шкідливих речовин, зменшувати теплові та іонізаційні випромінювання, очищувати стоки від механічних і хімічних забруднень, зменшувати витрату води.

Під час нанесення металевих покриттів на деталі методом електролізу необхідно не допускати змішування лужних розчинів з кислотними, утворення вибухонебезпечних концентрацій газів у приміщеннях; очищувати викиди в атмосферу від шкідливих хімічних речовин; виключати залпові скиди електролітів, травильних та інших розчинів у водойми; забезпечувати замкнутість водокористування і створення пристроїв очищення стоків від важких металів і хімічних сполук.

У виробничих процесах зварювання слід передбачати засоби захисту докільця від світлових, теплових, іонізаційних випромінювань.

У технологічних процесах складання відремонтованих агрегатів рівень шуму й вібрації не повинен перевищувати встановлених норм. При випробуваннях агрегатів не допускаються забруднення повітря, води, порушення земель, псування лісів і посівів.

Екологічність виробничих процесів має бути забезпечена обґрунтованим вибором виробничих майданчиків і виробничого обладнання; раціональним розміщенням на майданчиках будівель, споруд, енергетичних установок, інженерних комунікацій і доріг; раціональною системою технічного обслуговування й ремонту енергетичних установок і виробничого обладнання; створенням пристроїв очищення викидів в атмосферу і стоків у водойми;

скороченням витрат природних і енергетичних ресурсів; створенням засобів захисту від шуму, вібрації, теплових, електромагнітних, радіоактивних та інших видів випромінювань; вибором способів зберігання сировини, матеріалів, готової продукції; раціональною організацією використання відходів виробництва, їх збереження і, за необхідності, утилізації; навчанням інженерно-технічного складу принципам і методам забезпечення охорони природи, включенням вимог охорони природи в нормативно-технічну і технологічну документацію.

Екологічність виробничого обладнання залежить від правильного вибору принципів дії, конструктивних елементів, використання в обладнанні засобів захисту навколишнього середовища (глушників шуму, нейтралізаторів шкідливих речовин у викидах), зниження енергоємності і металоємності готової продукції, зменшення відходів.

5.8. Зниження негативного впливу на навколишнє природне середовище під час експлуатації рухомого складу залізничного транспорту

До рухомого складу висувають певні вимоги щодо забезпечення екологічної безпеки у районах або на трасах їх експлуатації. Ці вимоги формують на підставі природоохоронних норм і правил і закладають у проекти у вигляді параметричних характеристик, обов'язкових до реалізації під час виготовлення та експлуатації рухомого складу.

Дотримання параметричних характеристик контролює екологічна експертиза. До *основних параметричних характеристик рухомого складу*, що обмежує його вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей, належать надійність, гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у викидах двигунів внутрішнього згоряння, гранично допустимі рівні шуму й вібрації, рівнів звукових і світлових сигналів, гальмівний шлях при різних швидкостях руху. Крім нормованих параметричних характеристик рухомого складу, на навколишнє природне середовище впливають і *ненормовані фактори, що підлягають контролю*: розсіювання сипких вантажів під час їх навантаження, вивантаження й транспортування; розлив нафтопродуктів і рідких отруйних та небезпечних рідин; імовірність

вибухів і пожеж під час перевезення вантажів, загоряння лісів, рослинності й штучних споруд від іскор вихлопів двигунів та ін.

5.9. Утилізація відходів залізничного транспорту

Основними видами вторинних ресурсів при ремонті шляхів є бетонні та дерев'яні шпали, зношені рейки, деталі кріплення рейок, щебінь і пісок. Старі бетонні шпали використовують як фундамент під час будівництва господарсько-побутових і спортивних споруд або реалізують власникам дачних ділянок для фундаментів під теплиці, лазні й будиночки. Старі дерев'яні шпали можуть служити хорошим матеріалом для будівництва нежитлових приміщень (сховищ, складів).

Пісок і щебінь утилізують і використовують при будівництві різних споруд. Кріпильні деталі підлягають відновленню або їх переробляють у нові вироби.

Технологічний процес виготовлення виробів з відходів деревини включає операції з сортування відходів, їх подрібнення, приготування вихідної сировини з деревної крихти, смоли і затверджувача, пресування виробів. Заслуговує на увагу виготовлення з відходів деревини композиційних матеріалів для підшипників різного виробничого устаткування.

Термопластичні полімери (поліетилен, полістирол, полівініл, поліпропілен та ін.) легко переробляють в основну або допоміжну продукцію тиском і теплотою. Поліетиленові (плівка, крихта, браковані деталі) — чудовий матеріал, з якого можна виготовляти труби, тару та іншу продукцію широкого споживання.

Відходи термореактивних пластмас переробляють і використовують як добавки і як будівельний матеріал.

Відходи гуми подрібнюють на гумову крихту, яка є гарним матеріалом для виготовлення бігових доріжок стадіонів, спортивних споруд, настилів у промислових будівлях теплоізоляційних панелей та іншої продукції.

Найважливішим напрямом утилізації відходів мастил на підприємствах залізничного транспорту є регенерація відпрацьованих олив і відновлення властивостей шляхом різних добавок.

5.10. Загальні екологічні вимоги до об'єктів залізничного транспорту

Як було вказано вище, під час експлуатації об'єктів залізничного транспорту використовують певні види природних ресурсів: паливно-енергетичні, земельні, продовольчі тощо. За всього розмаїття об'єктів (станції і вузли, локомотивні та вагонні депо, залізничні шляхи, електричні та контактні мережі, засоби сигналізації і зв'язку та ін.), можна сформулювати *загальні екологічні вимоги до їх функціонування*.

Під час використання та транспортування хімічних і вибухонебезпечних речовин слід суворо дотримуватися затверджених правил і норм перевезення цих речовин.

На таких об'єктах залізничного транспорту, як вокзали, пункти обробки складів для перевезення тварин, пральні та інших, необхідно дотримуватися нормативи гранично допустимої концентрації в середовищі існування мікробів, грибків, вірусів та інших речовин.

Факторами екологічного ризику під час функціонування об'єктів залізничного транспорту є пожежі, вибухи, розгерметизація емностей і магістралей з отруйними та вибуховими речовинами.

Хоча залізничний транспорт є одним із джерел забруднення повітряного басейну, проте науково обгрунтованих заходів щодо зниження викидів в атмосферу дотепер не розроблено. *Як заходи для зниження негативного антропогенного впливу на повітряний басейн використовують:*

- будівництво нових газових котелень та переведення діючих на газове паливо;
- впровадження сучасних систем газоочищення котелень та обладнання виробництв;
- впровадження сучасних систем пиловловлювання від основного обладнання виробництва та котелень;
- будівництво та реконструкція вентиляційних систем цехів і котелень, впровадження фільтровентиляційних агрегатів;
- впровадження обладнання для уловлювання окислів важких металів;
- технічне переоснащення цехів, заміна технологічних процесів на більш екологічні; впровадження систем

автоматизованого контролю та регулювання концентрації шкідливих речовин у повітрі;

- переведення на електроопалення вагонів пасажирських потягів; електрифікація залізниць;
- удосконалення сучасних та впровадження нових економічніших локомотивів, заміна пристроїв системи тягового електропостачання на екологічно чисті тощо.

Дотепер відсутні конструктивні рішення, що могли б запобігти або хоча б зменшити втрати перевезених вантажів.

Питання для самоперевірки

1. Розкрийте поняття «залізничний транспортний комплекс».
2. Охарактеризуйте діяльність Донецької, Придніпровської, Південної, Львівської, Одеської та Південно-Західної залізниць.
3. Назвіть основні фактори впливу рухомого складу залізничного транспорту на НПС.
4. Охарактеризуйте вплив магістральних тепловозів на НПС.
5. Охарактеризуйте вплив маневрових тепловозів та тепловозів промислового залізничного транспорту на НПС.
6. Охарактеризуйте вплив шляхової залізничної техніки на НПС.
7. Назвіть основні фактори впливу стаціонарних джерел залізничного транспорту на НПС.
8. Охарактеризуйте вплив підприємств з переробки щебеню на НПС.
9. Охарактеризуйте вплив рейково-зварювальних підприємств на НПС.
10. Охарактеризуйте вплив вагоноремонтних, локомотиворемонтних та ремонтно-механічних заводів на НПС.
11. Охарактеризуйте вплив шпалопросочувальних заводів на НПС.
12. Охарактеризуйте вплив вагонних і локомотивних депо

на НПС.

13. На які цілі використовують воду на підприємствах залізничного транспорту?
14. Охарактеризуйте стічні води різних об'єктів залізничного транспорту.
15. Наведіть приклади заходів зі зниження шуму на залізничному транспорті.
16. Наведіть приклади заходів зі зниження негативного впливу на НПС під час експлуатації рухомого складу залізничного транспорту.
17. Як утилізують відходи залізничного транспорту?
18. Назвіть основні екологічні вимоги до об'єктів залізничного транспорту.

РОЗДІЛ 6

ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

6.1. Коротка історична довідка про розвиток авіації

Авіація, що в XIX столітті вважалася далекою мрією, ледь з'явившись, стала невіддільною частиною реальності. За сторіччя свого існування вона значно змінила як темп, так і сам характер життя людей. Завдяки їй людина одержала одну з найбільших своїх перемог над Простором і Часом. Подорожі, на які в минулому витрачалися місяці, і навіть роки, наші сучасники, завдяки могутнім повітряним лайнерам, здійснюють за лічені години.

Відомі американські винахідники брати Райт перший політ на побудованому ними літаку здійснили 17 грудня 1903 року. А вже 5 червня 1910 року на Сирецькому іподромі в Києві відбувся перший політ вітчизняного літака. Побудував апарат і літав на ньому професор Київського політехнічного інституту О. С. Кудашев.

За кілька місяців перед тим, 21 березня 1910 року в Одесі відбувся перший публічний політ авіатора М. Н. Єфімова (1881–1919) на літаку «Фарман-4». У цей день було виконано 5 польотів, причому два з них — з пасажирами. За період 1909–1912 років тільки київськими ентузіастами було створено близько 40 різних типів літаків.

Згодом у Києві виділилися два основних центри повітроплавання: Сирецький — військовий і Куренівський — цивільний. 9 вересня 1913 року на Сирецькому аеродромі поручик П. М. Нестеров на літаку «Ньюпор-4» перший у світі виконав «мертву петлю», названу згодом його ім'ям. Ігор Іванович Сікорський і його колеги в 1910 році побудували літак БІС-1 (Билінський, Йордан, Сікорський) із двигуном потужність 15 к.с., пізніше БІС-2, з потужнішим двигуном — 25 к.с. Польоти в той час проходили по прямій на висоті 1–2 м тривалістю 1–2 хв.

Згодом І. І. Сікорський побудував та випробував ще кілька літаків, показавши рекордні на той час результати. Так, на літаку С-5 він у 1911 році установив одразу чотири всеросійських рекорди: висота польоту — 500 м, дальність — 85 км, тривалість — 52 хв., швидкість — 125 км/год. Того самого року на літаку З-6 він

установив світовий рекорд швидкості з екіпажем у 3 чоловіки — 111 км/год. А в березні 1912 року на літаку С-6А виконав рекордний політ уже з п'ятьма людьми на борту зі швидкістю 106 км/год.

На початку ХХ століття в Україні сформувалися три центри розвитку авіабудування й освоєння літаків у польоті: Київ, Одеса і Харків. Перші польоти цивільних літаків у Києві й Одесі стали поштовхом до планомірної підготовки авіаційних фахівців у Київському політехнічному й Харківському технологічному інститутах.

Початком регулярних перевезень суднами цивільної авіації в рамках акціонерного товариства «Укрвоздухпуть» можна вважати 25 травня 1924 року, коли почали діяти дві лінії: Харків–Полтава–Київ і Харків–Кіровоград–Одеса. Літаки курсували всього два рази на тиждень.

У 1924 році на повітряній лінії Харків–Київ було виконано 62 рейси і 31 рейс на авіалінії Харків–Одеса. Вже в 1927 році у своєму розпорядженні «Укрвоздухпуть» мав 10 обладнаних аеродромів і 15 посадкових майданчиків.

Регулярне застосування літаків на авіахімічних роботах датується літом 1925 року проти італійської сарани в Ізюмському окрузі Харківської області.

Післявоєнний період характеризується стрімким розвитком цивільної авіації. Наприклад, уже на кінець 1945 року в Україні діяло 10 союзних і республіканських повітряних ліній, 17 міжобласних і 51 внутрішньообласна. Обсяги перевезень пасажирів, у порівнянні з довоєнним рівнем, зросли більш ніж удвічі.

У 1964 році почав функціонувати найбільший аеропорт України — Бориспіль з аеровокзальним комплексом 107 тис. м² і пропускною здатністю 1600 пасажирів за годину. На 1991 рік до складу Українського управління цивільної авіації входило 36 аеропортів, загальний парк повітряних судів перевищував 1500 літаків, зокрема сучасні літаки Ту-154, Ту-134, Як-42, Ан-24та ін.

Після 1991 року обсяги перевезень значно скоротилися. Різкий спад попиту на перевезення літаками в умовах економічної нестабільності пов'язаний зі зниженням рухомості населення.

За роки незалежності в Україні створена принципово нову мережу авіаліній — міжнародну. Укладено двосторонні Угоди про міжнародне повітряне сполучення з багатьма країнами світу.

Україна є членом Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО).

6.2. Характеристика сучасного авіаційного транспорту України

Законодавством визначено, що авіаційний транспорт включає підприємства повітряного транспорту, що здійснюють перевезення пасажирів, вантажів, багажу, пошти, аерофотозйомки, сільськогосподарські роботи, а також аеропорти, аеродроми, аероклуби, транспортні засоби, системи управління повітряним рухом, навчальні заклади, ремонтні заводи цивільної авіації та інші підприємства, установи та організації незалежно від форм власності, що забезпечують роботу авіаційного транспорту (ст. 32 Закону України «Про транспорт»).

До земель авіаційного транспорту належать землі, надані в користування під: аеропорти, аеродроми, відокремлені споруди (об'єкти управління повітряним рухом, радіонавігації та посадки, очисні та інші споруди), службово-технічні території з будівлями та спорудами, що забезпечують роботу авіаційного транспорту; вертольотні станції, включаючи вертольотодроми, службово-технічні території з усіма будівлями та спорудами; ремонтні заводи цивільної авіації, аеродроми, вертольотодроми, гідроаеродроми та інші майданчики для експлуатації повітряних суден; службові об'єкти, що забезпечують роботу авіаційного транспорту.

До складу державної системи використання повітряного простору України входять органи виконавчої влади, які забезпечують реалізацію державної політики у сфері використання повітряного простору України, організації та підприємства, на які покладено функції щодо організації повітряного руху, радіотехнічного, аеронавігаційного та метеорологічного забезпечення авіації, підготовки та публікації нормативних документів з питань аеронавігації, а також підготовки фахівців у сфері використання повітряного простору та їх медичної сертифікації.

Серед *основних видів робіт*, які виконує повітряний транспорт, можна назвати такі:

- перевезення пасажирів на внутрішніх та міжнародних лініях;

- перевезення вантажів на внутрішніх та міжнародних маршрутах;
- перевезення пошти;
- санітарні перевезення;
- виконання сільськогосподарських робіт (внесення мінеральних добрив, захист від шкідників тощо);
- проведення геологічних розвідувань;
- виконання аерофотознімальних робіт;
- обслуговування науково-дослідних експедицій;
- обслуговування рибпромислових суден (пошуки косяків риби у морі);
- проведення суден крізь лід;
- монтаж ліній електропередач;
- монтаж різних конструкцій;
- будівництво та реконструкція висотних об'єктів;
- будівництво трубопроводів;
- будівництво у важкодоступних районах;
- боротьба з лісовими пожежами;
- зв'язок з високогірними метеостанціями;
- спостереження за дорожнім рухом.

На частку найбільшого аеропорту України «Бориспіль» в середньому припадає 52 % перевезень, регіональних аеропортів (Одеса, Львів, Сімферополь, Донецьк, Дніпро, Київ, Харків) — 46 %, інших аеропортів — 2 % (рис. 6.1).

У 2001 році завершено реконструкцію льотної зони № 1 аеропорту «Бориспіль». Введено в експлуатацію нову злітно-посадкову смугу завдовжки 4000 м, яка за технічними характеристиками відповідає європейським стандартам та вимогам ІКАО і може приймати усі види повітряних суден без обмежень за будь-яких погодних умов.

Організація та порядок використання повітряного простору визначено Повітряним кодексом України та Положенням про використання повітряного простору України, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 29 березня 2002 року № 401.

Одна з найважливіших *проблем розвитку авіаційного транспорту* — це підвищення безпеки, економічності та екологічності повітряних перевезень.

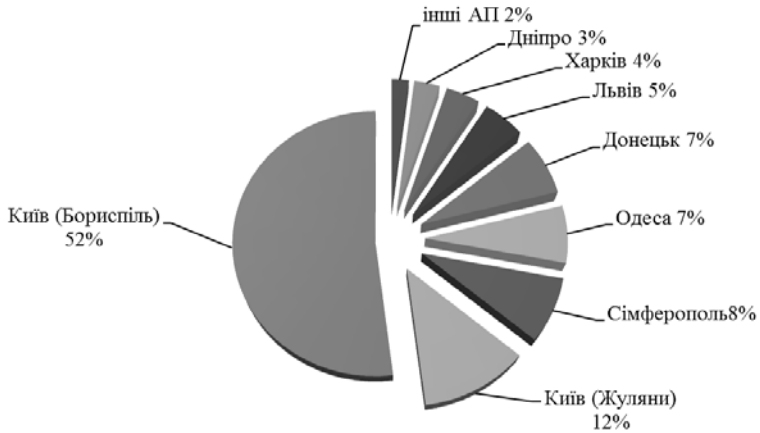


Рис. 6.1 Питома вага аеропортів України в загальних обсягах пасажирських перевезень авіакомпаніями

6.3. Технічно-експлуатаційні властивості авіаційного транспорту

Технічну основу повітряного транспорту становлять: парк повітряних кораблів (ПК), до якого входять літаки та вертольоти; аеропорти; повітряні лінії (траси).

Літак — це апарат, політ якого стає можливим завдяки взаємодії сили тяги двигуна і підйомної сили крила, що виникає під час руху. Літак складається: із планера, тягових двигунів, шасі та комплексу агрегатів, приборів, які забезпечують функціонування всіх систем літака та управління.

Вертоліт — апарат, підйом і політ якого здійснюється з допомогою повітряного гвинта з лопатями, закріпленими на вертикальному валі.

Аеродром — це ділянка земної поверхні (або водної для гідроаеродрому), включно з розташованими на ній будівлями, спорудами та обладнанням, яка повністю або частково призначена для відправлення, прибуття, руху по цій поверхні, стояння та обслуговування ПК.

Аеровокзал служить для раціональної організації переміщення пасажирів та вантажу при пересадках з наземних

засобів сполучення на повітряний транспорт та навпаки.

Єдиний універсальний підхід до класифікації аеропортів цивільної авіації відсутній. Класифікація, яку найчастіше застосовують зараз, в основному відображає експлуатаційні ознаки аеропортів. В основу такої класифікації покладено річний обсяг пасажирських перевезень, під яким розуміють сумарну кількість усіх пасажирів, які прилітають і відлітають, включно з пасажирами транзитних рейсів; призначення аеропортів, що відображає їх адміністративно-територіальне розташування і характер перевезень.

Така класифікація має експлуатаційний характер і не відбиває достатню кількість ознак, за якими можуть бути визначені завдання й цілі аеропортів із позиції їх функціонування.

В Україні на сьогодні *класифікація аеропортів здійснюється за такими основними ознаками:*

- категоріями;
- статусом;
- спроможністю приймати певні типи повітряних суден;
- за річним обсягом пасажирів.

За категоріями аеропорти України поділяють на:

- державного значення, це — Державний міжнародний аеропорт «Бориспіль»;
- регіональні — «Сімферополь», «Одеса», «Донецьк», «Харків», «Львів», «Дніпро» та інші;
- місцевого значення, розташовані в обласних центрах, великих промислових містах і курортних зонах.

За статусом аеропорти поділяють на:

- міжнародні, з яких здійснюються польоти в країни далекого та близького зарубіжжя;
- внутрішні, польоти з яких здійснюються тільки в межах України.

За спроможністю приймати певні типи повітряних суден аеропорти поділяють на:

- ті, що можуть приймати будь-які існуючі цивільні повітряні судна без обмежень. (Таких аеропортів в Україні — два, це — «Бориспіль» та «Сімферополь»);
- спроможні приймати літаки I класу і нижче;
- спроможні приймати літаки II класу і нижче;
- спроможні приймати літаки не вище III класу.

За критерієм річного обсягу пасажирських перевезень, тобто сумарної кількості всіх пасажирів, що відлітають і прилітають, а також пасажирів транзитних рейсів (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Класи аеропортів

Клас аеропорту	Річна кількість пасажирів, що перевозяться
1	від 4 до 7 млн. чол.
2	від 2 до 4 млн. чол.
3	0,6 до 2 млн. чол.
4	150 тис. до 600 тис. чол.
5	від 25 до 150 тис. чол.

На території аеропортів, як правило, розміщуються такі виробничі об'єкти:

- авіатранспорт;
- служба спеціального транспорту, яка включає вантажні та спеціальні машини, автобуси, легкові та службові спеціальні машини, пост зварювання, фарбування, акумуляторну дільницю;
- ремонтно-будівельне управління, до якого входить пост зварювання;
- служба головного механіка, включає пости зварювання, фарбування, акумуляторну дільницю;
- служба теплових інженерних систем теплозабезпечення;
- база електрорадіотехнічного забезпечення літаків;
- аеродромна служба;
- авіаційно-технічна база, яка складається із поста зварювання, акумуляторної дільниці, поста фарбування та миття авіаобладнання;
- служба паливно-мастильних матеріалів (ПММ), до якої входить автозаправна станція, склад ПММ.

Додатково можуть бути розміщені:

- каси з продажу авіаквитків;
- представництва авіакомпаній;
- пункт митного контролю;
- служба перевезень;
- зал офіційних делегацій;

- поштове відділення;
- авіадовідка;
- камери схову;
- пункт обміну валют;
- станція технічного обслуговування автомобілів.

Забезпечення безпеки і регулярності польотів ПК, їхнє аеродромно-технічне забезпечення пов'язане з використанням великої кількості спецавтотранспорту, агрегатів і установок, автотракторної техніки. *Комплекс робіт*, виконуваних за допомогою цієї техніки, включає:

- буксирування ПК;
- заправку їх паливом, мастилом, технічними рідинами;
- зарядку рідким чи газоподібним киснем, стисненим повітрям і азотом;
- перевірку електро- і радіоустаткування, пневматичних і гідравлічних систем;
- обслуговування і підготовку до польотів ПК, злітно-посадкової смуги, доріжок для руління, місць стоянок;
- обробку вантажів, багажу і пошти;
- транспортування по перону.

Спецавтотранспорт, який використовується в аеропорту, поділяють на чотири групи (табл. 6.2).

До засобів посадки літаків відносять радіомаякові системи та світлосигнальні пристосування. Для посадки літаків у будь-яких метеоумовах застосовують апаратуру, яка базується на широкому застосуванні сучасних радарів та різних автоматів.

Основними засобами спостереження на базі первинних радіолокаційних станцій є оглядові радіолокатори.

Усі радіолокаційні позиції мають екстрактори радіолокаційної інформації і передають на автоматизовану систему керування повітряним рухом цифрову інформацію виділеними каналами зв'язку.

Диспетчерські пункти (сектори) безпосереднього керування повітряним рухом забезпечені радіоприймачами та радіопередавачами. На кожній із частот працюють основний та резервний комплекти радіопередавачів і радіоприймачів.

Таблиця 6.2

Групи спецавтотранспорту аеропорту

Група	Спецавтотранспорт
I	Аеродромні тягачі, повітрязаправники
II	Аеродромні водозаправники, аеродромні асенізаційні машини, аеродромні маслозаправники, аеродромні киснезаправники
III	Установки перевірки гідросистем, аеродромні, кондиціонери, авіаційні підйомники, аеродромні підйомні майданчики, аеродромні електроагрегати
IV	Аеродромні підігрівачі, машини для нанесення антиобліднювальних рідин, установки повітряного запуску авіадвигунів

Основним елементом наземної навігаційної інфраструктури України є радіомаяк або привідна радіостанція.

Метеорологічне забезпечення цивільної авіації в Україні здійснюється аеродромними метеорологічними органами Державної гідрометеорологічної служби.

Основними джерелами забруднення навколишнього природного середовища серед авіапідприємств є аеропорти з приписаною до них технікою. В аеропорту виділяють наземні та повітряні джерела забруднення.

Основні локальні проблеми, що виникають у результаті експлуатації авіаційного транспорту, зводяться до акустичного, електромагнітного, теплового забрудненням, а також пов'язані з викидами та скидами шкідливих хімічних речовин у районах розташування авіапідприємств.

6.4. Вплив наземних джерел авіаційного транспорту на навколишнє природне середовище

Авіація порівняно з іншими видами транспорту є специфічним забруднювачем, що має досить широкий спектр впливу на якість довкілля.

Негативний вплив авіаційного транспорту на довкілля має як глобальний, так і локальний характер.

Глобальний вплив полягає у формуванні парникового ефекту та руйнуванні озонового шару.

Наземні джерела забруднення можна умовно поділити на такі, що знаходяться всередині аеропорту, й ті, що розташовані за його межами. До останніх належать, насамперед, установки теплоенергетики, які працюють на різних видах місцевого палива, тому й характер забруднень визначається видом палива, способами його спалювання й шляхами відведення викидів.

До внутрішньопортових джерел забруднень НПС належать:

- вентиляційні системи, які застосовуються на окремих дільницях обслуговування авіаційної техніки;
- підприємства авіапаливозабезпечення;
- спецавтотранспорт.

За необхідності, коли повітря від робочих місць, що видаляється, містить шкідливі речовини у великих кількостях, перед викидом в атмосферу його очищують у пиловловлюючих і газоочисних установках.

В атмосферне повітря *із виробничих приміщень та окремих об'єктів аеропорту* надходять:

- пари нафтопродуктів, розчинників, лакофарбувальних матеріалів, лугів, кислот;
- аерозолі водних розчинів їдкого, вуглекислого і фосфорнокислого натрію, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, окису вуглецю, пилу.

Кількість шкідливих речовин, що надходять в атмосферне повітря з *виробничих приміщень аеропорту чи авіаремонтного заводу* через вентиляційні системи, може перевищувати гранично допустимі значення, які спричинюють перевищення гранично допустимих концентрацій цих шкідливих речовин. Найчастіше це відбувається за групового розташування вентиляційних шахт, коли виникає ефект сумачії шкідливих викидів і навіть утворення нових шкідливих речовин більшої токсичності.

6.4.1. Викиди шкідливих речовин при експлуатації підприємств авіапаливозабезпечення

Основна функція підприємств авіапаливозабезпечення — це забезпечення своєчасного заправлення паливом літаків завдяки

зберіганню необхідного резерву палива, підготовці до видавання та заправлення в літак.

Сьогодні 75 % втрат нафтопродуктів у резервуарних парках цих підприємств (рис. 6.2) припадає на втрати від випаровувань, що призводить не тільки до погіршення якості продукту, а й до значного забруднення навколишнього середовища токсичними речовинами.

З точки зору забезпечення екологічної безпеки найбільшу масу забруднень атмосфери становить процес зберігання палив. Це пов'язане з фізико-хімічними властивостями палив, умовами їх зберігання та специфікою конструкції та експлуатації технологічного обладнання.

Основним фактором, що призводить до випаровувань палив, є високий тиск насичених парів нафтопродуктів і, як наслідок, перехід легких фракцій у газову фазу. Випаровування збільшується за підвищення температури поверхні нафтопродуктів або зниження тиску в газовому просторі резервуарів.

Під час зберігання нафтопродуктів у резервуарах, як правило, втрати палива відбуваються внаслідок таких процесів: малі «дихання» резервуарів, великі «дихання» резервуарів, зворотні «видихи» резервуарів, вентиляції газового простору резервуарних ємностей тощо. Відсоткові частки у загальних втратах, спричинені цими процесами, наведено на рис. 6.3.

Втрати від малих «дихань» відбуваються внаслідок циклічних коливань температури і парціального тиску в газовому просторі резервуара, спричинених добовою дією сонячної радіації й атмосферних умов на стінки й покрівлю резервуарів. Тривалість одного циклу зазвичай дорівнює добі.

Втрати від великих «дихань» залежать переважно від обсягів і температури палива, що закачується до резервуару, а також концентрації парів нафтопродукту в пароповітряній суміші, їх густини й тиску.

Втрати від вентиляції газового простору — втрати, що виникають унаслідок неправильної установки дихальних клапанів, недостатньої герметичності покрівлі резервуарів. Величина таких втрат іноді може перевищувати втрати від малих і великих «дихань». Вентиляційні втрати можна розглядати як результат видування вітром парів нафтопродуктів через негерметичність покрівлі резервуарів, а також як наслідок виникнення в просторі над паливом

газового сифона.



Рис. 6.2. Зовнішній вигляд резервуарів на складі зберігання палив

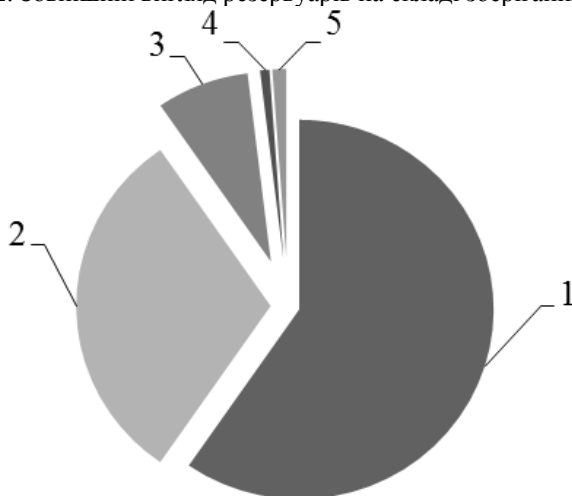


Рис. 6.3. Структура природних втрат нафтопродуктів: 1 — за рахунок

вентиляції газового простору резервуара (62 %); 2 — за рахунок великого «дихання» резервуара (32 %); 3 — за рахунок малого «дихання» резервуара (8 %); 4 — за рахунок зворотного «видиху» резервуара (0,8 %); 5 — інші види втрат (1,2 %)

Існує також поняття *втрати від зворотного «видиху»*. Суть його в тім, що після часткового чи повного спорожнення резервуара, газовий простір залишається ненасиченим парами нафтопродукту. Під час нерухомого збереження нафтопродукту, що залишився, відбувається насичення газового простору внаслідок випаровування залишку. Процес супроводжується зростанням парціального тиску парів у газовому просторі і збільшенням загального тиску. При досягненні загального тиску, що дорівнює розрахунковому тиску спрацювання дихального клапана, відбувається викид в атмосферу деякого обсягу газоповітряної суміші, тобто зворотній «видих».

Як видно з табл. 6.3. *втрати нафтопродуктів значно. мірою залежать від наповнення резервуара та кліматичної зони місцевості.*

Таблиця 6.3

Втрати нафтопродуктів від випаровування у залежності від заповнення резервуара та кліматичних зон (% за рік)

Обсяг заповнення резервуара, %	Середня зона	Південна зона
90	0,3	0,4
80	0,6	0,9
70	1,0	1,5
60	1,6	2,3
40	3,6	5,2
20	9,6	13,6

В залежності від пори року та типу нафтопродуктів їх випаровування, а отже, й викиди від малих «дихань» суттєво відрізняються. Найбільша маса викидів шкідливих речовин припадає на теплу пору року. Так, наприклад, тільки за один літній місяць із вертикального сталевого резервуара об'ємом 1000 м³ РВС-1000 може випаровуватися в атмосферу до 217 кг авіаційного реактивного палива ТС-1, а з РВС-5000 — вже 618 кг (рис. 6.4). Значнішими є

втрати бензинів: з резервуару РВС-1000 може випаровуватися в атмосферу до за місяць до 2281 кг, а РВС-5000 — 7815 кг палива.

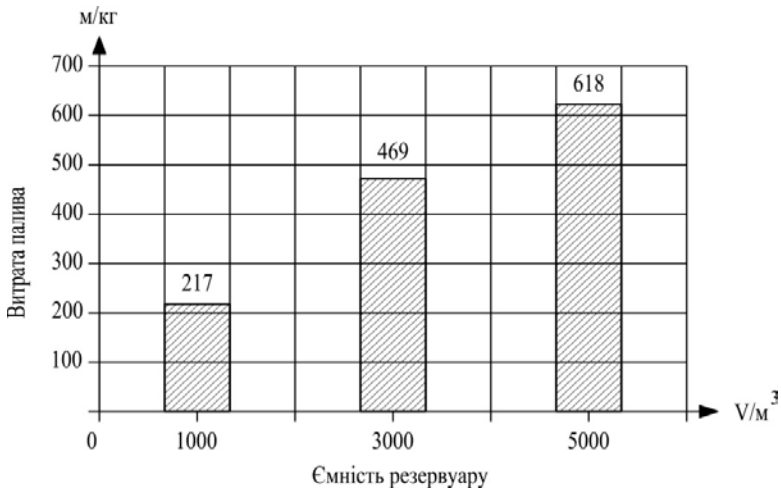


Рис. 6.4. Залежність місячних втрат авіаційного палива ТС-1 від ємності резервуару (літній місяць)

У резервуарах з різною висотою наливу палива втрати від малих «дыхань» зменшуються при підвищенні висоти наливу. При зберіганні нафтопродукту в резервуарі, заповненому на 20–50 %, викидів парів набагато більше, ніж у резервуарі з максимальною висотою наливу (рис. 6.5). Це пояснюється тим, що в резервуарах, заповнених на 20 %, газоповітряна суміш становить 80 % загального об'єму, тобто випаровується більше нафтопродукту.

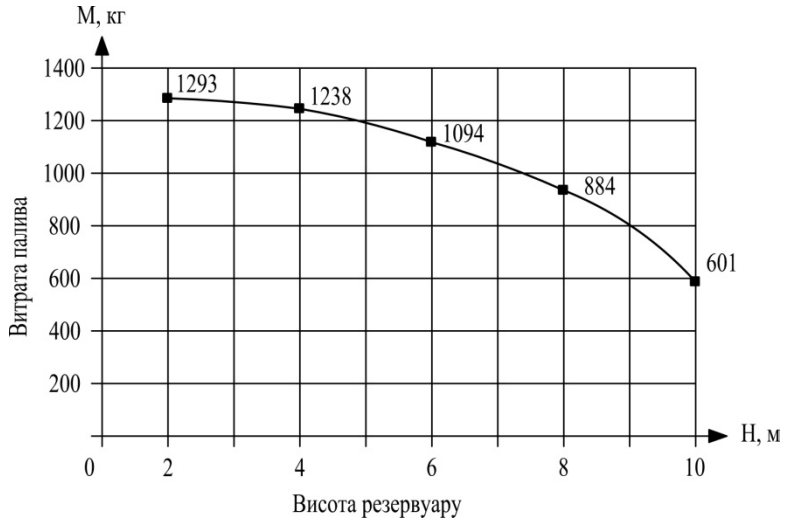


Рис. 6.5. Залежність втрат авіаційного палива ТС-1 від висоти наливу в резервуарі PBC-3000 за 30 діб за малих «дыхань»

6.4.2. Способи зниження екологічної небезпеки від викидів парів нафтопродуктів

Втрати авіапалив за рахунок випаровування найістотніші в резервуарному парку підприємств паливозабезпечення. Основні напрями їх скорочення:

- зменшення обсягу газового простору резервуарів шляхом застосування своєчасного перекачування палив з інших резервуарів у найхолодніший час доби (ранком);
- застосування резервуарів конструкції з подвійними стінками та подвійним днищем (типу «стакан в стакані») (рис.6.6);
- уловлювання й регенерація парів нафтопродуктів, що виходять з резервуара, шляхом створення газопорівнюючих систем, абсорбційно-адсорбційних і ежекційних установок;

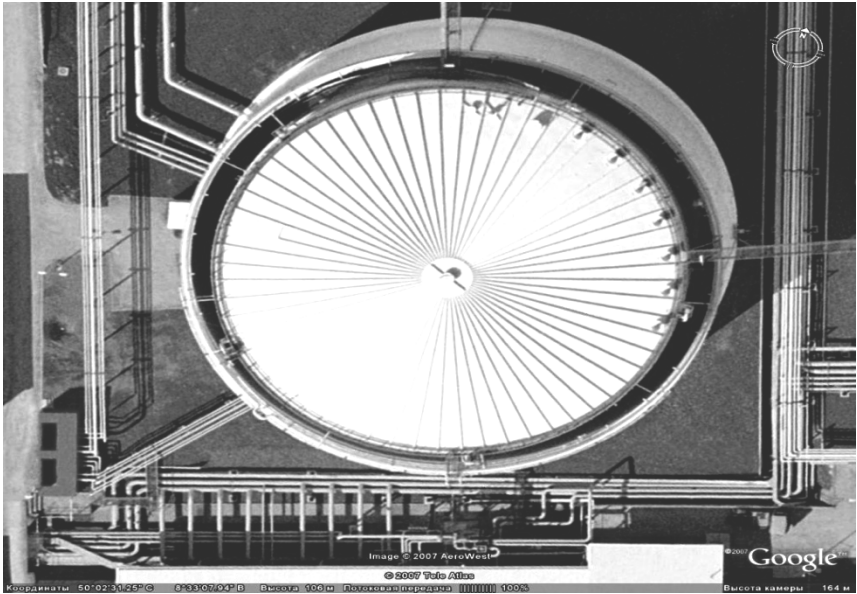


Рис. 6.6. Вигляд зверху резервуара з подвійними стінками та подвійним днищем

- проведення організаційних заходів, що полягають у систематичній перевірці й підтриманні справного технічного стану резервуарів та їхнього «дихального» обладнання;
- променевідбивне фарбування резервуарного парку.

З метою зниження викидів парів нафтопродуктів у навколишнє середовище доцільно ф економічно виправдано встановлювати під монтажним патрубком «дихального» клапана резервуара *диски-відбивачі* (рис. 6.7). Принцип їхньої дії заснований на зміні напрямку струменя повітря, що входить в резервуар, з вертикального на горизонтальний. При цьому значно насичені парами нафтопродукту газоповітряні шари, розташовані у паливній поверхні, практично не зачіпають конвективні потоки.

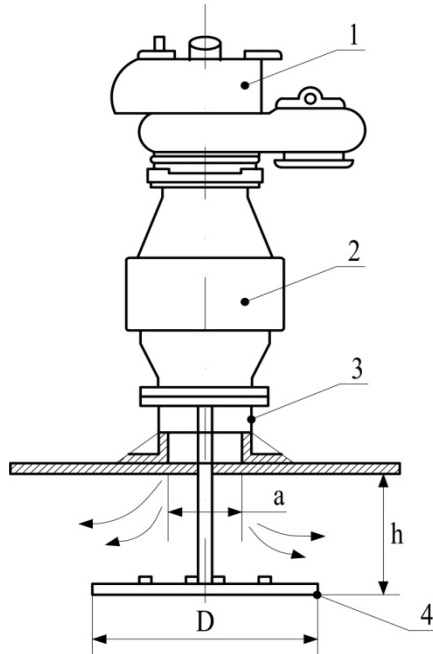


Рис. 6.7. Диск-відбивач: 1 — «дыхальний» клапан; 2 — болт;
3 — проміжний фланець; 4 — диск

Застосування дисків-відбивачів доволі ефективно в бензинових і паливних резервуарах з великим коефіцієнтом оборотності. Так, завдяки їх установці, втрати від великих «дыхань» протягом теплої пори року скорочуються на 30–40%. У холодну пору року дане конструктивне рішення не ефективно, адже холодне повітря, що входить у резервуар, важче за газоповітряну суміш і прямує до поверхні продукту, перемішуючи при цьому насичені шари.

Оскільки значення втрат від випаровування легколетких нафтопродуктів значною мірою залежить від амплітуди коливання температури пароповітряної суміші в резервуарі, для зменшення останньої застосовують зовнішнє *променевідбивне фарбування корпусу резервуару й покрівлі*. Фарбування зовнішньої поверхні резервуарів у світлі тони найширше застосовують у практиці

експлуатації резервуарів із світлими нафтопродуктами. Фарби, що застосовують із цією метою, повинні мати коефіцієнт відбитка більший за 0,8 (табл. 6.4). Проте відбивальна здатність фарби згодом знижується внаслідок забруднення поверхні, а також хімічних змін і механічних ушкоджень лакофарбового покриття, тому потрібно періодично її відновлювати.

Таблиця 6.4

Відбивальна здатність технологічної поверхні залежно від кольору покриття

Колір забарвлення	Відбивання сонячного проміння, %	Колір забарвлення	Відбивання сонячного проміння, %
Дзеркальний	100	Алюмінієвий	35–67,0
Білий	90	Світло-сірий	57,0
Світло-кремовий	88,5	Сірий	47,0
Блакитний	85,0	Незабарвлений	10,0
Світло-зелений	78,5	Чорний	0

Водне зрошування резервуарів застосовується як спосіб зниження температури резервуара, зокрема пароповітряного простору. Під час зрошування резервуара вода, покриваючи тонкою плівкою його поверхню, акумулює частину сонячної енергії, внаслідок чого зменшується нагрівання покрівлі й стінок, і через це — газового простору резервуара та нафтопродукту.

Зрошувальні установки монтують на покрівлі резервуара, для підвищення ефективності зрошування, по периметру покрівлі з листової сталі монтують огорожувальне кільце, тобто утворюється своєрідний басейн, у якому вода знаходиться постійно, і в міру необхідності її доливають до потрібного рівня.

Зрошування стінок резервуара здійснюється за допомогою направляючого пояса (рис. 6.8).

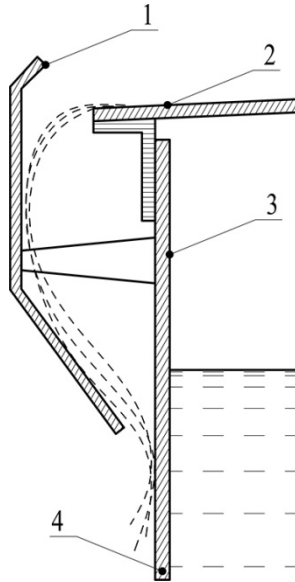


Рис. 6.8. Направляючий пояс для стоку води на корпус резервуару:
 1 — направляючий пояс; 2 — дах резервуара; 3 — кронштейн; 4 — стінка

Ще одним з ефективних способів збереження нафтопродуктів, що легко випаровуються, є збереження їх у заглиблених і підземних резервуарах. Такому способу зберігання притаманна відносна сталість температурного режиму. За збереження в заглиблених резервуарах майже цілком виключаються втрати від малих «дихань», адже засипані ґрунтом, вони не піддаються сонячному опроміненню, отже, у них майже відсутні добові зміни температури газового простору. Резервуар, заглиблений у землю на 0,5 м, зазнає впливу тільки річних коливань температури. Порівняно з наземними резервуарами втрати від малих «дихань» у заглиблених резервуарах скорочуються у 8–10 разів, крім того, знижуються втрати від великих «дихань».

6.4.3. Витікання нафтопродуктів на підприємствах паливозабезпечення та методи їх скорочення

Неналежна експлуатація об'єктів підприємств паливозабезпечення, порушення умов роботи устаткування та обладнання, експлуатація морально застарілого обладнання, відсутність систем автоматичного контролю працездатності устаткування та можливих витікань нафтопродукту — все це є головними факторами виникнення техногенних аварій та ситуацій, небезпечних для навколишнього природного середовища.

Витікання нафтопродукту можуть бути аварійними та експлуатаційними. Серед експлуатаційних слід розрізняти: систематичні та разові, технологічні (дефекти у зварювальних з'єднаннях, корозійні порушення конструкційного матеріалу, недостатнє ущільнення технологічних з'єднань) та експлуатаційно-ремонтні (під час демонтажу, монтажу обладнання, проведення ремонтних робіт, експлуатаційних випробувань обладнання тощо).

Встановлено, що вертикальна міграція нафтопродуктів залежить від їхніх фізико-хімічних властивостей, а саме: густини та в'язкості. Сприяють проникненню забруднювачів у ґрунт також температура навколишнього середовища та такі властивості ґрунту, як вологість, щільність і гранулометричний склад.

Ученими було досліджено, що природна нафтоємність ґрунтів має певні межі і, наприклад, для ґрунту із вмістом піску понад 50 % перестає виконувати свої захисні функції, якщо забруднюєче навантаження перебільшує 10 л/м². Дреновані піщані й супіщані ґрунти характеризуються можливістю глибокого проникнення нафтопродукту в ґрунт. Так, за навантаження забруднювача більше ніж 50 л/м² нафтопродукт може проникнути на глибину 1 м і більше, а 10–20 л/м² — на 10–30 см.

Відсутність своєчасного контролю витікання нафтопродукту, що зберігається у вертикальних резервуарах, за наявності дефектів у днищі резервуару призводить до можливості постійного просочення палив у ґрунт, накопичення й міграції у ньому та у підземних водах. На рис. 6.9 зображено зони міграції нафтопродукту складу пально-мастильних матеріалів (ПММ) одного з вітчизняних аеродромів, термін експлуатації резервуарних ємностей якого становить більше тридцяти років. Під час аналізу

даних оцінювального моніторингу було визначено, що на території даного складу ПММ та прилеглий до нього території аеродрому на глибині 17 м знаходиться лінза нафтопродуктів загальною площею 14986 м². Аналіз товщини шару паливного забруднення дав можливість оцінити орієнтований його об'єм — 1870 м³.

Для запобігання забрудненню НПС нафтопродуктами на підприємствах авіапаливозабезпечення застосовують *конструкційні, експлуатаційні та організаційні заходи.*

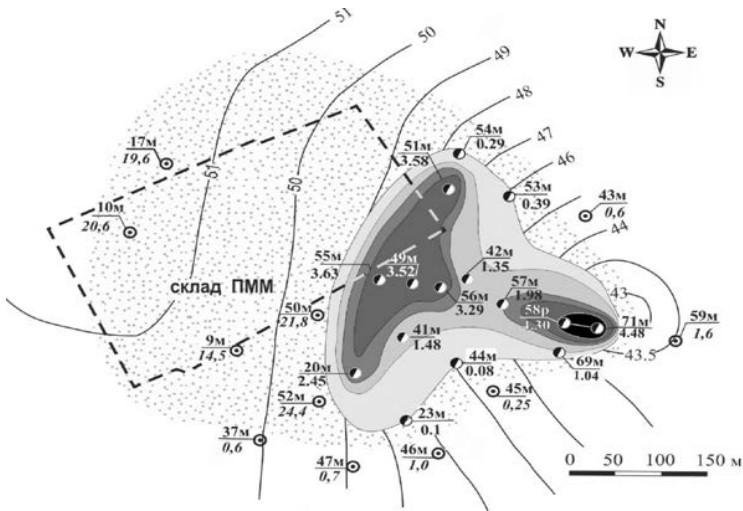


Рис. 6.9. Зони підземної міграції витікання нафтопродукту із резервуарних ємностей складу ПММ

До *конструкційних заходів* відносять:

- встановлення резервуарів з подвійними стінками (рис. 6.10);

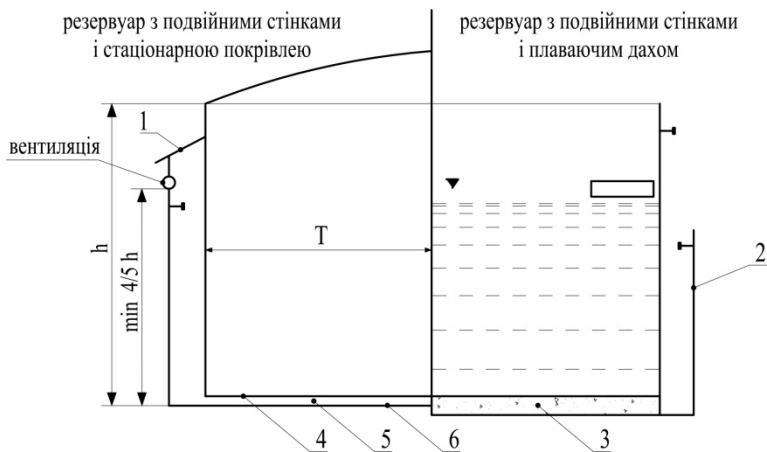


Рис. 6.10. Конструкції вертикальних циліндричних резервуарів:
 1 — захисний дах; 2 — зовнішня стінка; 3 — датчики сигналізації витоків у товщі бетону або сталевому каркасі між днищами; 4 — внутрішнє днище; 5 — датчики сигналізації протікань; 6 — зовнішнє днище

- організацію подвійного днища резервуару з можливістю детектування витоків нафтопродукту у часі (рис. 6.11–6.13);

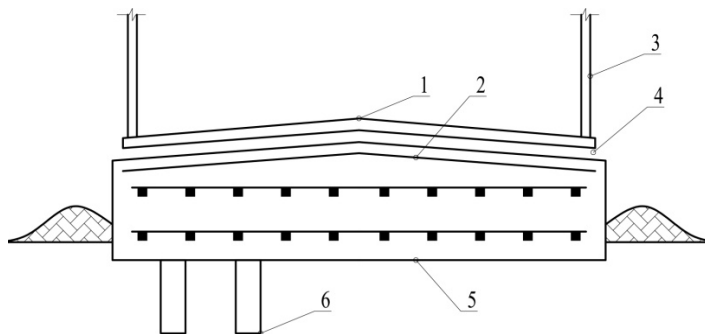


Рис. 6.11. Армована залізобетонна плита з радіальними пазами (канавками) для виявлення витікань: 1 — днище резервуара; 2 — радіальні канавки (пази); 3 — стінка резервуара; 4 — дренаж; 5 — залізобетонна плита з забезпеченням герметичності від протікань; 6 — палі (за необхідності)

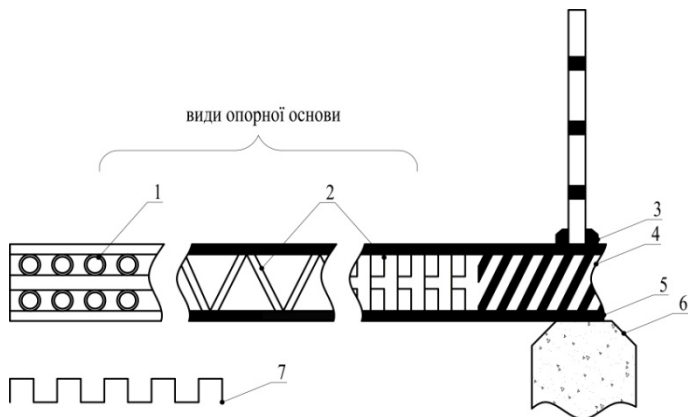
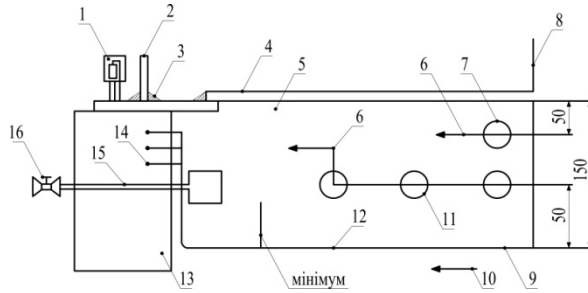


Рис. 6.12. Подвійне сталеве днище з пристроєм виявлення витікання по периметру резервуара: 1 — дротова (арматурна) сітка; 2 — решітки чи профілі (структурні); 3 — край герметизації первинного днища; 4 — муфта труби під час дренажу; 5, 6 — опорне кільце днища (суцільне); 7 — катодний захист

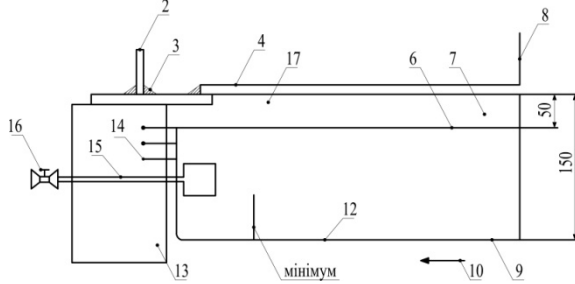


Рис. 6.13. Зовнішній вигляд резервуару з детектуванням можливих витікань палив з днища

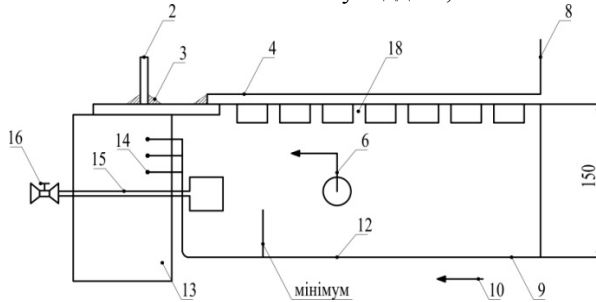
- застосування схеми організації подвійного днища на піддон з поліетилену високої щільності (рис. 6.14).



а — укладення сталевго днища на подушку з чистого піску в поліетиленовому піддоні;



б — укладення сталевго днища на комбіновану подушку з просоченого бітумом і чистого піску в поліетиленовому піддоні;



в — укладення сталевго днища на подушку в поліетиленовому піддоні

Рис.6.14. Комплексна схема організації подвійного днища на піддон з поліетилену високої щільності: 1 — станція контролю параметрів системи катодного захисту; 2 — стінка резервуара; 3 — зварювальний шов; 4 — мідно-сульфатний або цинковий електрод порівняння; 5 — днище резервуара; 6 — резервуар; 7 — до станції контролю параметрів катодного захисту; 8 — подушка з промитого піску; 9 — кріплення

поліетиленового піддона; 10 — патрубков для визначення витоків; 11 — магнієві протектори стрічкового типу для захисту від корозії; 12 — піддон із поліетилену високої щільності з товщиною стінки 2 мм; 13 — нахил 25,4 мм/3,05 м; 14 — бетонний кільцевий фундамент; 15 — бронзовий кульковий кран з прохідним діаметром 38 мм; 16 — шар просоченого бітумом піску; 17 — бетонна подушка; 18 — канавки з нахилом від центру до периферії

До *експлуатаційних заходів* відносять:

- своєчасне проведення технічного обслуговування устаткування та обладнання, випробування резервуарів на герметичність та міцність);
- проведення дефектоскопії та обстеження резервуарів зберігання палив з метою виявлення можливих дефектів конструкції;
- герметизація та зміцнення внутрішнього дна резервуару шаром спеціального покриття на основі епоксидних композицій.

До *організаційних заходів* відносять:

- організацію суцільного бетонного обвалування зони зберігання палив (рис. 6.15);



Рис. 6.15 Організація суцільного бетонного обвалування зони зберігання палив

- організацію планового технічного обслуговування технологічного обладнання;
- своєчасне проведення інструктажу та підвищення кваліфікації технічного персоналу.

6.5. Вплив повітряних джерел авіаційного транспорту на навколишнє природне середовище

Повітряні судна забруднюють атмосферу внаслідок викиду шкідливих речовин з відпрацьованими газами авіаційних двигунів.

Літаки під час польоту переміщуються з одного аеропорту в інший, і атмосфера забруднюється в глобальних масштабах, тобто значне забруднення має місце як у зонах аеропортів, так і на трасах польоту. Причому, якщо на трасах польоту (на висоті 8–12 км) небезпека від цього забруднення невелика (польоти літаків на великій висоті та з великою швидкістю обумовлюють розсіювання продуктів згоряння у верхніх шарах атмосфери й на великих територіях, що знижує ступінь їх впливу на живі організми), то в зоні аеропорту не рахуватися з таким забрудненням не можна.

Гази в атмосферне повітря викидають сопла й вихлопні патрубки двигунів. Цей процес називають *емісією авіаційних двигунів*.

Гази, що утворилися внаслідок роботи двигунів авіаційного транспорту, становлять 87 % усіх викидів цивільної авіації, які включають також викиди спецавтотранспорту та стаціонарних джерел.

Найбільш несприятливими режимами роботи є малі швидкості й «холостий хід» двигуна, коли в атмосферу викидаються забруднюючі речовини в кількостях, що значно перевищують викид на навантажувальних режимах.

6.5.1. Загальна характеристика викидів шкідливих речовин літаками

Хімічний склад викидів унаслідок спалювання палива здебільшого залежить від виду і якості палива, технології виробництва, способу спалювання в двигуні і технічного стану двигуна технічного стану.

Основні компоненти відпрацьованих газів сучасних авіаційних двигунів, які забруднюють атмосферу:

- оксиди сірки SO_x ;
- оксиди азоту NO_x ;
- оксид вуглецю CO ;
- вуглеводні, які не повністю згоріли, C_xH_y (метан CH_4 , ацетилен C_2H_2 , етан C_2H_6 , бензол C_6H_6 та ін.);
- альдегіди (формальдегід HCHO , акролеїн $\text{CH}_2=\text{CH}=\text{CHO}$, оцтовий альдегід CH_3CHO та ін.);
- сажа (дрібнодисперсні частинки чистого вуглецю) — виділяється у вигляді шлейфу за соплами двигунів під час зльоту літака (сажі виділяється загалом небагато).

Вміст NO_x у відпрацьованих газах авіаційного двигуна залежить від:

- величини температури суміші в камері згоряння (чим вона вища, тим більше утворюється NO_x), а вона максимальна (2500...3000 K) на зльотному режимі;
- часу перебування суміші в камері згоряння (чим він більший, тим більше утворюється NO_x), а це має місце на невеликих швидкостях літака.

Тобто, максимальний викид NO_x відбувається на зльотному режимі двигуна і режимах, близьких до нього (при здійсненні зльоту літака і при наборі ним висоти польоту).

Вуглеводні (C_xH_y) — основний компонент рідких і газоподібних палив. Авіаційні палива — бензин, гас — різняться між собою вмістом парафінових, нафтових та ароматичних вуглеводнів, а також сполук сірки.

У пришляховому просторі під час зльоту літака приблизно 50 % викидів у вигляді мікрочастинок, серед яких — багато важких металів, одразу розсіюється на прилеглих до аеропорту територіях. Інша частина протягом декількох годин знаходиться в повітрі у вигляді аерозолів, а потім також осідає на ґрунт.

Кожний розроблений двигун (для літаків) перед запуском у серійне виробництво проходить серію випробувань (сертифікацію), серед яких є дослідження на екологічну безпечність, тому Міжнародна організація цивільної авіації (ІКАО) розробила жорсткі норми на емісію авіаційних двигунів.

Кількісною характеристикою викидів шкідливих речовин авіаційними двигунами є *індекс емісії* (EI), який показує, скільки грамів даної шкідливої речовини викидається в повітря при спалюванні 1 кг пального в двигуні. Розмірність індексу емісії — г/кг. Існують EI_{CO} , $EI_{C_xH_y}$, EI_{NO_x} та інші.

Надалі розглядатимемо тільки ці три інгредієнти, адже вони найбільше забруднюють атмосферу і викиди у них найбільші.

EI характеризує якість організації процесу згоряння в камері згоряння кожного зразка двигуна і пов'язаний з конструктивними і експлуатаційними характеристиками камери. Тому його часто називають емісійною характеристикою двигуна.

Індекси емісії визначають у процесі їх сертифікаційних випробувань. Вміст інгредієнтів CO та C_xH_y у відпрацьованих газах авіадвигунів обумовлений неповним згорянням палива в двигуні, а цей процес, у свою чергу, залежить від характеристики його параметрів згоряння, тобто, величини коефіцієнта повноти згоряння η та режиму роботи двигуна.

З метою створення єдиного підходу до нормування викидів забруднюючих речовин, ІКАО було введено поняття стандартного злітно-посадкового циклу, який включає всі операції літака з моменту запуску двигунів до набору висоти 1000 м, а також з моменту заходу на посадку з висоти 1000 м до зупинки двигуна після посадки літака. Параметри злітно-посадкового циклу ІКАО наведено в таблиці 6.5. Значення відносної тяги двигунів на етапах злітно-посадкового циклу є середньостатистичними для світового парку літаків цивільної авіації, а значення тривалості етапів зорієнтовано на великі міжнародні аеропорти.

Відносну тягу двигуна визначають за формулою:

$$\bar{R} = \frac{R}{R_0}, \quad (6.1)$$

де: R — тяга двигуна за заданого режиму; R_0 — злітна тяга двигуна (максимальна тяга за злітного режиму).

Злітна тяга двигуна — це тяга, що забезпечує підйом у повітря необхідної та встановленої для даного типу судна ваги.

Очевидно, що найбільш тривалим і шкідливим з екологічної точки зору є режим малого газу (відносна тяга становить 3...9 % від її максимального значення). Такі малі значення відносної тяги двигуна

мають місце при рулінні перед зльотом і після посадки, а також під час прогрівання двигуна після запуску.

Таблиця 6.5

Середньостатистичні характеристики злітно-посадкового циклу літаків цивільної авіації

№ режиму	Режим роботи двигуна	Відносна тяга, \bar{R}	Тривалість режиму, t , хв
1	Малий газ (холостий хід) під час руління перед зльотом	0,07	15
2	Злітний режим	1	0,7
3	Режим набору висоти 1000 м	0,85	2,2
4	Режим заходу на посадку	0,3	4
5	Малий газ (холостий хід) під час руління після посадки	0,07	7

Максимальна повнота згоряння палива в двигуні має місце на розрахунковому режимі — злітному (режимі максимальної тяги двигуна).

На цьому режимі сучасні двигуни мають $\eta = 0,97 \dots 0,99$, ($\eta = 1,0$ за абсолютно повного згоряння, чого в дійсності досягнути неможливо).

На всіх інших режимах η нижча, тобто, повнота згоряння менша, ($\eta = 0,75 \dots 0,85$), у двигуна в атмосферу викидається більше продуктів неповного згоряння і, відповідно, забруднення повітря збільшується.

Очевидно, що викид шкідливих речовин (емісія авіадвигуна) залежить від режиму його роботи й тривалості роботи на цьому режимі. На рисунку 6.16 показано зміну емісії трьох згаданих компонентів забруднень від режиму роботи авіадвигуна.

Емісія буде неоднаковою в зоні аеропорту і під час польоту по маршруту, адже двигуни в цих випадках працюють на принципово різних режимах.

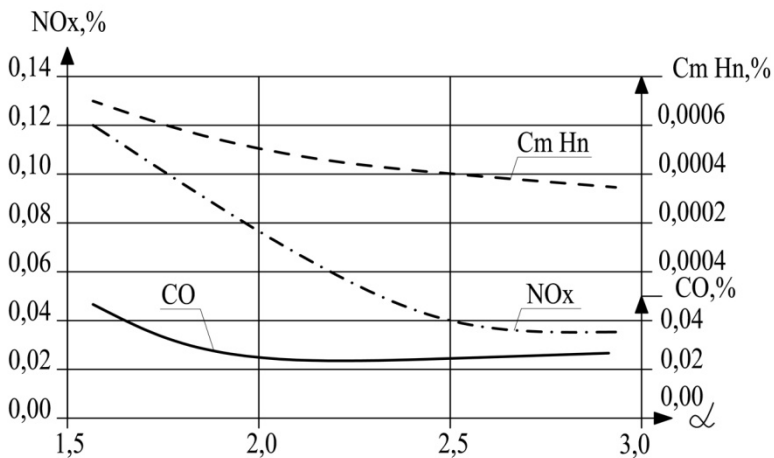


Рис. 6.16. Залежність емісії шкідливих речовин від режиму роботи типового двигуна

Як видно з наведених таблиці й рисунка, забруднення в зоні аеропорту є більшим (на маршруті значення відносної тяги коливається в межах 0,6–0,8). Крім того, локальне забруднення приземного шару повітря в зоні аеропорту, де працює багато людей, є більш концентрованим і стійким, ніж загальне забруднення верхніх шарів тропосфери на маршруті польоту, позаяк робота двигунів є стабільною на великих швидкостях, а забруднюючі речовини швидко розсіюються.

Під зоною аеропорту розуміють простір, обмежений висотою 1000 м і розмірами аеродрому.

Тому розрахунок емісії двигунами ПК в зоні аеропорту є важливішим і йому слід приділити більше уваги.

6.5.2. Викиди шкідливих речовин маршевыми двигунами літаків

Задача розрахунку емісії двигуна зводиться до визначення маси кожного інгредієнта, викинутого з двигуна за деякий певний час його роботи.

Знаючи індекс емісії EI даного типу забруднюючої речовини і час роботи одного двигуна, можна обчислити масу викидів цієї речовини. Зокрема, для злітно-посадкового циклу маса викидів j -ї речовини визначають за формулою:

$$M_j = \sum_i EI_{ji} \cdot G_{Pi} \cdot \tau_i, [\text{г}], \quad (6.2)$$

де G_{Pi} — витрата палива двигуном на i -му режимі стандартного злітно-посадкового циклу, кг;

τ_i — час роботи двигуна на i -му режимі, сек.

Величину витрати палива G_{Pi} визначають за характеристиками двигуна за формулою:

$$G_{Pi} = \frac{C_{num.i} \cdot R_i}{3600}, [\text{кг/сек}], \quad (6.3)$$

де $C_{num.i}$ — питома витрата палива на i -му етапі злітно-посадкового циклу, кг/сек·кН;

R_i — тяга, що розвивається двигуном на i -му режимі, кН.

Поділивши обидві частини виразу для M_j на R_0 (тяга двигуна на злітному режимі — величина, відома з документації, зокрема, з формуляра двигуна), отримаємо співвідношення для *контрольного параметра емісії*, який визначають за формулою:

$$\frac{M_j}{R_{взл}} = \frac{1}{3600} \cdot \sum_i EI_{ji} \cdot C_{уді} \cdot \bar{R}_i \cdot \tau_i, [\text{г/кН}]. \quad (6.4)$$

Формула для визначення контрольного параметра емісії дає змогу враховувати зміну емісії протягом експлуатації двигуна, оскільки із збільшенням його напрацювання відбувається зношування вузлів і, як результат, погіршення ККД, що приводить до збільшення питомої витрати палива.

Контрольний параметр емісії характеризує «ступінь шкідливості» авіаційного двигуна.

Норми ІКАО за контрольним параметром емісії основних забруднюючих речовин для сучасних авіаційних двигунів такі:

$$\frac{M_{CO}}{R_0} = 118 \text{ (г/кН)},$$

$$\frac{M_{C_xH_y}}{R_0} = 19,6 \text{ (г/кН)},$$

$$\frac{M_{NO_x}}{R_0} = (40 \dots 80) \text{ (г/кН)}.$$

Емісійні характеристики двигуна залежать від зовнішніх атмосферних умов, а саме: температури зовнішнього повітря та його тиску. Оскільки на різних висотах ці параметри є різними, то при розрахунку емісії нормами ІКАО передбачено врахування відхилень фактичної температури і тиску повітря на вході в двигун від стандартних атмосферних умов (САУ) на рівні моря. Для цього вносять поправку до значення індексів емісії EI_j введенням коефіцієнтів K_j . З врахуванням цього, новий індекс емісії визначають за формулою:

$$EI'_j = K_j \cdot EI_j, \text{ [г/кг]}. \quad (6.5)$$

Поправковий коефіцієнт визначають за формулою:

$$K_j = \left(\frac{P_{CAU}}{P} \right)^a \cdot \left(\frac{G_{CAU}}{G} \right)^b \times \exp\left(\frac{|T_{CAU} - T|}{c} \right) \cdot \exp(d \cdot |h - 0,00634|), \quad (6.6)$$

де P_{CAU} , G_{CAU} , T_{CAU} — відповідно, тиск, відносна витрата палива і температура в камері згоряння за стандартних атмосферних умов;

P , G , T — тиск, відносна витрата палива і температура в камері згоряння, що відповідають розрахунковим атмосферним умовам;

h — вологість атмосферного повітря, що відповідає розрахунковим умовам;

a , b , c , d — розрахункові сталі, які можуть бути різними для кожного забруднювача і кожного типу двигуна.

Густина ρ_{v0} твердих частинок в струмені вихлопних газів авіаційних двигунів, приведена до вагової характеристики (кг) за стандартний злітно-посадковий цикл, може бути визначена за графіком залежності масової концентрації сажі від числа димності SN (рис. 6.17).

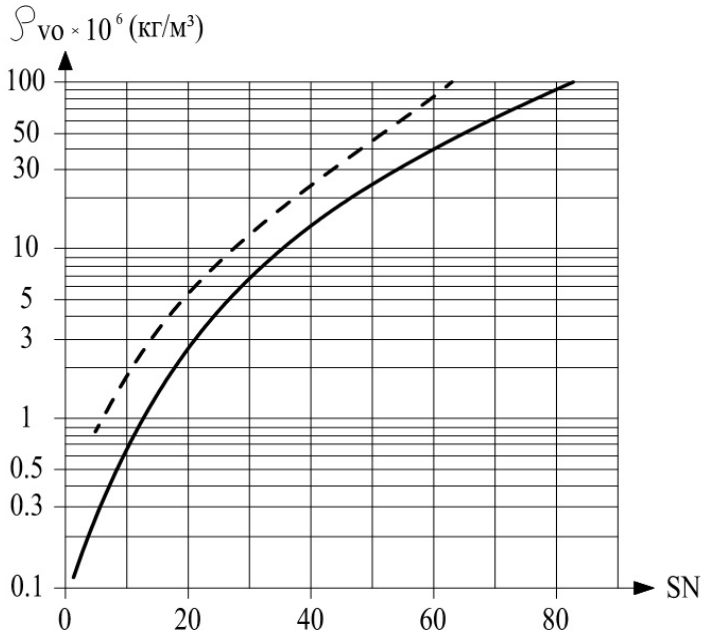


Рис. 6.17. Залежності масової концентрації сажі від числа димності:
 - - - сумарна концентрація частинок сажі; — — концентрація частинок сажі $d_s < 300$ нм

Число димності визначають за формулою:

$$SN = 83,6 \cdot R_0 - 0,274 \quad (6.7)$$

або приймають $SN = 50$, залежно від того, яке з цих значень менше.

Використання логарифмічної шкали для ρ_{v0} приводить до того, що ця залежність стає практично лінійною і досить добре може бути апроксимована формулою:

$$\rho_{v0} = 10^{-6} \exp(0,07 \cdot SN), \text{ [кг/м}^3\text{]}. \quad (6.8)$$

Тоді масовий викид сажі за час роботи двигуна τ визначають за формулою:

$$M_C = \rho_{v0} \cdot \frac{G_{\Pi}}{\rho_{\Pi}} \cdot \tau = \rho_{v0} \cdot Q_{\Pi} \cdot \tau, \text{ [кг]}, \quad (6.9)$$

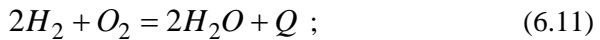
де G_{Π} — витрата повітря через камеру згоряння двигуна;

ρ_{Π} — густина повітря;

$Q_{\Pi} = G_{\Pi} / \rho_{\Pi}$ — об'ємна витрата повітря через камеру згоряння.

Використання в останній формулі величини Q_{Π} є зручнішим, адже для конкретного двигуна вона змінюється незначно. Наприклад, для двигуна ПС-90А у всьому діапазоні експлуатаційних режимів Q_{Π} змінюється приблизно на 30 %, тимчасом як масова витрата G_{Π} змінюється майже у 4 рази (400 %).

Хімічні реакції горіння основних компонентів авіаційного палива — вуглецю, водню та сірки — можна записати у вигляді:



Виходячи з типових технічних вимог ІКАО до авіаційного палива, на основі рівнянь хімічних реакцій горіння можна визначити кількість конкретних продуктів повного згоряння залежно від маси витраченого палива. Співвідношення мають вигляд:

$$CO_2 \text{ (кг)} = 3,12 M_{\Pi} \text{ (кг)}; \quad (6.13)$$

$$H_2O \text{ (кг)} = 1,35 M_{\Pi} \text{ (кг)}; \quad (6.14)$$

$$SO_2 \text{ (кг)} = 0,005 M_{\Pi} \text{ (кг)}. \quad (6.15)$$

Наведені оцінки маси викидів забруднюючих речовин є максимальними, оскільки відповідають повному згорянню палива.

Їх похибка за існуючих значень повноти згоряння в авіаційних двигунах не перевищує 2 %.

Як відомо, продуктами неповного згоряння палива є оксид вуглецю (CO), незгорілі вуглеводні (C_nH_m) і тверді частинки (сажа). Статистичні дані свідчать, що для двигунів різних класів тяги середня кількість незгорілих вуглеводнів у відпрацьованих газах у 2,58 рази менше, ніж кількість оксиду вуглецю. Виходячи з цього і з урахуванням того, що метан (CH_4) становить не більше, ніж 10 % загальної маси викидів вуглеводнів за злітно-посадковий цикл, ІКАО пропонує такі співвідношення для розрахунку кількості продукті неповного згоряння палива:

$$C_nH_m \text{ [кг]} \approx 0,28 \cdot (1 - \alpha) \cdot M_{II} \text{ [кг]}; \quad (6.16)$$

$$CH_4 \text{ [кг]} \approx 0,28 \cdot (1 - \alpha) \cdot M_{II} \text{ [кг]}; \quad (6.17)$$

$$CO \text{ [кг]} \approx 0,28 \cdot (1 - \alpha) \cdot M_{II} \text{ [кг]}; \quad (6.18)$$

У останніх трьох виразах α — коефіцієнт повноти згоряння палива, значення якого потрібно брати з характеристик двигуна. Останні три вирази є наближеними, і ними слід користуватися у випадках, коли емісійні характеристики конкретного двигуна з яких-небудь причин не відомі.

При використанні в розрахунках емісій експлуатаційних характеристик двигунів, у разі потреби, потрібно користуватися формулами приведення до стандартних атмосферних умов, що дає змогу врахувати вплив атмосферного тиску й температури на вході в двигун на параметри потоку повітря у вхідному перерізі камери згоряння, на витрату палива і, отже, на величину викидів забруднюючих речовин:

$$\text{- оберти } n_{np} = n \cdot \sqrt{\frac{288}{T}}, [\text{об/хв}]; \quad (6.19)$$

$$\text{- тяга } R_{np} = R \cdot \frac{101325}{p}, [H]; \quad (6.20)$$

- питома витрата палива

$$C_{num,np} = C_{num} \cdot \sqrt{\frac{288}{T}} \text{ [кг/Н·год]}; \quad (6.21)$$

- витрата палива $G_{n.np} = G_n \cdot \frac{101325}{p} \cdot \sqrt{\frac{288}{T}}$, [кг/сек]; (6.22)

- витрата повітря

$$G_{нов.np} = G_{нов} \cdot \frac{101325}{p} \cdot \sqrt{\frac{T}{288}}, \text{ [кг/сек];} \quad (6.23)$$

- відносна витрата палива $g_{n.np} = \frac{G_{n.np}}{G_{нов.np}} = g_n \cdot \frac{288}{T}$; (6.24)

- температура повітря за компресором (на вході в камеру

згоряння) $T_{к.np} = T_k \cdot \frac{288}{T}$, [$^{\circ}K$]; (6.25)

- тиск повітря за компресором (на вході в камеру згоряння)

$$P_{к.np} = P_k \cdot \frac{101325}{p}, \text{ [Па].} \quad (6.26)$$

У наведених формулах T і p — відповідно температура ($^{\circ}K$) і тиск (Па) атмосферного повітря в конкретних умовах експлуатації авіаційного двигуна.

6.5.3. Простий метод розрахунку викидів маршевыми двигунами літаків

Простий метод розрахунку можна застосовувати в умовах, коли відсутні дані засобів об'єктивного контролю польотної інформації. Цей метод заснований на використанні стандартного злітно-посадкового циклу.

Знаючи індекс емісії двигуна, обчислюють масу викидів даної забруднюючої речовини. Зокрема, для повітряного судна з n двигунами при виконанні стандартного злітно-посадкового циклу масу викидів визначають за формулою:

$$M_j = n \cdot \sum_i EI_{ji} \cdot G_{Pi} \cdot \tau_i, \text{ [г].} \quad (6.27)$$

Розрахунок маси викидів метану (CH_4) виконують за співвідношенням:

$$M_{CH_4} = 0,1 \cdot M_{C_nH_m}, \text{ [г].} \quad (6.28)$$

Розрахунок маси викидів діоксиду сірки (SO_2) виконують за співвідношенням:

$$M_{SO_x} = 0,005 \cdot M_{II}, [\text{г}], \quad (6.29)$$

де M_{II} — сумарна витрата палива за стандартний злітно-посадковий цикл.

Розрахунок маси викидів твердих частинок (M_C) виконують за формулами (6.8) та (6.9) з урахуванням кількості двигунів літака.

Маса викидів забруднюючих речовин C_nH_m , CO , NO_x на ділянці польоту літака від злітно-посадкового циклу аеропорту вильоту до злітно-посадкового циклу посадки визначають із співвідношення:

$$M_{j,kr} = EI_{j,kr} \cdot M_{II,kr}, [\text{кг}], \quad (6.30)$$

де $EI_{j,kr}$ — приймають для номінального режиму роботи двигуна;

$M_{II,kr}$ — маса палива, витраченого у польоті літаком без урахування етапів злітно-посадкового циклу.

Масу палива визначають за формулою:

$$M_{II,kr} = n \cdot G_{II,kr} \cdot \tau_{kr} \approx G_{II,запр} - (G_{II,ЗПЦ} + G_{II,невик}), [\text{кг}], \quad (6.31)$$

де n — кількість двигунів на літаку;

$G_{II,запр}$ — маса заправленого в літак палива, кг;

$G_{II,ЗПЦ}$ — сумарна витрата палива за злітно-посадковий цикл, кг;

$G_{II,невик}$ — залишок палива, що не використовується протягом польоту, кг,

τ_{kr} — час польоту за маршрутом на висоті більше 1000 м.

Час польоту визначають зі співвідношення:

$$\tau_{kr} = \tau_{розр} - \tau_{ЗПЦ}, [\text{сек}], \quad (6.32)$$

де $\tau_{розр}$ — тривалість польоту за розкладом, сек;

$\tau_{зПЦ}$ — сумарний час стандартного злітно-посадкового циклу, сек.

ІКАО рекомендує приймати $\tau_{зПЦ} = 1974$ сек.

Якщо дані щодо даного типу двигуна відсутні, то допускається використовувати дані авіадвигунів зі схожими параметрами робочого процесу (тяга, ступінь підвищення тиску й температура газів на виході з камери згоряння). Масу викидів щодо кожного виду забруднюючої речовини від даного типу літака визначають шляхом підсумовування значень мас забруднюючих речовин, що викидаються на етапах польоту для всіх двигунів, встановлених на даному типі літака.

6.5.4. Детальний метод розрахунку викидів маршевыми двигунами літаків

Детальний метод розрахунку орієнтований на отримання достовірніших результатів стосовно викидів забруднюючих речовин на всіх етапах експлуатації двигунів літака. Цей метод передбачає використання характеристик двигуна і даних, отриманих від засобів об'єктивного контролю польоту.

Для i -го етапу фактичного злітно-посадкового циклу з використанням дросельних характеристик двигуна і формул приведення до стандартних атмосферних умов розраховують витрату палива за формулою:

$$G_{Пi} = \frac{C_{num.i} \cdot R_i}{3600}, \text{ [кг/сек]}, \quad (6.33)$$

де фактичну питому витрату палива та фактичну тягу визначають за формулами:

$$C_{num.i} = C_{num.np.i} \cdot \sqrt{\frac{T}{288}}, \text{ [кг/Н·год]}; \quad (6.34)$$

$$R_i = R_{np.i} \cdot \frac{P}{101325}, \text{ [Н]}. \quad (6.35)$$

Далі визначають масу палива, витраченого за злітно-посадковий цикл:

$$M_{\Pi.ЗПЦ} = n \cdot \sum_i G_{\Pi i} \cdot \tau_i, \text{ [кг]}, \quad (6.36)$$

де τ_i — фактична тривалість i -го етапу злітно-посадкового циклу, сек;

n — кількість двигунів на літаку.

Іншим, точнішим джерелом даних по $G_{\Pi i}$ і τ_i є дані розшифровки засобів об'єктивного контролю польотної інформації. Після визначення даних про $G_{\Pi i}$ і τ_i розраховують масу викидів забруднюючих речовин за злітно-посадковий цикл:

$$M_{jЗП} = n \cdot \sum_i EI_j \cdot G_{\Pi i} \cdot \tau_i, \text{ [кг]}. \quad (6.37)$$

У цій формулі індекс емісії забруднюючих речовин EI_j — потрібно брати з технічних або сертифікаційних даних двигуна і перераховувати на конкретні атмосферні умови.

Масу викидів твердих частинок M_C розраховують за допомогою формул (6.8) і (6.9) з урахуванням кількості двигунів і пропорційно часу реального злітно-посадкового циклу до стандартного, тривалість якого $\tau_{ЗПЦ} = 1974$ сек. Якщо дані щодо даного двигуна відсутні, то допускається використовувати дані авіадвигунів зі схожими параметрами робочого процесу.

Розрахунок маси викидів метану CH_4 і діоксиду сірки SO_2 проводять аналогічно простій методиці, але при цьому величину витрати палива $M_{Пj}$ приймають за реальний злітно-посадковий цикл.

Масу викидів щодо кожного виду забруднюючої речовини від даного типу літака визначають як суму значень мас забруднюючих речовин щодо кожного двигуна за злітно-посадковий цикл по всіх двигунах, встановлених на конкретному літаку.

При проведенні операцій випробування двигуна масу викидів забруднюючих речовин одного двигуна визначають за формулою:

$$M_{випр} = \sum EI_j \cdot G_{\Pi} \cdot \tau_i, \text{ [кг]}, \quad (6.38)$$

де τ_i — фактичний час роботи двигуна на i -му режимі, сек.

Дані стосовно EI_j і секундної витрати палива G_{II} для конкретного режиму роботи двигуна вибирають із близьких за значенням режимів роботи двигуна. Точнішим джерелом даних стосовно G_{II} і τ_i є дані розшифровки засобів об'єктивного контролю.

У процесі всіх розрахунків маси викидів метану й діоксиду сірки величину витрати палива приймають за фактичний час роботи двигуна на i -му режимі.

При визначенні маси викидів забруднюючих речовин у польоті на висоті більше 1000 м визначають час даної ділянки польоту за формулою (6.32).

Для конкретного режиму роботи двигуна з використанням його висотно-швидкісних характеристик витрату палива визначають за формулою:

$$G_{II,kr} = \frac{C_{nut.kr} \cdot R_{kr}}{3600}, \text{ [кг/с]}. \quad (6.39)$$

Після цього розраховують масу палива, витраченого літаком у польоті без урахування етапів злітно-посадкового циклу за формулою:

$$M_{II,kr} = n \cdot G_{II,kr} \cdot \tau_{kr}, \text{ [кг]}. \quad (6.40)$$

Точнішим джерелом даних стосовно $G_{II,kr}$ і τ_{kr} є також дані розшифровки засобів об'єктивного контролю польотної інформації.

Експериментальні дані показують, що співвідношення між основними забруднюючими речовинами, що викидаються з відпрацьованими газами літака, включаючи оксиди азоту, є такими:

- оксиди азоту NO_x 84,0 %;
- оксид вуглецю CO 11,8 %;
- вуглеводні C_nH_m 4,0 %;
- тверді частинки (сажа) 0,2 %.

Враховуючи те, що частка оксидів азоту набагато перевищує частки інших викидів, під час польоту на висотах більше 1000 м допускається розраховувати тільки викиди NO_x . Значення індексу емісії NO_x на основній ділянці польоту розраховують за формулою:

$$(EI_{NO_X})_H = (EI_{NO_X})_0 \cdot \left(\frac{P_{крH}}{P_{кр0}} \right)^{0,4} \cdot EXP(19 \cdot (h_0 - h_H)), [\text{г/кг}], (6.41)$$

де h_0 — вологість сухого повітря, приймається $h_0 = 0,00634$ кг води/кг сухого повітря. Індекс « H » відповідає параметрам на висоті H польоту.

Тоді викиди оксидів азоту становитимуть:

$$M_{NO_{Xкр}} = EI_{NO_{Xкр}} \cdot M_{П.кр}, [\text{кг}]. (6.42)$$

Розрахунок маси викидів SO_2 виконують виходячи з умови:

$$M_{SO_2} = 0,005 \cdot G_{П.кр}, [\text{кг}]. (6.43)$$

Точніше викиди діоксиду сірки оцінюються за кількістю витраченого палива і масовим вмістом сірки в паливі за формулою:

$$M_{SO_2} = 2 \cdot \sum_i M_{Pi} \cdot \bar{S}_i, [\text{кг}], (6.44)$$

де \bar{S}_i — відносний масовий вміст сірки у паливі i -ї марки (за паспортом).

Маса викидів $M_{кр}$ щодо кожного виду забруднюючої речовини від даного типу літака за політ по маршруту визначають підсумовуючи значення мас забруднюючих речовин по всіх двигунах, встановлених на цьому літаку.

6.5.5. Розрахунок викидів шкідливих речовин допоміжними силовими установками

Маса викидів j -ї забруднюючої речовини за час t_i (хв) роботи допоміжної силової установки на i -му режимі визначають за формулою:

$$M_j^{ДСУ} = \frac{\sum_i M_{ji} \cdot \tau_i}{60}, [\text{кг}], (6.45)$$

де M_{ij} — маса викидів j -ї забруднюючої речовини за 60 хв роботи допоміжної силової установки на i -му режимі.

За формулою (6.45) визначають маси викидів CO , C_nH_m , NO_x . Якщо відомі емісійні характеристики допоміжної силової установки (індекси емісії і витрати палива на конкретних режимах роботи), то розрахунок маси викидів забруднюючих речовин здійснюють за формулою (6.2).

Маса викидів оксидів сірки SO_2 і твердих частинок (сажі) визначається так само, як і для основного типу силової установки. При цьому використовують дані щодо витрати палива на конкретному режимі роботи допоміжної силової установки за контрольний час.

6.5.6. Розрахунок викидів шкідливих речовин при наземних операціях в аеропортах

Наземні операції — це запуск двигунів, їх прогрівання, руління літака перед зльотом і після посадки.

Головною характеристикою цих операцій (з точки зору розрахунку емісії авіадвигунів) є те, що двигуни літака працюють на одному режимі — режимі малого газу (холостого ходу) — і за часом це найтриваліші операції в зоні аеропорту. Ця обставина спрощує розрахунок.

Визначення $M_{i, наз}$ (маси шкідливих інгредієнтів, які утворюються внаслідок викиду авіадвигунами в зоні аеропорту), здійснюють за формулою:

$$M_{i, наз} = K_{i, наз} \cdot G_{П, наз}, \text{ [кг]}, \quad (6.46)$$

де K_{iH} — коефіцієнт викиду i -того інгредієнта під час наземних операцій, $\text{кг інгредієнта/кг пального}$;

$G_{ПH}$ — маса палива, витраченого двигуном літака під час наземних операцій злітно-посадкового циклу, кг.

Масу палива, витраченого під час наземних операцій, визначають за формулою:

$$G_{ПH} = C_{пит.мг} \cdot R_{мг} \cdot T_{мг}, \text{ [кг]}, \quad (6.47)$$

де $C_{пит.мг}$ — питома витрата палива під час роботи двигуна на режимі малого газу (наводиться в формулярі двигуна як одна з його важливих технічних характеристик), $\text{кг/Н} \cdot \text{год}$;

$R_{мг} = R_0 \cdot \bar{R}$ — тяга двигуна на режимі малого газу (наводиться у формулярі двигуна, як його технічна характеристика), H ;

$T_{мг}$ — напрацювання двигуна на режимі малого газу за злітно-посадковий цикл, год (див. табл. 6.5).

Напрацювання двигуна на режимі малого газу визначають за формулою:

$$T_{мг} = t_{мг} \cdot N \cdot n, \text{ [год]}, \quad (6.48)$$

де $t_{мг}$ — напрацювання в годинах двигуна на режимі малого газу за один злітно-посадковий цикл (режими 1, 5 табл. 6.5);

N — річна кількість зльотів-посадок усіх літаків даного типу в аеропорту;

n — кількість двигунів на даному типі літаків.

6.6. Оцінювання стану атмосфери в районі аеропорту за аналізом опадів

Під час вивчення питань, пов'язаних із забрудненням атмосферного повітря, переносом, стійкістю забруднюючих речовин, важливе значення мають процеси видалення поллютантів із атмосфери, що впливає на рівень їх вмісту в приземному шарі. Цей процес характеризує її здатність до самоочищення.

Оскільки більшість забруднюючих речовин адсорбовані на твердих частинках або розчинені у краплинах вологи, то випадання опадів — важлива стадія виведення їх із атмосфери. Не затратно та економічно вигідно оцінювати стан атмосфери на підставі аналізу атмосферних опадів.

Концентрація хімічних домішок в опадах зазвичай порівняно невелика, однак, якщо врахувати всю суму опадів за тривалі періоди (сезон, рік), то кількість речовин, що випали з ними, становитиме суттєве значення, яке слід враховувати.

Випадання опадів (дощу чи снігу) є механізмом виведення забруднюючих речовин з атмосфери.

Сніг знаходиться в тривалішому контакті з атмосферним повітрям, ніж дощ, отже при його дослідженнях імовірність виявлення забруднювачів в атмосфері вища. Тому використання

снігового покриву як індикатора забруднення довкілля дає змогу значно підвищити ефективність контролю забруднення атмосфери, вод, ґрунтів у зонах впливу авіаційного транспорту.

Забруднення снігового покриву відбувається в два етапи:

- забруднення сніжинок під час їхнього утворення в хмарі й випадання на місцевість — так зване вологе випадання забруднюючих речовин зі снігом;
- забруднення вже випалого снігу унаслідок сухого випадання забруднюючих речовин з атмосфери.

При вивченні снігу як індикатора забруднення атмосферного повітря слід враховувати, що з атмосферними опадами випадає тільки 15–20 % хімічних елементів, основна ж їх частина осідає у формі сухих аерозолів.

Концентрація важких металів в опадах у теплу і холодну пору року залежить від розташування джерел забруднення атмосфери і метеорологічних умов. У зимових умовах, коли спостерігаються приземні температурні інверсії і, отже, ускладнений вертикальний обмін повітряних мас, промислові забруднення накопичуються в приземному шарі атмосфери, при цьому зростає концентрація забруднення в повітрі й в опадах.

6.7 Особливості забруднення ґрунтів авіаційним транспортом

Окрім забруднення атмосферного повітря авіаційний транспорт із приписаною до нього технікою забруднює *ґрунти* різними механічними, фізичними та хімічними домішками.

Забруднення ґрунту відбувається внаслідок осідання із повітряного басейну на поверхню ґрунту забруднюючих речовин, які надходять в атмосферу з відпрацьованими газами літаків, наземної авіаційної техніки й топок котельних.

Ґрунтовий покрив являє собою систему менш динамічну й більш буферну, ніж атмосферне повітря чи водойми. Одна з особливостей ґрунту полягає в тому, що він накопичує інформацію про процеси й зміни, які відбуваються, і тому не лише свідчить про стан середовища на даний момент часу, а й відображає минулі процеси.

Ґрунти виконують протекторну роль стосовно природних вод, атмосфери й рослинності. Водночас, виконуючи захисні функції, ґрунти можуть стати основним джерелом багатьох хімічних речовин, що забруднюють природні води й небезпечні для рослин.

Перерозподіл забруднень у ґрунті, а, отже, і суміжних із ним середовищах (рослинах, воді, повітрі) спричинений переміщенням важких металів по ґрунтовому профілю.

На відміну від органічних хімічних забруднювачів, що розкладаються з часом, важкі метали здатні лише перерозподілятися між компонентами природного середовища, й періоди їхнього розкладу можуть становити багато тисяч років.

Обстеження ґрунтів поблизу аеропортів показало підвищений вміст важких металів у них більше ніж в 20 разів. Максимальне забруднення спостерігалось біля складів паливно-мастильних матеріалів, ремонтних майстерень, перону, а також уздовж злітно-посадкових смуг, особливо в місцях зльоту і посадки літаків. За сильного та помірного забруднення в ґрунтах знаходили від 8 до 18 мг/кг важких металів, вміст яких значно перевищував допустимі норми.

Загалом *ґрунти поблизу аеропортів забруднені* такими важкими металами: цинк, мідь, свинець, хром, олово, вольфрам, а також специфічними металами (кобальт, нікель, кадмій, стронцій, срібло, літій).

Дослідження, проведені у нас в країні та за її межами, свідчать, що рівень забруднення ґрунтів в районі аеропортів і підприємств з обслуговування авіаційної техніки досить високий. На 1 м² ґрунту припадає до 200–250 г органічних і неорганічних хімічних речовин штучного походження.

Існують великі ділянки території аеропортів, піддані вітровій ерозії. Цьому процесу сприяє забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами, а також викидами газів, що надходять у природне середовище внаслідок емісії двигунів внутрішнього згоряння і спецавтотранспорту.

Найінтенсивніше забруднення ґрунту у місцях заправки транспортних засобів паливом і мастилами, за рахунок аварійних розливів.

Цілісність системи ґрунт–рослина вказує на необхідність дослідження і *рослин* щодо хімічного впливу на них авіаційного транспорту.

Забруднення рослин поділяють на зовнішні (осідання на поверхні листя і стебел) і внутрішні (надходження в клітини через коріння). Під час надходження забруднювачів через коріння рослин спрацьовують захисні механізми. Вони обмежують проникнення поллютантів у наземні органи та включення їх у метаболічні реакції клітин. Щодо різних забруднювачів захисні можливості рослин проявляються неоднаково: свинець, наприклад, затримується вже на корінні, кадмій легко проникає в наземні органи.

Характер поглинання й акумуляції важких металів рослинами в умовах забруднення визначається рівнем забруднення, вибірковістю рослин, впливом супутніх викидів, які підкислюють чи підлужнюють ґрунтовий розчин.

Між хімічним складом рослин і елементним складом середовища існує безперечний зв'язок, але пряма залежність вмісту важких металів у рослинах від вмісту у ґрунті часто порушується через вибіркочу властивість рослин до накопичення елементів.

Поглинання елемента рослиною визначається не тільки проходженням реакцій у системі ґрунт–розчин, але і взаємодією між розчином і рослиною, що може змінюватися за зміни концентрації елемента.

Порівнюючи глибину міграції важких металів у ґрунті без рослинності і з рослинністю, виявили в останньому випадку дещо більшу глибину їхнього проникнення. Крім того, було встановлено, що показник захисних можливостей ґрунту (ґрунтовий бар'єр) перебуває в прямій залежності від здатності металу (його хімічних властивостей) до переходу в рухливу форму з наступною міграцією в системі ґрунт–рослина.

6.8. Особливості забруднення вод авіаційним транспортом

Більш дослідженою і вивченою є проблема впливу авіаційного транспорту на стан *поверхневих вод*. У сучасних умовах водойми, які знаходяться в зоні локального впливу авіаційного транспорту, перебувають під інтенсивним техногенним впливом,

який супроводжується зміною гідрогеологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів.

У середньому при скиданні 1 м³ виробничих стічних вод забруднюється близько 60 м³ природних вод.

Джерелом забруднення водою авіапідприємств є поверхневий стік. Формуючись за рахунок дощових і талих снігових вод, а також води під час вологого прибирання приміщень із штучним покриттям, поверхневий стік із території аеропорту акумулює в собі різні забруднюючі речовини: залишки мийних, дезинфікувальних, антиобліднювальних і протижелездових реагентів, продукти руйнування штучних покриттів і стирань ними шасі літаків та наземної техніки, відходи нафтопродуктів тощо.

До основних джерел забруднень поверхневого стоку відносять:

- території авіаційно-технічних баз;
- майданчики для доводочних робіт, мийки та антиобліднювальної обробки літаків;
- перон і привокзальну площу;
- приміщення служб паливно-мастильних матеріалів.

Для поверхневого стоку з території аеропортів характерна присутність:

- мінеральних суспензій;
- нафтопродуктів;
- фенолів;
- розчинених органічних сумішей та речовин, що містять азот;
- сумішей для миття літаків;
- мінеральних мастил.

Основні джерела господарсько-побутових стічних вод — будівлі й споруди для обслуговування перевезень:

- аеровокзал;
- готелі;
- їдальні;
- служби бортхарчування;
- території авіамістечок, що прилягають до аеропортів.

Джерелами виробничих стічних вод в аеропортах є:

- будівлі й споруди технічного обслуговування літаків (авіаційно-технічні бази, допоміжні виробництва);

- будівлі й споруди підсобних приміщень (склади технічного майна, автобази, пожежні депо, котельні).

У стічних водах виробничих діляниць аеропортів та інших авіапідприємств містяться:

- бензол;
- ацетон;
- нафтопродукти;
- кислоти й луги;
- розчинені сполуки різних металів — алюмінію, міді, берилію, хрому тощо.

Склад стічних вод, які скидаються, тісно пов'язаний з видами виробничої діяльності, вихідної сировини й різних додаткових продуктів, що буреть участь у технологічному процесі, а також залежить від ходу цих процесів, виду й досконалості виробничої апаратури.

Так, сполуки берилію часто використовують на авіапідприємствах для підвищення зносостійкості авіаційних деталей.

Деякі метали, що містяться у виробничих стічних водах авіапідприємств, надходячи на очисні споруди й осідаючи в двоярусних відстійниках і метантенках, згубно діють на мікрофлору, яка бере участь у зброджуванні осаду, і тим самим затримують його мінералізацію, а в метантенках — також утворення газу.

На біофільтрах та аерофільтрах вони шкідливо впливають на мікроорганізми, які беруть участь в очищенні стічних вод, і повністю стерилізують їх або знижують ефективність біологічного очищення стічних вод. Особливо шкідливо впливають на мікрофлору очисних споруд хром, нікель, свинець, мідь, цинк, срібло і ртуть.

Через це у великих аеропортах знешкодження поверхневого стоку має бути диференційованим через нерівномірний його розподіл. Насамперед необхідно очищувати поверхневий стік із ділянок технічного обслуговування (зокрема з майданчиків: миття та обробки проти зледеніння ПК спецрідинами; дегазації повітряних суден і устаткування, яке застосовується на авіахімроботах; змиву лакофарбових покриттів і фарбування літаків; миття автотранспортної техніки й спецмашин).

6.9. Енергетичні забруднення від авіаційного транспорту

Енергетичні забруднення – це шуми, теплові викиди, електромагнітні поля, вібрації, ультра- та інфразвукове а також інфрачервоне, світлове випромінювання тощо. Всі вони у більшому чи меншому ступені присутні в аеропорту та прилеглих до нього територіях.

Найбільш суттєвими із енергетичних забруднень в районі авіапідприємств є *шумове забруднення* та *електромагнітне випромінювання* тому розглянемо їх більш детально. Екологічна значимість впливу енергетичних забруднень техносфери в районі авіапідприємств показана на рис. 6.18.



Рис. 6.18. Екологічна значимість впливу енергетичних забруднень техносфери в районі авіапідприємств

6.9.1. Електромагнітне забруднення від авіаційного транспорту

Засоби радіозв'язку, радіонавігації та радіолокації аеропорту випромінюють значні потоки електромагнітної енергії.

Екологічна небезпека пов'язана з тим, що вони розміщені на великій за розмірами території, випромінювання характеризується різними діапазонами частот, режимами роботи та потужністю. Тому такі об'єкти вони можуть опромінювати не тільки працівників аеропорту й пасажирів, а й значну кількість населення прилеглих до аеропорту територій.

Джерелами височастотного електромагнітного випромінювання є радіотехнічні засоби цивільної авіації, в які входять:

- радіоустаткування зовнішнього та внутрішнього зв'язку (зв'язкові, командні та аварійні радіостанції);
- радіонавігаційне устаткування (бортові обзорні радіолокатори, доплеровські радіолокатори вимірювання швидкості і кута зносу, радіовисотоміри, радіокомпаси, радіовідстанеміри);
- радіоустаткування систем посадки повітряних кораблів (обзорні, диспетчерські та посадкові радіолокатори, радіопеленгатори, радіомаяки).

Оскільки радіолокаційні засоби випромінюють у НПС електромагнітну енергію, можливе утворення електромагнітних полів (ЕМП) великої напруженості, що представляє реальну загрозу для живих істот.

Причинно-наслідкова схема впливу електромагнітного забруднення техносфери на людину в районі авіапідприємств показана на рис. 6.19. При взаємодії з живим організмом електромагнітні хвилі частково відбиваються, а частково поширюються в них і поглинаються. Міра впливу залежить від величини поглинання енергії тканинами організму, частоти хвиль (із зменшенням довжини хвилі біологічна активність зростає) і розмірів біологічного об'єкта.

Таке поглинання електромагнітної енергії призводить до термічного ефекту, що проявляється значним нагріванням тканин. Наявність в організмі людини органів із слабовираженим механізмом терморегуляції (мозок, очі, нирки, жовчний міхур та ін.) призводить до їхньої підвищеної чутливості до електромагнітних випромінювань. Наприклад, опромінення очей людини сантиметровими мікрохвилями може підвищити температуру у задній частині кристалика на 20 °С і спричинити

катаракту.

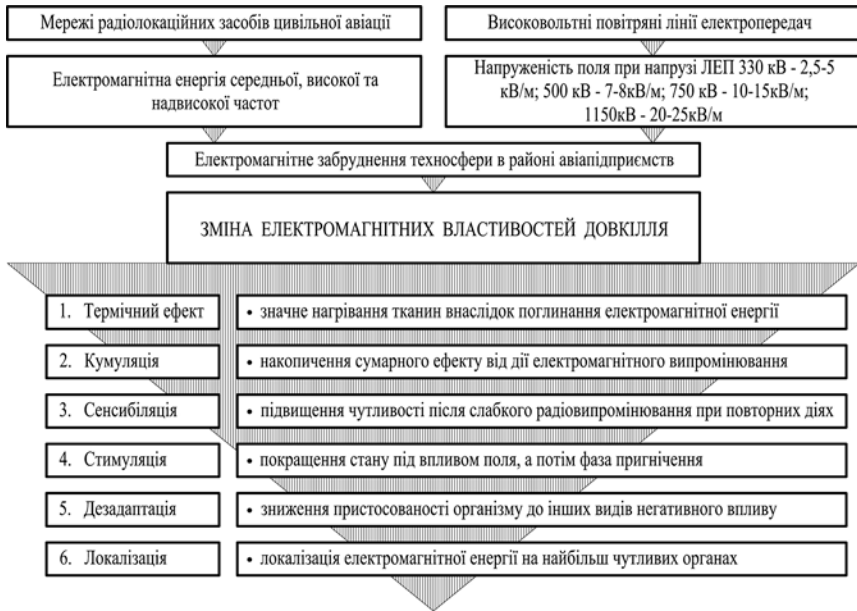


Рис. 6.19. Причинно-наслідкова схема впливу електромагнітного забруднення техносфери на людину в районі авіапідприємств

Поряд з термічним ефектом є й інші види негативного впливу на організми, це:

- кумуляція – можливе накопичення сумарного ефекту від дії ЕМП;
- сенсibiлізація – підвищення чутливості після слабого радіоопромінювання при повторних діях;
- стимуляція – покращення стану під впливом поля, а потім фаза пригнічення;
- дезадаптація – зниження пристосованості організму до інших видів негативного впливу: шуму, теплового впливу, іонізуючого випромінювання;
- локалізація електромагнітної енергії на певних органах, найбільш чутливими є статеві органи та очі.

Доведеним є факт впливу ЕМП на вищу нервову діяльність

людини та біоелектричну активність мозку. Встановлено, що надто чутливими до електромагнітних полів є ендокринна, імунна і репродуктивна системи людини. Періодична дія електромагнітних полів може призвести до стійких змін гормонального балансу, негативно впливати на генетичні структури.

6.9.2. Шумове забруднення від авіаційного транспорту

Джерелами шуму на території авіапідприємств і прилеглих до нього районів є:

- авіаційні силові установки з газотурбінними і поршневыми двигунами;
- допоміжні силові установки літаків та агрегати запуску;
- спецмашини аеродромного обслуговування різного призначення, в тому числі теплові та вітрові машини, створені на базі авіадвигунів, що відпрацювали льотний ресурс;
- верстатне та технологічне устаткування виробничих процесів.

Акустична обстановка в районі аеропорту визначається:

- режимом функціонування авіапідприємства;
- типами ПК, що експлуатуються в аеропорту;
- діючими маршрутами прильоту та вильоту ПК;
- розташуванням житлової забудови відносно злітно-посадочної смуги, а також заходами, що проводять аеропорт з метою зниження несприятливого діяння авіаційного шуму на довкілля.

При наземних випробуваннях авіадвигунів, зльотах і посадках ПК виникають складні акустичні коливання, які включають крім гучного високочастотного шуму також і інфразвуки низької частоти, що підсилюють шкідливий вплив на живі організми.

В усіх країнах протягом останніх десятиліть проблема боротьби з акустичним забрудненням навколишнього середовища від авіаційного транспорту, особливо поблизу аеропортів, є актуальною. Шуму повітряних кораблів було присвячено більше досліджень, ніж до будь-якої іншої екологічної проблеми шуму. Тому, при конструюванні нових літаків, виборі режимів зльоту і посадки, а

також при будівництві нових і реконструкції старих аеропортів, враховуються проблеми шуму, що можуть виникнути.

Повітряні перевезення генерують суттєвий шум поблизу як цивільних аеропортів, так і військових аеродромів. Зльоти літаків, як відомо, створюють інтенсивний шум, включаючи гуркіт і вібрацію. Посадка літака створює суттєвий шум уздовж коридорів, всередині яких польоти відбуваються, як правило, на низьких висотах. Шум створюється не тільки двигунами, але й шасі і механізацією крила, а також коли застосовується зворотна тяга (режим реверсу двигунів) під час пробігу літаків по злітно-посадковій смузі. Взагалі, більший і відповідно важчий літак створює більше шуму, ніж легший літак.

Технічне нормування шуму забезпечує максимальне допустиме зниження шуму обладнання, пристроїв, транспортних засобів із умов впровадження існуючих наукових досягнень, новітніх технологій, використання нових матеріалів, вдосконалення виробничих процесів. Тому технічні норми періодично переглядаються з метою більш жорстких нормативних обмежень щодо шуму. Санітарно-гігієнічні норми визначають необхідний ступінь послаблення шуму, а технічні - вказують на досяжні на практиці величини рівнів шуму технічних джерел.

Відповідно до міжнародних стандартів ІКАО шум літаків нормується залежно від максимальної злітної маси для трьох контрольних точок. На рис. 6.20 показана схема розташування точок вимірювання шуму.

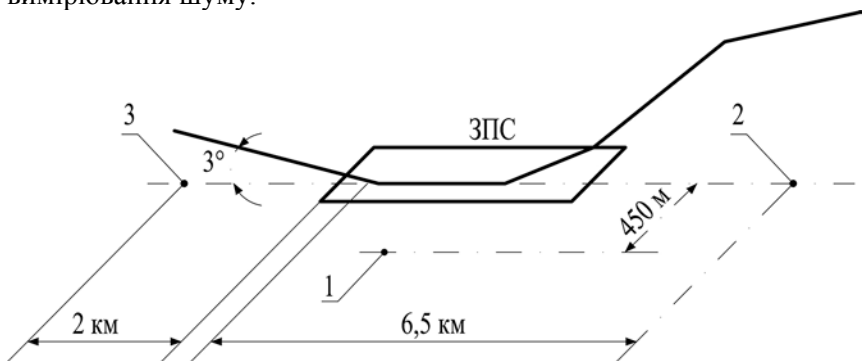


Рис. 6.20. Контрольні точки вимірювання шуму літаків

Мікрофони встановлюються в наступних точках: 1 - при зльоті, на відстані 450 м від осі злітно-посадочної смуги (ЗПС) для нових типів літаків; 2 - при набиранні літаком висоти, на відстані 6500 м від початку розбігу; 3 - при заході на посадку по стандартній глісаді, на відстані 2000 м до порогу ЗПС.

Для гвинтових літаків цивільної авіації обмеження по шуму також залежать від їхньої злітної маси. Для важких гвинтових літаків (злітна маса перевищує 9000 кг) застосовується така ж система обмежень, що і для реактивних. Шум літаків легкої злітної маси обмежується в одній контрольній точці: під траєкторією горизонтального прольоту на висоті 300 м, коли режим роботи двигунів максимальний. У цьому випадку рівень шуму не повинен перевищувати 68 і 80 дБА для злітних мас, відповідно, менше 600 і більше 1500 кг.

ІКАО періодично переглядає і посилює норми по шуму нових літаків.

На 31-шій Сесії Асамблеї ІКАО (вересень 1995 р.) було прийнято до виконання заяву про постійну політику і практику ІКАО в галузі охорони навколишнього середовища. В цій заяві було уточнено позицію відносно виведення з експлуатації повітряних кораблів, які не задовольняють вимогам розділу 3 Додатку 16 до Конвенції ІКАО. В табл. 6.6 наведені нормативні дані шуму літаків з реактивними двигунами відповідно до Глави 3 Додатку 16 ІКАО “Авіаційний шум”.

Обсяги впливу шуму об'єктів транспорту істотним чином залежать від структури парку транспортних засобів, інтенсивності їх експлуатації та забудовою в околицях транспортних магістралей. Наприклад, стосовно цивільної авіації, упродовж 1980-х років світовий парк літаків транспортної категорії збільшився приблизно на 30%, досягнувши до 1990 року приблизно 12 тисяч повітряних кораблів. На сьогоднішній день структура цього парку така, що найбільш шумні реактивні повітряні кораблі складають 75%, решта – гвинтові літаки. При цьому 20% парку складають літаки з турбогвинтовими двигунами, 5% – з гвинтовими поршневіми двигунами. Значні зусилля в першу чергу прикладалися для дослідження механізмів утворення шуму, основним акустичним джерелам і розробленню малошумних двигунів та літаків.

Результатом цих зусиль є те, що сучасні літаки, обладнані двигунами з високим ступенем двоконтурності та значною акустичною обробкою проточних каналів, на 15...25 ЕPNдБ "тихіші", ніж перші турбореактивні літаки. Динаміка зменшення шуму авіаційних двигунів з часом, починаючи з 1950-х років показана на рис. 6.21.

Таблиця 6.6

Нормативні вимоги до шуму літаків з реактивними двигунами відповідно до Гави 3 Додатку 16 до Конвенції ІКАО

Максимальна злітна маса М, тон	0	20.2	28.6	35	48.1	280	385	400
Рівні шуму для бокової точки, ЕPNдБ		94		80.87 + 8.51 lg M				103
Рівні шуму при заході на посадку, ЕPNдБ		98		86.03 + 7.75 lg M				105
Рівні шуму при зльоті, 2 двигуна, ЕPNдБ		89		66.65 + 13.29 lg M				101
Рівні шуму при зльоті, 3 двигуна, ЕPNдБ		89		69.65 + 13.29 lg M				104
Рівні шуму при зльоті, 4 двигуна, ЕPNдБ		89		69.65 + 13.29 lg M				108

Ілюстрація результатів у вигляді контурів шуму 65 дБА до та після виведення з експлуатації повітряних кораблів, рівні шуму яких не відповідають вимогам розділу 3 Додатку 16 до Конвенції ІКАО, наведено на рис. 6.22.

Проте впровадження обмежень на експлуатацію існуючих повітряних кораблів призводить до збільшення витрат авіакомпаній і створює серйозні економічні труднощі, особливо для тих

компаній, які не мають фінансових ресурсів для переобладнання своїх парків літаків.

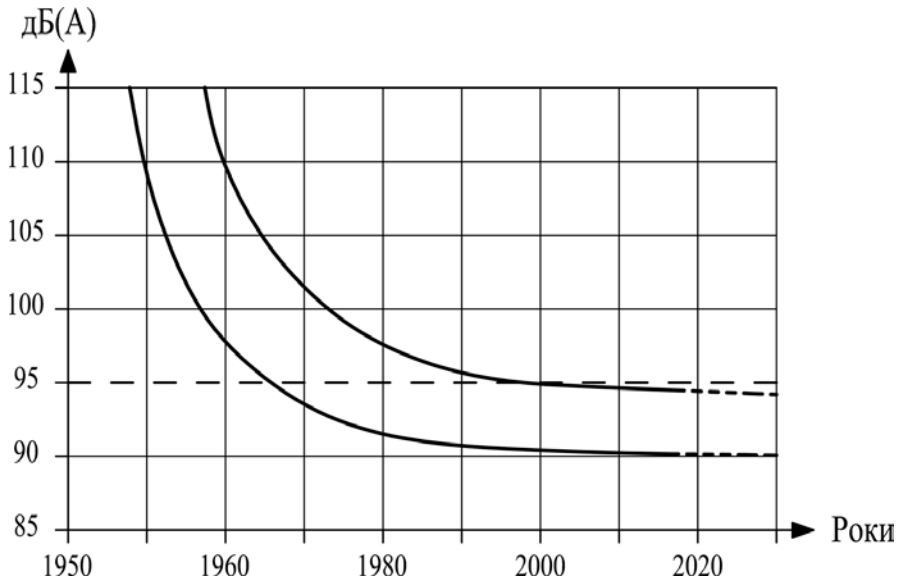


Рис. 6.21. Динаміка зменшення шуму авіадвигунів з часом

В рамках ІКАО проведений розрахунок витрат, пов'язаних з впровадженням в міжнародну практику обмежень експлуатації повітряних кораблів, які не відповідають вимогам розділу 3, на підставі концепції «чистої загальної вартості заміни більш шумного повітряного корабля на ранньому етапі». Концепція визначається зміненням основного капіталу і прибутків від виробничої діяльності авіакомпанії у зв'язку з вилученням повітряних кораблів до закінчення встановленого терміну їх експлуатації. Така вартість є істотно нижчою у порівнянні із одержаною на основі витрат, зв'язаних з закупівлею нових літаків. Наприклад, розглядалися заміни літаків старих типів B-727, B-737, DC-9 на B-737-400, MD-82 чи A-320; B-707, DC-9 на B-757, B-767; B-747-100/200 на нові модифікації B-747.

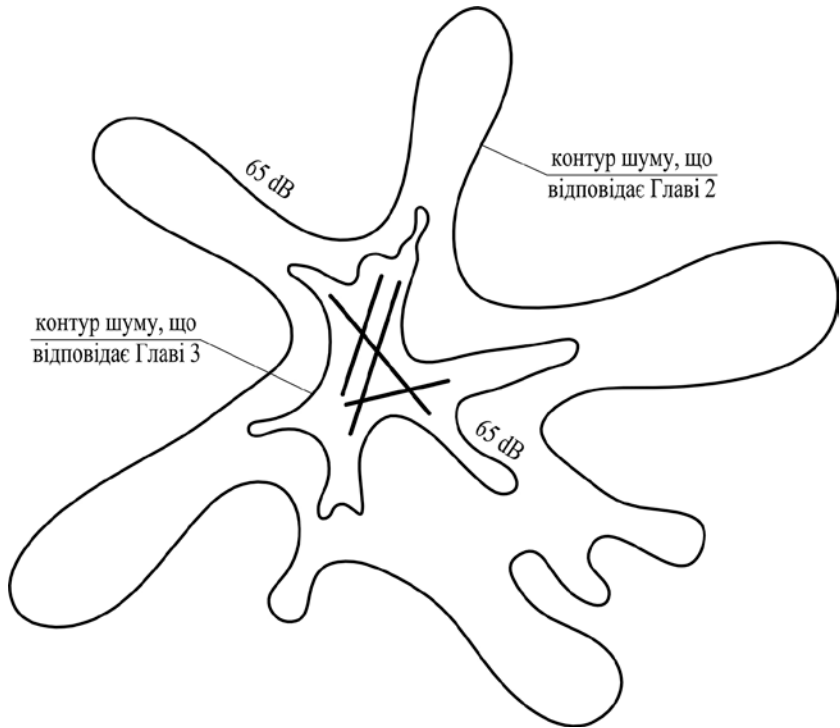


Рисунок 6.22. Порівняння контурів шуму для парків повітряних кораблів, рівні шуму яких відповідають вимогам норм Глави 2 та 3 Додатку 16 Конвенції ІКАО

Можлива також модифікація парку літаків, що експлуатуються, з метою їх приведення до вимог стандартів розділу 3 Додатку 16 ІКАО. Вартість модифікації (встановлення звукопоглинаючих комплектів на двигуни) коливається в межах 1,5 - 3 млн. дол. США на один літак, в той час як повна заміна двигунів на менш шумні складає 10-12 млн. дол. США. Багато авіакомпаній через складний економічний стан віддають перевагу саме цим простим варіантам модифікації.

Шум, що створюється різними видами літальних апаратів, за своїми характеристиками суттєво відрізняється. Це в першу чергу пов'язано з різними джерелами шуму у цих літальних засобах.

У літаків з реактивними двигунами шум обумовлений наступними причинами:

- реактивним струменем;
- турбіною;
- компресором;
- вентилятором.

Внесок кожної зі складових переважно залежить від ступеня двоконтурності двигуна (байпасне відношення) і режиму роботи двигуна. Реактивний струмінь і турбіна випромінюють звук переважно позаду двигуна, а компресор і вентилятор – як спереду двигуна, так і позаду. Тенденції у двигунобудуванні спрямовані на створення двигунів з високим ступенем двоконтурності – до 10...12).

Надзвукові транспортні літаки, навпаки, обладнані одно- чи двоконтурними двигунами з низьким ступенем двоконтурності. Шум реактивного струменя зумовлений турбулентною зоною позаду двигуна, тобто зоною змішування вихорів. Ця зона розташована на відстані декількох діаметрів сопла за його вихідним отвором.

Основні параметри, від яких залежить випромінювання звукових хвиль компресорів і вентиляторів – це частота обертання лопатей ротора, кількість лопатей ротора і статора, відстань між статором і ротором, діаметр компресора чи вентилятора. При збільшенні відстані між вхідними лопатями і ротором рівень шуму спочатку знижується, а потім набуває постійного значення.

Якщо швидкість руху лопатей перевищує швидкість звука, то утворюються ударні хвилі, що відрізняються одна від одної внаслідок неідентичності лопатей.

При поширенні ударних хвиль у напрямку до вхідного отвору двигуна, їх неідентичність може зростати. На вхідному отворі у двигун тиск розподіляється таким чином, що період його зміни по колу стає 2π . Цей розподіл тиску при обертанні лопатей зі швидкістю, що дорівнює частоті обертання ротора N , спричиняє випромінювання основного тону з частотою Nz , де z – кількість лопатей у колеса ротора, а також відповідних обертонів.

Турбогвинтовий двигун займає проміжне місце між реактивним і поршнеvim. Такі двигуни в даний час використовуються на невеликих пасажирських літаках місцевих авіаліній. Основний шум тут створюється гвинтом. Частота основного тону і обертонів, знову таки, визначається частотою Nz , де N – частота обертання гвинта, z – кількість лопатей у гвинта.

Під час польоту літака з надзвуковими швидкостями з'являється джерело шуму – *звуковий удар*. Сприймається звуковий удар, як 2, 3 і більше імпульсів тиску з проміжками часу між ними близько 0,1 – 0,2 с.

Фізично звуковий удар утворюється ударною звуковою хвилею у повітрі, яка генерується літаком, коли той летить на швидкості (навіть незначно) більшій, ніж локальна швидкість звуку. Ударна звукова хвиля розповсюджується від літака у конусоподібній формі. У точці, що розглядається, проходження ударної звукової хвилі викликає початкове раптове підвищення атмосферного тиску, яке потім завершується поступовим падінням до нижчого від нормального значення тиску, після чого раптово підвищується до нормального значення. Ці коливання тиску мають назву *N-хвилі* або ударні хвилі. Коли вони відбуваються з часовим інтервалом, більшим, ніж 100 мкс, звуковий удар проявляється у вигляді характерного подвійного звуку. Звукові удари високої інтенсивності можуть пошкоджувати будинки. Звукові удари низької інтенсивності можуть викликати реакцію переляку як у людей, так і у тварин. Реакція переляку є вторинним ефектом завдяки раптовій і непередбаченій експозиції.

Звуковий удар може бути почутий, як дуже гучний і ударний звук. Його можна почути на відстані більше, ніж 50 км. Це залежить від висоти польоту та розміру літака. Ділянку поверхні землі, на якій цей удар відчутний, називають зоною звукового удару.

Основними джерелами шуму вертольота є ротори і двигуни. У вертольотів з поршнеvim приводом звук створюється переважно двигуном. Багато вертольотів оснащуються газотурбінними двигунами, причому шум реактивного струменя і турбіни нижчий, ніж шум ротора. Шум компресора, як правило, високочастотний і незначний на великих відстанях. Основною причиною виникнення змінних аеродинамічних сил є взаємодія лопаті ротора з вихровим слідом попередньої лопаті. Крім того, несиметричне обтікання лопатей при поступальному русі вертольота приводить до періодичних змін аеродинамічних сил (швидкість польоту і швидкість руху лопатей поперемінно складаються і віднімаються). Ширококутний шум виникає внаслідок змін аеродинамічних сил, які впливають на лопать і утворюються через турбулентний струмінь, викликаний попередньою лопаттю.

Вплив авіації на навколишнє природне середовище є наслідком її виробничої діяльності у результаті функціонування всього господарського механізму авіаційного транспорту.

Одним із заходів, спрямованих на охорону навколишнього середовища від несприятливого впливу авіації, є діюча система вітчизняних і міжнародних стандартів ІКАО, нормування і контролю шуму літаків, що розробляються і знаходяться в експлуатації.

До обмеження шумового впливу повітряних кораблів цивільної авіації існує два підходи. За першого підходу – з урахуванням санітарно-гігієнічних вимог, допустимі рівні шуму встановлюються з умов, за яких несприятливий вплив шуму на людину не виявляється (чи виявляється незначно). За другого підходу – використовуються принципи технічного нормування шуму, що дозволяють регламентувати шум літаків на підставі апробованих і технічно-досяжних методів зменшення акустичного випромінювання.

Загалом *акустична обстановка* в районі аеропорту визначається:

- режимом функціонування авіапідприємства;
- типами ПК, що експлуатуються в аеропорту;
- діючими маршрутами прильоту та вильоту ПК;
- розташуванням житлової забудови відносно злітно-посадочної смуги, а також заходами, що проводять аеропорт з метою зниження несприятливого діяння авіаційного шуму на довкілля.

При наземних випробуваннях авіадвигунів, зльотах і посадках повітряних кораблів виникають складні акустичні коливання, які включають крім гучного високочастотного шуму також і інфразвуки низької частоти, що підсилюють шкідливий вплив на живі організми.

6.10. Елементи управління природоохороною діяльністю на авіаційному транспорті

Основою державного регулювання діяльності цивільної авіації України є законодавча та нормативно-правова база, яку становлять Конституція України, Повітряний кодекс України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон України «Про охорону атмосферного повітря»,

Концепція розвитку цивільної авіації України (постанова КМУ 28.12.96 № 1587), Державна комплексна програма розвитку авіаційного транспорту України, інші законодавчі акти, національні нормативно-правові акти, державні та галузеві стандарти, керівні документи зі стандартизації, нормативно-правові акти колишнього МЦА СРСР, які не втратили свою актуальність і не суперечать Конституції та чинному законодавству України, чинні для України акти міжнародного повітряного права, документи міжнародних організацій, членом яких є Україна.

Регулювання діяльності цивільної авіації України здійснюється на основі близько 140 національних нормативно-правових актів та нормативно-правових актів колишнього СРСР, що відповідають міжнародним вимогам.

Для забезпечення екологічної безпеки авіапідприємств формується *три групи природоохоронного законодавства*:

- нормативно-правові акти, що визначають загальнообов'язкові екологічні вимоги до діяльності авіапідприємств;
- нормативно-правові акти, спрямовані на дотримання екологічних вимог виключно експлуатаційними ремонтними підприємствами ЦА;
- нормативно-правові акти, які забезпечують виконання екологічних вимог при використанні природних ресурсів.

Розвиток цивільної авіації України за сучасних умов неможливо здійснювати без розгляду документів ІКАО, членом якої є Україна.

Розвиток авіації як міжнародного виду транспорту зробив необхідними координацію, стандартизацію і приведення основ поточної діяльності, правил і законодавства до загальноприйнятих у світі норм. ІКАО було створено для проведення такої міжнародної координації, що здійснюється за допомогою тринадцятих багатосторонніх законодавчих документів. Держава — член ІКАО бере на себе відповідні зобов'язання щодо прийнятих в ІКАО стандартів і рекомендацій.

Одним із методів покращення екологічної ситуації під час діяльності авіапідприємств є поява серії міжнародних стандартів систем екологічного менеджменту ISO 14000.

Система стандартів ISO 14000, на відміну від багатьох інших природоохоронних стандартів, орієнтована не на кількісні параметри (обсяг викидів, концентрації речовини і т.п.) і не на технології (вимога використовувати чи не використовувати певні технології, вимога використовувати «найкращу доступну технологію»). *Основним предметом ISO 14000* є система екологічного менеджменту — environmental management system (EMS). Типові положення цих стандартів полягають у тому, що в організації мають бути введені і додержуватися певні процедури, підготовлені певні документи, призначений відповідальний за певну сферу. Основний документ серії — ISO 14001 «Специфікації і посібник з використання систем екологічного менеджменту» не містить жодних «абсолютних» вимог до впливу організації на навколишнє середовище, за винятком того, що організація в спеціальному документі повинна оголосити про своє прагнення відповідати національним стандартам. Усі його вимоги є такими, що «аудитуються» — передбачається, що відповідність чи невідповідність їм конкретної організації може бути встановлена з високою мірою певності. Саме відповідність стандарту ISO 14001 і є предметом формальної сертифікації.

Всі інші документи розглядаються як допоміжні — наприклад, ISO 14004 містить більш розгорнутий посібник зі створення системи екологічного менеджменту, серія документів 14010 визначає принципи аудиту EMS. Серія 14040 визначає методологію «оцінювання життєвого циклу», що може використовуватися під час оцінювання екологічних впливів, пов'язаних із продукцією організації.

Основні вимоги, що їх висуває до підприємств ISO 14001, можуть бути висунуті й для авіапідприємств. Відповідність цим вимогам означає, що підприємство має систему, яка відповідає цьому стандарту.

Такий характер стандартів обумовлений, з одного боку, тим, що ISO 14000 як міжнародні стандарти не повинні втручатися в сферу дій національних нормативів. З іншого боку, попередником ISO є «організаційні» підходи до якості продукції, (наприклад, концепція «глобального управління якістю» — total quality management, ISO 9000), згідно з яким ключем до досягнення якості

є вибудовування належної організаційної структури і розподіл відповідальності за якість продукції.

Стандарти ISO 14000 є «добровільними». Вони не замінюють законодавчих вимог, а забезпечують систему визначення того, яким чином компанія впливає на навколишнє середовище і як виконуються вимоги законодавства.

За задумом ISO, система сертифікації має створюватися на національному рівні. Судячи з досвіду таких країн, як Канада, що є провідною, у процесі створення національної інфраструктури сертифікації мають визначальне значення національні агентства зі стандартизації — Держстандарт, Торгово-промислові палати, союзи підприємців і т.д.

Для екологізації авіаційної галузі доцільними є такі кроки:

- популяризація стандартів ISO 14000;
- популяризація основних принципів екологічного аудиту підприємств;
- підготовка фахівців-аудиторів;
- розвиток нормативної бази з екологічного аудиту;
- впровадження національної системи екологічної сертифікації.

Україна має Повітряний кодекс, згідно з яким аеропорт і аеропортова діяльність підлягають сертифікації (ст. 42). Постановою Кабінету Міністрів України від 29 березня 2000 року за № 573 визначено, що Укравіатранс здійснює реєстрацію, сертифікацію та надає допуски до експлуатації цивільних повітряних суден, аеродромів, посадкових майданчиків, аеропортів, провадить сертифікацію технічних засобів, сертифікацію експлуатантів, суб'єктів комерційного обслуговування авіаційних перевезень, організує та контролює підготовку, перепідготовку та сертифікацію авіаційного персоналу.

Атестація авіапілотів — акція з боку повноважного органу, експлуатанта або авіаційного навчального закладу щодо встановлення відповідності їхніх фактичних знань, умінь, досвіду, психофізіологічного стану та інших якостей чинним кваліфікаційно-посадовим вимогам на право виконувати посадові обов'язки авіаспеціаліста.

Згідно з документами ІКАО, Україна повинна розробити систему сертифікації на повітряному транспорті, нормативні

документи (базис) із сертифікації аеропортів, класифікаційні вимоги до аеропортів.

Введено в дію низку Державних стандартів України, які стосуються діяльності аеропортів, наприклад:

- ДСТУ 2462-94. «Сертифікація. Основні поняття»;
- ДСТУ 3432-96. «Авіаційна наземна техніка»;
- ДСТУ 3228-95. «Аеродроми цивільні».

Розроблено й зареєстровано в Державному департаменті інтелектуальної власності вимоги й правила сертифікації ДМАБ — «Науково-методичне забезпечення сертифікації ДП «Міжнародний аеропорт “Бориспіль”».

Державний департамент авіаційного транспорту регламентує порядок процедури відкриття, допуску до експлуатації, правила сертифікації аеродромів, реєстрації та ліцензування аеропортової діяльності. Рішення про відкриття аеропорту для міжнародних польотів (пунктів пропуску і митного контролю) приймає Уряд України. Дані про аеропорт заносять до спеціального банку даних реєстру аеропортів України. Положення про реєстр аеропортів та порядок їх реєстрації встановлює Укравіатранс відповідно до вимог ДСТУ 3415-96. Дані про всі зміни, що відбулися під час експлуатації, щодо оснащення, стану та обладнання аеропорту слід подавати в Укравіатранс і фіксувати в реєстрі.

Сертифікація аеродрому і аеропорту розглядається як складова частина державної системи сертифікації на повітряному транспорті України і здійснюється згідно з законами України «Про сертифікацію продукції і послуг», «Про захист прав споживачів» державними, міжнародними, відомчими стандартами та нормативами і *вирішує завдання:*

- створення умов для ефективної діяльності повітряного транспорту України;
- підтвердження відповідності об'єктів аеропорту встановленим вимогам;
- забезпечення польотів та запобігання актам незаконного втручання в діяльність аеропорту;
- забезпечення охорони навколишнього природного середовища;
- захист інтересів держави, суспільства і його громадян від несумлінності підприємств та інших юридичних і фізичних

осіб, діяльність яких пов'язана із здійсненням і забезпеченням повітряних перевезень та авіаційних робіт;

- реалізації антимонопольного законодавства, створення для роботи авіапідприємств умов вільної конкуренції.

Сертифікація аеропорту передбачає процедуру:

- подання заявки на сертифікацію;
- розгляд заявки та прийняття рішення щодо неї;
- експертизу доказової документації;
- обстеження (атестацію) аеропорту;
- аналіз результатів обстеження робіт із сертифікації і прийняття рішення щодо можливості видачі сертифіката відповідності та укладання ліцензійної угоди;
- оформлення, реєстрацію та видачу сертифіката відповідності;
- технічний нагляд за сертифікованим аеродромом і аеропортом;
- інформування про результати робіт із сертифікації аеродрому і аеропорту.

До аеропорту, що сертифікується, висувають вимоги:

- виконувати всі вимоги, висунуті органом із сертифікації аеропортів;
- забезпечити виконання норм і правил, регламентованих чинним законодавством;
- повідомляти орган із сертифікації щодо всіх суттєвих для експлуатації змін, які відбуваються в аеропорту;
- проводити регулярне планове інспектування безпеки польотів в аеропорту і в разі потреби — спеціальне інспектування, особливо після інцидентів і авіаційних пригод;
- у разі виявлення в аеропорту будь-яких невідповідностей чинним вимогам запроваджувати необхідні обмеження, що забезпечують польоти, та інформувати орган із сертифікації аеропортів;
- забезпечувати відповідність даних аеронавігаційної інформації фактичним характеристикам і параметрам аеродрому.

Сертифікати засвідчують відповідність аеродрому і аеропорту державним вимогам (нормам придатності) на діяльність

щодо обслуговування повітряних перевезень і авіаційних робіт.

Аеропорт зможе обслуговувати повітряні перевезення та виконувати авіаційні роботи виключно за наявності відповідного сертифіката з доданими до нього спеціальними експлуатаційними положеннями. Експлуатація аеропорту без сертифіката або з простроченим терміном його дії не повинна допускатися.

Спеціальні експлуатаційні положення визначають права, допуски та обмеження для аеродрому і аеропорту, що належать до виконання польотів повітряними суднами, повітряних перевезень або авіаційних робіт, за даним сертифікатом.

Аеропортова діяльність, пов'язана з обслуговуванням на комерційній основі повітряних суден, пасажирів і вантажів, повинна здійснюватися юридичними і фізичними особами тільки на підставі спеціальних дозволів (ліцензій).

Ліцензування аеропортової діяльності здійснюється відповідно до чинних правил і положень щодо ліцензування транспортного процесу на повітряному транспорті України і має на меті:

- забезпечити безпеку польотів і дотримання встановлених екологічних норм під час наземного обслуговування повітряних суден;
- забезпечити нормальне функціонування ринку авіаційних послуг, захист інтересів споживачів авіапослуг і реалізацію антимонопольного законодавства.

У ліцензіях можуть бути передбачені обмеження щодо території їхньої дії та видів виконуваних робіт. Ліцензія не звільняє від обов'язку мати необхідні свідоцтва, дипломи, робочі сертифікати та інші документи, передбачені правилами наземного обслуговування повітряних суден, експлуатації будівель, споруд, обладнання, технічних засобів, пристроїв та інших об'єктів.

Правилами ліцензування визначено перелік документів, які подаються для одержання ліцензії, порядок розгляду заяв, критерії оцінювання заявників, що претендують на отримання ліцензії, а також форма, порядок і строки оформлення та видачі ліцензії.

Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте сучасний стан повітряного транспорту в

- Україні та визначте основні проблеми його розвитку.
2. В чому полягає глобальний та локальний вплив авіатранспорту на довкілля?
 3. Охарактеризуйте вплив наземних джерел авіатранспорту на навколишнє середовище.
 4. Охарактеризуйте викиди шкідливих речовин з підприємств авіапаливозабезпечення.
 5. Опишіть способи зниження екологічної небезпеки від викидів парів нафтопродуктів
 6. Назвіть джерела витікання нафтопродукту з підприємств паливозабезпечення та поясніть методи їх скорочення
 7. Назвіть основні компоненти відпрацьованих газів сучасних авіаційних двигунів, які забруднюють атмосферу.
 8. Що називають індексом емісії двигуна і що таке контрольний параметр емісії авіаційного двигуна?
 9. У чому полягає задача розрахунку емісії авіаційного двигуна?
 10. Назвіть значення контрольних параметрів емісії основних забруднень встановлені ІКАО.
 11. Опишіть залежність емісійних характеристик авіаційного двигуна від зовнішніх атмосферних умов.
 12. Опишіть принципи оцінювання стану атмосфери в районі аеропорту за аналізом опадів.
 13. Назвіть основні компоненти забруднень ґрунтів в районі аеропорту та джерела їх появи.
 14. Опишіть роль ґрунтів у забрудненні підземних вод.
 15. Опишіть основні забруднення поверхневих вод авіатранспортом та джерела їх появи.
 16. Чим визначається акустична обстановка в районі аеропорту?
 17. Назвіть групи природоохоронного законодавства для забезпечення екологічної безпеки авіапідприємств.
 18. На що орієнтована система стандартів ISO 14000?
 19. Які основні задачі вирішує сертифікація аеропортів і яка процедура сертифікації аеропорту?

РОЗДІЛ 7

ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

7.1. Характеристика річкового транспорту України

Законодавством України визначено, що річковий транспорт включає підприємства річкового транспорту, що здійснюють перевезення пасажирів, вантажів, багажу, пошти, порти і пристані, судна, суднобудівно-судноремонтні заводи, ремонтно-експлуатаційні бази, підприємства шляхового господарства, а також підприємства зв'язку, промислові, торговельні, будівельні та постачальницькі підприємства, навчальні заклади, заклади охорони здоров'я, фізичної культури та спорту, культури, проектно-конструкторські організації та інші підприємства, установи й організації незалежно від форм власності, що забезпечують роботу річкового транспорту (ст. 27 Закону України «Про транспорт»).

Річковий транспорт в Україні має *давню історію*. Це, поперше, судноплавний Дніпро, який був свого часу найбільш значущою південною частиною важливого шляху «із варяг у греки», «варязьким шляхом», що з'єднував Скандинавію з Візантією. Цей шлях був головним для розвитку Київської Русі, зокрема, для зміцнення її торгових, культурних і релігійних зв'язків. Шлях проходив річками, суходолом судна переміщували волоком. На півночі він починався з Варязького (Балтійського) моря і далі йшов Невою через Ладозьке озеро, його притокою р. Волхов, Ільменським озером, його притокою р. Ловать аж до першого 30-кілометрового волоку між нею і притокою Двіни. Далі шлях продовжувався Двіною та Каспі. Між нею і верхів'ям Дніпра судна перетягували суходолом на відстань 80 км, і далі шлях продовжувався Дніпром до Руського (Чорного) моря.

Напади кочовиків на судна у степових районах і занепад Візантії призвели до того, що цей шлях втратив колишнє значення. Після того, як Північне Придніпров'я відійшло до Литви (XVI–XVIII століття), частина дніпровського шляху служила для внутрішніх водних зв'язків, зокрема, для перевезення лісу. Нижню частину Дніпра широко використовували запорожці для військових і господарських потреб.

Після будівництва в середині 30-х років Дніпрогесу й затоплення Дніпровських порогів встановилося наскрізне судноплавство на Дніпрі.

XVIII — перша половина XIX століття — період інтенсивного будівництва каналів у Європі з метою створення транспортних зв'язків між окремими річковими системами. У межах України в той час було споруджено канали для з'єднання басейну Дніпра з басейнами Німану, Вісли і Західної Двіни, тобто чорноморської транспортної артерії — Дніпра — з великими судноплавними річками, що впадають у Балтійське море, через їхні верхів'я (чи притоки). У 1768 році було завершено будівництво Огінського каналу, який з'єднав притоку Німану річку Шару з притокою Прип'яті — Ясельдою. Споруджено також Березинський канал, який з'єднав невеликим судноплавним каналом притоку Дніпра Березину із Західною Двіною. У 1775 році завершено прокладання Дніпровсько-Бузького (Королівського) каналу, який з'єднав притоку Західного Бугу річку Муховець (басейн Балтійського моря) з притокою Прип'яті річкою Пиною (басейн Чорного моря). Перші два канали функціонували недовго. Протягну трасу Дніпровсько-Бузького каналу (приблизно від Бреста до Кобрини) на початку другої половини XIX століття було реконструйовано. Цей канал функціонує і використовується (щоправда, обмежено) для зв'язків з Польщею.

Найбільшого розквіту річковий транспорт України досяг у 1989 році. Основний обсяг перевезень здійснювався по Дніпру та його притоках Прип'яті й Десні. Транспортні перевезення в республіці проводив також флот малих річок (Сіверського Дінця, Стиру, Горині, Самари, Дністра, Сули), загальна довжина яких становить понад 2 тис. км. До 1986 року суховантажні кораблі вантажопідйомністю 2000 т возили із Запоріжжя в Чорнобиль залізну руду. Потім її перевантажували на білоруські річкові рудовози меншої тоннажності і по Прип'яті та системі каналів і малих річок доставляли вантаж до Бреста. Чорнобильська аварія перекрила цей шлях. Довжина водних шляхів скоротилась і становить 3,9 тис. км.

На початок 1995 року Україна мала 815 кораблів загальною вантажопідйомністю 754 тис. т, з них 240 пасажирських і 71 корабель змішаного плавання. За 1989–1994 роки падіння обсягів

перевезень становило 3,5 рази, пасажирів — у 2,9 рази. Обсяг імпортно-експортних вантажів понизився з 2,65 млн. т до 2,4 млн. т.

Основними відправниками вантажів на експорт є Дніпровський, Запорізький, Миколаївський та Херсонський річкові порти. Річковий транспорт України перевозить вантажі Дніпром, Дунаєм, Чорним і Середземним морями із заходу у річкові порти Румунії, Німеччини, Угорщини, Австрії, а також морські порти Туреччини, Греції, Ізраїлю, Франції, Італії.

Річкові шляхи можна розділити на:

- *суднохідні* — призначені для безпечного руху кораблів;
- *сплавні* — призначені для безпосереднього сплавлення вантажів.

До природних суднохідних шляхів відносять ріки й озера, що використовуються для судноплавства в їх природному стані або з гідротехнічними спорудами, які не повинні спричиняти значної зміни їх режиму.

Канали й водосховища, а також річки, режим яких сильно змінено побудованими на них гідротехнічними спорудами, вважають штучними суднохідними водними шляхами.

Судна рухаються по судовому ходу (*фарватеру*) — це смуга водного шляху, глибина якої на 0,1–0,3 м перевищує осідання усіх суден, що експлуатуються, а ширина забезпечує безпечно проходження двох зустрічних суден. Найменша гарантована глибина фарватеру для кораблів вантажопідйомністю до 2000 т становить 0,8–1,4 м. Фарватер помічають спеціальними знаками річкової обстановки. Розміри фарватеру (ширини, глибини, розміри мостових отворів, шлюзів) називаються *габаритами водного шляху*.

Для забезпечення безпеки судноплавства на річках встановлюють берегові (сигнальні шогли, створні, семафорні й кілометрові знаки) та плавучі (віхи, бакени, буї) освітлювані й неосвітлювані знаки.

Суднохідні канали роблять відкритими, коли річки, що сполучаються, знаходяться на одному рівні, і шлюзованими, якщо річки розташовані по різні боки водорозділу. Крім цього, роблять обхідні канали (для пропуску кораблів в обхід несудохідних ділянок) та підхідні канали до портів, шлюзів. Шлюзи влаштовують для можливості пропуску суден на ділянки ріки з іншим рівнем поверхні води. Основні розміри камер шлюзів встановлюють залежно від

розмірів розрахункового корабля. Найпоширеніші однокамерні шлюзи. Їх будують за різності рівнів води не більш ніж 25 м. Залежно від перепускної здатності шлюзи розташовуються в одну, дві й більше паралельних ліній.

Іноді замість шлюзів встановлюють вертикальні або горизонтальні суднопідйомники, що є досить складними будівельними та експлуатаційними спорудами.

Канали будують або у виїмках, або в насипах (між валами ґрунту). Їх поповнюють водою самопливом або подачею води за допомогою насосів. Ширину каналу приймають за умови безпечного пропуску зустрічних кораблів.

Загальна довжина судноплавних річок в Україні становить 4,4 тис. км, зокрема з освітлювальною і світловідбивною обстановкою 3,9 тис. км. Найдовшими внутрішніми водними артеріями є Дніпро (1200 км) з притоками Прип'ять і Десна, а також Дністер і Південний Буг.

Як магістральні річкові шляхи використовують також ділянки Дністровського лиману загальною протяжністю понад 30 км, гирло Дунаю завдовжки 152 км, з них з морським устаткуванням — 140 км. Усі інші судноплавні річки — Десна (на північ від Чернігова), Стир, Горинь, Дністер, Самара, Південний Буг, Сіверський Донець, Інгулець, Ворскла, Псьол, Орель — за транспортним використанням належать до малих річок, їх використовують переважно для перевезення будівельних матеріалів, деякої продукції агропромислового комплексу, але суттєвої ролі у розміщенні продуктивних сил вони не відіграють.

Річковий транспорт України системою каналів зв'язаний з річками Білорусі та Польщі, що дає вихід у Балтійське море. Основні вантажно-розвантажувальні роботи здійснюються в річкових портах Києва, Дніпра, Запоріжжя, Кам'янського, Кременчука, Черкас, Нікополя, Чернігова, Херсона, Миколаєва, Рені, Ізмаїла, Кілії, Вилкова. Найбільший обсяг вантажних перевезень здійснюють Київська, Дніпровська, Запорізька і Херсонська області.

Для розвитку річкового транспорту доцільними є основні напрями:

- застосування великовантажних суден у внутрішніх перевезеннях масових вантажів;
- збільшення частки вантажів у пакетованому вигляді,

контейнерах;

- розширення перевезення в ліхтеровозах;
- розвиток перевезення експортно-імпортних вантажів суднами типу річка–море;
- пом'якшення чинників сезонної нерівномірності перевезень за рахунок продовження експлуатаційного періоду та організації цілорічної навігації на окремих ділянках;
- виведення з експлуатації фізично й морально застарілих суден та поповнення флоту суднами нових типів;
- розширення обсягів перевезень буксирного флоту вантажопідйомністю 3900 т і більше;
- оснащення портів високопродуктивними перевантажувальними комплексами для навалочних вантажів;
- оснащення портів засобами малої механізації, що дасть змогу скоротити простої суден, вагонів та автомобілів;
- розвиток відомчих причалів, оснащення їх сучасною перевантажувальною технікою.

Рухомий склад річкового транспорту представлений флотом. *Річковий флот складається із:*

- транспортних суден — перевозять вантажі та пасажирів;
- технічних суден — ведуть роботи з поглиблення та очищення дна;
- допоміжних суден — обслуговують транспортні й технічні судна.

За призначенням транспортні судна поділяються на:

- вантажні;
- вантажопасажирські;
- пасажирські.

За використанням водного середовища вони бувають:

- водовміщуючими;
- глісируючими;
- на підводних крилах;
- на повітряній подушці.

За способом руху судна розрізняють на:

- самохідні — мають силове устаткування та рушійні механізми (теплоходи, газоходи, дизель-електроходи, буксири, товкачі);

- несамохідні (баржі та склади для штовхання).

Несамохідні судна переміщують за допомогою самохідних (буксирів, штовхачів), сплавом та рідко тягою з берега (на каналах).

Крім цього, *вантажні судна поділяють на:*

- суховантажні;
- наливні;
- універсальні;
- спеціалізовані за родами вантажів.

Основними характеристиками судна є:

- розміри корпусу;
- найбільші розміри з урахуванням надбудов;
- середня осадка;
- водотоннажність;
- вантажопідйомність.

Водовміщуючі судна завдяки великому опору мають порівняно невеликі швидкості руху.

Для уникнення великого опору руху використовують судна на підводних крилах, судна-катамарани та судна на повітряній подушці.

Судно на підводних крилах спочатку рухається як водовміщуюче судно, а при досягненні деякої швидкості виходить на підводні крила. Їх використовують як малотоннажні судна.

Судна-катамарани мають два вузькі корпуси під загальною палубою. Вони мають добрі ходові властивості та показники безпеки руху.

Судна на повітряній подушці можна використовувати протягом цілого року — для руху по воді, кризі з виходом на пологий берег.

До земель річкового транспорту належать землі, надані в користування під: порти, спеціалізовані причали, пристані й затони з усіма технічними спорудами та устаткуванням, що обслуговують річковий транспорт; пасажирські вокзали, павільйони й причали, судноплавні канали, судноплавні, енергетичні та гідротехнічні споруди, службово-технічні будівлі; берегоукріплювальні споруди й насадження; спеціальні насадження для вирощування деревини; вузли зв'язку, радіоцентри й радіостанції; будівлі, берегові навігаційні знаки та інші споруди для обслуговування водних шляхів, судноремонтні заводи, ремонтно-експлуатаційні бази,

майстерні, судноверфі, відстійно-ремонтні пункти, склади, матеріально-технічні бази, інженерні мережі, службові та культурно-побутові приміщення, інші об'єкти, що забезпечують роботу річкового транспорту.

Для робіт, пов'язаних із судноплавством і сплавом на внутрішніх водних шляхах, поза населеними пунктами виділяють у встановленому порядку берегову смугу. Землі берегової смуги не вилучають у землекористувачів і використовують відповідно до чинного законодавства України.

Порт — підприємство водного транспорту, звідки починається і де закінчується перевезення пасажирів і вантажів водним шляхом.

У порту виконують такі види робіт:

- переміщення вантажів з наземного транспорту на водний і навпаки;
- зберігання, сортування і комплектування вантажів;
- відправлення вантажів наземним або водним транспортом;
- організація руху та обслуговування флоту в межах портової акваторії (водної частини);
- заправка флоту паливом, матеріалами, водою, продовольством;
- перевантажувальні операції в межах портової території.

Розрізняють порти:

- руслові — причальні лінії розтягнуті вздовж берега річки. Їх експлуатація залежить від режиму річки, тому в їхній акваторії часто виконують днопоглиблювальні роботи;
- позаруслові — причальні лінії розташовані компактно в штучних басейнах. Їх недолік — ускладнене введення несамохідних суден;
- змішані — причальні лінії розташовані як у штучних басейнах, так і вздовж берега річки.

Річкові порти є транспортними вантажопереробними комплексами, які містять у собі:

- порталні, козлові, плавучі крани вантажопідйомністю від 5 до 30 т, екскаватори, автокрани, авто- та електронавантажувачі та інші механізми;
- гідротехнічні споруди, включно з причалами та захисними спорудами;

- портові акваторії з підхідними фарватерами;
- відкриті складські території та закриті склади;
- під'їзні автомобільні та залізничні шляхи;
- ремонтні майстерні та інші допоміжні об'єкти.

Рух річкового транспорту організують за двома принципами:

- наскрізний — використовується на лініях, де умови плавання та характер вантажопотоків дають змогу доставляти вантаж від відправника до адресата без перевалки;
- ділянковий — окремі ділянки річкового шляху мають різні умови плавання або різний вантажопотік.

Рух вантажопасажирського флоту організують за двома формами:

- лінійна — передбачає виконання регулярних рейсів кораблями, які приписані до цієї лінії;
- рейсова — призначення спеціальних рейсів кораблів на лініях нерегулярного руху.

Організацію роботи порту визначає його технологічний процес, що включає:

- техніко-розпорядний акт;
- технологічні карти вантажних робіт;
- технологічні процесами обробки суден.

Основними елементами порту є:

- територія;
- акваторія — водні підходи; зовнішні та внутрішні рейди для стоянки суден на якорях; внутрішні басейни для стоянки суден біля причалів;
- причальна лінія — сукупність суміжних або окремо розміщених причалів.

До складу порту також входять пристані та зупинки.

Пристань — комплекс споруд, обладнаних для причалювання й стоянки суден біля берега з метою проведення вантажних операцій, висадки і посадки пасажирів, ремонту тощо.

Зупинка — прибережний пункт, де відбувається висадка та посадка пасажирів і прийняття вантажу.

Для виконання ремонту підводних частин суден на річковому транспорті використовують елінги та доки, які бувають

сухі й плавучі.

Елінг — це рейкова колія, що входить по пологому березі в воду. За допомогою лебідок судно на возиках витягують на берег та встановлюють на ремонтний майданчик (стапель).

Сухий док — камера, що відокремлена від річки воротами. Для прийняття судна відчиняють ворота, док заповнюють водою і вводять судно. Потім ворота зачиняють, викачують воду, і судно сідає на опори.

Плавучий док — це суцільний або складений із секцій понтон з двома порожнистими поздовжніми баштами з боків. Для прийняття судна баластні відсіки заповнюють водою, док занурюється на глибину, достатню для введення судна у простір між баштами. Потім воду із відсіків викачують, і док з судном спливає. У верхній частині башт розміщено службові й житлові приміщення та устаткування.

7.2. Річкові порти України

Відправлення та приймання зовнішньоторговельних вантажів здійснюється переважно через Запорізький, Дніпровський, Миколаївський, Херсонський річкові порти загального користування, а також річковий порт Полтавського гірничо-збагачувального комбінату у місті Горішні Плавні. В невеликих обсягах та епізодично здійснюється переробка зовнішньоторговельних вантажів у Київському, Черкаському, Кременчуцькому, Ново-Каховському річкових портах і на причалах, розташованих у місті Кам'янське.

Загальна добова пропускна спроможність річкових портів становить біля 20 тис. т. Обсяги переробки експортно-імпортних вантажів коливаються в межах 1,4...2,1 мл. т щороку.

Порт Київ здійснює переробку генеральних і навалювальних вантажів, які перевозяться в прямому водному, змішаних залізнично-водному та автомобільно-водному сполученнях.

У межах діяльності порту функціонують три вантажних райони, спеціальний порт для прийому вугілля в Трипіллі. Крім причалів загального користування, порт обслуговує понад 40 вантажних причалів клієнтури. Довжина облаштованих причалів

загального користування — 1694 м. Річні обсяги переробки зовнішньоторговельних вантажів незначні — 20...40 тис. т.

Порт Черкаси здійснює переробку навалювальних і генеральних вантажів. Має автомобільні й залізничні під'їзні колії.

У межах виробничої діяльності порту функціонують міський вантажний район і вантажні причали клієнтури в Ірклієві, Чигирині, Адамівці для приймання будівельних вантажів. Довжина причального фронту району — 519 м. На його причалах перероблюють генеральні та будівельні вантажі. Обсяги переробки зовнішньоторгівельних вантажів становлять 8...13 тис. т.

Порт Кременчук здійснює переважно переробку мінерально-будівельних матеріалів. Має під'їзні автомобільні дороги та залізничні колії. Переробка вантажів здійснюється в порту, який має п'ять причалів завдовжки 415 м, та причал, на який перевантажують мінерально-будівельні вантажі. В останні роки порт відвантажує на експорт 12 тис. т вантажів.

Розташований поблизу Кременчуцького порту порт Горішні Плавні, який є відомим портом Полтавського гірничо-збагачувального комбінату, спеціалізується на відправленні у внутрішньому сполученні щебеню та окатишів на експорт.

Порт Кам'янське має як основну номенклатуру вантажообігу такі вантажі: шлак, пісок, гранульовану продукцію, метали та контейнери.

У межах діяльності порту діє вантажна дільниця, на якій розташовано два причали загального користування, а також причали на кар'єрах. Через незначну глибину біля причалів міської дільниці (2,8 м), обробка великовантажного флоту викликає потребу довантаження суден на рейді плавкранами. Порт відвантажує метали на експорт в обсязі 10...30 тис. т на рік.

Причали мають довжину 500 м і глибину 3,5 м. Вони призначені для переробки шлакового щебеню у внутрішньому сполученні та металовідходів на експорт.

Порт Дніпро здійснює переробку вантажів, які перевозять у прямому водному та змішаних автомобільно-водному, залізнично-водному сполученнях. Основна номенклатура вантажів порту: пісок, вугілля, метали, щебінь, контейнери. У межах діяльності порту функціонують вантажні райони Амур-Гавань, Нові Кайдаки, Міський район і пристань Новомосковськ, а також

причали не загального користування з відвантаження щебеневої продукції, вивантаження піску.

Довжина причалів загального користування становить 1924 м, на яких встановлено 24 порталних крани загальною вантажопідйомністю 265 т. Незважаючи на досить високу технічну оснащеність, порт зазнає деяких труднощів через недостатні глибини біля причалів, що потребує використання понтонів при обробці багатонавантажувальних суден, а також через недостатні складські площі. Річні обсяги переробки зовнішньоторгівельних вантажів становлять 200...400 тис. т.

Порт Запоріжжя здійснює переробку вантажів, які перевозять у прямому водному, змішаних залізнично-водному та автомобільно-водному сполученнях. Основна номенклатура вантажів, які перероблюють у порту — пісок, руда, будівельні матеріали, контейнери, метали.

У межах діяльності порту функціонують два вантажні райони.

Перший вантажний район знаходиться у верхньому б'єфі греблі Дніпровської ГЕС. Загальна довжина причального фронту — 1961 м. Район обладнаний 26 порталними кранами загальною вантажопідйомністю 279 т.

Другий вантажний район розташований в нижньому б'єфі греблі. Довжина причального фронту 445 м. Район обладнаний шістьма порталними кранами загальною вантажопідйомністю 40 т. З 1994 року виконуються роботи з відправлення металопродукції на експорт. Запорізький порт переробляє близько 1 млн. т експортно-імпорتنих вантажів, що характеризує його як найбільший річковий порт України. Обсяги переробки експортних вантажів становлять 160...500 тис. т, у структурі експорту переважають будівельні вантажі та метал, в імпорті 95...99 % займає руда, обсяги переробки якої становлять 330...500 тис. т.

Порт Нікополь спеціалізується на переробці піску та генеральних вантажів. Довжина причального фронту — 105 м. Порт не має під'їзних залізничних колій.

Порт Нова Каховка спеціалізується на переробці мінерально-будівельних вантажів і в невеликих обсягах генеральних вантажів. До складу порту входять чотири причали аванпорту, причал пристані Велика Лепетиха та клієнтурські причали,

розміщені в Каховському водосховищі та в нижньому б'єфі річки Дніпро. Причали порту являють собою відкосну стіну завдовжки 460 м, на якій встановлено шість кранів. Порт не має під'їзних залізничних колій. На експорт відвантажується понад 5 тис. т.

Порт Херсон здійснює переробку вантажів у прямому, змішаних залізнично-водному та автомобільно-водному сполученнях. Порт перероблює в основному пісок, щебінь, метали та інші генеральні вантажі.

Порт містить у собі центральний вантажний район, порт Гола Пристань. У межах діяльності розміщено 41 клієнтурний причал, на яких перероблюють мінерально-будівельні, хлібні та баштанові вантажі.

Центральний вантажний район має вертикальну бетонну стіну завдовжки 558 м, на якій встановлено вісім порталних кранів загальною вантажопідйомністю 80 т. У порту за допомогою плавкранів на рейді завантажують великовантажні судна.

Обсяги переробки експортних вантажів коливаються в межах 170...400 тис. т. У структурі експорту переважають метали, хімічні та мінеральні добрива.

Порт Миколаїв здійснює переробку вантажів, які слідуєть у прямому водному, змішаних залізнично-водному та автомобільно-водному сполученнях. Порт переробляє мінерально-будівельні вантажі, руди, вугілля, метали, металобрухт.

До складу порту входять центральний вантажний район у Миколаєві, причали в Олександрії, Вознесенську, Матвіївці, Очакові, Балабанівці, Ожарську, де перероблюють будівельні вантажі. У межах діяльності порту розташовані відомчі вантажні причали, елеватор, нафтобази, хлібоприймальні пункти.

Центральний вантажний район, у якому здійснюють переробку зовнішньоторговельних вантажів, має вертикальну залізобетонну стіну, на якій встановлено 10 порталних кранів загальною вантажопідйомністю 106 т. Глибини біля причалів — 5,6 м. У порту проектується будівництво двох причалів для відвантаження вугілля та металів, глибина яких дає змогу навантажувати судна з осадкою до 8 м.

Обсяги переробки експортних вантажів щороку становлять понад 400 тис. т. Основними видами вантажів є метали, кокс, вугілля, руда.

Порт Чернігів розташований на 206-му кілометрі від гирла річки Десна, на її правому березі. У номенклатурі порту переважають навалювальні вантажі, насамперед будматеріали. Порт також займається перевезенням крейди і піску по Десні.

7.3. Характеристика морського транспорту України

Українське законодавство визначає, що морський транспорт включає підприємства морського транспорту, що здійснюють перевезення пасажирів, вантажів, багажу, пошти, судна, судноремонтні заводи, морські шляхи сполучення, а також підприємства зв'язку, промислові, торговельні, будівельні й постачальницькі підприємства, навчальні заклади, заклади охорони здоров'я, фізичної культури, науково-дослідні, проектно-конструкторські організації та інші підприємства, установи та організації незалежно від форм власності, що забезпечують роботу морського транспорту (ст. 24 Закону України «Про транспорт»).

До земель морського транспорту належать землі, надані в користування під: морські порти з набережними, майданчиками, причалами, вокзалами, будівлями, спорудами, устаткуванням, об'єктами загально-портового й комплексного обслуговування флоту; гідротехнічні споруди й засоби навігаційної обстановки, судноремонтні заводи, майстерні, бази, склади, радіоцентри, службові та культурно-побутові приміщення та інші споруди, що обслуговують морський транспорт.

До земель морського транспорту не належать території, насипані або намиті в акваторії за кошти портів. Спорудження на підходах до портів (каналів) мостових, кабельних і повітряних переходів, водозабірних та інших об'єктів, а також спорудження радіосистем у зоні радіонавігаційних об'єктів погоджується з адміністрацією портів.

Основа *морського транспорту* України становлять Чорноморське морське пароплавання, Азовське морське пароплавання та Українсько-Дунайське пароплавання, що володіють транспортним флотом сумарним тоннажем 5,2 млн. т і пасажирським флотом на 9,9 тис. місць.

Усього на території України розташовані 18 морських портів, до яких належать 175 перевантажувальних комплексів і 8 судноремонтних заводів.

Проблеми розвитку морського транспорту пов'язані, насамперед, із значною моральною і фізичною зношеністю суден і портового устаткування (особливо засобів обробки вантажів). Середній вік суден торгового значення більший за 15 років, а деякі порти західних країн забороняють вхід суден з таким терміном експлуатації. Портова інфраструктура не розрахована на нові технології портових робіт, що істотно знижує продуктивність як портів (до 50 % від продуктивності портів західних країн), так і інших видів транспорту (особливо залізничного), пов'язаних з обробкою вантажів.

Водночас, Україна має сприятливі передумови для розвитку морського транспорту. На півдні її територію омивають води Чорного та Азовського морів, які практично не замерзають і з'єднуються з Середземним морем через протоку Босфор, Мармурове море і протоку Дарданелли. Загальна довжина морської берегової лінії України — понад 2000 км. Регулярні морські перевезення Чорним й Азовським морями почалися наприкінці XVIII століття.

Уже в IV–VI століттях Чорне море було судноплавним. Київська Русь (X–XIII століття) мала стабільні зв'язки з Візантією. Відомі морські походи київських князів на Константинополь. Після перемоги над Туреччиною у 80-х роках XVIII століття і переходу до Російської імперії Північного Причорномор'я і Приазов'я тут виникли порти — Херсон (1778), Севастополь (1788), Одеса (1794).

З 1978 року діє одна з найбільших у світі поромна переправа між Чорноморськом і болгарським портом Варна протяжністю 435 км. Для поліпшення зв'язків України з Північним Кавказом споруджено залізнично-поромну переправу через Керченську протоку.

Найбільші судноремонтні та суднобудівні заводи знаходяться в Києві, Миколаєві, Херсоні. Виробляють суховантажні судна водотоннажністю понад 20 тис. т, наливні танкери більш 7 тис. т, китобійні судна, морозильні риболовні траулери, виробничо-транспортні, рефрижератори, лісовози, пасажирські судна на підводних крилах, землечерпалки.

Характерними особливостями сучасного морського флоту є:

- спеціалізація, тобто пристосованість суден до умов використання, укрупнення та уніфікації вантажних місць;
- зростання вантажності та швидкості руху суден;
- скорочення екіпажу завдяки комплексній автоматизації суден;
- підвищення надійності суден та обладнання для забезпечення безаварійної роботи.

Технічну базу морського транспорту становлять:

- морські судна;
- морські порти;
- судноремонтні заводи;
- деякі елементи морських шляхів та інші споруди.

Залежно від районів плавання морські судна поділяють на:

- судна необмеженого (океанського) плавання;
- обмеженого плавання (у районі одного моря);
- прибережного плавання;
- місцевого та рейдового плавання (для місцевих перевезень та обслуговування рейдів);
- льодового (самостійно або за криголамом) плавання.

Морські судна мають власні вантажні засоби — крани та стріли.

Упродовж останніх років широко стали застосовувати контейнеровози, ліхтеровози, судна з горизонтальним навантаженням та інший спеціалізований рухомий склад.

Ліхтер — несамохідне морське судно для перевезення вантажів, а також для безпричальних вантажних операцій при навантаженні або розвантаженні на рейді суден з великим осадом, які не можуть увійти в порт.

Використовуються *судна-ліхтеровози трьох типів*:

- ліхтери на судно піднімають і знімають потужним судновий краном;
- ліхтери буксиром заводять на опущену у воду кормову платформу, яка ліфтом піднімається на відповідну палубу;
- судно являє собою самохідний плавучий док, у який ліхтери заводять всередину по воді.

Особливий тип морських суден — *пороми*. В Україні працюють Керченська та Чорноморська поромні переправи. У

найбільшій в СНД переправі — Чорноморськ–Варна працюють пороми завдовжки більш 180 м, завширшки 26 м, водовміщенням 22 тис. т. На двох палубах та у трюмі судна розміщують 108 вагонів. Для їх подачі у трюм та на верхню палубу застосовується ліфт вантажністю 170 т. Для відведення вагонів з майданчика ліфту пором обладнаний двома маневровими локомотивами. Для передачі вагонів з однієї колії на іншу на верхній та трюмній палубах у носовій частині судна встановлено поворотні сектори. Закріплення вагонів на коліях здійснюється особливим обладнанням. Перехідним мостом, що з'єднує пором з причалом та рухом вагонів, управляють автоматично з пульта, розміщеного на поромі.

Рух морських суден здійснюється морськими шляхами.

Морські шляхи — водний простір морів та океанів, а також природні протоки та штучні канали. Морські водні шляхи використовують переважно у їх природному стані, вони не потребують витрат на облаштування та утримання. Виняток становлять канали, довжина яких відносно невелика.

Морські канали підрозділяються на:

- з'єднувальні — влаштовують між сусідніми морями або океанами для пропуску морських суден (Панамський, Суецький);
- підхідні — споруджують для глибоководного підходу до портів;
- руслові — призначені для пропуску морських суден у порти, що розташовані в дельтах річок (порти Миколаїв, Рені).

За необхідності морські канали мають шлюзи.

Різні райони морського плавання мають різні географічні та навігаційні умови для судноплавства, що потребує відповідної підготовки судна та екіпажу. Щільність руху суден у деяких районах морів настільки висока, що порушується безпека плавання. На морському транспорті аварійність виникає переважно у протоках, де щодобово проходить 300–500 кораблів.

Для безпечного слідування суден береги, мілини, небезпечні підводні камені помічають засобами навігаційного обладнання: маяками, береговими та плавучими знаками, радіоакустичною, акустичною та іншою сигналізацією.

Морські водні шляхи, які використовують для перевезення

морськими суднами вантажів або пасажирів між портами, називаються *морськими лініями*.

За видами перевезень морські лінії бувають:

- вантажні;
- пасажирські;
- вантажо-пасажирські.

Залежно від напрямків перевезень морські лінії поділяють на:

- каботажні (між портами однієї країни);
- закордонні.

Залежно від режиму роботи флоту морські лінії поділяють на:

- лінії, де судна курсують за розкладом;
- лінії, на яких судна курсують послідовними рейсами між відповідними портами.

Найважливішими морськими портами є Одеса, Ізмаїл, Чорноморськ, Херсон, Миколаїв, Севастополь, Ялта, Феодосія, Керч, Маріуполь, Бердянськ.

Через порти Чорного й Азовського морів здійснюються зовнішньоекономічні зв'язки країни. Основними експортними вантажами є кам'яне вугілля, залізна руда, кокс, чорні метали, ліс, цукор, продукція хімічної промисловості тощо. Основними імпортними вантажами є машини, устаткування мінерально-сировинні ресурси.

Практично всі морські порти України виконують вантажно-розвантажувальні роботи із зовнішньоторговельними та транзитними вантажами.

У більшості випадків вантажно-розвантажувальні роботи в портах виконують з використанням кранів. Тільки в окремих портах (Південний, Миколаїв, Маріуполь) операції з вугіллям і рудою здійснюються із застосуванням вагоноперекидувачів і спеціальних перевантажувальних машин.

Система морських потоків України є однією з важливих ланок у морському транспортному комплексі держави, тому що вона забезпечує приймання, перевантаження, зберігання і подальше транспортування всієї номенклатури вантажів зовнішньої торгівлі України, які надходять за імпортом та які відправляють на експорт, транзитних вантажів країн СНД і каботажних вантажів.

Морський порт є транспортним підприємством,

призначеним для обслуговування суден, пасажирів і вантажів на відведених порту території і акваторії, а також перевезення вантажів і пасажирів на суднах, що належать порту.

Морські порти поділяють на:

- берегові — споруджують на березі моря, зазвичай у глибині захищених від хвиль заток і бухт, або в місцях, які обгороджують для безпечної стоянки суден штучними гідротехнічними спорудами;
- гирлові — розмішують у місцях впадання рік в море;
- внутрішні — розмішують на глибоководних річках порівняно далеко від гирла.

Морський порт забезпечує:

- навантаження, розвантаження та обслуговування суден у порядку черговості їх приходу в порт. Аварійні судна обслуговують позачергово;
- перевантаження вантажів з інших видів транспорту на судно та у зворотному порядку, складські операції з вантажами;
- обслуговування пасажирів морського транспорту, перевезення вантажів, пасажирів, багажу та пошти;
- допоміжні функції — буксирування суден, відстій транспортних і службово-допоміжних суден;
- допоміжні операції, необхідні для забезпечення життєдіяльності порту (прийняття води, мастильних та технічних матеріалів, запасних частин, продуктів харчування), виконання аварійно-рятувальних робіт, санітарного та митного контролю;
- інші види діяльності відповідно до статусу порту, (митних органів, санітарно-карантинної служби, органів рибоохорони, Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України та прикордонних військ).

7.4. Морські порти України

Залежно від регіону розташування морські порти України поділяють на:

- придунайські (Рені, Ізмаїл, Усть-Дунайськ);

- чорноморські (Білгород-Дністровський, Чорноморськ, Одеса, Південний, Ялта, Феодосія, Євпаторія, Севастополь, Скадовськ, Миколаїв, Жовтневий, Херсон);
- азовські (Керч, Бердянськ, Маріуполь).

Найбільшу кількість міжнародних перевезень забезпечують чорноморські порти Одеси, Чорноморська і Південного. На Одеський порт припадає більше 20 % вантажобігу морського транспорту України. Основними вантажами є руди, нафта і нафтопродукти, будівельні матеріали, зерно, цукор, цитрусові та ін. Чорноморський порт розташований за 20 км від Одеси, є дублером Одеського. Працює він на забезпечення експортних поставок.

Придунайські порти

Порт Рені розташований на лівому березі річки Дунай. До акваторії порту належить водний простір річки Дунай від лівого берега до умовного державного кордону, що проходить по фарватеру річки. Причальний фронт має 31 причал загальною довжиною 3,9 км, розділений на 4 виробничо-перевантажувальні комплекси (ВПК).

ВПК-1 вміщує причали, що мають глибини 2,3...6,5 м. Комплекс спеціалізується на переробці тарно-штучних вантажів.

ВПК-2 має причали глибинами 3,6...7,5 м і розташовані в межах долини річки та на акваторії ковша. Причали комплексу також спеціалізуються на перевантаженні тарно-штучних вантажів.

ВПК-3 має причал довжиною 200 м; глибина становить 3,6 м. Він спеціалізується на перевантаженні тарно-штучних та лісових вантажів.

ВПК-4 вміщує причали, що мають глибину 3,6 м і спеціалізуються на перевантаженні навалочних і сипучих вантажів. Причали розміщені на акваторії ковша.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни. Частина під'їзної колії проходить територією Молдови. У порту існує колія європейського стандарту 1435 мм.

Майстерні порту здатні виконувати роботи з ремонту корпусів та механізмів суден за винятком докових робіт.

Порт Ізмаїл розташований на лівому березі річки Дунай (Кілійське гирло). До акваторії порту також належить водний

простір від лівого берега до умовного державного кордону, що проходить по фарватеру. Причальний фронт має 18 вантажних причалів завдовжки 1534 м, п'ять пасажирських причалів завдовжки 384 м та косий берег 616 м. У порту діє три ВПК, що спеціалізуються на переробці тарно-штучних вантажів (ВПК-1, 2), великовантажних контейнерів (ВПК-2), навалочних та сипучих вантажів (ВПК-1, 3). Глибини біля причалів коливаються в межах від 0,7 до 7,5 м.

У порту розміщено один із найбільших у Дунайському басейні пасажирських вокзалів, що обслуговує пасажирів закордонного плавання і місцевого сполучення.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни.

У порту та на Ізмаїльському судноремонтному заводі можна провести всі види ремонтних робіт, включно з докуванням.

Порт Усть-Дунайськ розташований у Жебриянській бухті і зв'язаний з Очаківським гирлом з'єднувальним каналом, що йде від ковша до каналу Прорва (1,5 км) і каналом Прорва (7 км). Порт має у своєму складі портопункти Кілія, Вілково та три бокових стоянки у гирлі річки Дунай.

Основне призначення порту — рейдове обслуговування суден-ліхтеровозів та навалочних суден. Основу навалочних вантажів становить руда в імпорті (85 %). Порт не має залізничних та автомобільних підходів.

Порт з портопунктами має п'ять причалів завдовжки 730 м, з них один причал для переробки генеральних, лісових та контейнерних вантажів, три причали завдовжки 350 м є пасажирськими та один причал завдовжки 180 м — допоміжний.

Проектні навігаційні глибини на зовнішньому рейді порту — 14 м, на внутрішньому — 12 м, на з'єднувальному каналі — 3 м і каналі Прорва — 4,5 м підтримуються черпанням. Узимку акваторія порту й канали замерзають, і судноплавство можна здійснювати за допомогою криголамів чи суден криголаманого класу.

Чорноморські порти

Порт Білгород-Дністровський розташований на західному березі Дністровського лиману. Вхід у порт здійснюється по

підхідному каналу, прокладеному через Дністровсько-Царефадське гирло і по каналу, прокладеному у Дністровському лимані (Дністровсько-Лиманський канал). У порт можуть заходити судна осадкою близько 4,5 м. Прохідний канал має довжину 1,8 км, Дністровський канал — 14,7 км. Глибини на каналах підтримують за допомогою черпання. У холодні зими акваторія порту й канали замерзають.

Причальний фронт порту складається з восьми причалів завдовжки 1011 м з проектними глибинами від 3,5 до 6,75 м. Причали спеціалізовані на переробці штучних, лісових вантажів та вантажів у контейнерах.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни.

Порт Чорноморськ розташований на північно-західному узбережжі Чорного моря, на правому березі Сухого лиману на південний-захід від міста Одеса.

Заходження суден у порт здійснюється підхідним каналом, що має довжину 1,6 км і дає змогу проходити суднам з осадкою 12,5 м. Зазвичай крига з'являється в акваторії порту у другій половині грудня і зникає наприкінці лютого. Необхідність у криголамному супроводі може становити понад 30 діб.

Причальний фронт порту складається з 27 причалів довжиною 5005 м з проектними глибинами від 8,5 до 13 м.

Порт поділений на чотири вантажних райони і поромний комплекс. Крім вантажних причалів, у порту є причали для суден портового флоту і допоміжні причали.

Пропускна спроможність порту становить 11,3 млн. т, з них 9,2 млн. т — мінеральних вантажів. Тарно-штучні вантажі у загальному вантажообігу займають до 85 %.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, поєднані з відповідними магістральними шляхами країни. Основними технічними особливостями порту є причал для перевантаження олії та причал для перевантаження великовагових та великогабаритних вантажів.

На Чорноморському судноремонтному заводі можна виконувати будь-які ремонтні роботи, включно з докуванням.

Порт Одеса розташований на південно-західному березі Одеської затоки. Він захищений зі сходу Карантинним молем, його

продовженням Рейдовим молом та старим хвилерізом, а з півночі — молом Нафтової гавані та Новим хвилерізом. Довжина обгороджувальних споруд 5038 м. У суворі зими крига на акваторії може бути більше 80 діб.

Причальний фронт порту складається з 37 причалів завдовжки 6814 м з проектними глибинами від 6,5 до 12 м.

Пропускна спроможність порту становить 30 млн. т, зокрема 20 млн. т — нафтовантажі.

Порт має шість виробничо-перевантажувальних комплексів загальною довжиною 3,6 км, призначених для сухих вантажів; нафторайон, що містить п'ять причалів завдовжки 330 м, пасажирський район, до якого входять п'ять причалів завдовжки 920 м, які призначені для обслуговування пасажирських водотонажних транспортних суден і один причал завдовжки 156 м для суден місцевих ліній. Допоміжні причали мають довжину 903 м.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни.

Основні існуючі технічні особливості порту — це наявність пасажирського комплексу, нафтоналивного комплексу, контейнерного комплексу та наявність у порту елеватора й холодильника.

Порт Південний — наймолодший серед портів України. Він почав функціонувати в 1978 році. Основне призначення порту — перевантаження наливних, навалочних і штучних хімічних вантажів, а також рудно-вугільних і генеральних вантажів.

Порт розташований в Аджалицькому лимані в північно-західній частині Чорного моря. Підхід суден здійснюється по природних глибинах та підхідному каналу завдовжки 2,9 км завширшки 180 м, завглибшки 15,5 м. Навігація в порту цілорічна, але в суворі зими крига на акваторії може утримуватися з грудня до березня.

Причальний фронт порту складається з восьми причалів завдовжки 2086 м з проектними глибинами 12,5...14 м. Портові споруди, що розташовані на західному березі Аджалицького лиману, здійснюють перевантаження наливних, навалочних і тарованих хімічних вантажів. На східному березі функціонує рудновугільний комплекс і перевантажувальний комплекс з приймання імпортованих фосфоритів.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни.

Порт за своїм технічним забезпеченням унікальний, він має комплекс з перевантаження хімічних вантажів наливом, комплекс з перевантаження карбаміду наливом і у тарі, вугільно-рудний комплекс та фосфоритний комплекс.

Порт Миколаїв розташований на півострові, утвореному річками Південний Буг та Інгул на 35-му км від впадання Південного Бугу в Дніпро-Бузький лиман. Підходи до порту з моря здійснюються каналом завдовжки 82 км та проектною глибиною 10,6 м. Навігація в порту цілорічна, але в суворі зими крига на акваторії може триматися понад 90 діб (січень–березень). Судна проводять за допомогою криголамів.

Причальний фронт порту має дев'ять вантажних причалів завдовжки 1866 м з глибинами 9...10,5 м і два пасажирських причали завдовжки 121 м.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни. Через річку Південний Буг і Дніпровський лиман порт сполучений з внутрішніми водними шляхами України. Проектна пропускна спроможність порту становить 11,7 млн. т.

Основні технічні особливості порту: перевантажувальний рудний комплекс та наявність у порту елеватора.

Порт Жовтневий розташований на лівому березі річки Південний Буг. Навігація в порту цілорічна, але в суворі та середньої суворості зими судна проходять у порт за допомогою криголамів.

Льодове проведення може становити до 90 діб (з грудня по лютий).

Причальний фронт порту має шість вантажних причалів завдовжки 1480 м, завглибшки 9,75 м, два допоміжних причали.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни. Через річку Південний Буг і Дніпровський лиман порт сполучається з внутрішніми водними шляхами України.

Основною технічною особливістю порту є наявність значної площі закритих та відкритих майданчиків для накопичення вантажів.

Порт Жовтневий виділився з порту Миколаїв в 1993 році.

Порт Херсон розташований на правому березі річки Дніпро

та на лівому березі річки Кошева. Льодове проведення у суворі зими може тривати до 120 діб (з грудня по березень).

Причальний фронт порту має шість вантажних причалів завдовжки 932 м і завглибшки від 3,7 до 8,25 м та необладнаного берега у затоках загальною довжиною 310 м глибиною 7...8,25 м, пасажирського причалу довжиною 160 м, двох допоміжних причалів.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, які сполучаються з відповідними магістральними шляхами країни. Порт пов'язаний з внутрішніми водними шляхами України.

Проектна пропускна спроможність порту становить 4,2 млн. т.

Основні технічні особливості порту — це наявність у порту елеватора та об'єднаного пасажирського вокзалу, що обслуговує пасажирів морського та річкового транспорту.

Порт Ялта розташований у південно-східній частині Кримського півострова. Порт має цілорічну навігацію. Крига у районі не спостерігається. Причальний фронт порту складається з чотирьох пасажирських причалів завдовжки 779 м і завглибшки від 7,2 до 9,75 м. Порт має допоміжний причал загальною довжиною 172 м, завглибшки 6,5 м. Причали вантажного району призначені для переробки масових вантажів, адже порт не має залізничних підходів.

Основні технічні особливості порту — це глибоководні пасажирські причали та наявність морського пасажирського вокзалу.

Порт Феодосія розташований у західній частині Феодосійської затоки, на північному березі бухти Феодосійська східного узбережжя Кримського півострова. Навігація в порту цілорічна, але в суворі зими може з'являтися плаваючий лід.

Причальний фронт порту має три вантажних причали завдовжки 421 м з глибинами 5,8 ... 7,25 м, два пункти безпричального наливу нафтопродуктів, пасажирський причал завдовжки 240 м, допоміжний причал. Порт має морський вокзал.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, які сполучаються з відповідними магістральними шляхами країни.

Основною технічною особливістю порту є наявність у ньому двох пунктів безпричального наливу нафтопродуктів.

Азовські порти

Порт Керч розташований у верхів'ї Керченської бухти, на західному узбережжі Керченської протоки. Підхід суден з Азовського моря до порту здійснюється Керч-Єнікальською протокою, далі Керченською протокою та акваторією порту.

Навігація у порту цілорічна. Взимку виникає потреба у проведенні суден за допомогою криголамів. Максимальна тривалість судового льодового покриття в суворі зими досягає 50 діб.

Причальний фронт порту має шість вантажних причалів завдовжки 1134 м з глибинами 6,7...9,75 м та два допоміжних причали.

Пропускна спроможність порту становить 1285 тис. т. Порт спеціалізувався на переробці залізних руд, які перевозили з Кримського півострова до комбінату «Азовсталь» у м. Маріуполь.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни.

У порту можуть бути виконані ремонтні роботи по корпусу та механізмах суден.

Порт Бердянськ розташований у північно-західній частині Бердянської затоки на півночі Азовського моря. Порт захищений зі сходу Широким та Вузким молами, а з півдня та південного сходу хвилерізом. До порту веде підхідний канал.

Навігація в порту цілорічна, взимку судна проходять у порт за допомогою криголамів. Тривалість суцільного льодового покриття у суворі зими може становити до 108 діб.

Причальний фронт порту має дев'ять вантажних причалів завдовжки 1520 м. Крім того, порт має пасажирський причал завдовжки 99 м, що призначений для суден місцевих пасажирських ліній.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни. Пропускна спроможність порту становить 3,2 млн. т.

Основні технічні особливості порту — це можливість перевантаження вантажів у контейнерах і навалом та наявність складських площ для накопичення автотехніки, що підлягає відправленню морем.

Порт Маріуполь розташований у західній частині північного берега Таганрозької затоки. До порту веде підхідний

канал з проектною глибиною 9 м. Внутрішня акваторія захищена від хвиль огорожувальними спорудами.

Навігація в порту цілорічна, в залежності від суворості зими судна проходять у порт за допомогою криголамів від 30 до 90 діб.

Причальний фронт порту має 18 вантажних причалів завдовжки 2973 м з глибинами від 6,4 до 10 м, із них три причали допоміжні довжиною 270 м. Порт розділений на п'ять виробничо-перевантажувальних комплексів, основна спеціалізація яких переробка вугілля, контейнерів. Генеральних вантажів.

Порт має залізничні та автомобільні підходи, що поєднуються з відповідними магістральними шляхами країни.

Пропускна спроможність порту становить 7,83 млн. т.

Основні технічні особливості порту — це наявність вугільного перевантажувального комплексу, контейнерного причалу та пасажирського вокзалу.

7.5. Особливості впливу водного транспорту на стан довкілля

Упродовж багатьох століть людство вважало Світовий океан безмежним накопичувачем усіх забруднень, де в природних умовах відбувається його самоочищення. Але на сьогодні океан уже не спроможний до самовідновлення через інтенсивне прогресуюче забруднення, особливо в прибережних зонах і на судноплавних трасах.

За даними морських досліджень, на великій території у водах Північної Атлантики виявлено практично всі можливі забруднюючі речовини: нафту, ртуть, синтетичні мийні засоби, важкі метали й інші токсичні речовини, вміст яких у воді часто перевищує гранично допустимі концентрації.

Небезпека забруднення Світового океану обумовлена тим, що він перебуває у постійній динаміці. Величезні маси води переміщуються на тисячі кілометрів, переносячи з собою забруднюючі речовини.

У 1972 році на конференції ООН з довкілля, що відбулася в Стокгольмі, було прийнято формулювання поняття забруднення моря. За цим формулюванням під забрудненням моря розуміють введення людиною безпосередньо або побічно речовин або енергії

в морське середовище (включно з естуаріями), що призводить до шкідливих наслідків, а саме: завдання шкоди діяльності в морі, включно з рибальством, погіршення якості морського середовища через використання морської води і зменшення можливостей морського середовища як оздоровчого чинника.

7.5.1. Особливості впливу рухомого складу водного транспорту на довкілля

Розподіл складових забруднення вуглеводнями Світового океану водним транспортом та іншими джерелами наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Складові забруднення Світового океану вуглеводнями

Джерела забруднень	Обсяги забруднень, млн. т/рік
Використання дизельних енергетичних установок з відпрацьованими газами, крім вуглеводнів та бенз(а)пірену	114,26
Випаровування нафтовантажів танкерним флотом з урахуванням вантажних операцій	19,4
Випаровування нафтопродуктів на суші й надходження їх у морське середовище з опадами	10,0
Викиди незгорілого палива дизельних енергетичних установок з відпрацьованими газами	1,83
Злив баластних вод з суден	4,3
Антропогенні викиди на суші й перенесення їх через атмосферу в Світовий океан	3,0
Викиди вуглеводнів дизельних енергетичних установок у морське середовище з відпрацьованими газами	14,3
Стік річок у Світовий океан	1,9
Берегові стоки	0,8
Видобуток нафти у морі	0,5
Природне просочування з дна	0,6
Розливи нафтопродуктів при аваріях танкерів	0,3

При транспортуванні вантажів відбувається забруднення моря нафтою, сміттям, стічними водами та хімічними речовинами,

які перевозяться. Серед основних причин надходження забруднюючих речовин у поверхневі води з рухомого складу водного транспорту (суден) можна виділити:

- баластні води танкерів, транспортних і пасажирських суден;
- розливи нафти та нафтопродуктів внаслідок аварій транспортних суден;
- забруднена нафтою вода з машинних відділень, від промивання бункерних і відстійних баків, витоки при бункеруваннях, особливо в штормову погоду, унаслідок нещільностей;
- стічні води, побутове й виробниче сміття, хімічні речовини тощо.

Танкери

Сучасні нафтоналивні судна для перевезення сирової нафти за способом пересування підрозділяють на самохідні — танкери (морські, річкові, озерні й ріка–море) і не самохідні — баржі (морські та річкові) й мають дедвейт (сумарна маса нафти і господарських вантажів, що транспортуються) 30...250 тис. т. Окремі супертанкери мають дедвейт від 450 тис. т до 1 млн. т.

Нафтоналивні судна типу ріка–море через необхідність проходження річок невеликої глибини мають дедвейт до 20 тис. т.

Відповідно до нормативних документів і правил усі танкери з погляду пожежної безпеки підрозділяють на дві категорії:

- танкери для перевезення сирової нафти й нафтопродуктів з температурою спалаху нижче 60 ° С й тиском пари нижчим за атмосферний;
- танкери для перевезення нафтопродуктів з температурою спалаху понад 60 ° С.

Нафтові танкери за призначенням класифікують (відповідно до «Додатку В» Міжнародного посвідчення про запобігання забруднення нафтою (IOPP)) так:

- танкери для перевезення сирової нафти;
- танкери для перевезення зрідженого газу (рис. 7.1., а);
- танкери-нафтопродуктовози (рис. 7.1., б);
- танкери для сирової нафти/нафтопродуктів;

- танкери для бітумних розчинів;
- танкери-хімовози;
- комбіновані судна.



а



б

Рис. 7.1. Загальний вигляд танкера: *а* — для перевезення зрідженого газу;
б — для перевезення нафтопродуктів

До кожного з названих типів танкерів висувають певні вимоги щодо конструктивного захисту танків, устаткування й методів миття, а також порядку скидання баласту й сумішей, що містять нафту.

Танкери завдовжки більше 180 м повинні мати поздовжню систему набору вантажу. Вантажні танки й зливальні цистерни з протипожежною метою повинні бути відділені від машинного відділення, вантажного трюму, постів керування й службових приміщень.

На сьогодні використовують такі конструкції танків:

- традиційні з двома поздовжніми перегородками;
- із двома поздовжніми перегородками й танками, виділеними для чистого баласту;
- з подвійними бортами, при цьому міжбортний простір використовують для ізолюваного баласту;
- із двома поздовжніми перегородками й подвійним дном;
- із вкладними цистернами (танками), ізолюваний баласт розміщений між обшивкою корпусу танкера й цистерною (рис. 7.2).

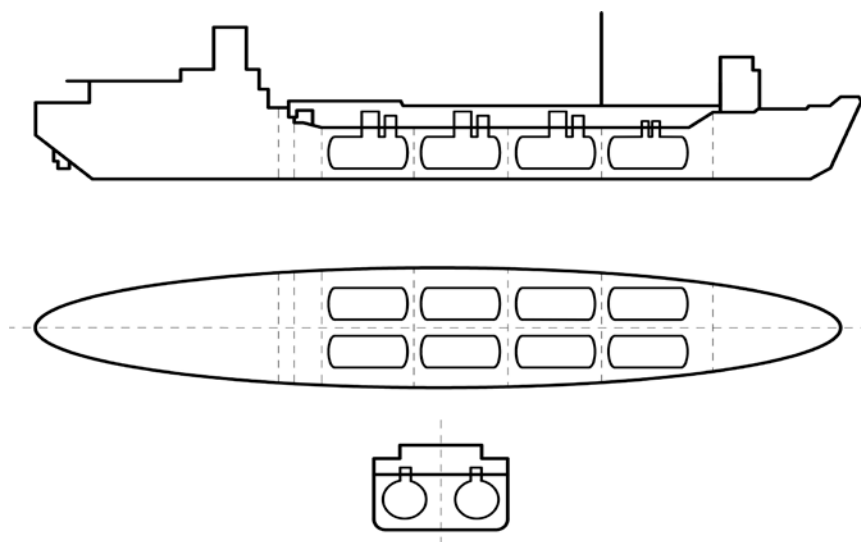


Рис. 7.2. Танкер із вкладними цистернами (танками)

Після доставлення нафтовантажів у порти призначення танкери, як правило, прямують до пункту нового завантаження без вантажу. У цьому разі для забезпечення належної осадки і

безпеки плавання частина нафтових ємностей судна заповнюють баластною водою. Ця вода забруднюється нафтовими залишками, потім її видаляють із ємностей та скидають. Перед кожним наступним завантаженням, зазвичай, роблять промивання нафтових ємностей для видалення решток раніше перевезеного вантажу. Промивна вода, а з нею і залишки нафти зазвичай скидають за борт. **На частку танкерів припадає більше 50 % забруднення моря нафтою і нафтопродуктами морським транспортом.** Тому важливим завданням є створення ефективних засобів очищення промивних і баластних вод, а також постійне підвищення рівня безпеки самого судна.

Основні фактори впливу рухомого складу водного транспорту на навколишнє середовище наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2

Основні фактори впливу рухомого складу водного транспорту на довкілля

Об'єкти впливу				
Вода	Ґрунт	Атмосферне повітря	Флора, фауна	Людина
Нафтовмісні стоки, тверді та харчові відходи, господарсько-побутові стоки, фекальні води	Забруднення прибережної смуги нафтою та органічними відходами	Викиди CO ₂ , C _x H _y , NO _x та SO _x , пилу, твердих частинок	Зниження біопродуктивності морів та річок	Професійні захворювання

У міру зростання перевезень нафтовантажів дедалі більша кількість нафти стала потрапляти в океан і під час аварій. Кінець ХХ століття був позначений кількома великими екологічними катастрофами, котрі трапилися, незважаючи на заходи, що вживаються для безпечного мореплавства, особливо танкерів.

Під час аварії нафтового танкера з нього виливається у воду від декількох десятків до сотень тисяч тонн нафти. Кожна тонна може вкрити плівкою водну поверхню площею 12 км².

Катастрофічні розливи нафти з великих танкерів призводять до загибелі, за оцінкою дослідників, від 6 до 500 тис. морських птахів.

Забруднення водою нафтою та нафтопродуктами відбувається також у звичайних умовах протікання технологічних процесів транспортування нафти, її переробки в портах, при здійсненні ремонту суден та механізмів, через недостатню герметичність технологічного обладнання та порушення технології роботи.

Нафтопродукти перебувають у різних міграційних формах: розчиненій, емульгованій, сорбованій на твердих частках суспензій і донних відкладень, у вигляді плівки на поверхні води. Зазвичай у момент надходження маса нафтопродуктів зосереджена у поверхневій плівці. За кольором плівки можна визначити її товщину (табл. 7.3).

Таблиця 7.3

Товщина плівки нафтопродукту, встановлена за кольором

Зовнішній вигляд	Товщина, мкм	Кількість нафти, л/км²
Ледь помітна плівка	0,038	44
Срібlistий відблиск	0,76	88
Сліди забарвлення	0,152	176
Яскраво забарвлені розводи	0,303	352
Тьмяно забарвлені розводи	1,016	1170
Темно забарвлені розводи	2,032	2310

З віддаленням від джерела забруднення відбувається перерозподіл між основними формами міграції, спрямований у бік підвищення частки розчинених, емульгованих, сорбованих нафтовмістних забруднень.

Стічні води із суден, акваторії порту та судноремонтних підприємств містять господарсько-побутові та каналізаційні стоки, які характеризує високий рівень бактеріологічного забруднення за рахунок наявності бактерій, грибків, дрібних водоростей.

Екологічна обстановка в морських і річкових акваторіях багато в чому залежить від викидів токсичних речовин судових головних силових установок та допоміжних дизель-генераторів.

В умовах звичайної експлуатації суден серед основних джерел шкідливих викидів є суднові двигуни, і насамперед головна енергетична установка. Енергетичні установки суден забруднюють відпрацьованими газами передусім атмосферу, звідки токсичні речовини частково або майже повністю потрапляють у води морів, річок, океанів. Переважна більшість суден вітчизняного (і світового) флоту обладнана дизельними двигунами. Водночас річкові й морські судна рухаються на великі відстані з практично сталою швидкістю, за якої двигуни тривалий час можуть працювати в оптимальному режимі, тому відпрацьовані гази можуть мати відносно невеликий вміст токсичних речовин.

Одним із головних компонентів відпрацьованих газів дизелів є оксид азоту. Суднові дизелі викидають в атмосферу близько 7 % світового викиду цього забруднювача.

Для роботи двигунів річкового та морського транспорту використовують такі види палива, як газойлі (паливо дизельне) та мазути топкові важкі. Гази, які утворюються при їх згорянні, CO, CO₂, C_xH_y, важчі за повітря і накопичуються на поверхні водного середовища. CO і газоподібні вуглеводні викиди беруть участь в окислювальних реакціях і врешті перетворюються на CO₂, наявність якого в атмосфері викликає парниковий ефект.

Під час роботи двигунів на неповних навантаженнях (50–60% номінального) утворюється певна концентрація окислів азоту і сірчаного ангідриду, сажі, яким властивий ефект сумачії, завдяки чому підвищується рівень шкідливої дії.

На середніх навантаженнях істотно зменшуються концентрації сажі, SO₂, NO_x і збільшується CO і C_xH_y, які є менш токсичними.

Із зазначеного вище випливає, що важливу роль у забезпеченні екологічної безпеки доквілля може відіграти переведення суден прибережного плавання і портового флоту на природний газ та інші види палива, продукти згорання яких є менш токсичними.

Значну екологічну небезпеку для водних об'єктів становлять покинуті, напівзатоплені або затоплені судна та інші плавзасоби.

7.5.2. Особливості впливу викидів стаціонарних джерел забруднень водного транспорту на довкілля

Викиди забруднювачів від стаціонарних джерел водного транспорту в атмосферу являють собою здебільшого продукти згоряння вугілля, пил, тверді часточки, що утворюються при перевантажуванні сипучих вантажів. Для багатьох виробничих процесів у портах та на судноремонтних підприємств характерна велика запиленість. *Результати впливу портової діяльності* на атмосферу та водне середовище наведено на рис. 7.3.



Рис.7.3. Забруднення навколишнього середовища під час виробничих процесів у порту

Морські та річкові порти створюють локальні зони забруднення НПС. У них перетинаються, як правило, декілька видів транспорту.

До порту часто примикає залізнична станція з парком для відстою вагонів. На території порту або поблизу нього розміщено судноремонтні підприємства, зона зберігання та заправлення паливом суден (рис. 7.4).



a



б

Рис. 7.4. Загальний вигляд порту: *a* — припортова територія; *б* — склад пального для заправлення водного транспорту

Такий об'єкт, як склад пального, є стаціонарним джерелом забруднення НПС, адже характерними факторами є випаровування палив, їх витікання та розливи.

У портах, на судноремонтних та суднобудівних заводах виробничі процеси призводять до забруднення довкілля шумом та вібраціями. Вони позначається, насамперед, на співробітниках, які залучені до технологічного процесу, а також деякою мірою

впливають на весь персонал водного транспорту, який працює у виробничій зоні.

Нафтоналивні термінали

Для здійснення морських і річкових перевезень нафти застосовують спеціальні причальні споруди для швартування й наливання нафти в танки нафтоналивних суден (танкерів, барж). Комплекс таких об'єктів називають *нафтоналивними терміналами* (рис. 7.5).



Рис. 7.5. Загальний вигляд нафтоналивного терміналу

До складу нафтоналивних терміналів входять: резервуарні парки; технологічні трубопроводи; технологічні насосні станції; вузли обліку; вузли захисту від гідроударів; причальні споруди (берегові причали, пірси й ін.); гнучкі гумові армовані шланги; очисні споруди; допоміжні будівлі й споруди (хімічна лабораторія, центральний диспетчерський пункт, котельня тощо); системи диспетчерського керування й збору даних і системи зв'язку.

Технологічне обладнання нафтоналивних терміналів унаслідок неналежної експлуатації може становити суттєву загрозу НПС.

7.6. Заходи щодо попередження забруднення водного басейну

До основних заходів із попередження забруднення водного басейну транспортними суднами можна віднести:

- заборону скидання забруднюючих відходів із суден у внутрішніх водоймах;
- прийняття міжнародних угод про припинення скидання з суден усіх видів відходів і зливання нафтовантажів, забрудненої ними води у відкритих морях і океанах у межах встановлених зон;
- обладнання суден додатковими засобами і установками для утилізації або знешкодження деяких видів відходів, а також для тимчасового накопичення частини відходів з наступним здаванням їх на берег для знешкодження або переробки;
- розробка нових конструкцій суден, що більшою мірою гарантували б збереження нафтовантажів, навіть за умов аварійних ситуацій.

На підприємствах водного транспорту слід проводити постійну роботу з припинення скидання виробничого й побутового сміття, а також забруднених вод у річки, озера й моря.

На першому етапі має бути проведена інвентаризація шкідливих відходів, котрі скидаються у воду з кожного судна, а потім розроблено плани облаштування суден відповідними пристроями і, насамперед, контейнерами для сміття і цистернами для збирання всіх забруднених нафтовмісних вод.

Усі самохідні річкові судна і земснаряди мають бути пристосовані для закритого приймання (бункерування) палива, що різко знижує випадки виливання у водойми. Днопоглиблювальні роботи на суднових ходах слід виконувати з урахуванням необхідності очистки русел від забрудненого ґрунту, що накопичився у попередній час. Необхідно проводити роботу зі

звільнення рік, водосховищ і каналів від затопленого лісу, котрий не тільки створює небезпеку для судноплавства але й, розкладаючись, поглинає кисень і виділяє токсичні феноли.

У річкових і морських пароплавствах мають діяти спеціалізовані служби для захисту довкілля від забруднення, що здійснюється водним транспортом. З усіма іншими технічними підрозділами ці служби повинні розробляти пропозиції й проекти планів, і в межах своїх повноважень здійснювати системний контроль за їх виконанням, а також за виконанням загальнодержавних законів і відомчих наказів. У сучасних умовах першорядного значення набувають міжнародні угоди про заборону скидання забруднених вод і сміття у відкритих морях і океанах. Одна з перших спроб прийняття такої угоди належить до 1926 року, коли у Вашингтоні було скликано конференцію щодо запобігання забрудненню морів нафтою. Але жодних практичних результатів досягнуто не було.

Лише у 1954 році ООН було організовано розробку міжнародної конвенції, яка набула чинності в липні 1958 року. Під час підготовки тексту обговорювалися такі вимоги до великих нафтових танкерів: подвійне дно, ізольований або чистий баласт, інертні гази для запобігання вибухам у частково або зовсім опорожнених від вантажу ємностях, системи для запобігання зіткненням суден, удосконалене рульове керування, підвищення рівня правил (стандартів) перевірки суден. Названий документ встановив норми вмісту нафти у водах, які можна скидати з суден за борт. Так, за межами 12-мильної зони судна можуть скидати води, в яких міститься не більше 100 частин нафти на 1 млн частин чистої води. Однак це положення не поширюється на виділені «особливі райони» — Чорне, Середземне, Червоне моря, а також на район Перської затоки і деякі інші райони Світового океану, для котрих можуть бути визначені інші норми.

В Україні проводиться практична робота щодо реалізації прийнятих міжнародних вимог. Так, на експлуатованих судах ранньої побудови встановлено додаткове обладнання, призначене для збирання або утилізації судового сміття і виробничих відходів, а також нафтовмісних вод. Здавання води на берег відбувається по трубах або, частіше, за допомогою очисних станцій і суден-сміттєзбірників, які швартуються до прибулого у порт

судна, приймають від нього нафтовмісні води й сміття і переправляють їх на берегові станції для очищення, переробки або, відповідно, для знешкодження. У річковому транспорті практично всі судна мають обладнання для збирання господарських і фекальних стоків, котрі вони здають через спеціальні причали в берегові каналізаційні мережі.

7.7. Методи ліквідації забруднень, спричинених водним транспортом

Можна виділити три основні напрями очищення забруднених вод морів і річок, а саме:

- механічне збирання з поверхні вод сміття і нафтових плівок;
- хімічний вплив на нафтові плівки;
- біологічний розклад забруднень.

Найбільшого поширення набув механічний метод. При такому методі великі плавучі агрегати виконують різні за ступенем складності операції — від простого збирання з поверхні плаваючого сміття до виловлювання і сепарації нафтопродуктів. Зібране сміття й нафтовмісні води передають на берегові станції для знешкодження й утилізації. Для ліквідації аварійних розливів нафти в акваторіях і у відкритому морі створено оперативні штаби, які вживають екстрених заходів для знешкодження наслідків таких розливів.

На практиці роботи морських портів знайшли застосування бонові загородження (рис. 8.6). Їх встановлюють з профілактичною метою навколо танкерів, які перебувають під розвантаженням або завантаженням, а також для обгороджування суден, що приймають паливо. Під час перебування суден біля причалів бокові огорожі можуть охоплювати їх напівкільцем, кінці якого прикріплюють до берегових споруд. Нафтова пляма може бути обмежена з підвітряного боку або з боку протилежної течії, з метою запобігання розтіканню. За потреби пляму оточують замкнутим кільцем. Таким чином її можна переміщувати з невеликою швидкістю.



Рис. 7.6. Загальний вигляд бонового огородження

У багатьох країнах ведеться розробка фізико-хімічних методів видалення нафтових плям з поверхні річок і морів. Розроблено хімічні препарати — абсорбенти, які у вигляді порошків або рідин розпилюють на забруднення. Проте й вони мають недоліки. Абсорбенти поглинають нафту, але, вступаючи з нею в реакцію, розкладають її, утворюючи нові, як правило, шкідливі (а іноді токсичніші, ніж нафта, речовини) хімічні сполуки, що залишаються у воді, в свою чергу забруднюючи її. Доцільність застосування абсорбентів полягає в тому, що вони сприяють порушенню нафтового шару, що перекриває надходження кисню

повітря у воду, забруднює узбережжя, вбиває водоплавальних тварин і птахів.

До категорії хімічних реагентів для боротьби з розливом нафти входять також диспергенти — речовини, що знижують поверхневий натяг плівки, розбиваючи її на краплинки. В результаті покращуються обмінні процеси з атмосферою і проникнення сонячного проміння, а також прискорюється розклад нафти. Але продукти розкладу якась частка нафти, а також частка самого реактиву залишаються у товщі води або випадають на дно. Через це, а також через токсичність самих заходів боротьби (реагентів) ці методи можна застосовувати лише за обставин, що загрожують більш важкими наслідками.

Перспективним, хоча й проблематичним методом нейтралізації нафтопродуктів, що потрапили у воду, є **біологічний**. Можна виділити три основні його напрями.

Перший напрям — очищення за допомогою рослин, котрі засвоюють деякі забруднювачі, що містяться у воді, зокрема й вуглеводні. Застосування цього методу принципово можливе для біологічної нейтралізації нафтовмісних, наприклад, баластних вод в акваторіях портів.

Другий напрям — це використання живих істот, здатних уловлювати й переробляти забруднювачі води, насамперед вуглеводні. У цьому плані на найбільшу увагу біологів заслуговують молюски, зокрема мідії. Вивчення процесів їх життєдіяльності показало, що молюски виконують велику роботу з фільтрування води. Так, крупний молюск може пропустити через себе 70 л води за добу. Проблема полягає у пошуку таких видів молюсків та інших живих істот і цілеспрямованому їх використанні для очищення води.

Третій напрям — мікробіологічний, тобто використання анаеробних бактерій, які в умовах річки або моря можуть швидко розмножуватися на вуглеводнях, що плавають у воді (і розчинені в ній), і перероблювати їх у корисні або нейтральні для гідросфери речовини.

Питання для самоперевірки

1. Опишіть історію річкового транспорту України та

охарактеризуйте основні напрями розвитку річкового транспорту.

2. Які екологічно небезпечні види робіт виконують у порту і як це може зашкодити НПС?
3. Охарактеризуйте морські порти України.
4. Дайте оцінку екологічності морських видів транспорту.
5. Назвіть основні причини надходження забруднюючих речовин у поверхневі води з рухомого складу водного транспорту.
6. Охарактеризуйте вплив стаціонарних джерел викидів забруднень морського/річкового порту на НПС. Охарактеризуйте результати впливу портової діяльності на атмосферу та водне середовище.
7. У чому полягає суть та особливості біологічного методу нейтралізації нафтопродуктів, що потрапили у водні об'єкти?
8. Опишіть заходи щодо попередження забруднення довкілля водним транспортом.
9. Охарактеризуйте методи ліквідації забруднень, спричинених водним транспортом.
10. У чому полягають суть та особливості хімічного методу нейтралізації нафтопродуктів, що потрапили у водні об'єкти?

РОЗДІЛ 8

ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТРУБОПРОВІДНОГО ТРАНСПОРТУ

8.1. Призначення трубопровідного транспорту та його класифікація

Закон України «Про трубопровідний транспорт» виділяє *магістральний трубопровідний транспорт* та *промисловий трубопровідний транспорт*. Стаття 1 цього закону дає такі визначення.

Магістральний трубопровід — технологічний комплекс, що функціонує як єдина система і до якого входить окремий трубопровід з усіма об'єктами і спорудами, зв'язаними з ним єдиним технологічним процесом, або кілька трубопроводів, якими здійснюються транзитні, міждержавні, міжрегіональні поставки продуктів транспортування споживачам, або інші трубопроводи, спроектовані та збудовані згідно з державними будівельними вимогами щодо магістральних трубопроводів.

Промислові трубопроводи (приєднані мережі) — всі інші немагістральні трубопроводи в межах виробництв, а також нафтобазові, внутрішньопромислові нафто-, газо- і продуктопроводи, міські газорозподільні, водопровідні, теплопровідні, каналізаційні мережі, розподільчі трубопроводи водопостачання, меліоративні системи тощо.

У сучасній транспортній термінології під трубопровідним транспортом розуміють трубопроводи в комплекті з іншими засобами, котрі призначені для перекачування нафти, нафтопродуктів та газу. Трубопровідний транспорт має найнижчу собівартість транспортування вантажів. Технічна база сучасного трубопровідного транспорту включає:

- трубопровід — це лінійна магістраль із зварених та ізольованих труб із засобами електричного захисту. Різновидом його лінійної частини є наземні та підземні переходи через річки, озера, протоки, болота, автомагістралі, залізниці;
- перекачувальні та компресорні станції для транспортування рідин і газоподібних продуктів по трубопроводу як головні

- (початкові) та проміжні станції;
- лінійні вузли, устаткування для з'єднання або роз'єднання паралельних або перетинаючих магістралей та перекриття окремих ділянок ліній при ремонті;
- лінії електрозабезпечення, якщо силові агрегати (насоси, компресори) мають електричний привід;
- лінії зв'язку для передавання необхідної інформації, яка забезпечує нормальне функціонування системи.

За призначенням трубопровідний транспорт поділяють на:

- нафтопроводи;
- газопроводи;
- продуктопроводи.

За місцем пролягання трубопроводи поділяються на:

- підземні;
- надземні (монтуються на спеціальних естакадах).

8.2. Характеристика трубопровідного транспорту України

Трубопровідний транспорт в Україні є одним із найрозвинутіших і складається з газопроводів, нафтопроводів та продуктопроводів. В Україні трубопровідний транспорт виник у 20-ті роки ХХ століття в Прикарпатті, де вперше було побудовано газопровід Дашава–Стрий– Дрогобич (1924).

Нафтопроводи

На сьогодні в Україні діють такі основні нафтопроводи:

- Долина (Івано-Франківська обл.) — Дрогобич (Львівська обл.);
- Битків —Надвірна (Івано-Франківська обл.);
- Качанівка — Охтирка (Сумська обл.);
- Гнідинці — Прилуки (Чернігівська обл.) — Кременчук (Полтавська обл.) — Херсон, Кременчук — Черкаси;
- Самара — Лисичанськ — Кременчук — Херсон, який через Снігурівку прокладено до Одеси. Через нього надходить в Україну сибірська нафта;
- «Дружба» — європейський нафтопровід, що проходить через територію західних областей (Волинської, Львівської,

Закарпатської), протяжність якого в межах України — 680 км. По ньому нафту з Росії через територію України постачають у країни Центральної Європи (Словаччину у Угорщину);

- нафтопродуктопровід Кременчук — Лубни — Київ;
- Гнідинці — Розбишівське — Кременчук завдовжки 395 км;
- Одеса — Броди.

Нафтопровідний транспорт України має протяжність близько 2,6 тис. км. Основні технічні характеристики магістральних нафтопроводів наведено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Технічні характеристики лінійної частини магістральних нафтопроводів

№	Назва нафтопроводів	Рік введення в експлуатацію	Діаметр, мм	Протяжність (в 1 нитку), км
1	2	3	4	5
1	Мічуринськ–Кременчук	1974	720	355,0
2	Гнідинці–Гл. Розбишівська I, II нитки	1966/1972	377	128,6
3	Гл. Розбишівська–Кременчук	1966	530	148,3
4	М. Павлівка — Гл. Розбишівська	1967	377	73,7
5	Самара–Лисичанськ	1977	1220	164,7
6	Лисичанськ–Тихорецьк I, II нитки	1975/1989	720	413,8
7	«НПС Лисичанськ»–Лисичанський НПЗ I, II нитки км 0,7	1975	720	14,0
8	Лисичанськ–Кременчук	1978	1220/1020	421,3
9	Кременчук–Херсон	1972	720/1020	393,6
10	Снігурівка–Одеса	1977	720/1020	249,7

Продовження таблиці 8.1

Технічні характеристики лінійної частини магістральних нафтопроводів

1	2	3	4	5
11	Мозир–Броди I, II черга	1963/1974	720	727,3
12	Броди–Держжородон I, II черга	1962	530/720	650,0
13	Відвід на Угорщину км 0-21,4	1972	720	21,9
14	Одеса–Броди	2002	1020	673,7
15	Долина–Дрогобич	1962	273	58,7
16	Жулин–Дрогобич	1999	530	43,1
17	Орив–Дрогобич	1973	219	23,8
18	Борислав–Дрогобич	1983	168	8,1
Разом		1962/2002	168/1220	4569,4

Магістральний нафтопровід Одеса — Броди та морський нафтовий термінал Південний призначені для прийняття та подальшого транспортування нафти до нафтопереробних заводів України та Європи. Основні технічні характеристики цього нафтопроводу наведено в таблиці 8.2

Схематично нафтопровідну систему України зображено на рис. 9.1.

Таблиця 8.2

Технічні характеристики нафтопровідної системи «Одеса–Броди»

Довжина	674 км
Діаметр	1020 мм
Пропускна потужність	45,0 млн. т
Кількість головних насосних станцій	3
Дедвейт танкерів	до 100,000 т
Ємність резервуарного парку	600,000 м ³

Газопроводи

Газопровідний транспорт є не лише найефективнішим, а й фактично єдиним видом транспорту в Україні для транспортування газу. Основу становлять магістральні газопроводи, збудовані в 50-х і 60-х роках ХХ століття для експорту газу з України:

- Дашава — Київ — Москва;
- Шебелинка — Брянськ, Шебелинка — Острогожськ — Москва;
- Дашава — Мінськ — Вільнюс — Рига;
- Дашава — Дрогобич;
- Дашава — Стрий;
- Дашава — Долина — Львів;
- Угорськ — Івано-Франківськ;
- Шебелинка — Харків;
- Шебелинка — Дніпропетровськ — Кривий Ріг — Одеса — Кишинів;
- Шебелинка — Київ — Красилів — західні райони України.

На сьогодні Україна є потенційно найбільшим у світі транзитером природного газу. Сукупна довжина газопроводів становить 34,1 тис. км. Їх пропускна спроможність на вході становить 290 млрд. м³, а на виході (до країн Західної, Центральної та Східної Європи, а також до Молдови і на південь Росії) — майже 170 млрд. м³ на рік. Кількість агрегатів, які забезпечують перекачування газопотоків, перевищує 800 із загальною потужністю 5,4 МВт, що в 1,5 рази перевищує компресорну потужність усіх європейських країн (рис. 8.2).

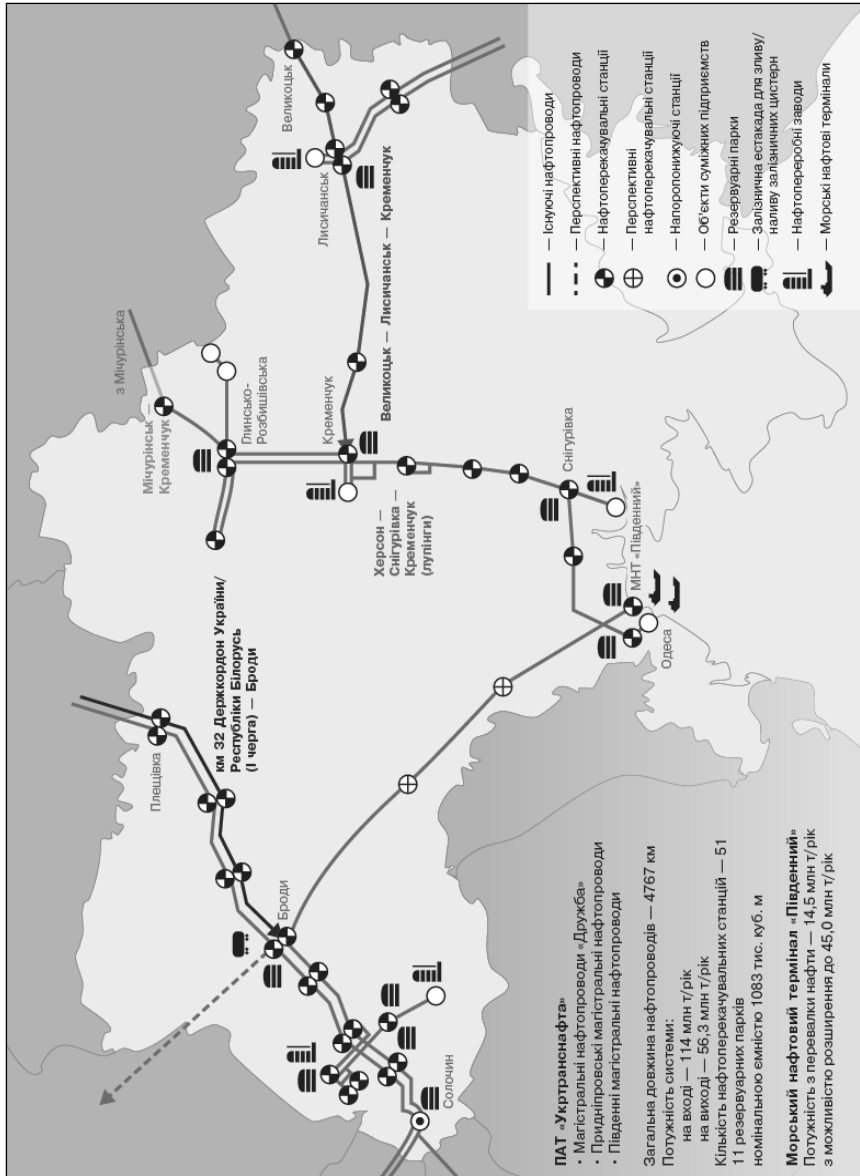


Рис. 8.1. Діючі нафтопроводи, нафтопереробні станції, нафтопереробні заводи та нафтоермінали

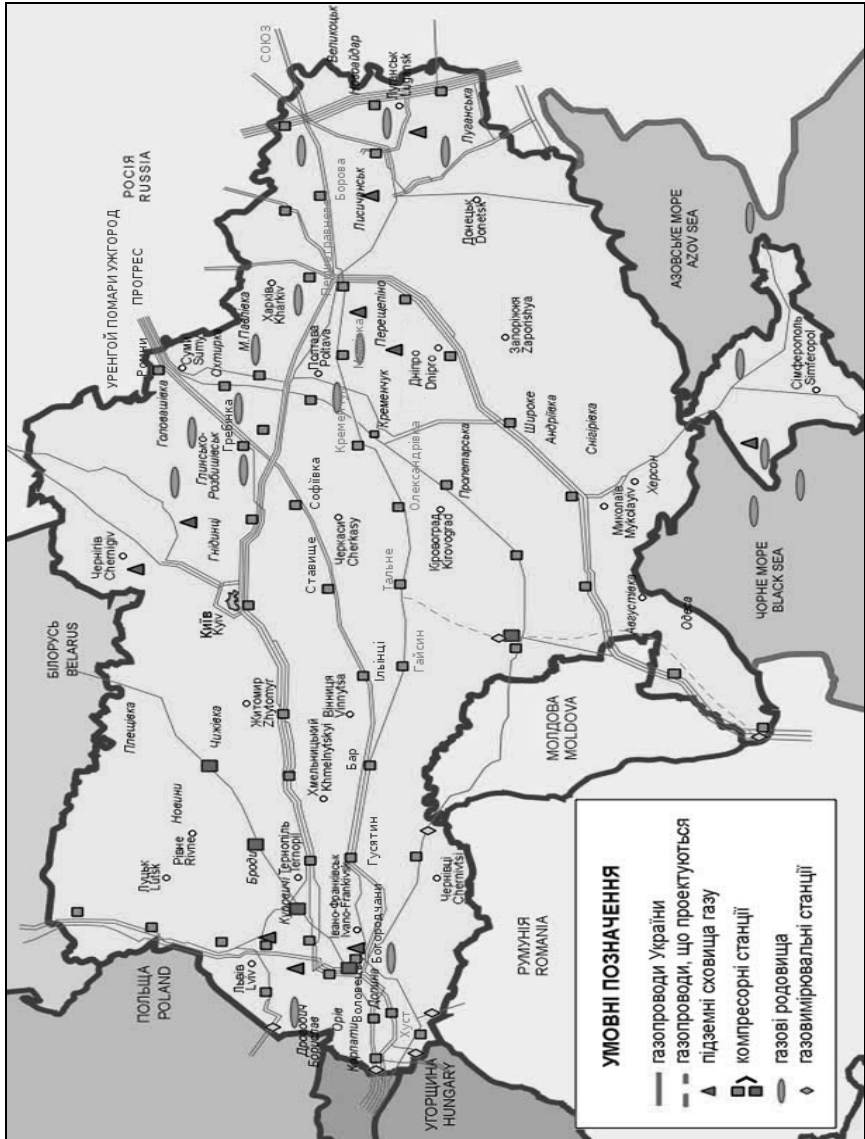


Рис. 8.2. Основні газопроводи та напрямки транспортування газу, підземні сховища газу, компресорні станції, газовимірювальні станції та газові родовища

Продуктопроводи

В Україні створено мережу продуктопроводів: аміакопровід Тольятті — Горлівка — Одеса, етиленопровід Чепіль (Угорщина) — Калуш.

У 1979 році від Горлівського заводу «Стирол» (Україна) до Одеського припортового заводу було введено в експлуатацію потужний аміачний трубопровід. Друга частина аміачного трубопроводу пролягла від м. Тольятті (Росія) до м. Куп'янськ. Магістральний аміакопровід, унікальний за своїм технічним рішенням і призначенням об'єкт, що транспортує рідкий аміак на експорт до країн Європи, Азії та Американського континенту. Довжина територією Росії — 1400 км, територією України — 1018 км.

Потенційно один із найнебезпечніших аміачних трубопроводів проходить через сім густонаселених областей України. Траса перетинає великі ріки — Південний Буг, Дніпро та Сіверський Донець. Окрім природних водних басейнів, магістраль перетинає також питні канали, крупні й менші водосховища, річки й лимани. Найвідоміші з каналів — Дніпро–Донбас та Сіверський Донець–Донбас. Трубопровід загалом перетинає 160 малих річок, вибалків та ярів, 80 автомобільних доріг із твердим покриттям, 21 залізничну колію, а також багато повітряних і підземних комунікацій.

Через водні перешкоди основну гілку супроводжує резервна. Поряд прокладено лінії зв'язку і телекомунікацій. При виникненні загрози пошкоджена частина блокується, а рідину транспортує паралельна мережа. Там, де труба виходить на поверхню, вмонтовано компенсатори температур.

Рідкий аміак використовують у фармакології, виробництві мінеральних добрив — селітри та карбаміду, ним заправляють великі холодильні установки у багатьох галузях промисловості.

8.3 Екологічна безпека трубопровідного транспорту

Законодавством України встановлено, що для визначення екологічної безпеки під час розміщення, будівництва нових і реконструкції діючих об'єктів трубопровідного транспорту, а

також під час їх експлуатації проводиться обов'язкова державна екологічна експертиза у порядку, встановленому законодавством України (ст. 15 Закону України «Про трубопровідний транспорт»).

Існує така проблема, як фізичне старіння трубопровідного господарства, необхідність заміни сотень кілометрів магістральних трубопроводів щороку і десятків газоперекачувальних станцій, діагностики трубопроводів з метою запобігання аваріям. Причини порушень працездатності трубопроводу показано на рисунку 8.3. Тільки щорічні витрати на підтримку газопровідної інфраструктури в робочому стані мають становити 50–60 млн. ум. од., а загальна фінансова потреба на реконструкцію газопроводів дорівнює півмільярду ум. од. за умови темпів ремонту 500 км на рік.

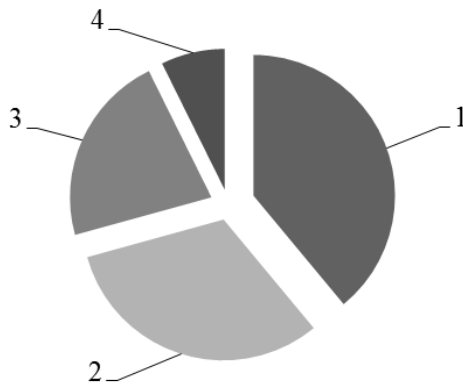


Рис. 8.3. Причини порушень працездатності магістральних трубопроводів:
1 — дефекти зварювання через порушення технології зварювання (39 %);
2 — низька якість матеріалу (31,7 %); 3 — дефекти конструкції (22 %);
4 — втрати пластичності (7, %)

Магістральні трубопроводи є унікальними спорудами через їхній великий діаметр (рис. 8.4) і продуктивність, їхню енергетичну потужність. Магістральний трубопровід являє собою систему послідовно з'єднаних елементів — труб, трубних деталей, арматури. Тому відмова кожного з них приводить до аварійних ситуацій. Найбільша ймовірність відмов припадає на труби й зварені з'єднання, що виконані під час будівництва трубопроводу.

Магістральні нафтогазопроводи відносять до категорії енергонапружених об'єктів, відмови яких зазвичай пов'язані зі значним матеріальним й екологічним збитком. Численні аварії на технологічних трубопроводах, що транспортують пожежонебезпечні та вибухонебезпечні продукти, отруйні й токсичні компоненти, приводять до локальних і загальних забруднень навколишнього середовища, створюють підвищений ризик для безпеки персоналу й населення.



Рис. 8.4. Монтаж лінійної частини магістрального трубопроводу

Причинами порушення працездатного стану магістрального трубопроводу в експлуатаційних умовах є корозія, механічні пошкодження матеріалу трубопроводу під час будівництва чи в процесі експлуатації, заводський брак конструкційного матеріалу, дефекти зварних з'єднань, навмисні пошкодження (рис. 8.5).

Статистика аварій на лінійній частині магістрального транспорту нафти й газу свідчить про переважаючу роль в аваріях *корозійного фактора*.

Найбільшу небезпеку становить *стрес-корозія*, адже вона притаманна трубопроводам великого діаметра (1100–1500 мм), відмови яких приводять до великих економічних втрат, значної екологічної шкоди з можливими непоправними наслідками для НПС. Тому пошук ефективних шляхів, спрямованих на гарантоване забезпечення конструкційної надійності трубопроводів є актуальним завданням.

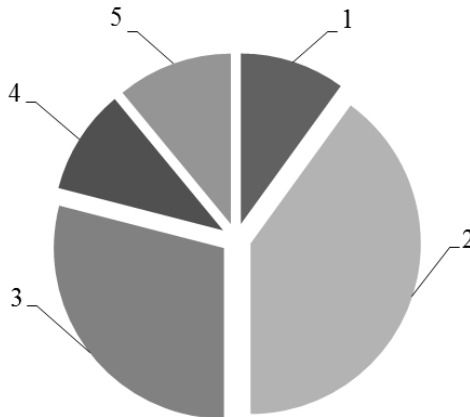


Рис. 8.5. Статистика порушень працездатного стану магістрального трубопроводу в експлуатаційних умовах: 1 — дефекти зварювання та безвогневого врізання (10 %); 2 — механічні пошкодження (40 %); 3 — корозія (29 %); 4 — навмисні пошкодження (10 %); 5 — виробничий брак труб та пошкодження монтажною технікою (11 %)

На відміну від звичайної корозії, якій піддаються всі метали й час настання якої вченими розраховано більш-менш точно, стрес-корозія відбувається швидко, у несподіваних місцях, діагностувати її вкрай складно як нашими приладами, так і закордонними. Стрес-корозію було виявлено у вітчизняних трубах тільки в 2003 році, що поставило українських експлуатантів у складне становище.

Уперше подібну проблему виявили на території Канади в 1960-х роках на газопроводі з Аляски в США. У СРСР фіксувалися подібні випадки на трубопроводах у Середній Азії, але вони не були масовими, тому проблемою особливо ніхто й не займався.

Масовою стрес-корозія стала протягом останніх двох десятиріч. За цей час на території СНД з'явилися цілі наукові школи й напрями, які з'ясовують, чому відбувається стрес-корозія і як із цим боротися.

Так, наприклад, вченими підраховано, що найбільшою мірою стрес-корозії піддаються труби діаметром 1420 мм, із плівковою й бітумною ізоляцією, що перебували в експлуатації 12–15 років і розташовані поблизу компресорних станцій на болотистих ґрунтах.

***Визначальним критерієм екологічної безпеки нафтогазопроводів є їхня конструкційна надійність** — один із основних показників якості будь-якої конструкції (системи), що полягає в її здатності виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні властивості протягом необхідного проміжку часу — «життєвого циклу».*

Слід запам'ятати, що:

1. Екологічна безпека магістральних нафтогазопроводів залежить від ґрунтово-кліматичних умов експлуатації, напружено-деформованого стану сталі й стійкості до стрес-корозійного руйнування;
2. Рівновага природно-технічної системи «людина–трубопровід–навколишнє середовище» забезпечується комплексом організаційних, технологічних та інженерно-технічних заходів щодо попередження аварій;
3. Конструкційна надійність як властивість конструкції зберігати задані функції є основним показником екологічної безпеки магістральних нафтогазопроводів в умовах корозійних середовищ ґрунтів;
4. Основною причиною, що викликає порушення екологічної рівноваги при стрес-корозійному руйнуванні магістральних нафтогазопроводів, є агресивне середовище білятрубного простору, що впливає на метал труби в місцях порушення ізоляції;
5. Стрес-корозійне руйнування є багатостадійним процесом і протікає при слабо кислому або кислому значенні pH за одночасного впливу декількох факторів;
6. Визначальний вплив на механізм стрес-корозійного розтріскування має реакція відновлення водню на катодних

ділянках поверхні труби. Водень інтенсифікує процеси структурно-фізичної деградації металу, полегшує протікання мікропластичної деформації і зменшує енергію руйнування.

Особливої гостроти набуває проблема екологічної безпеки в системах магістрального трубопровідного транспорту газу, нафти й нафтогазопродуктів. Відмова магістрального нафтогазопроводу, що проявляється в місцевій втраті герметичності стінки труби, трубних деталей або в загальній втраті міцності внаслідок руйнування, зазвичай тягне за собою значну екологічну шкоду з можливими непоправними наслідками для навколишнього природного середовища.

Розглядаючи проблему працездатності й надійності трубопроводів, слід враховувати *унікальний характер та інтенсивність взаємодії цих споруд із навколишнім середовищем*, довжину прокладання в різних кліматичних і гідрогеологічних умовах, площу поверхні контакту із ґрунтом, масу транспортованого продукту, його теплоємність і кількість внесеного тепла (холоду) у ґрунт, перетинання безлічі природних, штучних перешкод.

Унікальність полягає в тому, що трубопроводи (особливо трубопроводи більших діаметрів) постійно протягом усього терміну служби у всіх своїх частинах мають значні внутрішні напруження, близькі до нормативних характеристик міцності металу. Тому навіть незначні відхилення дійсних умов від прийнятих за вихідні в розрахунках приводять систему в граничний стан.

Екологічна надійність трубопроводів — збірне поняття на позначення сукупності властивостей, що визначають якість функціонування об'єкта. Магістральний трубопровід являє собою складну технічну систему з відновлюваними й резервованими елементами.

Таким чином, *під екологічною надійністю магістральних трубопроводів варто розуміти їхню властивість протистояти зовнішнім і внутрішнім навантаженням і впливам, що супроводжують транспортування продукту без порушення герметичності при дотриманні правил експлуатації, технічного обслуговування й ремонту.*

Збільшення діаметру трубопроводів і підвищення тиску продукту, що транспортується, з одного боку, збільшує запас кінетичної енергії, здатної викликати високі напруги в стінках труб, а в газопроводах — лавинні руйнування. З іншого боку, втрати продукту при аварійних руйнуваннях таких трубопроводів різко зростають. До того ж, збільшення діаметра й довжини нафтопроводів і газопроводів, прокладання їх у важкодоступних місцях, у болотах призводять до збільшення часу на ліквідацію аварій.

Магістральні трубопроводи впливають на навколишнє середовище не тільки за аварійних ситуацій. Під час будівництва трубопроводів спостерігається деструкція ґрунтового масиву й порушення сформованих рівноважних взаємозв'язків між компонентами ландшафту. Перші аерокосмічні дослідження районів прокладання трубопроводів у Західному Сибіру показали значне обводнювання трас трубопроводів і особливо коридорів, у яких прокладено кілька ниток у перші роки після будівництва.

Надійність, екологічна безпека і зниження аварійності нафтопродуктопроводів забезпечуються за рахунок:

- своєчасної діагностики й капітального ремонту лінійної частини, резервуарів і устаткування;
- технічного переоснащення і реконструкції технологічного устаткування, систем автоматизації насосних станцій, резервуарних парків і телемеханізації лінійної частини магістральних нафтопродуктопроводів;
- модернізації існуючих і впровадження нових систем автоматизованого контролю експлуатаційного стану та пожежогашіння.

Питання для самоперевірки

1. Як класифікують трубопровідний транспорт?
2. Охарактеризуйте нафтопроводи, що проходять територію України.
3. Охарактеризуйте газопроводи та продуктопроводи, що проходять територію України.
4. Вкажіть причини порушень працездатності магістральних трубопроводів. Як це впливає на НПС?

5. Які фактори призводять до порушень працездатного стану магістрального трубопроводу в експлуатаційних умовах?
6. Дайте пояснення екологічної надійності магістральних трубопроводів.
7. Що таке стрес-корозія і які причини її виникнення?
8. Сформулюйте заходи, що забезпечують надійність, екологічну безпеку і зниження аварійності нафтопродуктопроводів.

РОЗДІЛ 9 СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА ТРАНСПОРТІ

9.1. Заходи зі зниження негативного екологічного впливу при проектуванні та експлуатації транспортного комплексу

Вирішення проблем підвищення екологічної безпеки на транспорті можливе застосуванням багатьох технічних заходів. Серед них можна виділити заходи на етапі експлуатації транспортних комплексів та заходи на етапі проектування і будівництва об'єктів транспорту. У свою чергу, серед важливих заходів на етапі експлуатації можна назвати використання альтернативних палив, заходу із захисту поверхневих та ґрунтових вод, специфічні заходи при застосуванні антижелезних солей та гербіцидів тощо.

9.1.1. Використання альтернативних видів палива та енергії

Паливо використовується як у двигунах рухомого складу, так і для забезпечення потреб стаціонарних об'єктів транспортного комплексу.

Традиційні моторні види палива – це продукти переробки нафти з різного роду добавками для надання цьому паливу певних характеристик.

Альтернативне паливо – це всі види палива, які або зовсім не містять похідних нафти, або лише частково містять продукти її переробки. На сьогодні усі альтернативні палива умовно ділять на чотири групи:

- видобувне та супутнє газоподібне паливо;
- синтезоване та гідролізне паливо;
- паливо з відновлюваних ресурсів;
- нафтове паливо з домішками.

Видобувне та супутнє газоподібне паливо. До цих видів палива відносять: стиснений природний газ (СПГ) і зріджений нафтовий газ (ЗНГ).

Стиснений природний газ. Залежно від родовища походження природний газ на 82 ÷ 99 % складається з метану CH_4 . За нормальних температур СПГ при стисненні навіть до досить великих тисків у зріджений стан не переходить. Він зріджується при температурах нижче – 161,6 °C, тому для зрідження необхідно використання спеціальних технологій. СПГ переважно використовують на автотранспорті стисненим до 20 МПа у балонах.

Переваги СПГ:

- завдяки молекулярному складу метану (молекула містить один атом вуглецю та чотири молекули водню) при його згоранні утворюється мало вуглекислого газу та більше водяної пари (утворення CO_2 на 1 кг спаленого СПГ на 25% менше ніж на 1 кг спаленого бензину);
- через хорошу змішуваність газу з повітрям перед спалюванням у відпрацьованих газах дуже низький рівень вмісту CO ;
- низький рівень вмісту твердих частинок у відпрацьованих газах;
- можливість спалювати газ у двигуні при високому коефіцієнті надлишку повітря (до 2), що знижує температуру в камері згорання і тому суттєво знижує викиди NO_x .

Недоліки СПГ:

- на стиснення газу витрачається велика кількість енергії;
- теплотворна здатність метану по масі нижча за теплотворну здатність бензину на 10 ÷ 15 %;
- за різних причин при переобладнанні бензинового двигуна під спалювання СПГ його потужність знижується на 15 ÷ 20 %;
- викиди метану в атмосферу сприяють парниковому ефекту, оскільки метан є парниковим газом.

Зріджений нафтовий газ. Це суміш легких вуглеводнів, переважно пропану та бутану. Цей газ видобувають на газоконденсатних родовищах та отримують під час видобутку та перегонки нафти як супутній продукт. Він відносно легко зріджується за нормальної температури та тиску 1,6 МПа. На борту автомобіля його зберігають у балонах під тиском 1,7 МПа. За

теплотворною здатністю по масі ЗНГ поступається бензину лише на $3 \div 4 \%$ і при переведенні бензинового двигуна на спалювання ЗНГ його потужність суттєво не знижується. Переваги та недоліки ЗНГ практично такі ж як і СПГ.

В цілому застосування СПГ та ЗНГ як автомобільного моторного палива дозволяє істотно знизити токсичність викидів: по оксиду вуглецю (CO) у 3...4 рази; по оксидам азоту (NO_x) у 1,2...2,0 рази; по вуглеводням (C_xH_y) у 1,2...1,4 рази. При роботі дизельного двигуна на СПГ та ЗНГ димність в режимі прискорення зменшується у 2...4 рази, шум знижується на 8...10 дБА.

Разом з тим, у газобалонних вантажівок у порівнянні з бензиновими споряджена маса підвищується на 400...600 кг, відповідно знижується їх вантажоемність, а запас ходу скорочується майже удвічі.

Синтезоване та гідролізне паливо. До цих видів палива відносять: водень, ацетилен, азотовмісні палива.

Водень. Отримують водень кількома шляхами: при переробці природного газу і нафти, шляхом електролізу води, а також шляхом газифікації вугілля під тиском. На сьогодні є три способи зберігання водню: у балонах під високим тиском, у криогенних баках (за низьких температур) та у хімічно зв'язаному стані. Усі відомі методи як отримання так і зберігання водню є проблемними і дорогими.

Переваги водневого палива:

- не є токсичним, тому при витоках не забруднює навколишнє середовище;
- продуктом згорання є нетоксична водяна пара, єдиним токсичним продуктом можуть бути оксиди азоту (в незначних кількостях можуть бути присутні CO та C_xH_y, проте вони є продуктами згорання олив, що потрапляють у камеру згорання);
- робота двигуна можлива при дуже високих коефіцієнтах надлишку повітря, аж до 10, що дозволяє знижувати температуру в камері згорання і суттєво знижувати викиди NO_x.

Недоліки водневого палива:

- отримання водню є дуже енергоємним і дорогим;
- зберігання є складним та небезпечним;

- потужність двигуна, що працює на водні, на 20...30 % нижча у порівнянні з двигуном, що працює на бензині (причиною є мале наповнення циліндра паливом через малу густину водню);
- через велику швидкість горіння водню робота двигуна є жорсткою і схильною до виникнення детонаційних явищ.

Водень має дуже малу густину. Тому при зберіганні у стисненому стані у балонах його вміст у балонах є невеликим. Навіть при стисканні водню до 40 МПа маса самого водню складає до 1,3% маси балону. Наприклад для того, щоб розмістити на борту середнього легкового автомобіля 10 кг водню, якого вистачить на пробіг $400 \div 500$ км, необхідно балонів загальною масою 1200 кг. Крім того, зберігання на борту автомобіля балонів під великим тиском є вибухонебезпечним.

Зберігання водню в криогенних баках (в рідкому стані за низьких температур) викликає багато складнощів. Температура його зрідження за нормального тиску складає близько мінус 250 °С. Досягнення таких низьких температур вимагає значних енергетичних затрат. Підтримка таких температур протягом експлуатації є неможливою, тому водень в баках починає випаровуватися і тиск починає зростати. В періоди, коли водень з криогенних баків не використовується, щоб запобігти значному підвищенню тиску всередині баків, його просто скидають в атмосферу. Це призводить до значних непродуктивних втрат. На сьогоднішній день навіть найкращі зразки криогенних баків з хорошою герметизацією та теплоізоляцією (баки з подвійними стінками і ізоляцією між ними) втрачають біля 1% водню за добу.

Зберігання водню у зв'язаному стані також проблематичне. Для зберігання використовують властивості деяких металогідридів поглинати водень за низьких температур та виділяти його за високих температур. Наприклад, магнієві гідриди можуть поглинути до 8% водню за масою, проте для виділення водню вони потребують нагрівання до 300 °С. Залізотитанові гідриди виділяють водень при температурі біля 7 °С, проте вони здатні поглинати лише до 2% водню за масою і, тому, повинні мати велику масу.

Ацетилен. Питання використання ацетилену як моторного палива, знаходиться на стадії вивчення. C_2H_2 – це газ, який

виробляють з нафтової сировини і який має досить високі енергетичні показники.

Перевагою ацетилену є низькі викиди CO та C_xH_y . Проведені дослідження показали, що в режимі максимальної потужності викиди CO традиційного двигуна внутрішнього згорання, що працює на ацетилені у 2...2,5 рази менші, а викиди C_xH_y у 3,5...4,5 рази менші, ніж при роботі на бензині. Проте, викиди NO_x знаходяться на тому ж рівні, що і при роботі на бензині. Головним недоліком ацетилену є його вибухонебезпечність.

Паливо з відновлюваних ресурсів. До них відносять спиртові палива (метанол та етанол), а також рослинні олії.

Метанол має хімічну формулу CH_3OH . Його отримують шляхом переробки вугілля, природного газу, вапняку, побутових відходів, відходів лісового господарства. Метанол має високе октанове число, що дозволяє досягати більших ступенів стиснення в циліндрах двигунів. Тому потужність двигунів, що живляться метанолом, на 10...15 % вища, ніж двигунів, що живляться бензином.

Метанол має високу теплоту випаровування (приблизно у 3,6 разів вищу ніж бензин) – вона складає 1160 кДж/кг (для порівняння теплота випаровування бензину – 318 кДж/кг). Це спричиняє труднощі при запуску двигуна за низьких температур навколишнього середовища. При температурах $0^{\circ}C$ і нижче двигун запустити практично неможливо. Тому в двигунах необхідно встановлювати спеціальні підігрівачі палива перед його подачею у циліндри двигуна, або додавати до палива спеціальні рідини, які легко випаровуються, такі як диметилловий ефір, зріджений газ, ізопірен, бутан тощо.

Переваги використання метанолу замість традиційного палива:

- знижується вміст NO_x у відпрацьованих газах через більш низьку температуру в камері згорання;
- вміст C_xH_y у відпрацьованих газах складає лише 25...30 % від аналогічного вмісту при спалюванні бензину;
- вміст канцерогенних поліциклічних вуглеводнів у відпрацьованих газах на порядок менше ніж при спалюванні бензину;
- у відпрацьованих газах відсутні сполуки сірки та сажі.

Недоліки використання метанолу як автомобільного палива:

- пари метанолу більш шкідливі ніж пари бензинів;
- метанол є агресивним по відношенню до гуми і деяких синтетичних матеріалів, що використовуються в автомобілебудуванні;
- метанол сприяє більш швидкому зношуванню деяких деталей двигуна;
- у відпрацьованих газах вміст альдегідів приблизно у два рази вищий ніж при спалюванні бензинів.

Викиди CO знаходяться приблизно на тому ж рівні, що і при роботі автомобільних двигунів на традиційних видах палива.

Етанол має хімічну формулу C_2H_5OH . Його отримують з рослинної сировини, такої як цукрова тростина, кукурудза, пшениця тощо. Властивості цього палива близькі до метанолу. Проте теплота випаровування його нижча – 1000 кДж/кг. Тому пускові характеристики двигунів, що працюють на етанолі, кращі. Для автомобільних двигунів використовують або чистий етанол, або його суміш з бензином.

Переваги та недоліки роботи автомобільних двигунів на етанолі практично такі ж як і при роботі на метанолі. Використання етанолу дозволяє знизити викиди сполук сірки, сажі, високомолекулярних вуглеводнів тощо. Одним з головних недоліків (як і для метанолу) є підвищений вміст альдегідів у відпрацьованих газах.

При використанні спиртів у якості моторних палив окрім традиційних речовин, які піддаються нормуванню у відпрацьованих газах (CO , NO_x , C_xH_y), необхідно нормувати також вміст альдегідів. Основні альдегіди, що присутні у відпрацьованих газах: сильний подразник ацетальдегід CH_3CHO та алерген, а також мутаген і канцероген формальдегід $HCHO$.

Використання етанолу в дизельних двигунах пов'язано з певними технічними проблемами і не дає відчутних екологічних переваг. Етанол має вищу ніж дизельне пальне температуру самозапалювання, приблизно на $100\text{ }^{\circ}C$, та у 6 разів нижче цетанове число. Це робить неможливим використання етанолу в чистому вигляді у традиційних дизельних двигунах, оскільки в їх циліндрах етанол від стискання не самозапалюється. Для вирішення цієї

проблеми у двигунах створюють подвійну паливну систему: для етанолу та для дизпалива. При цьому дизпаливо вприскують в циліндри поряд з етанолом і використовують для запалення суміші. Токсичність відпрацьованих газів при використанні етанолу практично така сама як і при використанні дизельного палива.

Рослинні олії, що використовують як моторне паливо, це: ріпакова, соняшникова, кукурудзяна, соєва тощо.

Ріпакову олію отримують з ріпака шляхом пресування. Таким чином на олію перетворюється 40% від маси сировини. Застосовуючи спеціальні методи більш глибокої екстракції, можна отримати до 70% виходу олії з сировини. Олію використовують як мастило, а також як добавку до дизельного палива, або переробляють її на метилефір, який використовується як паливо в чистому вигляді для дизельних двигунів. При використанні як мастила ріпакова олія своїми змащувальними властивостями не поступається нафтовим мастилам, а за антикорозійними та антизношувальними властивостями перевищує їх.

Енергетичні характеристики дизельних двигунів, що працюють на суміші ріпакової олії з дизпаливом та на чистому дизпаливі, майже однакові. Мало відрізняються також їх екологічні показники. При роботі двигуна на середніх режимах токсичність викидів практично однакова. При роботі двигуна з підвищеними навантаженнями трохи зростає концентрація NO_x у відпрацьованих газах та їх димність.

При роботі дизельного двигуна на ріпаковому метилефірі, у порівнянні з роботою на дизельному паливі, збільшується витрата палива та концентрація NO_x у відпрацьованих газах, при цьому суттєво зменшуються викиди сполук сірки (до 70 разів). Концентрація решти токсичних речовин майже не відрізняється.

Нафтове паливо з домішками. Додавання до традиційних видів палива різних домішок дозволяє знизити токсичні викиди автомобілем без внесення конструктивних чи організаційних змін у роботу двигуна. В якості таких добавок сьогодні розглядають водень, спирти, воду тощо.

Водень. Його можна додавати як до бензинів так і до дизельного палива. При цьому експерименти показують, що додавання 20% водню за масою до бензину знижує викиди CO приблизно у 4 рази, NO_x у 8 разів, C_xH_y у 2 рази. Додавання 10%

водню до дизельного палива дозволяє на 30% скоротити його витрату, що у свою чергу зменшує токсичні викиди.

Спирт и. До традиційних видів моторного палива в якості домішок додають етанол та метанол, які були розглянуті раніше. Для існуючих бензинових двигунів оптимальним вважається додавання 10...15% спиртів до бензину.

Одним з головних недоліків такого палива є висока розчинність спиртів у воді. Тому потрапляння у паливні ємності води призводить до розчинення у ній спиртів і подальшого розшарування спиртововодяної суміші та бензину, оскільки вода та бензин мають різну густину. Розшарування залежить від вмісту спирту у бензині і кількості води, що потрапила у ємність, та температури бензину. Чим вища температура, тим інтенсивніше проходять процеси розшарування. Для зменшення процесів розшарування до бензину додають різні стабілізуючі добавки, які підвищують температуру початку процесу розшарування. Це такі добавки, як ізопропанол, бутанол, гексанол тощо.

Етанол є більш придатним, як паливна домішка, ніж метанол. При цьому суміш етанолу і бензину часто називають *газохол*. Він покращує розчинність води у бензині і тим самим знижує розшарування. Крім того, етанол є менш агресивним до матеріалів, які застосовують у автомобілебудуванні.

Вода. Її подають у циліндри двигуна, попередньо розпилюючи повітряним потоком у впускному трубопроводі. Подання води у циліндри також можливе у вигляді водопаливної емульсії. Дослідження показують, що додавання води має як позитивні, так і негативні результати для роботи двигуна.

Переваги додавання води до палива:

- вода забирає частину теплової енергії на випаровування, знижує температуру в камері згорання і, як результат, знижує викиди NO_x;
- висока температура в камері згорання заставляє крапельки води миттєво випаровуватися у вигляді маленького вибуху, що сприяє кращому розпиленню палива в циліндрі, підвищенню повноти згорання і, як результат, зменшенню викидів CO;
- вода підвищує стійкість суміші до детонації, в результаті чого можливим стає більший ступінь стиснення у циліндрі і

підвищення потужності двигуна, або ж використання бензинів з нижчим октановим числом при збереженні потужності;

Недоліки додавання води до палива:

- вприскування води призводить до пришвидшення зношування гільз у двигуні в середньому у 1,5 рази;
- збільшуються викиди C_xH_y , що пояснюється тим, що вода знижує температуру пристінкового шару в циліндрі, де погіршується горіння вуглеводнів.

9.1.2. Заходи із захисту від забруднень поверхневих та ґрунтових вод

Велика кількість шкідливих речовин, що утворюються внаслідок експлуатації рухомого складу транспорту (канцерогенний пил від зношування резинових шин, гальмівних прокладок, стирання асфальтобетонних покриттів, нафтопродукти, антижеледні солі тощо), виноситься опадами зі шляхопроводів, забруднюючи ґрунт, водойми і водотоки.

У зв'язку з небезпекою забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами та іншими шкідливими речовинами, що змиваються дощовими водами та внаслідок танення снігів, поверхневі стічні води повинні бути очищені. Для очищення застосовують методи відстоювання, фільтрування та ін.

Найбільш простим є *метод відстоювання* стічних вод. Його основою є осідання завислих речовин на дно резервуарів для відстоювання (відстійників) під дією сили тяжіння. Він не вимагає великих витрат на будівництво, тому досить часто застосовується. Більш ефективним є метод фільтрування, при якому стічні води пропускаються через кварцевий пісок, деревні стружки, кокс, керамзит, металургійні шлаки, відходи синтетичних нетканих матеріалів, таких як сіпрон, синтепон, возіпрон, полівінілхлорид та інші.

Для підвищення ефективності очищення застосовуються також фізико-хімічні та електрохімічні методи, які забезпечують необхідну ступінь очищення від емульгованих нафтопродуктів.

При *фізико-хімічних методах* у відстійник вводять спеціальні коагулянти, які утворюють у стічних водах колоїдні

речовини, що захоплюють емульговані нафтопродукти, а потім випадають у осад. У якості коагулянтів використовують сірчаноокислий алюміній, хлорне і сірчисте залізо та інші.

Метод електрокоагуляції полягає в пропусканні через стічні води електричного струму, в результаті чого відбуваються коагуляція колоїдних забруднень і винесення їх на поверхню за допомогою дрібнодисперсних газових бульбашок. Вони з'являються в результаті утворення гідрату окису заліза.

Метод флотації використовує властивість частинок нафтопродуктів прилипати до поверхні бульбашок повітря. Для цього стічні води штучно насичуються повітрям, а бульбашки, що при цьому утворюються, виносять на поверхню прилиплі до них частинки забруднень. В результаті цього утворюється забруднена піна, яка видаляється з поверхні у спеціальний резервуар механічними пристроями.

Ефективними є *комбіновані методи флотації з коагулянтами*, що сприяють додатковій коагуляції домішок і більш повного очищення стічних вод.

У деяких випадках, для повного очищення стічних вод застосовуються *біологічні фільтри і аеротенки*, де окислення і руйнування нафтопродуктів здійснюється колоніями мікроорганізмів.

Для очищення виробничих стічних вод від нафтопродуктів на підприємствах технічного обслуговування автомобілів поширення набувають установки, в яких після попереднього відстоювання стічні води очищаються у фільтрах, потім піддаються флотації. На останньому етапі очищення проводиться у фільтрах каскадного типу з використанням синтетичних нетканих матеріалів, що мають високу адгезійну і адсорбційну здатність до нафтопродуктів. Ефективними є також очисні споруди для стічних вод від миття автомобілів з *безнапірними гідроциклонами*, в яких окрім безнапірних гідроциклонів також застосовуються різні фільтри, що забезпечують необхідну ступінь очищення.

Більш складним завданням є захист навколишнього середовища від випадкових забруднень в результаті дорожньо-транспортних пригод. При аваріях навколишнє середовище суттєво забруднюється паливно-мастильними матеріалами.

За характером розподілу забруднювачів у ґрунті поблизу транспортних шляхів можна виділити два випадки:

- забруднювачі розподілені у верхньому шарі ґрунту або на його поверхні;
- з часом, під дією інфільтрації води забруднюючі речовини проникають на значну глибину у ґрунт. Глибина проникнення залежить від розчинності забруднюючих речовин у воді, кількості та інтенсивності атмосферних опадів, проникності і складу ґрунту.

У зв'язку з цим, забруднюючі речовини, що потрапляють в ґрунт, можуть загрожувати забрудненням підземних вод неглибокого залягання. Тому, при проектуванні наземних транспортних шляхів в зонах наявності неглибоких підземних вод необхідно вживати заходів з недопущення скидання неочищених вод на пришляхову територію, або виключити просочування шкідливих речовин у водоносні горизонти.

Видалення та очищення забруднених стічних вод з проїзної частини доріг є завданням шляховиків. Для його виконання вони мають слідкувати за улаштуванням укосів, водовідвідних каналів, для виключення просочування забруднених вод у водоносні горизонти.

При перетині наземними транспортними шляхами відкритих водойм необхідно не допустити попадання в них поверхневих стічних вод. Для цього при будівництві мостів потрібно передбачати ізольоване відведення води. Забруднена вода по закритих трубопроводах або по системах відкритого укріпленого водовідводу повинна подаватися у пришляхові водозбірні басейни та очисні установки.

Пришляхові басейни для збору забруднених поверхневих вод мають бути герметичними спорудами, що складаються з резервуарів накопичувачів і масловловлювачів. Забруднена вода спочатку надходить у дифузор очищувач, який має сітку для вловлювання великих плаваючих предметів і сміття, потім – у резервуар накопичувач, в якому відбувається первинне очищення від забруднюючих речовин шляхом їх осідання на дно. Очищення від нафтопродуктів, нерозчинних сполук вуглеводнів і важких металів, що знаходяться в абсорбованому стані, здійснюється у масловловлювачах.

У приміських зонах відведення забрудненої води може здійснюватися в систему міської каналізації, якщо вона обладнана очисними спорудами.

9.1.3. Заходи із захисту навколишнього середовища при застосуванні антижеледних солей та гербіцидів

Існує багато антижеледних рідин. Найбільшого поширення набули *хлористі сполуки*, особливо поварена сіль.

Сіль, яка протягом зими розсипається по поверхні доріг, відкидається убік снігоприбиральними машинами або стікає з дороги у вигляді соляних розчинів. Навесні, під час танення снігу, сіль відкладається на смугах відведення, просочується в ґрунт або стікає в водойми і водотоки.

Активність хімічних реакцій антижеледних солей з іншими неорганічними речовинами, що утворюються в процесі експлуатації наземних транспортних шляхів (продукти згорання палива, продукти корозії, продукти стирання тощо), навесні, з підвищенням температури повітря, значно зростає. Продукти експлуатації транспортних шляхів змиваються дощами і у вигляді розчинів і суспензій, реагують з антижеледними солями, утворюючи різні, часто токсичні сполуки. Глибина їх проникнення у ґрунт залежить від їх розчинності у воді, здатності вступати в хімічні реакції та самоочисної спроможності самих ґрунтів. У верхніх шарах ґрунту (до 15 см) солей відкладається у 1,5...2,5 рази більше, ніж у нижніх. Особливо багато солей накопичується в ґрунті розділових смуг автомагістралей.

У порівнянні з іншими речовинами хлориди можуть проникати у ґрунт найглибше, досягаючи ґрунтових вод.

З віддаленням від дороги концентрація хлоридів у ґрунті зменшується. Характер зміни концентрації різний, залежно від тривалості та інтенсивності використання антижеледних солей, оскільки іони натрію мають здатність до акумуляції (накопичення в ґрунті з часом).

Під впливом антижеледних солей структура та фізико-хімічні властивості ґрунтів погіршуються. Глинисті ґрунти стають нестійкими, легко розмиваються водою, в результаті чого розвиваються ерозійні процеси. З ґрунтів вимиваються мінеральні

речовини, необхідні для живлення рослин, підвищується водневий показник pH (у 1,3...1,5 рази). Іони кальцію, що містяться в ґрунтах і підвищують їх родючість, заміщуються іонами натрію. Це порушує природну іонну рівновагу та нормальне живлення рослин.

Шкідливий вплив антижелезедних реагентів на зелені насадження проявляється як при прямому контакті з надземними частинами рослин, так і через кореневу систему. Прямий контакт з солями призводить до безпосереднього руйнування тканин рослин, особливо їх кори.

Зимою, в період вегетативного відпочинку, стійкість рослин до впливу солей найбільша. Навесні вона різко знижується. У цей період, коли починається активний ріст і розвиток рослин, соляні розчини, що стікають з доріг внаслідок танення снігу, мають найбільший негативний вплив на насадження. Іони натрію, що накопичуються в ґрунті, перешкоджають засвоєнню кореневою системою поживних речовин і води. Цей ефект особливо посилюється, якщо катіони натрію попадають в тканини рослин.

Концентрація в листі аніонів хлору порушує нормальний процес фотосинтезу. Недостатня кількість хлорофілу в них (такий стан називають *хлорозом*) призводить до пожовтіння листя, їх висихання і відмирання. Особливо чутливі до дії солей хвойні дерева. Як результат негативного впливу – у них жовтіє і опадає хвоя.

В результаті отруєння антижелезедними солями гинуть ссавці та птиця. Найбільш чутливими є зайці, перепели, голуби. При попаданні соляних розчинів у водойми гине риба. Масштаб загибелі залежить від виду та віку риб, температури води, концентрації хлоридів та тривалості їх дії. Сіль згубна і для інших мешканців водойм, наприклад дафній.

Просочуючись у ґрунтові води, антижелезедні солі збільшують в'язкість та зменшують швидкість їх руху. Концентрація солей в ґрунтових водах за решти рівних умов залежить від топографічних, гідрологічних та ґрунтогеологічних умов місцевості, а також від середньої температури повітря і кількості опадів.

У боротьбі із забрудненнями навколишнього середовища хлоридами, при експлуатації автомобільних доріг одним з найкращих варіантів є повна відмова від них та застосування інших

антижелезних матеріалів, наприклад фрикційних. Однак, заміна солей піском і дрібним щебенем, в свою чергу, призводить до сильного забруднення цими матеріалами смуг відводу, засмічення дорожніх водовідвідних труб та порушення нормальної роботи інших споруд водовідведення. Кращі результати дає застосування подрібненого шлаку, але і в цьому випадку придорожня смуга суттєво забруднюється.

Менші негативні наслідки для навколишнього середовища спричиняються при використанні для боротьби з ожеледицею інших хімічних речовин, таких як *сульфати, фосфати і нітрати кальцію, натрію і магнію, спирти і гліколи*. До недоліків їх використання можна віднести такі: спиртові з'єднання менш ефективні у порівнянні з солями і дорожчі, нітрати і сульфати спричиняють руйнівну дію на цементобетонні і асфальтобетонні покриття, а також залізобетонні конструкції мостів і шляхопроводів. Крім того, ефективність їх застосування різко знижується при температурах атмосферного повітря нижче -5°C .

Оптимальним, з точки зору зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, може бути використання комбінацій різних антижелезних матеріалів, в залежності від природних умов. Так, хлориди можна рекомендувати використовувати лише на особливо небезпечних ділянках доріг в суміші з дрібним піском, нітратами і сульфатами. У цьому випадку витрата хлоридів знижується на 30...40 %. При наявності на проїзній частині шару снігу замість того, щоб розсипати сіль, можна рекомендувати проводити видалення снігу за допомогою снігоприбиральних машин.

Застосування хлоридів в невеликих кількостях ($10...20 \text{ г/м}^2$) для попередження ожеледиці дає можливість запобігати її утворенню, і в той же час є безпечним для навколишнього середовища, оскільки концентрації солей у стічних водах при цьому незначні і з часом зменшуються до фонового рівня.

Фрикційні методи боротьби із зимовими видами слизькості доріг дозволяють значно зменшити забруднення навколишнього середовища хлоридами. На певних ділянках доріг і за відповідних умов руху (насамперед, залежно від інтенсивності руху автомобілів) застосування фрикційного методу не тільки прийнятне, виходячи з вимог охорони природного середовища, але

й рекомендоване, виходячи з умов забезпечення безпеки дорожнього руху.

Проте сіль все одно додають у пісок або в інші фрикційні матеріали для того, щоб вони не змерзалися взимку при зберіганні і щоб залишалися розсипчастими і зручними для завантаження і рівномірного розподілу на дорогах. При цьому у пісок можна додавати тверді солі: кухонну сіль, сіль сильвінітових відвалів, хлористий кальцій, бішофіт тощо. З рідких хлоридів для цих цілей придатні висококонцентровані розчини хлоридів натрію, кальцію і магнію. Вони можуть застосовуватися як кожен окремо, так і змішаними між собою в різних пропорціях.

Одним з найбільш поширених методів нанесення фрикційних матеріалів на проїзну частину є їх вільне висипання під дією гравітаційних сил або примусове їх розкидання в горизонтальній площині. Однак, один з головних недоліків такого методу полягає в тому, що частинки фрикційного матеріалу мають мале зчеплення з обледенілою поверхнею дороги, через що механічний вплив коліс автотранспорту та аеродинамічний вплив вітру і турбулентних повітряних потоків, що виникають при русі транспорту, призводять до швидкого переміщення фрикційного матеріалу з проїзної частини в прибордюрну частину дороги.

Одним з ефективних рішень цієї проблеми є закріплення частинок фрикційного матеріалу на обледенілій поверхні дороги, шляхом попереднього їх нагрівання, безпосередньо перед розподілом.

Для видалення рослинності на узбіччях, відкосах, в кюветах, на смугах відводу шляхопроводів часто використовують *гербіциди*. Їх застосування дозволяє відмовитися від трудомістких агротехнічних прийомів боротьби з бур'янами. Разом з тим, гербіциди є сильнодіючими отрутами, що вбивають разом з бур'янами всі інші рослини, у тому числі корисні та рідкісні.

Маючи властивість акумуляції, гербіциди здатні довгий час накопичуватися в ґрунті, в рослинах, надходити в організми тварин, які цими рослинами харчуються, і далі по трофічному ланцюгу навіть потрапляти у організм людини. Особливо згубні гербіциди для дрібних тварин, що мешкають в придорожніх смугах, для птахів, які там гніздяться.

Тривале та інтенсивне використання гербіцидів призводить до виснаження верхнього родючого шару ґрунту. В результаті змивання дощовими водами та водами, що утворюються під час танення снігів, гербіциди потрапляють у водойми, отруюючи воду і водні екосистеми.

9.2. Заходи зі зниження негативного екологічного впливу при будівництві шляхопроводів

Серед важливих заходів, на етапі проектування та будівництва об'єктів транспорту можна назвати заходи з охорони навколишнього природного середовища під час виконання земляних робіт, під час роботи з будівельними матеріалами, заходи з запобігання ерозії на шляхопроводах, специфічні заходи з охорони ландшафту, флори і фауни тощо.

9.2.1. Охорона навколишнього природного середовища під час виконання земляних робіт

За сучасною технологією будувати шляхопровід починають з розчищення смуги відводу. При цьому вирубують дерева та викорчуюють чагарники. Потім їх перемішують в сторону від траси шляхопроводу, зсувають у купи, і у подальшому засипають землею. З часом в цих захороненнях починається процес гниття деревини, пов'язаний з розмноженням різних комах, хробаків тощо. Листя, що осипається протягом вирубок та корчування, як правило, не прибирають, а залишають гнити на поверхні землі. В результаті, у процесі гниття комахи та черв'яки поширюються на прилеглих територіях і поступово заражають зелені насадження, що ростуть поруч з дорогою.

Одним з найефективніших альтернативних методів видалення зелених насаджень зі смуги відводу може бути *повна переробка стовбурів, гілок, кори, листя на лісопереробних заводах*, наприклад, з виготовленням з них дерев'яних пелет, продавання зрубаного лісу населенню в якості палива або для переробки на ділову деревину таку, як дошки, колоди, бруси тощо.

На всій території, що займається під шляхопровід і споруди транспортного комплексу *рекомендується знімати родючий шар*

грунту. Ця операція виконується за допомогою бульдозерів, які зрізають поверхневий шар ґрунту і переміщують його на деяку відстань. У процесі виконання цієї роботи ґрунт зазнає механічних порушень. Територія будівництва переходить у розряд порушених земель, не придатних для сільськогосподарського та лісового використання без попереднього відновлення родючості.

Механічні порушення ґрунтового шару призводять до незворотних порушень ґрунтово-рослинних екосистем, знищенню традиційної рослинності, порушення морфологічних і біохімічних властивостей ґрунту, надмірного ущільнення його поверхневих шарів.

Крім механічних порушень, ґрунтовий шар після його зняття піддається інтенсивному впливу таких природних факторів, як: вітер, опади, сонячна радіація, певний біологічний вплив. Ці фактори викликають його органічне руйнування. Якщо після припинення механічного впливу на ґрунт рослинність відновлюється досить швидко, то органіка, через повільність ґрунтоутворюючих процесів відновлюється дуже тривалий час. Тому для зниження негативних наслідків для ґрунту, *земляні роботи рекомендується проводити таким чином, щоб водночас не розкривати ґрунт (не знімати родючий шар) відразу на великій площі*. При цьому, знятий ґрунт рекомендується акуратно складувати у відвали для зберігання. Це захистить основну масу знятого ґрунту від негативних погодно-кліматичних впливів.

Важливим є час проведення будівельних робіт. Екосистеми і їх компоненти в різні сезони року перебувають у різному стані. Тому їх *реакція на антропогенний вплив в різні пори року буде різною*. В екосистемах з важкими глинистими ґрунтами земляні роботи можна проводити в будь-який час року. В екосистемах з легким субстратом, на гідроморфних і напівгідроморфних ґрунтах небажано вести земляні роботи навесні. На сорових солончаках, через їх велику вологість, найбільш сприятливим періодом для будівельних робіт є зима. На звичайних солончаках небажаним є проведення робіт у вологі періоди року.

Механічні порушення ґрунтів, викликані будівництвом постійних і тимчасових шляхів, виробничих і житлових приміщень тощо, хоча і носять локальний характер, проте завжди супроводжуються не сильними, але великими за площею

порушеннями ґрунтів і рослинності на прилеглих територіях. Наприклад, при будівництві дороги, на кожні 100 км траси порушується близько 200 га земель. При цьому, будівельною технікою часто повністю знищується рослинність, руйнуються і надмірно ущільнюються верхні, найбільш родючі шари ґрунтів.

Ґрунти мають певну стійкість до антропогенних впливів. Рівень цієї стійкості залежить від властивостей ґрунту. За ступенем стійкості і характеру відповідних процесів ґрунти поділяються на малостійкі, середньостійкі і дуже стійкі (ГОСТ 17.4.4.06-86).

Кар'єри, де видобуваються місцеві будівельні матеріали, мають піддаватися *рекультивації*. А саме, мають плануватися відкоси, самі відкоси та дно кар'єру має покриватися родючим ґрунтом, в деяких випадках у відпрацьованих кар'єрах можна влаштувати водойми.

При проведенні земляних робіт спостерігається значне забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами на шляхах транспортування, завантаження і вивантаження ґрунту, в місцях стоянок землерийних, транспортних та інших машин. Для локалізації таких забруднень рекомендується *обвалювати ґрунтом майданчики для стоянки машин і механізмів*, вживати інших заходів для недопущення потрапляння моторного палива та мастил у воду.

9.2.2. Охорона навколишнього природного середовища під час роботи з будівельними матеріалами

Забруднюючий вплив на навколишнє середовище *асфальтобетонних заводів*, насамперед, обумовлений неповним згорянням палива, найчастіше мазуту, поганим очищенням відпрацьованих газів, в яких міститься значна кількість твердих частинок, перш за все сажі. При згорянні палива (мазуту, газу) утворюються і газоподібні забруднення: оксиди вуглецю, оксиди азоту, оксиди сірки тощо). Дієвими способами зменшення викидів таких забруднень є регулювання режимів горіння і постійне слідкування за формуванням відповідної форми факела, необхідного для кращого прогрівання матеріалу в сушильному барабані, встановлення більш сучасних установок для очищення відхідних газів (включаючи вологе очищення).

Значне запилення повітря спостерігається на *підприємствах з дроблення щебеню*. Для зменшення запиленості в процесі роботи сировину, що піддається подрібненню, доцільно періодично зволожувати.

Додаткове забруднення територій асфальтобетонних заводів спричинено наявністю часто відкритих сховищ бітуму. Бітум попадає на землю і у поверхневу воду при його розвантаженні із залізничних цистерн, при транспортуванні від сховищ до установок зневоднення і далі до змішувачів.

Асфальтобетонні суміші містять канцерогенний бенз(а)пірен. Залежно від складу вихідної для приготування бітуму нафти, вміст бенз(а)пірену може досягати 1356...5500 мг/кг суміші. В звичайних умовах укладання асфальтобетонної суміші при дотриманні санітарних норм вміст бенз(а)пірену у повітрі не перевищує ГДК. Але, якщо укладання суміші проводиться в приміщенні за відсутності вентиляції, вміст бенз(а)пірену в повітрі може значно перевищувати ГДК. При масовому укладанні асфальтобетонних сумішей виділяється багато токсичних вуглеводнів. Найбільш ефективний спосіб знизити кількість шкідливих викидів – *заміна бітуму на бітумну емульсію*.

Для зміцнення ґрунтів та інших матеріалів все частіше використовують синтетичні смоли: епоксидні, фенолальдегідні та інші. При цьому, при проведенні робіт, складові компоненти часто стікають з земляного полотна на прилеглі ділянки, забруднюючи ґрунт, поверхневі і ґрунтові води, випаровуючись в атмосферу. Вміст складових синтетичних смол (вихідних хімічних речовин і з'єднань) у повітрі, ґрунті і воді також нормується санітарними нормами (встановлені відповідні ГДК).

У процесі будівництва повітря забруднюється відпрацьованими газами будівельних машин. Дизельні двигуни часто й подовгу працюють на холостому ходу. У випадках, коли вони погано відрегульовані, згорання палива в них неповне і вихлопні гази містять багато сажі, а також інших, токсичних продуктів горіння.

9.2.3. Запобігання ерозії на шляхопроводах

До факторів та умов, що спричиняють транспортну ерозію, відносяться:

- зміна рельєфу при будівництві шляхопроводів (підрізування схилів, розробка виїмок, планування місцевості тощо);
- знищення рослинності (вирубування лісу в смузі відведення, викорчовування пеньків, зняття ґрунтово-рослинного шару або його пошкодження будівельними машинами);
- неякісна рекультивация порушених земель або її відсутність;
- зміна поверхневого стоку (порушення дощового і талого стоку з природних водозбірних басейнів);
- вплив супутніх геологічних процесів (вивітрювання, зсуви, обвали, солеутворення, карст, тощо);
- відсутність або недостатнє зміцнення відкосів земляного насипу.

Особливо небезпечними є водна та вітрова ерозія відкосів насипу чи виїмки. У процесі будівництва відкоси, як правило, залишаються неукріпленими. Їх укріплення проводять у період оздоблювальних робіт перед здачею шляхопроводу в експлуатацію. В результаті кілька місяців, а в деяких випадках і кілька років, тисячі кубометрів ґрунту вимиваються водою з насипів у понижені місця рельєфу, а на відкосах утворюються вимоїни. При неякісному зміцненні водовідвідних каналів спостерігаються розмиви дна і стінок русел.

Ґрунт, що виноситься з вимоїн, відкладається у вигляді конуса виносу біля підніжжя насипів, а частина його виноситься у водойми і водотоки, забруднюючи їх пилуватими і глинистими частинками.

Протягом будівництва *потрібно вживати заходи щодо закріплення розташованих поруч із смугою відведення ярів, припинення їх росту. У верхній частині яру основним завдання є перешкоджання потраплянню в нього води. З цією метою, необхідно влаштовувати захисні канали, насипи, садити дерева, кущі, траву. В транзитній частині ярів потрібно влаштовувати*

перешкоди для протікання води, здійснювати планування схилів, висаджувати на схилах та на дні траву і кущі. Аналогічні заходи потрібно вживати і в нижній частині ярів, на виході з них.

Одним з найважливіших заходів стосовно запобігання водній ерозії відвідних русел малих штучних споруд водовідведення є їх зміцнення. Не дивлячись на те, що методи захисту відвідних русел від місцевого розмиву добре пропрацьовані, на практиці укріплення русел не виконують зовсім або виконують недостатньо. Часто причиною є неякісна проектна проробка. У відвідному руслі має відбуватися гасіння енергії потоку, що виходить з водопропускної споруди. З цією метою можна будувати заспокоювачі різної конструкції, водобійні колодязі, водобійні стінки, гасителі інших типів. При цьому не повинно відбуватися переливання води через бічні стінки.

Розвиток транспортної ерозії часто є наслідком дефектів водовідвідних споруд: неправильного зміцнення або його відсутності, особливо при великих ухилах місцевості; скидання води з водовідвідних споруджень в яри без належного зміцнення русел або без влаштування спеціальних гасителів енергії водних потоків. Тому одним з найважливіших завдань є *правильне укріплення русел водовідвідних споруд, а також влаштування сполучних споруд, перепадів і швидкотоків з водобійними стінками і колодязями.*

Інші заходи з попередження розвитку ерозійних явищ при будівництві шляхопроводів *поділяють на дві групи:*

- ліквідації площинної і струминної ерозії;
- боротьба з яроутворенням.

Боротьба з площинною і струнною ерозією, насамперед, полягає в *біологічному захисті відкосів*, який здійснюється такими способами :

- за допомогою природного дерну;
- травосіянням;
- штучними дерновими килимами.

При першому способі дернові стрічки нарізаються дернорізами в спеціально виділених місцях, транспортуються і укладаються на поверхню відкосів. Недоліком цього способу є те, що, захищаючи від ерозії відкоси насипу чи виїмки, небезпечі її виникнення піддаються території, з яких дерен зрізається.

Більш доцільним можна вважати захист від ерозії шляхом посіву багаторічних трав. Їх висівання на відкосах проводиться за допомогою спеціальних посівних агрегатів, а також гідравлічним або пневматичним висіванням. При гідровисіванні насіння вноситься в ґрунт разом з водою, добривами та мульчею, що представляє собою біологічно активні речовини, які, розкладаючись у ґрунті, створюють сприятливе середовище для розвитку рослин. У деяких випадках мульчування дозволяє відмовитися від нанесення на відкоси ґрунтового шару. В якості мульчі застосовують дрібно подрібнене листя, хвою, сіно, солому, тирсу тощо.

Для захисту відкосів від ерозії, на початкових періодах будівництва шляхопроводу можуть бути використані *хімічні речовини різної дії*:

- матеріали, що мають в'язучі властивості (бітумні і латексні емульсії, бітумно-латексні суміші і т.д.), які, потрапляючи на поверхню відкосів, утворюють водонепроникну плівку, зберігаючи у верхньому шарі ґрунту достатню кількість вологи для проростання насіння;
- полімери-структуруювачі, які утворюють у ґрунті на глибині 10...30 см водостійкі шари, збільшуючи водопоглинання ґрунтів і зменшуючи відповідно стік води.

Утворення таких шарів успішно чинить опір ударному впливу дощових крапель, в результаті чого змивання з відкосів знижується у 10...20 разів. В якості полімерів-структуруювачів застосовують поліакриламід, поліакрил натрію, поліетиленоксид, різні мономери і структуруючі речовини.

Тривалість дії структуруювачів складає 1,5...2 роки, за цей час створюються сприятливі умови для розвитку корневих систем рослин і для закріплення ними поверхневого шару відкосів.

До *штучних дернових килимів* відносяться:

- торфодернові килими, що готуються на торфопереробних підприємствах шляхом нанесення торфу на дротяну сітку та внесення у торф насіння і добрив. Такі килими перевозяться в рулонах до місця укладання, розкочуються і закріплюються на відкосах дерев'яними або металевими шпильками. З часом, такий килим з'єднується корінням

рослин з підстилаючим ґрунтом в монолітний дерновий шар;

- синтетичні текстильні матеріали з введеними всередину них насіннями рослин і просочені поживними речовинами.

Синтетичні текстильні матеріали можуть використовуватися також без попереднього закріплення насіння в матеріалах. Розподіл насіння в ґрунті може здійснюватись до і після розкочування матеріалів. Це не перешкоджає росту трав, оскільки коріння і стебла рослин вільно проникають через полотно таких матеріалів, утворюючи разом з ними міцний дерновий килим.

Високі ґрунтові відкоси додатково закріплюють *висаджуванням дерев*, наприклад вербою.

Заходи по боротьбі з яроутворенням діляться на гідротехнічні і агролісомеліоративні.

Гідротехнічні заходи покликані зменшувати, або повністю припиняти ріст вимоїн і вершин ярів, відводити воду з водозбірних площ, що примикають до ярів на задернованій території, гасити надлишок енергії водних потоків в ярах тощо. Тому протиерозійні гідротехнічні споруди влаштовуються на водозбірних площах, біля вершин вимоїн або ярів.

На водозбірних площах розташовують водонапрямні та водозатримувальні споруди: водовідвідні або водонапрямні вали, розсосереджувачі стоку, вали-тераси тощо.

Руслові та донні споруди, призначені для запобігання розвитку ярів і затримання продуктів розмиву, бувають капітального типу (барражні стінки з кам'яної кладки або залізобетонних елементів) і полегшеного типу (фашинні, хмизові, плітневі, дерев'яні та земляні загати, дровові сітки). Вони особливо ефективні для закріплення свіжих неглибоких ярів глибиною біля 2...3 м.

Барражні стінки застосовуються при великих витратах і високих швидкостях водних потоків. Полегшені споруди влаштовують при невеликих витратах.

Хмизові, фашинні й плітневі загати закріплюються кілками. Для кращого закріплення в них додають живі вербові, шелюгові або тополіні прутья, які легко приживаються. Плітневі загати найкраще влаштовувати повністю з верби кілками діаметром 6...8

см і обплітати вербовими прутами. Вони проростають і вкорінюються, перетворюючись на живу загату. Плітневі загати можуть бути одно- і дворядними. У випадку влаштування дворядної загати проміжок рядами заповнюється ущільненим ґрунтом.

Дерев'яні і земляні загати застосовуються на тих ярах, де через недостатню вологозабезпеченість приживання рослин ускладнене. Дерев'яні загати влаштовують з дерев'яних паль діаметром 18...20 см, до яких кріплять дошки. Висота таких загат біля 1 м. Біля основи земляних загат укладають прошарок з каменю або хмизу товщиною 0,5...0,7 м. Відкоси закріплюють дерном, деревами і кущами.

9.2.4. Заходи з охорони ландшафту, флори та фауни

Шляхопроводи (автомобільні дороги, залізничні колії), з екологічної точки зору, являють собою яскраво виражені смуги відчуження, оскільки вони розділяють місця проживання біогеоценозів, що склалися протягом тисячоліть, а також порушують природні шляхи міграції тваринного світу. В результаті, по обидві сторони шляхопроводу формуються специфічні біогеоценози меншого розміру, залежно від виду рослинності (фітоценозу), рельєфу місцевості тощо. Їх розміри можуть коливатися від декількох десятків метрів до декількох кілометрів.

Наприклад, при перетині шляхопроводом лісового масиву утворюються нові лісові галявини, що веде до збільшення освітленості поверхні землі, зміни гідрологічного режиму місцевості і в кінці кінців до поступової зміни видового складу рослинності вздовж дороги, зниження продуктивності лісу.

Під впливом загазованості, шуму, вібрації в пришляховій смузі відбувається зміна видів тварин. Зафіксовано випадки генетичних мутацій у комах та у дрібних гризунів, що мешкають в смугах відводу.

Якщо вздовж шляхопроводів розташовані пасіки, бджоли гинуть при зіткненнях з рухомим складом. Така ж доля і багатьох птахів, що гніздяться в пришляхових посадках.

Так використання бджолами частинок органічних речовин з дорожніх покриттів для виробництва бджолиного клею призводить до того, що *прополіс стає токсичним*.

Щоб виключити отруєння продуктів бджільництва частинками органічних в'язучих, в місцях розташування пасік доцільно будувати *автодороги з іншими покриттями (наприклад, цементобетон)*. На ділянках, де можлива поява на проїжджій частині тварин або поблизу бджільницьких баз, необхідно встановлювати попереджувальні дорожні знаки і знаки, що обмежують швидкість руху автомобілів.

Якщо шляхопроводи перетинають шляхи міграції тварин (земноводних, змій, дрібних і великих ссавців), вони також стають жертвами транспортних засобів, що рухаються.

З метою ізоляції шляхопроводів від тварин ефективним є *суцільне огороження металевою або пластмасовою сіткою*. Однак такі огорожі є для тварин в період міграції нездоланною перешкодою.

Можна застосовувати також *пристрої, що відлякують тварин з доріг*. Наприклад, на автодорогах часто застосовують рефлектори, які при попаданні на них у нічний час світла фар, відбивають яскраві відлякуючі промені в поперечному від дороги напрямку.

Проте, найбільш ефективним способом захисту тварин від загибелі при міграціях є *правильне трасування транспортних шляхів в плані, уникання їх перетину з шляхами міграції тварин*.

Досвід свідчить, що спроби *влаштування спеціальних переходів для тварин у вигляді прямокутних труб, або шляхопроводів через дороги та залізничні колії* успіху не мають.

Небезпечним екологічним наслідком будівництва шляхопроводу є зміна виду природного ландшафту місцевості. Щоб не порушувати екологічної рівноваги, необхідно забезпечити збереження існуючого ландшафту шляхом впровадження основних принципів ландшафтного проектування.

Наприклад, при проектуванні автомагістралей доцільно влаштовувати *розділову смугу змінної ширини при роздільному трасуванні проїзних частин прямого і зворотного напрямків руху*. Це дозволяє зберігати великі самостійні форми ландшафту (гаї, сади, водойми, пам'ятки природи). Дорога при цьому краще

вписується в рельєф місцевості, скорочуються обсяги земляних робіт, підвищується безпека руху завдяки зменшенню засліплення водіїв світлом фар зустрічних автомобілів.

У гірській місцевості з цією метою вигідно влаштовувати ступінчасте розташування проїзних частин доріг чи залізничних колій, а для збереження оригінальних скельних виступів та інших пам'яток природи, доцільно передбачати невеликі тунелі замість глибоких виїмок.

У горах скельні породи часто покриті продуктами вивітрювання, що знаходяться в нестійкому стані. Підрізання схилів при влаштуванні виїмок або їх перевантаження, а також при влаштуванні насипів, змінюють напружений стан підстилаючих порід і можуть призвести до виникнення обвалів, зсувів, лавин тощо. Тому, при проектуванні гірських шляхопроводів, на стадії вишукування потрібна ретельна геологічна оцінка підстилаючих порід, виявлення і обхід зсувонебезпечних ділянок.

Будівництво шляхопроводів пов'язано з порушенням гідрологічного режиму місцевості, зміною режиму стоку дощових вод і вод, що утворюються при таненні снігів з природних водозбірних басейнів. Акумуляція води перед шляховими насипами призводить до затоплення і заболочування прилеглих земель. Паводкові води, що заповнюють навесні заплави, залишаються на них з верхньої сторони від насипу, що, у разі наявності там лісу, може призвести до його загибелі, оскільки дерева не витримують тривалого підтоплення. Для запобігання цьому доцільно *в насипах влаштовувати водопропускні труби*, а при будівництві мостових переходів намагатися досягнути максимального збереження існуючого режиму річкового стоку.

Наслідки зміни стоку особливо яскраво бувають виражені при будівництві шляхопроводів в заболоченій місцевості. У цьому випадку шляховий насип діє як дамба. Він перериває природний стік і з верхньої сторони спричиняє перезволоження, що призводить до порушення нормального росту і розвитку болотної рослинності, а з нижньої сторони – осушення місцевості, що також змінює біогеоценоз, що раніше склався.

Найбільш різкі гідрологічні зміни спричиняються при перетині насипом шляхів до джерел водного живлення боліт. У

подібних умовах особливо ретельно слід проектувати водопропускні споруди, не допускаючи підпору води перед насипом.

Значно змінюють гідрологію місцевості також глибокі виїмки. Вони можуть діяти як потужний дренаж. В результаті може утворюватися смуга пониженого рівня ґрунтових вод завширшки до сотень метрів, змінюючи рослинний покрив і посилюючи ерозію ґрунтів. У зв'язку з цим, при проектуванні доріг доцільно уникати влаштування глибоких виїмок.

Питання для самоперевірки

1. Як класифікують альтернативні види палива?
2. Охарактеризуйте екологічні переваги та недоліки видобувного та супутного газоподібного палива, палива з відновлюваних ресурсів, синтезованого та гідролізного палива, нафтового палива з домішками.
3. Опишіть основні методи очищення стічних вод транспортних підприємств.
4. Як впливають антижеледні солі на структуру та фізико-хімічні властивості ґрунтів і на зелені насадження?
5. Охарактеризуйте вплив на навколишнє природне середовище при застосуванні гербіцидів для обробки транспортних шляхів.
6. Назвіть основні заходи з охорони ландшафту, флори та фауни при будівництві та експлуатації шляхопроводів.
7. Опишіть основні заходи з охорони навколишнього середовища при проведенні земляних робіт.
8. Охарактеризуйте заходи з охорони навколишнього середовища під час роботи з будівельними матеріалами.
9. Опишіть основні методи боротьби з ерозією на шляхопроводах.

РОЗДІЛ 10

ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ ТА УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ НА ТРАНСПОРТІ

10.1. Групи природоохоронних заходів

Розвиток транспортної інфраструктури, а також збільшення інтенсивності руху транспорту призводить до істотного забруднення навколишнього природного середовища.

Реалізація екологічної безпеки базується на системному підході до аналізу та прогнозування змін і наслідків, які можуть виникнути в природних екосистемах та біосфері в цілому під впливом промислової і транспортної інфраструктури.

Політика екологічної безпеки реалізується шляхом проведення комплексу природоохоронних заходів, спрямованих на підвищення екологічних характеристик рухомого складу і інфраструктури транспорту. Ці заходи по напрямках діяльності підрозділяються на чотири групи: організаційно-правові, архітектурно-планувальні, конструкторсько-технічні та експлуатаційні.

Організаційно-правові заходи включають формування нового еколого-правового світогляду, ефективну реалізацію державної екологічної політики, створення сучасного екологічного законодавства та нормативно-правової бази екологічної безпеки, а також заходи державного, адміністративного і громадського контролю за виконанням функцій з охорони природи. Вони спрямовані на розробку і виконання механізмів екологічної політики, природоохоронного законодавства на транспорті, екологічних стандартів, норм, нормативів та вимог до транспортної техніки, паливно-мастильних матеріалів, обладнання, стану транспортних комунікацій тощо.

Архітектурно-планувальні заходи забезпечують удосконалення планування всіх функціональних зон міста (промислової, селітебної, транспортної, санітарно-захисної, зони відпочинку тощо) з урахуванням інфраструктури транспорту та дорожнього руху, розробку рішень щодо раціонального землекористування і забудови територій, збереженню природних ландшафтів, озеленення та благоустрою.

Конструкторсько-технічні заходи дозволяють запровадити сучасні інженерні, санітарно-технічні і технологічні засоби захисту навколишнього середовища від шкідливих впливів на підприємствах та об'єктах транспорту, технічні новини в конструкції рухомого складу.

Експлуатаційні заходи здійснюються в процесі експлуатації транспортних засобів, спрямовані на підтримання їх стану на рівні заданих екологічних нормативів за рахунок технічного контролю транспортного засобу і високоякісного обслуговування.

Перераховані групи заходів реалізуються незалежно один від одного і дозволяють досягти певних результатів. Але комплексне їх застосування забезпечить максимальний ефект.

10.2. Заходи щодо зниження впливу на навколишнє природне середовище пересувних та стаціонарних джерел забруднення на транспорті

Закон України “Про охорону атмосферного повітря” виділяє пересувні джерела викидів в окрему групу і вимагає розроблення комплексних заходів щодо усунення їх шкідливих впливів.

Від пересувних джерел в атмосферу надходить біля 76% шкідливих речовин від усіх викидів, а від стаціонарних джерел – біля 24%.

Рівень токсичних викидів рухомого складу транспорту зростає значно швидше ніж рівень його фізичного зносу і старіння. Наприклад, для автомобілів тільки в перші 3 роки експлуатації можна підтримувати рівень токсичних викидів, гарантований підприємством-виробником. В процесі експлуатації поточні несправності і порушення регулювань призводять до погіршення показників токсичності та паливної економічності. Незадовільні дорожні і кліматичні умови, низька якість паливно-мастильних матеріалів призводять до прискореного зносу вузлів і агрегатів рухомого складу і збільшення викидів. Недостатньо якісне технічне обслуговування і ремонт, недостатня кількість сучасного обладнання та кваліфікованого персоналу не забезпечують в повній мірі відновлення працездатності рухомого складу транспорту.

У карбюраторних автомобілях розлади в різних системах

можуть підвищувати токсичність викидів:

- в системі живлення двигуна – на 30...40 %;
- в системі запалювання – на 25...30 %;
- в механічній частині двигуна – на 20...25 %;
- в трансмісії і ходовій частині – на 15 %.

Найбільший рівень зростання викидів оксиду вуглецю спричиняє порушення регулювання в системі живлення. Норми стандарту можуть бути перевищені на 70 % і більше.

У дизельних двигунах практично будь-яка несправність системи, що подає паливо, впливає на його витрату і димність двигуна. Наприклад, збільшення циклової подачі понад номінальну на 25 % підвищує димність відпрацьованих газів на 40 %. В результаті природного зносу деталей паливної апаратури, витрата палива до моменту вичерпання робочого ресурсу зростає на 8 – 10%, димність двигуна – на 20 – 30 %.

Для підтримки екологічних параметрів транспортних засобів до експлуатації на допустимому рівні, необхідний періодичний контроль технічного стану транспортних засобів з використанням діагностування. Діагностичне обладнання автомобільного транспорту для контролю технічного стану та регулювання автомобілів включає: діагностичні стенди для вантажних автомобілів і автобусів, стенди обкатки і випробування двигунів, стенди для перевірки форсунок, вимірювальні прилади для контролю електрообладнання та ін.

Контроль токсичності транспортного засобу проводиться на підприємствах транспорту у процесі технічного обслуговування. Проте, забезпеченість транспортних підприємств апаратурою контролю токсичності, як правило, дуже низька. Для легкових автомобілів у містах мають організовуватися пости екологічного експрес-контролю та експрес-сервісу. Мають діяти пересувні лабораторії, що проводять перевірки якості палива на автозаправних станціях. У локомотивних депо мають організовуватися пункти екологічного контролю відпрацьованих газів дизелів на димність, вміст оксидів вуглецю та азоту.

Важливими є заходи зі зниження викидів від *стаціонарних джерел*, це:

- упровадження захисних пристроїв, очисних установок і засобів контролю на експлуатаційних і ремонтних

- підприємствах транспорту;
- розосередження екологічно небезпечних виробництв по території підприємства;
- ліквідації, по можливості, джерел забруднення та ін.

У процесі експлуатації транспортних засобів необхідно проводити роботи по знепилюванню перевантажувальних комплексів та доріг. Найбільш часто необхідність знепилювання виникає на дорогах з гравійним, щебеневим та ґрунтовим покриттям. Для них характерна наявність товстого шару покривного пилу.

Знепилювання має на меті зв'язати продукти зношування матеріалу покриттів шляхопроводів і зменшити концентрацію пилу. Це досягається:

- механічним видаленням пилу (очищенням покриття механічними щітками);
- змиванням;
- всмоктуванням вакуумними пристроями;
- поверхневою обробкою або просоченням покриття зв'язуючими матеріалами і хімічними реагентами.

Для автомобільних доріг і аеродромів ефективним способом знепилювання є нанесення на покриття органічних в'язучих матеріалів – в'язких і рідких бітумів, дьогтю, смол, нафти тощо.

Зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел залізничного транспорту може досягатися за рахунок:

- будівництва нових і реконструкції діючих котелень;
- переведення котелень на більш екологічно чистий вид палива (природний газ, біогаз тощо);
- підвищення ефективності спалювання палива;
- впровадження електроопалення, ліквідації малозадіяних вугільних котелень, реконструкції діючого та впровадження нового пилугазовловлювального обладнання (наприклад циклонів).

Зниження викидів забруднюючих речовин від рухомого складу залізничного транспорту може досягатися за рахунок організаційно-технічних заходів з економії дизельного палива, придбання сучасних тепловозів з кращими екологічними

характеристиками.

Важливим аспектом підвищення екологічної безпеки транспортних процесів є *заходи з охорони ґрунтів*. Для розроблення заходів з захисту ґрунтово-земельного покриву в зонах розташування транспортних підприємств має здійснюватися контроль його стану за допомогою відбору ґрунтових проб. Так, в районах аеропортів для перевірки якості ґрунту беруть проби по кутах льотного поля і в центрі, поряд із злітно-посадковою смугою. Наявність в пробах ґрунту хлороорганічних пестицидів визначають методом газорідинної хроматографії, зміст металів – методом емісійного спектрального аналізу тощо.

Для попередження забруднення ґрунтів забороняють закопування в землю відходів виробництва, розпилювання отрутохімікатів, злив в ґрунт залишків кислот, електроліту, нафтопродуктів та інших агресивних речовин. Ці речовини повинні знешкоджуватися у відповідності з вимогами санітарних норм. Злив відпрацьованих нафтопродуктів має проводитися у спеціальні ємності. Миття і дезактивація спеціалізованого рухомого складу має проводитися тільки на обладнаних майданчиках.

Захист ґрунтів у смугах відведення автомобільних доріг має здійснюватися шляхом:

- лісонасадження;
- рекультиватії земель шляхом підсіпання родючого шару ґрунту.

Висаджування дерев і чагарників уздовж доріг служить засобом снігозатримання, сприяє зниженню транспортного шуму і забруднення атмосферного повітря на придорожніх територіях, підвищує естетичну привабливість ландшафтів.

10.3. Заходи щодо зниження шуму на транспорті

Шумове забруднення в містах переважно спричинюється рухомих складом транспорту. На головних магістралях великих міст рівень шуму перевищує 90 дБА і має тенденцію до посилення щорічно на 0,5 дБА. Це є однією з найбільших небезпек для навколишнього середовища в районах великих транспортних магістралей.

Основними заходами, що допомагають зменшити рівень

шуму автотранспорту є:

- поліпшення конструкції доріг та їх трасування;
- регулювання транспортних потоків;
- застосування шумових екранів і бар'єрів;
- перегляд загальних концепцій землекористування поблизу основних транспортних магістралей.

Одним з найбільш очевидних способів зменшення шуму автомобільного транспорту, здавалося б, є зниження інтенсивності руху в результаті розподілу транспортного потоку. Проте його розподілення, наприклад, навіпіл, в загальному випадку веде до зниження рівня транспортного шуму тільки на 3 дБА. Це пояснюється тим, що зменшення інтенсивності руху зазвичай пов'язане зі зростанням швидкості руху, тому очікуваного значного результату від зниження інтенсивності руху не досягається.

На зниження шуму автомобільного транспорту також направлено обмеження числа важких вантажних автомобілів у транспортному потоці. Це, зазвичай, приймає форму заборон на в'їзд вантажних автомобілів у певний район або на в'їзд до міста всіх автомобілів вище певної вантажопідйомності, а також обмежень в'їзду в певні моменти часу, зазвичай в нічні години, суботні та недільні дні.

Вантажні автомобілі, що відповідають європейським вимогам з рівня шуму, маркують відповідними літерами, що розташовані на табличці, яку кріплять на бампері або кабіні:

- L – означає тягач з низьким рівнем шуму. Його наявність на автомобілі, наприклад, є обов'язковою при проїзді по території Австрії;
- G – означає тягач з низьким рівнем шуму і потрібен, наприклад, при проїзді через зони Німеччини, що особливо охороняються;
- U – «Umwelt» («Природа»), в англійському тлумаченні «Green Lorry» («Зелена вантажівка») – встановлюється на автомобілях, які відповідають вимогам токсичності Євро I та нормам шуму 78...80 дБА.
- S – «Supergun» («Суперзелений»), або в англійському варіанті «Green and Safe Lorry» («Зелена і безпечна вантажівка»). Автомобіль з таким знаком повинен

відповідати нормам токсичності Євро II і нормам шуму 78...80 дБА.

На високошвидкісних дорогах зменшення середньої швидкості руху автомобіля в 2 рази може призвести до знижень еквівалентного рівня шуму на 5...6 дБА. Але на практиці важко досягти зниження швидкості автомобілів. *Зменшення швидкості можна досягти шляхом:*

- влаштування технологічних підвищень на дорожньому покритті;
- влаштування поперечних смуг на дорозі, які дають можливість водіям відчутти швидкість автомобіля;
- звуження дороги і викривлення траси дороги.

Поліпшення акустичних показників автомобілів досягається за рахунок скорочення шуму від первинних джерел (двигун, системи впуску повітря і випуску відпрацьованих газів, агрегати трансмісії, шини та ін.) і пасивних елементів (кузов, його внутрішнє оздоблення, ходова частина, а також елементи з'єднання між кузовом і ходовою частиною), які передають акустичну і вібраційну енергію.

Зменшення шуму двигуна досягається застосуванням в його конструкції нетрадиційних рішень, широким використанням у вузлах і деталях пластмаси, гуми, кераміки, алюмінію та інших композиційних матеріалів.

Зменшення шуму в системі випуску відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання забезпечують глушниками випуску з двома-трьома ступенями глушіння шуму. Вони містять попередній і основний глушник шуму. На легкових автомобілях встановлюють глушники-нейтралізатори відпрацьованих газів.

Для зниження шуму від агрегатів трансмісії на вантажних автомобілях конструктори застосовують нові технологічні рішення щодо підвищення точності виготовлення зубчастих зачеплень, синхронізаторів, карданних з'єднань та інших елементів. Важливе значення в трансмісії, з точки зору генерації шуму, має марка мастила для її агрегатів. Щоб знизити рівень шуму від ходової частини автомобіля, застосовують гумові та пластмасові деталі в ресорах, амортизаторах, рульовому управлінні і інших вузлах ходової частини.

Враховуючи те, що шум шин автомобіля вносить суттєвий

внесок у загальний рівень зовнішнього та внутрішнього шуму автотранспортних засобів, а на високих швидкостях руху стає домінуючим, *постає питання про розробку нормативних документів, що регламентують рівні шуму шин, як елемента конструкції автомобіля.*

Для зниження аеродинамічного шуму, що створює зовнішня поверхня кузова автомобіля при контакті з набігаючими потоками повітря, потрібно проводити розробки нових форм кузовів автомобілів, на вантажних автомобілях застосовувати обтічники, на вантажних автопоїздах встановлювати тенти між тягачем і напівпричепом для створення закритого буферного простору.

Останнім часом розвивається новий напрямок боротьби з шумом – *акустичний тюнінг*. Це дообладнання внутрішнього простору салону автомобіля для захисту від шуму в салоні авто. При цьому встановлюються панелі шумоізоляції на двері, кришки капота і багажника, додатково закріплюються елементи оббивки салону, панелі приладів, сидіння та ін. Для цієї ж мети наносяться на елементи конструкції вібропоглинаючі та антикорозійні пасти.

Для зниження автодорожнього шуму створюють *дорожні покриття із звукопоглинальними властивостями*. Наприклад, в таких країнах, як Голландія, Бельгія, Німеччина, Великобританія використовується дорожнє покриття, що удвічі знижує рівень шуму від автомобільних шин. Воно складається з суміші асфальту, кварцу, базальту та наноситься з утворенням мікроскопічних внутрішніх порожнеч. Створене таким чином пористе покриття має ефект поглинання звукових хвиль.

Одним з найголовніших методів зменшення шуму *рухомого складу залізничного транспорту* є максимально можливе зменшення нерівності коліс і рейок. Для цього важливим є недопущення хвилеподібного зношування залізничного полотна, застосування дискових гальм для зменшення утворення нерівностей на бандажі коліс. Дослідження показують можливість зниження рівня шуму вантажних вагонів з допомогою дискових гальм до 5 дБА. Можливе також застосування деяких типів колодкових гальм, в яких чавунні колодки замінюються на гальмівні колодки з композитних матеріалів. Така заміна сприяє зменшенню шуму кочення, завдяки тому, що на поверхні колеса утворюється менше хвилястих нерівностей.

Зменшення шуму залізниці домагаються також за рахунок збільшення *демпфування коліс або рейок*. Демпфування – це гасіння коливань у динамічній системі внаслідок розсіювання енергії за допомогою спеціальних пристроїв – демпферів. Досвід свідчить, що це дозволяє зменшувати скрегіт коліс при проході кривих ділянок колії. Однак при коченні коліс на прямолінійній ділянці, або криволінійній ділянці великого радіусу, це не призводить до значного зниження шуму.

Інший метод зменшення шуму залізничних вагонів – *влаштування акустичних екранів на кузові у вигляді фартухів*, що прикривають ходову частину. Проте досвід показує, що ефект від цього є переважно незначний. Зниження шуму складає в середньому до 2 дБА. Складність влаштування фартухів полягає в тому, що зазвичай їх не можна зробити досить низькими для повного екранування шуму коліс через жорсткі обмеження встановленого габариту рухомого складу для запобігання зіткнень з різними колійними пристроями.

Ще одне можливе рішенням зменшення шуму є *влаштування лінійних акустичних екранів уздовж залізничного полотна*. Проте встановлення таких екранів у безпосередній близькості до колії має недоліки. Зазвичай, акустичні екрани ефективні лише тоді, коли їх висота перевищує довжину звукової хвилі, що поширюється в напрямку екрану. За співвідношенням можливих висот та довжин звукової хвилі можна вважати, що екрани будуть ефективні лише в діапазоні верхніх частот спектру шуму взаємодії колеса і рейки і лише в тому випадку, коли кожна залізнична колія буде огорожена акустичними екранами з двох сторін.

Для зменшення негативного впливу авіаційного шуму в деяких країнах *обмежують експлуатацію аеропортів у певні години доби*. Наприклад, в міжнародному аеропорту Женева (Швейцарія) за рахунок схвалення Федерального Управління цивільної авіації введено обмеження на злети і посадки в нічний час з 22-00 до 6-00 для всіх видів повітряного сполучення.

Відомі також приклади *часткових обмежень на злети і посадки в нічний час доби*. При цьому дозволяються певні види операцій вночі, виходячи з типу або класу повітряного судна. Наприклад, у міжнародному аеропорту Палм Біч у Флориді

заборонені злетити за розкладом повітряних суден, що створюють шум вище певного рівня у період з 22-00 до 7-00.

Відома практика введення *обмежень на загальну кількість операцій, виконуваних у певний період часу*. Наприклад, в лондонському міжнародному аеропорту Хітроу дозволяється 3650 операцій повітряних суден в нічні години весь літній період, в той час як в аеропорту Гетвік в той же період часу дозволяється виконання лише 4300 операцій.

Обмеження експлуатації повітряних суден у певні години доби вважається найбільш суворим видом боротьби з шумом в галузі. Ці обмеження можуть мати значні економічні наслідки для повітряного транспорту, особливо в тих випадках, коли повітряні перевезення пов'язані зі злетами і посадками в аеропортах, що знаходяться в різних часових поясах.

Одним із способів зниження шуму авіатранспорту є застосування *правила периметра*. Цим правилом користуються для обмеження дальності польотів, здійснюваних при вильоті з даного аеропорту. Наприклад, в аеропорту Джона Вейна в Каліфорнії введено обмеження, згідно з якими там дозволені польоти з дальністю, яка не перевищує 500 миль.

Дальність польоту може впливати на рівень створюваного шуму різними шляхами. Вона може визначати пропускну спроможність аеропорту. В загальному випадку менше число операцій призводить до зменшення загального шуму. При обмеженні дальності польоту максимальна злітна маса повітряного судна менше, оскільки вона визначається в основному запасами потрібного палива. Менша злітна маса дозволяє зменшувати необхідну підйомну силу, що, в свою чергу, дозволяє зменшувати розміри контуру шуму, створюваного повітряним судном на земній поверхні. Типи повітряних суден, що необхідні для виконання польотів на меншу дальність, як правило, створюють менший рівень шуму ніж типи суден, що використовуються для великих дальностей польоту.

Головною причиною встановлення меж пропускну здатності є обмеження шуму повітряних суден, що впливає на ті зони аеропорту, в яких зосереджений обслуговуючий персонал і пасажирів.

Авіакомпаніям часто не дозволяється збільшувати обсяги

перевезень, якщо на авіалініях не введені в експлуатацію менш шумні повітряні судна.

Для захисту від шуму будівлі аеропорту та житлових будинків, розташованих поблизу нього, використовують *поширену звукоізоляцію*. Сюди входить ізоляція зовнішніх стін, вікон, дверей та системи перекриттів, що дозволяє істотно поліпшити звукоізоляцію зовнішньої оболонки конструкції.

Не дивлячись на те, що звукоізоляція вважається важливим і ефективним методом зменшення негативного впливу шуму на людину, пріоритет на сьогодні віддається архітектурно-планувальним заходам з тим, щоб житлові будинки розташовувалися якомога далі від джерел виникнення шуму.

Архітектурно-планувальні заходи є обов'язковим компонентом у комплексному підході щодо мінімізації дії шуму транспортних засобів. Архітектурно-планувальні заходи проводяться виконавчими владами міст і регіонів з урахуванням містобудівних та транспортно-планувальних чинників. До містобудівних факторів належать поверховість і композиція житлової забудови, рельєф місцевості, озеленення, ширина вулиці в лініях забудови. Транспортно-планувальними факторами є ширина проїзної частини, ширина тротуару, газонів, розділових смуг, інженерні споруди по захисту навколишнього середовища тощо.

Комплексному розв'язанню проблеми захисту від шуму сприяє складання *карт шумового забруднення міст*, на які наносять стаціонарні і пересувні джерела шуму. Такі карти можуть ставати основою для розробки містобудівних заходів захисту житлової забудови від шуму.

10.4. Заходи в зонах аварій транспортних засобів

Заходи захисту атмосфери, гідросфери та літосфери у зонах аварій транспортних засобів, що перевозять небезпечні вантажі, мають особливе значення.

На автотранспортних підприємствах потрібна розробка *методики дій щодо запобігання можливого забруднення навколишнього середовища*. У них повинні бути враховані характер перевезених вантажів, умови перевезення та інші фактори. Водіїв автомобілів необхідно інформувати про порядок дій у випадку

аварії, забезпечувати первинними засобами ліквідації її наслідків, якщо це технічно можливо. При виникненні екологічної аварії на автотранспортному підприємстві водій або особа, відповідальна за природоохоронну діяльність, повинні повідомити про неї в службу санітарного нагляду, а при великій аварії – у відповідні служби МНС України.

Роботи по захисту від впливу небезпечних вантажів у зонах аварій включають: відбір проб повітря, води та ґрунту для визначення ступеня забруднення, обвалування місць розливу небезпечних вантажів, створення котлованів і штучних пасток для збору рідини, спорудження траншей, дамб для запобігання потрапляння небезпечних речовин у поверхневі водойми з дошовою і талою водою, збір, перетарування, утилізацію та знезараження залишків небезпечних вантажів. Забруднений в результаті аварії ґрунт має збиратися і вивозитися, а на його місце має завозитися свіжий.

При проведенні природоохоронних заходів в зонах аварій значні труднощі виникають при необхідності знешкодження та захоронення залишків небезпечних вантажів і тари, в якій вони перевозились. Знешкодження традиційно проводиться з використанням розчинів лугів (3 %-на каустична сода, 5 %-на кальцинована сода, 10 %-на гашене вапно), а також водного розчину хлорного вапна.

Методи знешкодження таких небезпечних речовин, як ртуть, миш'як, ціаністі сполуки, сірковуглець, нафтопродукти та інші добре розроблені, але застосування їх ускладнюється тим, що досить важко забезпечити технологічність протікання необхідних реакцій при великих розливах за конкретних умов на місцевості.

Для успішної ліквідації наслідків транспортних аварій важливу роль відіграє точне знання всього переліку вантажів, які відносять до небезпечних, а також знання методів їх знешкодження. Відповідними службами ООН складено Міжнародний перелік небезпечних вантажів, які найбільш часто перевозяться. Цей перелік містить близько 3000 найменувань. Показники небезпечних вантажів сприяють визначенню заходів боротьби з забрудненнями при аваріях.

10.5. Функції управління екологічною діяльністю

Управління екологічною діяльністю є формою діяльності, що забезпечує збереження стійкої рівноваги екосистем, раціонального використання природних ресурсів, зменшення забруднення атмосфери, водних об'єктів, ґрунту, надр, зниження шкідливого впливу шумів, вібрацій, випромінювань і інших фізико-хімічних чинників, організації робіт по знищенню і утилізації відходів.

Управління екологічною діяльністю на підприємствах транспорту полягає в забезпеченні реалізації рішень по створенню сприятливого навколишнього середовища та його охорону в районах впливу пересувних та стаціонарних джерел транспортної інфраструктури, а також захист суспільства від негативного впливу транспортного підприємства.

Управління екологічною діяльністю на транспорті як складова частина єдиного процесу державного управління з охорони навколишнього середовища в сучасних умовах і в перспективі на першу чверть ХХІ століття виходить з таких принципів:

- організація ефективного управління екологічною діяльністю за допомогою програмно-цільового планування;
- створення ефективної системи екологічного контролю і моніторингу на основі аерокосмічного зондування і наземного оперативного супроводу з використанням мережі стаціонарних і пересувних постів спостереження, а також пунктів контролю екологічних параметрів транспортних засобів;
- поєднання правових і економічних методів управління природоохоронною діяльністю на транспорті, розробка нормативно-правової бази, що стимулює освоєння ресурсозберігаючих екологічно безпечних технологій виробництва;
- застосування системи обов'язкової сертифікації за екологічними вимогами для транспортних засобів, палива, обладнання, технологій, шляхів сполучення та ін;
- використання ліцензування для забезпечення дотримання екологічних вимог та обов'язкових умов законодавства;

- формування фінансово-кредитного механізму природокористування в транспортній галузі з широким залученням позабюджетних джерел;
- впровадження ринкових економічних регуляторів для заохочення підприємницьких ініціатив у сфері охорони природи при збереженні державного контролю і нормування в цій області;
- проведення науково-прикладних розробок для вирішення актуальних проблем у галузі екології транспорту;
- розвиток системи екологічної підготовки і перепідготовки фахівців транспорту.

При реалізації функцій управління екологічною діяльністю повинні активно використовуватися правові методи примушення і переконання. *Методи примушення* носять характер обов'язкових розпоряджень, заборон, рекомендацій, наприклад, заборона скидання стічних вод у водний об'єкт або обов'язковість проведення державної екологічної експертизи. *Методи переконання* включають узгодження і дозволи, наприклад, узгодження будівництва об'єктів, які можуть шкідливо впливати на навколишнє середовище, зокрема об'єктів транспорту.

Найважливішими функціями управління екологічною діяльністю є:

- облік і соціально-економічна оцінка природних ресурсів;
- контроль за станом природного середовища і аналіз її зміни під впливом антропогенної діяльності;
- планування і фінансування екологічних програм;
- організація природоохоронної діяльності тощо.

Основа робіт екологічної спрямованості складає екологічна інформація, що базується на кількісному і якісному моніторингу стану навколишнього середовища.

10.6. Екологічний облік

Підприємства транспорту повинні вести облік споживаних природних ресурсів та проведених заходів з охорони навколишнього середовища. Відомості про стан природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища у вигляді

поточної та річної звітності мають подаватися транспортними підприємствами у природоохоронні органи та органи державної статистики. Державні природоохоронні органи ведуть кадастри природних ресурсів: земельний, водний, лісовий, надр, тваринного світу, особливо природних територій та об'єктів, що охороняються.

Кадастр природних ресурсів – це систематизоване зведення відомостей, що складаються періодично або шляхом безперервних спостережень із використанням кількісних, якісних і територіально-адресних показників, що характеризують певний вид природних ресурсів. В цьому кадастрі міститься фізико-географічна характеристика, класифікація, характер змін стану ресурсів під впливом природних, техногенних і економічних чинників, а також економічна оцінка ресурсів та інша інформація.

Державний земельний кадастр містить інформацію про правовий режим земель, їх категорії, інформацію про власників, орендарів, про якісну характеристику і цінність земель. Інформація з кадастру використовується при плануванні використання земель, їх виділення користувачам, чи вилучення з користування, при визначенні платежів за земельні ресурси та для інших цілей.

У *Державному водному кадастрі* міститься інформація про склад водного фонду, його використання для питного, комунально-побутового постачання, потреб промисловості, сільського господарства, транспорту.

До кадастрів відносять також *Червону книгу* рідкісних видів живих організмів, що знаходяться під загрозою зникнення, а також *Зелену книгу* рідкісних, зникаючих і типових рослинних співтовариств, що потребують особливої охорони.

Кадастровим документом є також облік забруднювачів навколишнього середовища з підрозділом по обсягу і складу викидів, скидів і розміщених відходів.

Створюються нові види кадастрів, наприклад *Містобудівний кадастр*, в якому ведеться облік житлових, комунальних, промислових, транспортних та інших видів об'єктів з деякими показниками їх впливу на навколишнє середовище.

Існуюча на сьогодні *система кадастрового обліку має певні недоліки:*

- кожен кадастр ведеться окремо, що не дозволяє проводити комплексну оцінку природно-ресурсного потенціалу;

- не достатньо розроблені кадастри рослинного і тваринного світу, кадастри рекреаційних і заповідних територій;
- показники, за якими ведеться облік в різних кадастрах різні, в них відсутні оцінки ефективності використання конкретного ресурсу.

З огляду на вказані недоліки існуюча система кадастрів потребує вдосконалення.

Транспортні підприємства-забруднювачі навколишнього середовища повинні організувати екологічні служби і звітувати перед контролюючими органами відповідно до затверджених форм статистичної звітності.

Екологічний облік на транспорті, окрім державних та місцевих природоохоронних органів, мають вести спеціалізовані служби Міністерства транспорту, Міністерства інфраструктури, транспортних відомств, громадські організації. Вони мають здійснювати первинний облік і звітність за видами і кількістю забруднюючих речовин, що викидаються транспортними підприємствами в атмосферу, у водні об'єкти, ґрунт. Також належним чином має контролюватися дотримання норм ГДК у викидах, має вестись реєстрація випадків викидів високотоксичних або інших шкідливих речовин, що призвели до перевищення їх ГДК, а також залпових викидів. Основні відомості про кількісний склад викидів повинні отримуватися з використанням інструментально-лабораторних методів контролю.

Для отримання інформації про фактичний стан навколишнього середовища, динаміку зміни його якісних і кількісних характеристик створюється система *екологічного моніторингу*. Її головна мета – виділення антропогенної складової цих змін на фоні природних процесів.

Використання автоматизованих систем екологічного моніторингу дозволяють отримувати точні дані про якість повітря і води, вести спостереження за чинниками антропогенної дії, складати прогноз динаміки стану природного середовища і на його основі приймати рішення щодо управління екологічною діяльністю.

Екологічний контроль повинен здійснюватися не тільки в процесі експлуатації об'єктів транспорту, але і на стадії розробки і проектування. З метою перевірки відповідності господарської

діяльності підприємств вимогам екологічної безпеки в Україні діє обов'язкова *Державна екологічна експертиза*, що є формою попереджувального контролю і в той же час самостійним видом управлінської діяльності. Її правовою основою є Закон України «Про екологічну експертизу» та підзаконні акти. Експертиза проводиться еколого-експертними підрозділами, спеціалізованими установами, організаціями або спеціально створюваними комісіями Міністерства охорони здоров'я України із залученням інших органів виконавчої влади, фахівців установ, організацій і підприємств, а також експертів міжнародних організацій.

Державна екологічна експертиза проводиться також на відомчому та галузевому рівнях.

Результатом проведення державної екологічної експертизи є позитивний висновок або заборона реалізації того, чи іншого проекту.

Державній екологічній експертизі підлягають проекти законодавчих та інших нормативно-правових актів, передпроектні, проектні матеріали, документація по впровадженню нової техніки, технологій, матеріалів і речовин, продукції, реалізація яких може призвести до порушення екологічних нормативів, негативно впливати на стан навколишнього природного середовища та створювати загрозу життю людей.

Об'єктами Державної екологічної експертизи на транспорті є проекти галузевих програм розвитку, проекти будівництва транспортних магістралей і розміщення об'єктів транспортної інфраструктури, новий вид рухомого складу, техніка і технологічні процеси, сировина і матеріали, включаючи паливно-мастильні, проекти стандартів, технічних і правових норм.

Під час проведення екологічної експертизи використовуються державні і галузеві стандарти, державні будівельні норми, санітарні норми і правила, методичні матеріали Міністерства транспорту і галузевих інститутів.

Окрім Державної екологічної експертизи законодавством України передбачується здійснення громадської та інших видів екологічних експертиз.

Громадська екологічна експертиза організовується незалежно від державної експертизи за ініціативою громадських об'єднань чи місцевих органів влади за рахунок їх власних коштів

або на громадських засадах.

Інші види експертизи здійснюються за ініціативою зацікавлених фізичних та юридичних осіб на договірній основі спеціалізованими еколого-експертними органами.

10.7. Екологічне страхування, ліцензування і сертифікація

Екологічне страхування – це особлива категорія страхування, яка передбачає для організації, що страхує, часткове або повне відшкодування економічного збитку, що наноситься застрахованим об'єктам у випадку непередбаченого забруднення навколишнього середовища. Наприклад, обов'язковим є страхування перевезень небезпечних вантажів залізницями України. Екологічне страхування особливо вигідне також для екологічно небезпечних виробництв, оскільки зменшує в остаточному підсумку їхні витрати із компенсації збитків у випадках аварій. У відповідності зі страховим договором значну частину цих витрат несе страховий екологічний фонд, що виступає в ролі страховика.

Основною метою екологічного страхування на транспортних підприємствах повинно стати забезпечення гарантій компенсації збитків від аварійного, ненавмисного забруднення навколишнього середовища і забезпечення додаткового джерела фінансування природоохоронних заходів. Таким чином, економічний зміст екологічного страхування полягає у замкнутому перерозподілі страхових платежів між суб'єктами страхування через фонд екологічного страхування.

Процес страхування екологічної відповідальності може здійснюватися і без участі страхових компаній шляхом взаємного страхування транспортних підприємств. Вони можуть створювати об'єднані фонди або формувати власний резервний фонд.

У цілому екологічне страхування є достатньо привабливим, тому що поєднує економічні й екологічні інтереси. На даний час *широке застосування екологічного страхування стримується через:*

- відсутність повноцінної нормативно-правової бази;
- важке економічне становище підприємств, що призводить

- до неплатежів страхових внесків;
- високі тарифні ставки за екологічні ризики.

Важливим для екологічного страхування є конкретизація видів та розмірів збитку, що відшкодовується. Необхідна і розробка нормативів компенсаційних витрат при настанні відповідних страхових подій, а також типових правил зменшення страхових сум з урахуванням масштабів страхових подій, витрат винуватця аварії тощо. У всіх випадках повинен страхуватися не весь збиток, що виникає у самого винуватця внаслідок аварії, оскільки це зменшує зацікавленість підприємств у зниженні екологічних ризиків.

У зв'язку з цим, актуальною є розробка нормативно-правової бази по відшкодуванню шкоди, заподіяної здоров'ю та майну громадян, а також юридичним особам внаслідок виникнення надзвичайних екологічних ситуацій на транспортних підприємствах. Відсутність такої бази викликає необхідність застосування норм цивільного права з метою хоча б часткового відшкодування шкоди. Декларативний характер нормативно-правових актів свідчить про потребу в подальшій розробці правових норм і прийнятті самостійного закону про відшкодування шкоди, заподіяної екологічними правопорушеннями, що конкретизував би нормативно-правові положення компенсації еколого-економічного збитку.

Основними засобами забезпечення якості перевезень є *ліцензування, стандартизація і сертифікація*.

На даний час надання послуг із перевезення пасажирів і вантажів транспортом загального користування підлягає ліцензуванню відповідно до Закону України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності» від 1 червня 2000 р. №1775-III. Згідно з ним транспортні підприємства за умов дотримання певних вимог можуть отримувати ліцензії.

Ліцензія (дозвіл) – це документ, що регулює взаємовідносини між спеціально уповноваженими природоохоронними органами і природокористувачами.

Ліцензування окремих видів діяльності в галузі транспорту запроваджується з метою:

- забезпечення безпеки і надійності роботи транспорту;
- обмеження монополізму та розвитку конкуренції;
- створення рівних умов для розвитку господарської

діяльності підприємств транспорту.

Власник ліцензії на право надання перевізної, транспортно-експедиційної та іншої діяльності, пов'язаної з транспортним процесом, зобов'язаний виконувати, поряд з вимогами Статуту певного виду транспорту, правил перевезень і технічної експлуатації рухомого складу, інших спеціальних положень і правил, також вимоги екологічної безпеки.

Ліцензуванню у сфері транспортної діяльності згідно цього закону підлягають такі види господарської діяльності:

- надання послуг з перевезення пасажирів, вантажів повітряним транспортом;
- надання послуг з перевезення пасажирів і вантажів річковим, морським транспортом;
- надання послуг з перевезення пасажирів і вантажів автомобільним транспортом відповідно до видів робіт визначених Законом України «Про автомобільний транспорт»;
- надання послуг з перевезення пасажирів, вантажів залізничним транспортом;
- діяльність, пов'язана з виробництвом автомобілів та автобусів;
- виробництво теплової енергії, транспортування її магістральними та місцевими (розподільчими) тепловими мережами та постачання теплової енергії.

Ліцензія видається суб'єктам господарювання за плату спеціальним органом ліцензування – органом виконавчої влади, визначеним Кабінетом Міністрів України, або спеціально уповноваженим виконавчим органом рад для ліцензування певних видів господарської діяльності.

Ліцензування на транспорті загального користування спрямоване на визначення початкових і поточних умов надання послуг із перевезень, а також найважливіших параметрів обслуговування споживачів.

Завданням ліцензування на транспорті загального користування згідно із Законом України «Про автомобільний транспорт» є:

- сприяння становленню сучасного ринку послуг, його захист від недобросовісних суб'єктів підприємницької діяльності та стимулювання впровадження нових видів послуг;

- створення конкурентного середовища;
- захист прав споживачів та ринку послуг від небезпечних перевезень;
- забезпечення надання послуг за встановленими рівнями якості;
- забезпечення використання сертифікованих і дозволених для використання транспортних засобів;
- забезпечення доступності послуг.

Відшкодування витрат, пов'язаних з видачею ліцензій на перевезення пасажирів і вантажів автомобільним транспортом загального користування, пасажирів і багажу на таксі та з контролем виконання ліцензіатами ліцензійних умов, здійснюється відповідно до Закону України «Про Державний бюджет України» за рахунок плати за ліцензії.

Стандартизація на транспорті здійснюється згідно із Законом України «Про стандартизацію» від 17 травня 2001 р. № 2408-III.

Стандартизацією у сфері транспорту можна визнати діяльність, що полягає у встановленні положень для загального і багаторазового застосування щодо наявних чи можливих завдань з метою досягнення оптимального ступеня впорядкування у транспортній сфері, результатом якої є підвищення ступеня відповідності продукції, процесів та послуг їхньому функціональному призначенню, усуненню бар'єрів у торгівлі та сприянню науково-технічному співробітництву.

Державна система стандартизації на транспорті спрямована на:

- реалізацію єдиної технічної політики;
- захист інтересів споживачів і держави у питаннях безпеки перевезень для життя, здоров'я людей та майна осіб, охорони довкілля;
- підвищення якості товарів, робіт, послуг відповідно до розвитку науки і техніки, потреб населення і народного господарства;
- економію всіх видів ресурсів, поліпшення техніко-економічних показників діяльності;
- забезпечення безпеки об'єктів з урахуванням ризику виникнення природних і техногенних катастроф та інших

надзвичайних ситуацій;

- створення нормативної бази функціонування систем стандартизації і сертифікації товарів, робіт, послуг;
- забезпечення обороноздатності та мобілізаційної готовності держави.

Всі складові перевізного процесу та інших видів діяльності на транспорті, пов'язані з потенційною небезпекою заподіяння шкоди екологічним системам (рухомий склад, паливно-мастильні та інші матеріали, обладнання, технології, транспортні магістралі, перевантажувальні комплекси тощо) повинні бути сертифіковані на відповідність діючим технологічним і екологічним вимогам.

Сертифікація товарів, робіт, послуг на транспорті здійснюється згідно з Декретом Кабінету Міністрів України «Про стандартизацію і сертифікацію» від 10 травня 1993 р. № 46-93. Згідно з ним державну систему сертифікації створює центральний орган виконавчої влади з питань технічного регулювання - національний орган України із сертифікації, який проводить та координує роботу щодо забезпечення її функціонування. Під час проведення сертифікації та у разі позитивного рішення органу із сертифікації суб'єктові транспортної діяльності - заявникові видається сертифікат та право маркувати продукцію спеціальним знаком відповідності. Форма, розміри і технічні вимоги до знаку відповідності визначаються державними стандартами.

Метою сертифікації товарів, робіт, послуг на автомобільному транспорті загального користування є:

- запобігання реалізації товарів, робіт, послуг, небезпечних для життя, здоров'я людей та майна осіб і довкілля;
- сприяння споживачам у свідомому виборі товарів, робіт, послуг;
- створення умов для участі суб'єктів підприємницької діяльності, які належать до автомобільного транспорту загального користування, у міжнародному економічному, науково-технічному співробітництві.

Порядок проведення сертифікації товарів, робіт, послуг на автомобільному транспорті визначається Кабінетом Міністрів України.

Для забезпечення успішної взаємодії між різними видами транспорту необхідна координація їхньої роботи. Статтею 3 Закону

України «Про транспорт» серед завдань державного управління у галузі транспорту визначено координацію роботи різних видів транспорту. Координацією в цьому випадку є узгодження дій відповідних органів та ланок транспорту з метою досягнення злагодженості й ефективності під час виконання завдань з перевезення пасажирів та вантажів.

Питання для самоперевірки

1. Які є організаційно-правові природоохоронні заходи?
2. Назвіть архітектурно-планувальні, конструкторсько-технічні, та експлуатаційні природоохоронні заходи.
3. Назвіть заходи зі зниження викидів від стаціонарних джерел на транспорті.
4. Назвіть основні заходи, що допомагають зменшити рівень транспортного шуму.
5. Що таке акустичний тюнінг?
6. Опишіть природоохоронні заходи в зонах аварій транспортних засобів.
7. Специфіка управління екологічною діяльністю на підприємствах транспорту.
8. Що таке кадастр природних ресурсів? Які визнаєте кадастри природних ресурсів?
9. Які служби мають вести екологічний облік на транспорті?
10. Головна мета системи екологічного моніторингу.
11. Назвіть об'єкти державної екологічної експертизи на транспорті.
12. Які види господарської діяльності у сфері транспорту підлягають ліцензуванню?
13. Назвіть органи ліцензування у сфері транспортної діяльності.
14. Які завдання державної системи стандартизації на транспорті?

РОЗДІЛ 11 ЗАКОНОДАВЧА БАЗА ТА ЕКОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

11.1. Законодавча база з охорони навколишнього природного середовища на транспорті

Функціонування транспортних підприємств здійснюється на підставі законів, підзаконних актів та інших нормативних документів. Одним з основних є Закон України «Про транспорт» від 10.11.1995 р. № 232/94-ВР. Цей закон визначає правові, економічні, організаційні та соціальні основи діяльності транспорту. Стаття 2 цього Закону говорить, що нормативні акти, які визначають умови перевезень, порядок використання засобів транспорту, шляхів сполучення, організації безпеки руху, охорони громадського порядку, пожежної безпеки, санітарні та екологічні вимоги, що діють на транспорті, є обов'язковими для власників транспорту і громадян, які користуються послугами транспорту та шляхами сполучення. Стаття 16 зазначає, що підприємства транспорту зобов'язані забезпечувати безпеку життя і здоров'я громадян, безпеку експлуатації транспортних засобів, охорону навколишнього природного середовища.

Особливості діяльності окремих видів транспорту регламентується іншими законами та підзаконними актами, такими як: Закон України «Про автомобільний транспорт» від 05.04.2001 р. №2344-III; Закон України «Про залізничний транспорт» від 04.07.1996 р. №273/96-ВР; Закон України «Про трубопровідний транспорт» від 15.05.1996 р. №192/96-ВР

Природоохоронна діяльність на підприємствах транспортно-комплексу має здійснюватися відповідно до державної стратегії України в області охорони навколишнього середовища і забезпечення сталого розвитку, що потребує взаємозв'язку економічних та екологічних пріоритетів.

Основні законодавчі норми, що передбачають правові заходи з охорони навколишнього середовища від шкідливого впливу транспортно-комплексу, містяться в Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-XII, Закону України «Про охорону атмосферного повітря»

від 16.10.1992 р. № 2707-XII, Закону України «Про охорону земель» від 19.06.2003 р. № 962-IV. Діють також спеціальні нормативні акти, що передбачають правові заходи з охорони навколишнього середовища на окремих видах транспорту.

Відповідно до статі 56 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» підприємства, установи, організації, що здійснюють проектування, виробництво, експлуатацію та обслуговування автомобілів, літаків, суден, інших пересувних засобів, установок та виробництво і постачання пального повинні розробляти і здійснювати комплекс заходів щодо зниження токсичності та знешкодження шкідливих речовин, які містяться у відпрацьованих газах та скидах транспортних засобів. В статті міститься також вимога щодо переходу на менш токсичні види енергії і пального, додержання режиму експлуатації транспортних засобів, а також вживання інших заходів, спрямованих на запобігання і зменшення викидів та скидів забруднень у навколишнє середовище та додержання встановлених рівнів фізичних впливів. Крім того в статті міститься заборона на виробництво та експлуатацію транспортних та інших пересувних засобів, у викидах та скидах яких вміст забруднень перевищує встановлені нормативи.

Відповідальність за дотримання встановлених для відповідних типів транспортних засобів нормативів вмісту забруднень у відпрацьованих газах, скидів забруднюючих речовин та впливів фізичних факторів покладається цим законом на керівників транспортних організацій та власників транспортних засобів.

Нормативи вмісту забруднень у відпрацьованих газах транспортних засобів та шкідливого впливу їх факторів на навколишнє середовище розробляються відповідно до наявних технічних рішень щодо зменшення утворення забруднюючих речовин, зниження рівня впливу фізичних факторів, очищення відпрацьованих газів. Порядок розробки і затвердження цих нормативів встановлюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища України і Міністерством охорони здоров'я України.

Стаття 44 Повітряного кодексу України передбачає сертифікацію кожного повітряного судна, призначеного для

експлуатації на території України. Стаття передбачає, що сертифікація має проводитись у відповідності з вимогами шуму та емісії шкідливих речовин авіаційних двигунів. Сертифікація має виконуватися у порядку, передбаченому «Правилами сертифікації екземпляру державного повітряного судна України», затвердженими Наказом Міністерства оборони України від 07.02.2012 р. № 63.

Стаття 67 «Водного кодексу України» визначає особливості користування водними об'єктами для потреб водного транспорту. Зокрема стаття вимагає, щоб усі судна та інші плавучі засоби були обладнані ємностями для збирання забруднених вод, які повинні систематично передаватися на спеціальні очисні споруди для очищення та знезараження. Стаття забороняє заходити у територіальні морські води суднам, які не провели заміну ізольованого баласту і не обладнані цистернами і закритими фановими системами для збирання стічних вод будь-якого походження чи установками для очищення та знезараження цих вод, що відповідають міжнародним стандартам.

«Правила охорони внутрішніх морських вод і територіального моря від забруднення та засмічення», затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 29.02.1996 р. № 269 передбачається комплекс заходів із запобігання забрудненню внутрішніх морських вод водним транспортом. Вони встановлюють правила поведінки суден, що запобігають забрудненню цих вод, а також заходи, що мають вживатися береговими об'єктами водного транспорту.

Головна мета природоохоронної роботи на галузевих підприємствах – поетапне наближення фактичних викидів і скидів підприємств до граничнодопустимих норм, дотримання лімітів на викиди та скиди забруднюючих речовин і розміщення відходів, удосконалення технологічних процесів та перехід до екологічно безпечних технологій, що є ресурсозберігаючими.

Економічна складова механізму стимулювання природоохоронницької діяльності реалізується за рахунок створеної системи платежів за забруднення навколишнього природного середовища, за розміщення відходів тощо.

Серед інших природоохоронних витрат, які покладені на транспортні підприємства виділяють наступні:

- охорона та раціональне використання водних ресурсів, в тому числі утримання та експлуатація споруд для очистки стічних вод, що утворюються на підприємствах;
- утримання та експлуатація систем водопостачання із замкнутими циклами, а також виплати іншим підприємствам (організаціям) за прийняття та очищення стічних вод;
- охорона атмосферного повітря, в тому числі виробництво та утримання установок для уловлювання і знешкодження шкідливих речовин з газів;
- охорона та раціональне використання земель, в тому числі захист земель від ерозії, рекультивация відпрацьованих земель;
- охорона та раціональне використання природних рослинних ресурсів, в тому числі створення захисних лісових насаджень вздовж шляхопроводів;
- охорона та раціональне використання мінеральних ресурсів;
- охорона та збереження природно-заповідного фонду;
- раціональне використання, зберігання та знешкодження відходів виробництва та побутових відходів, в тому числі утримання споруд, установок та машин для збору, транспортування, знешкодження та складування відходів виробництва, виплати іншим підприємствам та організаціям за прийняття, зберігання і знешкодження відходів.

До *поточних природоохоронних витрат* транспортних підприємств включаються наступні елементи:

- вартість матеріалів та напівфабрикатів, які витрачені на функціонування фондів природоохоронного призначення, а також вартість матеріалів, які спожиті на поліпшення технічного стану і технічне удосконалення природоохоронних фондів, здійснення дослідів та випробувань, які направлені на технічне удосконалення цих фондів;
- вартість палива і енергії, які спожиті у процесі функціонування природоохоронних фондів (включаючи вартість палива, необхідного для здійснення технологічних процесів, направлених на зниження вмісту і нейтралізацію шкідливих речовин, що містяться у відходах) та інших

- робіт природоохоронного характеру;
- оплата праці із відрахуваннями на соціальне страхування працюючих, зайнятих обслуговуванням усіх фондів природоохоронного призначення, приведенням земель у придатний для подальшого використання стан, включаючи роботи по рекультивациі та здійснення інших природоохоронних заходів;
 - витрати на утримання і експлуатацію фондів природоохоронного призначення, включаючи амортизацію та витрати на поточний ремонт;
 - витрати на охорону праці працівників, які зайняті обслуговуванням фондів природоохоронного призначення і виконанням інших робіт, пов'язаних з охороною природи на раціоналізацією природокористування тощо.

Юридичною основою стягування плати за забруднення навколишнього природного середовища є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1262-ХІІ.

Підзаконними актами про плату за забруднення є:

- постанова Кабінету Міністрів України № 203 від 1.03.1999 р. про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору;
- наказ Мінекобезпеки № 157 від 29.12.1996 р. про затвердження базових нормативів плати за забруднення навколишнього природного середовища, затверджена наказом Мінекобезпеки України від 13.01.1992 р. № 18;
- методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормових викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, затверджена наказом Мінекобезпеки України від 18.05.1995 р. № 37;
- методика розрахунків розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів.

11.2. Загальна характеристика екологічної документації

Кожне транспортне підприємство повинно мати *екологічну документацію*. До такої документації відносять:

- розрахунки гранично допустимих викидів (ГДВ), або тимчасово погоджених викидів (ТПВ) в атмосферу та гранично допустимих скидів (ГДС) у водойми;
- дозвіл на ГДВ, або на ТПВ;
- дозволи на водокористування та на скидання вод;
- дозвіл на зберігання відходів;
- дозвіл на вивезення відходів;
- екологічний паспорт підприємства;
- державні стандарти на ГДВ шкідливих речовин, а також димність відпрацьованих газів двигунів;
- акти, протоколи, припливи підприємству з боку спеціально уповноважених державних природоохоронних організацій;
- державну звітність з охорони навколишнього середовища;
- інші обов'язкові до виконання нормативи, правила та інструкції.

Звітність з екологічної діяльності підприємства ведеться за такими основними формами:

- *звіт з охорони водного господарства* – в розділі про показники скидів стічних вод і вмісту в них забруднюючих речовин надаються відомості щодо шкідливого впливу підприємства на водні об'єкти;
- *звіт з охорони атмосферного повітря* – аналогічно надаються відомості щодо шкідливого впливу на атмосферне повітря;
- *звіт про хід будівництва водоохоронних об'єктів і припинення скидання неочищених стічних вод* – надається підприємствами, які мають завдання щодо припинення скидання забруднених вод та будівництва водоохоронних споруд;
- *звіт про поточні витрати на охорону природи* – надається інформація щодо закупки приладів, обладнання, асфальтування території тощо.
- *звіт про капітальні затрати на природоохоронні цілі* – додаткові витрати на створення нових і реконструкцію

діючих основних фондів природоохоронної спрямованості, вдосконалення технологій виробництва з метою скорочення його негативного впливу на навколишнє природне середовище..

Дозволи на зберігання та вивезення відходів транспортного підприємства видаються територіальними органами санітарно-епідеміологічного нагляду чи екологічними комітетами. В них вказуються об'єми, характеристика відходів (клас небезпеки) та місця їх захоронення.

Транспортне підприємство повинно мати паспорт відходів, який складається щорічно. Санітарними правилами встановлюється гранична кількість токсичних відходів, які підприємство може накопичувати на своїй території.

Документація, яка підтверджує дозвіл на зберігання транспортних засобів на підприємстві, визначає максимально допустиму їх кількість з врахуванням місця розташування підприємства (зона житлової забудови, промислова зона, зона відпочинку тощо). Наприклад заборонено зберігати більше 300 автомобілів на території підприємства в зоні житлової забудови, чи більше 500 в промисловій зоні.

Особливі вимоги, аж до заборони, залежно від пожежної небезпеки вибухонебезпеки, а також ймовірності виникнення транспортних пригод, висуваються до розміщення стоянок автомобілів поблизу навчальних, лікувально-профілактичних закладів тощо.

Окрім обов'язкової документації, на підприємствах мають бути різні довідково-інформаційні дані, методичні рекомендації, інші допоміжні документи, котрі необхідні для належного здійснення та оформлення результатів діяльності з охорони навколишнього середовища та раціонального природокористування.

Екологічну документацію транспортного підприємства повинна вести екологічна служба, а за її відсутності – спеціально призначена особа. Контролюють документацію регіональні комітети з екології і природокористування. Вони видають дозволи на ГДВ та ГДС та встановлюють ліміти водокористування.

11.3. Екологічний паспорт транспортного підприємства

Екологічний паспорт підприємства – це документ, який комплексно характеризує стан природоохоронних робіт на підприємстві. Цей документ складається відповідно до ГОСТ 17.0.004-90 «Система стандартів в галузі охорони природи і покращення використання природних ресурсів. Екологічний паспорт промислового підприємства. Основні положення».

Цей паспорт розробляється після аналізу та узагальнення результатів діяльності підприємства. Він складається з таких розділів:

- *загальні відомості про підприємство.* Вказуються основні види діяльності, виробництва-забруднювачі, наводяться усі джерела викидів забруднюючих речовин та точки їх контролю;
- *коротка природно-кліматична характеристика району розташування підприємства.* Наводяться метеорологічні параметри, коефіцієнти розсіювання, фонові концентрації забруднюючих речовин в атмосфері, коефіцієнт рельєфу місцевості тощо;
- *відомості про використання земельних ресурсів.* Наводяться відомості про відведення земель під будівлі і споруди, допоміжне виробництво, адміністративно-побутові корпуси, площадки під складування відходів, озеленення території тощо;
- *характеристика сировини, матеріалів і енергетичних ресурсів, що використовуються.* Наводиться інформація про витрату видів ресурсів на виконання процесів перевезення та підтримання технічного стану пересувного складу підприємства. Він визначається за допомогою балансової схеми матеріальних потоків, статистичної звітності та інвентаризації;
- *характеристика викидів в атмосферу.* Наводяться нормативи ГДВ і фактичні значення для кожного забруднювача;
- *характеристика водопостачання та водовідведення.* Наводяться відомості про загальні та питомі показники водопостачання та водовідведення, відомості про склад та

властивості стічних вод, параметр очисних споруд та оборотних систем водопостачання. Прикладається балансова схема водоспоживання та водовідведення, вказуються витрати та втрати води на кожній виробничій дільниці;

- *характеристика відходів.* Вказуються вимоги до розміщення відходів, нормативи та фактичні обсяги відходів, а також їх токсичні властивості;
- *відомості про транспорт підприємства.* Наводиться кількісний склад транспортних засобів, загальний пробіг пересувного складу, питомі викиди основних забруднюючих речовин, а також їх сумарні річні викиди;
- *відомості про еколого-економічну діяльність підприємства.* Вказуються ліміти на використання природних ресурсів, обсяги викидів та скидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище, обсяги та розміщення відходів, нормативи плати та розміри екологічних платежів підприємства, податкові пільги за впровадження екологічно чистих технологій тощо.

До екологічного паспорту прикладають карту-схему підприємства. На карту-схему наносять джерела забруднення атмосфери, водних об'єктів, місця складування відходів, місця розташування водозаборів, межі санітарно-захисних зон.

Екологічний паспорт розробляється транспортним підприємством і затверджується його керівником. Інформація, яка наводиться в екологічному паспорті, використовується відповідними екологічними органами для контролю діяльності підприємства. Один примірник паспорта зберігається на підприємстві, другий в регіональному органі з екології та природокористування. Якщо на підприємстві змінюється технологія, склад обладнання, водний баланс, інші показники, що безпосередньо стосуються екологічного боку функціонування підприємства, в екологічний паспорт вносяться відповідні корективи.

11.4. Акустичний паспорт транспортного підприємства

На авіаційних підприємствах, окрім екологічного паспорта, розробляється акустичний паспорт. Це пов'язано з особливостями роботи авіаційних підприємств та створенням ними значних шумових забруднень. Необхідність розробки такого паспорта диктується необхідністю захисту населення, що мешкає на прилеглих до аеропорту територіях, від його шумового та вібраційного впливу.

Шумова паспортизація аеропортів сприяє швидшому впровадженню у практику саме комплексних заходів, що направлені на зниження впливу авіаційного шуму та забезпечення його нормативних значень в приміщеннях житлових та громадських будівель, на територіях житлової забудови поблизу аеропорту.

При складанні акустичного паспорта використовують інформацію щодо акустичних характеристик літаків, які обслуговуються в аеропорту, результати вимірів рівнів шуму в контрольних точках злітно-посадкової смуги, діючі нормативи максимально допустимого шумового впливу, відповідні діючі державні стандарти, санітарні норми і правила, статистичні звіти та інші документи.

Акустичний паспорт розробляється спеціалізованими науково-дослідними інститутами для кожного аеропорту. Такий паспорт *включає наступні розділи:*

- загальні відомості про аеропорт і перспектива його розвитку. До розділу прикладається карта-схема аеропорту з нанесеними на неї джерелами підвищеного шуму;
- характерні метеоумови та інші зовнішні фактори, що впливають на акустичну ситуацію в районі аеропорту. Вказується середньорічна роза вітрів, середні значення швидкості вітру за багатолітніми спостереженнями, температури найбільш теплого та найбільш холодного місяців року, коефіцієнт рельєфу місцевості тощо;
- парк літаків, що експлуатуються та їх акустичні характеристики. Наводиться інформація про дозвукові, надзвукові, літаки, гвинтові літаки за злітними масами, гелікоптери;

- зони шумового впливу для існуючих і перспективних умов експлуатації аеропорту;
- результати експериментального визначення фактичних рівнів шуму на території аеропорту;
- методи зниження шкідливого впливу авіаційного шуму і його контролю. Наводяться методи вимірювання рівнів шуму за допомогою автоматичних, чи автоматизованих засобів вимірювання безперервно, або через задані проміжки часу.

В акустичному паспорті реєструють усі зміни акустичного стану в районі аеропорту, викликані різними причинами – зміна типів літаків, модернізація обладнання, зміна місця знаходження джерел шуму тощо.

Акустичний паспорт, разом з іншими екологічними документами надається в регіональні органи з екології та природокористування для здійснення ними контрольних та інспекційних функцій.

11.5. Відповідальність за екологічні правопорушення

Забруднення навколишнього середовища, нераціональне використання природних ресурсів, недотримання стандартів і норм якості навколишнього середовища, псування природних об'єктів, зокрема пам'ятників природи, порушення інших екологічних вимог відносяться до категорії *екологічних правопорушень*, за які передбачена дисциплінарна, адміністративна, цивільно-правова, кримінальна відповідальність посадових осіб і громадян, а також адміністративна і цивільно-правова відповідальність підприємств і організацій.

Види відповідальності передбачені в Законі України «Про охорону навколишнього середовища», Кодексі України «Про адміністративні правопорушення», Цивільному кодексу України, Кримінальному кодексі України та в інших підзаконних нормативних актах.

Екологічні злочини розцінюються як суспільно небезпечні дії, що впливають на стан суспільної безпеки, завдають шкоди здоров'ю людей і значний економічний збиток. *Суб'єктами екологічних правопорушень* можуть бути як вітчизняні, так і

іноземні фізичні і юридичні особи, незалежно від форм власності. *Об'єкт екологічного правопорушення* – це біосфера в цілому або окремі природні екосистеми. Це важливо враховувати при кваліфікації конкретного правопорушення як екологічного. Наприклад, не можна вважати екологічним правопорушенням розкрадання або знищення риби в рибогосподарських водоймах, оскільки промислова риба з'явилася там не природним чином, а за участю людини. Не можна також вважати екологічним правопорушенням забруднення повітря у виробничих приміщеннях, оскільки вони є штучно створеним середовищем.

Основними складовими екологічних правопорушень є: протиправність поведінки, спричинення шкоди або реальної загрози її виникнення, наявність зв'язку між протиправною поведінкою і нанесеною шкодою, чи загрозою її виникнення. Якщо в результаті правопорушення не завдано шкоди природному середовищу, то це правопорушення не може розцінюватися як екологічне. Наприклад, самовільне захоплення земельної ділянки для розміщення на ній автостоянки, якщо це не призвело до нанесення шкоди природі, повинно вважатися не екологічним, а земельно-правовим порушенням.

Залежно від тяжкості вчиненого екологічного правопорушення та виду суб'єкта цього правопорушення передбачаються різні *види еколого-правової відповідальності*. Юридична особа не може нести кримінальну, дисциплінарну, матеріальну відповідальність, до яких можуть притягатися фізичні особи. Одні види відповідальності можуть застосовуватися за принципом сукупності, інші – за принципом альтернативності. Так, за один злочин не можна одночасно притягати до кримінальної і дисциплінарної відповідальності.

Екологічні правопорушення розділяють на дві групи – проступок і злочин. Це враховується при визначенні міри відповідальності.

Екологічний проступок можуть здійснювати посадові особи підприємств в разі не виконання заходів щодо охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування. До таких посадових осіб застосовують заходи *дисциплінарної відповідальності*, зокрема позбавлення матеріального заохочення або навіть звільнення з роботи.

До адміністративної відповідальності притягуються посадові особи і громадяни, винні в здійсненні екологічних правопорушень, найбільш характерними з яких на транспорті є такі:

- недотримання стандартів і норм якості природного середовища;
- невиконання обов'язків з проведення державної екологічної експертизи та неврахування її вимог;
- порушення екологічних вимог при проектуванні, будівництві, введенні в експлуатацію підприємств, споруд і шляхів сполучення;
- понаднормативне забруднення навколишнього середовища;
- псування і знищення природно-заповідних комплексів і природних екосистем тощо.

Такі правопорушення тягнуть за собою накладення штрафу як на посадову особу так і на підприємство.

Екологічні правопорушення можуть спричиняти нанесення відчутної шкоди природному середовищу (значне його забруднення, виснаження, руйнування). Ці правопорушення також можуть завдавати відчутної шкоди природокористувачеві (у вигляді втрати його майна, неотримання, чи недоотримання прибутку, додаткових витрат на відновлення зруйнованого стану природного середовища тощо). В цьому випадку на винних юридичних і фізичних осіб покладається цивільна відповідальність, яка зобов'язує їх відшкодувати завданий збиток.

Кримінальна відповідальність посадових осіб і громадян настає у випадку вчинення екологічних злочинів, які виражаються в посяганні на екологічний правопорядок в країні, екологічну безпеку суспільства, а також у завданні шкоди навколишньому природному середовищу і здоров'ю людей.

В середньому 90 % усіх виявлених порушень природоохоронного законодавства карається в адміністративному порядку. Застосування норм кримінальної відповідальності на сьогоднішній день обмежене через недосконалість законодавчої бази, яка передбачає таку відповідальність за екологічні злочини.

Екологічний контроль є правовою мірою забезпечення раціонального природокористування і охорони навколишнього середовища. В рамках такого контролю спеціально уповноважені

суб'єкти здійснюють перевірку дотримання і виконання екологічного законодавства. Виділяють такі види екологічного контролю: державний, відомчий, виробничий, суспільний.

Державний екологічний контроль є найбільш дієвим впливом на дотримання вимог екологічного законодавства. Він опирається на правоохоронні органи – прокуратуру і суди.

Відомчий екологічний контроль на транспорті має здійснюватися відповідними міністерствами. У їх складі мають створюватися підрозділи екологічного контролю, які повинні стежити за екологічним станом рухомого складу транспортних підприємств, доріг, залізничних колій, водних шляхів тощо.

Виробничий екологічний контроль проводить керівник транспортного підприємства, керівники функціональних служб (головного інженера, головного енергетика, головного механіка і тощо) і виробничих підрозділів. Головним завданням такого контролю є перевірка виконання планів і оформлення документації по використанню природних ресурсів і охороні навколишнього середовища, дотримання нормативів ГДК, виконання інших екологічних вимог.

Суспільний екологічний контроль проводиться в рамках суспільних слухань, зборів, референдумів тощо.

Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте законодавчі акти, що стосуються охорони навколишнього середовища на транспорті.
2. Що відносять до екологічної документації транспортного підприємства?
3. Охарактеризуйте екологічний паспорт транспортного підприємства.
4. Охарактеризуйте акустичний паспорт транспортного підприємства.
5. Що називають екологічними правопорушеннями? Суб'єкти та об'єкти екологічних правопорушень.
6. Назвіть види еколого-правової відповідальності.
7. Охарактеризуйте види екологічного контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аеродроми: конспект лекцій / В. П. Харченко, Ю. І. Миронченко. – К. : НАУ, 2011. – 96 с.
2. Акмалдінова О.М. та іш. Тематичний словник авіаційної термінології (англійська, українська, російська мови). Словник. – Київ: НАУ, 2013. – 692 с.
3. Аксенов И. Я. Транспорт и охрана окружающей среды. / И. Я. Аксенов, В. И. Аксенов – М.: Транспорт, 1986. – 176 с.
4. Амбарцумян В. В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта / В. В. Амбарцумян, В. Б. Носов, В. И. Тарасов, В. И. Сарбаев. – М.: ООО Изд-во «Научтехиздат», 1999. – 208 с.
5. Апкаров И. А. Внешние показатели различных способов смесеобразования в малоразмерных судовых дизелях / И. А. Апкаров, К. К. Колосов // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. – 2011. – № 2. – С. 55–58.
6. Аракелов М.С., Гогоберидзе Г.Г., Жамойда В.А., Рябчук Д.В., Яйли Д.Е., Яйли Е.А. Экология берегов // Экология и жизнь. 2011. № 4. С. 70–75.
7. Ахметов Л. А. Автомобильный транспорт и охрана окружающей среды. / Л. А. Ахметов, Е. В. Корнев, Т. З. Ситшаев – Ташкент : Мехнат, 1990. – 216 с.
8. Бондаренко Е. В. Дорожно-транспортная экология : учебное пособие. / Е. В. Бондаренко, Г. П. Дворников ; под ред. А. А. Цыпуры. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 113 с.
9. Беккер У. Экология транспорта. Verkehrsokologie / У. Беккер, В. М. Лебедев, Н. Шотт. – Дрезден: Типография ТУ Дрездена, 2004. – 106 с.
10. Безюков О. К. Газомоторное топливо на водном транспорте / О. К. Безюков, В. А. Жуков, О. И. Яценко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2014. – № 6 (28). – С. 31–39.
11. Бобровников Н. А, Защита окружающей среды от пыли на транспорте. – М.: Транспорт, 1984. – 72 с.
12. Бойченко С. В. Рациональне використання вуглеводневих палив. – К.: НАУ, 2001. – 216 с.

13. Бойченко С. В. Мониторинг антропологической деятельности в сфере использования нефтяных источников энергии / С. В. Бойченко, О. Л. Матвеева // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 5. – С. 54–57.
14. Бойченко С. В. Мониторинг використання палива для транспортних засобів // Проблеми загальної енергетики. – 2001. – № 5. – С. 49–51.
15. Бойченко С. В. Моторные топлива и масла для современной техники. / С. В. Бойченко, С. В. Иванов, В. Г. Бурлака. – К.: НАУ, 2005. – 216 с.
16. Бойченко С. В. Сполуки сірки у складі моторних палив. Вплив на навколишнє середовище під час експлуатації транспортних засобів. / С. В. Бойченко, Т. В. Медведєва, С. В. Иванов // Актуальні проблеми транспортної медицини: навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія. – 2005. – № 2. – С. 63–65.
17. Бойченко С. В. Эколого-энергетические проблемы системы «человек-окружающая среда-топливо-транспортное средство» / С. В. Бойченко, Л. М. Черняк, О. А. Вовк, Е. А. Спасская // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2007. – № 2. – С. 28–32.
18. Бойченко С. В. Екологічні властивості газорідних палив / С. В. Бойченко, Л. М. Черняк, О. В. Полякова, О. О. Степенко // Вісник НАУ, – №1(42)/2010. – С. 212–218.
19. Бойченко С. В. Екологічні аспекти визначення вмісту сірки в нафтопродуктах / С. В. Бойченко, Т. В. Медведєва / Новікова В. Ф., Турчак В. М. // Вісник НАУ. – №1(42)/2010. – С. 219–223.
20. Бойченко С. В. Оптимізація управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій під час перевезення нафтопродуктів залізничним транспортом / С. В. Бойченко, Ю. В. Зеленько // Вісник НАУ. – № 4 (45)/2010. – С. 112–117.
21. Бойченко С. В. Екологічна освіта – основа сталого розвитку суспільства / С. В. Бойченко, Т. В. Сасенко. – К.: Видавництво університету «Україна», 2013. – 502 с.
22. Бутко М. П. Транспортна інфраструктура як складова туристичного потенціалу України / М. П. Бутко, Н. О.

- Алешугіна // Ефективна економіка. – 2009. – №3 // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua>.
23. Величковский В.Т. Здоровье человека и окружающая среда / В.Т. Величковский. – М.: Новая школа, 1997. – 235 с.
 24. Войцицький А. П. Техноекологія: підручник / А. П. Войцицький, В. П. Дубровський, В. М. Боголюбов; за ред. В. М. Боголюбова. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 533 с.
 25. Голубев И.Р. Окружающая среда и транспорт / И.Р. Голубев, Ю.В. Новиков. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
 26. Горбунов В. В. Токсичность двигателей внутреннего сгорания / В. В. Горбунов, Н. Н. Патрахальцев. – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1998. – 215 с.
 27. Гридчин А. М. Охрана окружающей среды на предприятиях дорожного строительства. / А. М. Гридчин, Ю. Н. Ткачук, Ю. А. Стеценко. – Белгород: Издательство АСВ, 1997. – 92 с.
 28. Голубев И. Р. Окружающая среда и транспорт. / И. Р. Голубев, Ю. В. Новиков. – М.: Транспорт, 1987. – 206 с.
 29. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник./ Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун, А. О. Корпач, Л. П. Мержиєвська. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
 30. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях : [Монографія] / Ю.Ф. Гутаревич – К.: Вища школа, 1991. - 179 с.
 31. Гухман Г. Воздействие транспортного комплекса на окружающую среду / Энергия: экономика, техника, экология. – М.: Наука, 1999. – с. 42 – 45.
 32. ГОСТ 17.2.03-87. Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеродов в отработавших газах автомобилей.
 33. Думанський Ю. Д. Влияние электромагнитных полей радиочастот на человека. / Ю. Д. Думанский, А. М. Сердюк, И. П. Лось – К.: Здоров'я, 1985. – 159 с.

34. Екологічний менеджмент: Навчальний посібник / За редакцією В. Ф. Семенова, О. Л. Михайлюк. – К: Знання, 2006. – 366 с.
35. Экологические основы автомобильного транспорта : методические указания по выполнению практических и самостоятельных работ. / Р. Ю. Лагерев, А. В. Зедгенизов. – Иркутск: ИрГТУ, 2011. – 32 с.
36. Екологічне управління / В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, Г.О.Білявський та ін. – К.: Либідь, 2004. – 319 с.
37. Евгеньев И.Е. Автомобильные дороги и окружающая среда / И.Е. Евгеньев, Б.Р. Каримов. – М.: Транспорт, 1997. – 257 с.
38. Евгеньев И. Е. Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. / И. Е. Евгеньев, В. В. Савин. – М.: Транспорт, 1989. – 239 с.
39. Епифанов В. С. Применение природного газа в судовых энергетических установках / В. С. Епифанов // Речной транспорт (XXI век). –2008. – № 4. – С. 77–84.
40. Єремєєв І.С. Моніторинг довкілля (текст) навч.посіб. / І.С.Єремєєв, А.О.Дичко/ – Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 500 с.
41. Жданов В. Л. Экологические проблемы автомобильного транспорта в городах: учеб. Пособие [электронный ресурс]. / В. Л. Жданов. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ 2012 – 190 с.
42. Железнодорожный транспорт: Научно-теоретический технико-экономический журнал/ Орган Министерства Путей Сообщения. - М. : Транспорт. 2006.-№2. - с. 60-65.
43. Забишний Я. О. Дослідження методів оцінки і прогнозування впливу автотранспорту на довкілля / Я. О. Забишний, Я. М. Семчук, Б. В. Долішній, В. М. Мельник // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. - 2016. - № 2. - С. 146-152.
44. Закон України Про автомобільний транспорт // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, N 22, ст. 105.
45. Закон України Про залізничний транспорт // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996, N 40, ст. 183.

46. Закон України Про транспорт // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, N 51, ст. 446.
47. Закон України Про трубопровідний транспорт // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996, N 29, ст. 139. Защита окружающей среды при транспортных процессах. / Под ред. В. Г. Ененкова. – М.: Транспорт, 1984. – 154 с.
48. Звонов В.А. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле / В. А. Звонов, А.В. Козлов, В.Ф. Кутенев. – М.: НАМИ, 2001. - 248 с.
49. Зеленько Ю. В. Вибір організаційно-технологічних рішень щодо ліквідації наслідків аварійних ситуацій при транспортуванні нафтопродуктів на залізницях / Ю. В. Зеленько, С. В. Бойченко, М. Сандовський // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – Донецьк: Видавництво Донецького інституту залізничного транспорту, 2011. – № 25. – С. 45–48.
50. Зеленько Ю.В. Еколого-економічні заходи стабілізації та поліпшення стану довкілля на залізничному транспорті / Ю.В. Зеленько, С.В. Мямлін // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту», – Дніпропетровськ, 2014. - № 7. – С. 47–53.
51. Зеленько Ю.В. Параметрична екологія на залізничному транспорті: принципи, оцінка, контроль, безпека: монографія / Зеленько Ю.В., Мямлін С.В., Недужа Л.О. – Д.: Издательство Литограф, 2014. – 240 с.
52. Зеленько Ю. В. Розробка принципів і методів оцінки екологічних ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті / Ю. В. Зеленько, А. Л. Лещинська, С. В. Бойченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – № 35. – С. 177–180
53. Зеленько Ю.В., Плахотник В.Н. Оценка возможности использования отходов нефтепродуктов, образующихся при

- авариях на железнодорожном транспорте. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2003. - № 6. - С. 67-69.
54. Зотов Л.Л. Экологическая безопасность производства и автомобильного транспорта: Учеб. Пособие / Л.Л. Зотов. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 90 с.
 55. Игнатович Н.И. Чем опасен транспорт для людей, животных и растений / Н.И. Игнатович, Н.Г. Рыбатский. – М.: РЭФИА, 1996. – 331 с
 56. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуре и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я., Комов П.Б., Грицук И.В., Волков Ю.В., Комов Е.А.: Под редакцией Волкова В.П. - Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2013. – 398 с.
 57. Інженерна екологія : підручник для студ. вищ. навч. закл. / В.А. Баженов, Ісаєнко В. М., Саталкін Ю. М., Трофімович В. В., Романова З. М., Навроцький В.М.- К. : Книжкове вид-во НАУ, 2006. 491 с.
 58. Кабанов О. М. Екологія автомобільного транспорту. Конспект лекцій. / О. М. Кабанов – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2011. – 142 с.
 59. Канило П.М. Автотранспорт. Топливно-экологические проблемы и перспективы : монография / П.М. Канило. - Х.: ХНАДУ, 2013. - 272 с.
 60. Киселева Л. В. Экология железнодорожного транспорта: Учебное пособие. / Л. В. Киселева – М.: МИИТ, 1999. – 164 с.
 61. Кірпа Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему : монографія / Г. М. Кірпа. - [2-ге вид., переробл. і допов.]. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. транспорту ім. акад. В. Лазаряна, 2004. - 248 с.
 62. Ключкова Е.А. Промислова, пожежна і екологічна безпеку на залізничному транспорті. - М.: ОМЦ ЖДТ, 2008. - 456 с.
 63. Козлов Ю. С. Экологическая безопасность автомобильного транспорта. / Ю. С. Козлов – М.: Агар, 2000. – 175 с.

64. Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации. Восьмое совещание. Доклад. – Монреаль, 1-12 февраля 2010 года: Монреаль, 2010. – 879 с.
65. Кравченко В. Ф. Охрана навколишнього середовища при транспорті й зберіганні нафти й нафтопродуктів. / В. Ф. Кравченко – К.: Хімія, 1976. – 144 с.
66. Крылов В. К. Охрана окружающей среды на транспорте / В. К. Крылов. – М.: РГОТУПС, 2001. – 199 с.
67. Крупенін М. М. Управління природоохоронної діяльністю на залізничному транспорті. - М., 2004. - 32 с.
68. Кулеев М. Т. Дороги и окружающая среда / М. Т. Кулеев, Э. Н. Хабибуллина. – Казань: Изд-во КГУ, 1990. – 112 с.
69. Кулик Н. С, Аксенов А. Ф., Яновский Л. С., Бойченко С. В., Запорожец А. И. Авиационная химмотология: топлива для авиационных двигателей. Теоретические и инженерные основы применения: Підручник. / Н. С. Кулик, А. Ф. Аксенов, Л. С. Яновский, С. В. Бойченко, А. И. Запорожец. – К.: НАУ, 2015. – 560 с.
70. Луканин В.Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда. Учеб. пособие для вузов / В.Н. Луканин, А.П. Буслаев, Ю.В. Трофименко. – М.: ИНФРА, 1998. – 408 с.
71. Луканин В. Н. Промышленно-транспортная экология: учебник для студ. вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко; под ред. В. Н. Луканина. – М.: Высшая школа, 2003. – 273 с.
72. Луканин В.Н. Снижение экологических нагрузок на окружающую среду при работе автомобильного транспорта / В.Н Луканин, Ю.В. Трофименко // ВИНТИ. Итоги науки и техники. Сер. Автомобильный и городской транспорт. - М.: 1996. - 339 с.
73. Лютко В. И. Применения альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. / В. И. Лютко, В. Н. Луканин, А. С. Хачиян. – М.: Мадии (ТУ), – 2000. – 311 с.
74. Майкова Е.В. Взаємовплив транспорту та природи / Е. В. Майкова. – К.: Графіко, 2006. – 364 с.
75. Маслов Н. Н. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов. / Н. Н. Маслов, Ю. И. Коробов. – М.: Транспорт, 1996. – 238 с.

76. Матвеева О. Л. Використання екологічно доцільних технологій для ліквідації нафторозливів / О. Л. Матвеева, Ю. Б. Бондарець // Экотехнологии, №12. , 2013. – С. 64-69.
77. Матвеева О.Л., Тихорська А.П. Дослідження ефективності очищення р. Рокач с.м.т. Гостомель від антропогенних забруднень // Наукоємні технології. – 2014. – №2 (22). – С. 258-261.
78. Матвеева О.Л., Чуйченко Л.М. Використання смуги зелених насаджень як акустичного екрана в зоні авіаційних підприємств// Наукоємні технології. – 2013. – №1 (17). – С. 100-104.
79. Матвеева О.Л., Чуйченко Л.М. Екологічна оцінка впливу електромагнітного випромінювання на техносферу в зоні авіаційних підприємств// Наукоємні технології. – 2013. – №1 (17). – С. 104-108.
80. Матейчик В.П. Информационная система мониторинга уровня загрязнения придорожной среды транспортными потоками / Матейчик В.П., Вайганг А.А., Смешек М. // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове фахове видання (друкована версія). - Харків : ХНАДУ. - 2013.- № 4. - С. 74-77.
81. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів монографія / В.П. Матейчик - К.: НТУ, 2006. - 216 с.
82. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. - Затв. Наказом Державного комітету статистики України № 452 від 13.11.2008.
83. Миркин Б. М. Поможет ли «биотопливный бум» устойчивому развитию / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, Р. М. Хазиахметов // Экология и жизнь. – 2008. – № 4. – С. 26-31.
84. Міщенко М. І. Загальний курс транспорту: навч. посіб. / М. І. Міщенко. – Донецьк: Норд-прес, 2010. – 323 с.
85. Міщенко М. І. Залізничний курс транспорту. / М. І. Міщенко, Д. В. Хімченко, І. Ф. Вороніна, Ф. М. Судак. – Донецьк: Норд-Прес, 2010. – 200 с.
86. Мірошніченко М. М. Стійкість ґрунту проти забруднення нафтою: параметри оцінки і механізми формування / М. М.

- Мірошниченко, Є. В. Панасенко, Л. М. Мірошниченко, В. І. Якушко // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2001. – Вип.61. – С. 176–185.
87. Мягченко О. П. Основи екології. Підручник. / О. П. Мягченко. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 312 с.
88. Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України. Науково-методичний посібник / За редакцією О. І. Лисенка, С. М. Чумаченка, Ю. І. Ситника. – К.: ННДЦ ОТ і ВБ України, 2006. – 424 с.
89. Немчинов М. В. Охрана окружающей природной среды при проектировании и строительстве автомобильных дорог: Учебное пособие. / М. В. Немчинов, В. Г. Систер, В. В. Силкин, В. В. Рудакова. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 280 с.
90. Нікітченко О. Ю. Конспект лекцій з дисципліни “Промислова екологія” (для студентів 3 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.170202 “Охорона праці”) / О. Ю. Нікітченко. – Харків: ХНАМГ, 2013. – 164 с.
91. Овчинникова И. Н. Экологический риск и загрязнение почв / И. Н. Овчинникова. – М., 2003. – 364 с.
92. Огняник Н. С. Эколого-гидрогеологический мониторинг территорий загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами / Н. С. Огняник, Н. К. Парамонова, А. Л. Брикс, Р. Б. Гаврилюк. – К.: LAT&K, 2013 – 254с.
93. Дідковський В. Г. Основи акустичної екології / В. Г. Дідковський, В. Я. Акименко, О. І. Запорожець та ін. – Кіровоград: ПВЦ ГОС «Імекс ЛТД», 2002. – 520 с.
94. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mtu.gov.ua/>.
95. Павлова Е. И. Экология транспорта: учебник для студ. вузов. / Е. И. Павлова. – М.: Высшая школа, 2006. – 344 с.
96. Парунакян В. Э. Общий курс транспорта / В. Э. Парунакян, М. В. Хара. – Мариуполь: Рената, 2010. – 223 с.
97. Пилипчук О. Я. Транспортна екологія: Методичні рекомендації для самостійного опрацювання матеріалу. – К.: ДЕДУТ, 2007. – 53 с.

98. Петрик М.П. Управління природоохоронною діяльністю. Підручник для студентів вищих навчальних закладів. - Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2007. - 316 с.
99. Промышленная экология: Учеб. пособие/ Под ред. В.В. Денисова.- М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007.- 720 с.
100. Радомська М. М. Авіаційна екологія: навч. Посібник. / М. М. Радомська, Л. М. Черняк, С. В. Бойченко, О. В. Рябчевський, Л. І. Павлюх. – К.: НАУ, 2014.– 152 с.
101. Сирийчик Т. Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу. / Т. Сирийчик, А Фугальські, Ч. Клімневич, М. Камола, Т. Дяченко, М. Пугачов, О. Філіпенко; за ред. Марчіна Свенчіцкі. – К.: Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки, 2010. – 102 с.
102. Солуха Б.В., Фукс Г.Б. Міська екологія: навч. посіб. – К: КНУБА, 2004 – 338 с.
103. Спиркин В. Г. Химмотология: учебное пособие. / В. Г. Спиркин, И. Р. Татур, Б. П. Тонконогов, С. В. Бойченко. – М.: 2015. – 250 с.
104. Сучасні принципи управління станом навколишнього середовища в процесах транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті / [Ю. В. Зеленько, С. В. Бойченко, Ю. В. Білокопитов, А. Л. Лещинська] // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – № 36. – С. 159–162.
105. Транспорт и окружающая среда: учеб. / М.М. Болбас, Е.Л. Савич, Г. М. Кухаренок, Р.Я. Пармон и др. - Мн.: Технопринт, 2003. - 262 с.
106. Тунік Т. М. Техноекологія Кіровоградщини. Навчальний посібник: Кіровоград. – КОРД, 2006. – 215 с.
107. Устенко М. О. Основні проблеми транспортної логістики. / М. О. Устенко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – № 29. – 2010. – С. 236–238.

108. Факторович А. А. Захист міст від транспортного шуму. / А. А. Факторович, Г. І. Постніков. – Київ: Будівельник, 1982 – 210 с.
109. Франчук Г.М., Дудар Т.В., Матвеева О.Л. Загальна екологія: Підручник. – К.: НАУ, 2014. – 320 с.
110. Франчук Г. М. Екологія, авіація і космос. / Г. М. Франчук, В. М. Ісаєнко. – К.: НАУ, 2009. – 294 с.
111. Франчук Г. М. Екологічні проблеми довкілля. / Г. М. Франчук, Л. П. Малахов, Р. М. Півторак Р. М. – К.: КМУЦА, 2000. – 180 с.
112. Хом'як Я. В. Автомобільні дороги та навколишнє середовище. / Я. В. Хом'як, В. Ф. Скорченко. – К: Вища школа, 1983 – 321 с.
113. Чернюк Л. Г. Транспорт і охорона навколишнього середовища в регіонах України. Монографія / Л. Г. Чернюк, Т. В. Пєпа, М. М. Чеховська: К.: Науковий світ, 2004. – 190 с.
114. Шабуров С. С. Экологическая безопасность автомобильных дорог. / С. С. Шабуров. – Иркутск: ИГТУ, 2006. – 265 с.
115. Шмандій В.М., Солошич І.О. Управління природоохоронною діяльністю. Навчальний посібник. - Київ: Центр навчальної літератури, 2004. - 296 с.
116. Яковлева А. В. Використання біокеросину з метою покращення екологічних характеристик роботи авіаційних двигунів / А. В. Яковлева, С. В. Бойченко // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков «ХАИ». 2012. – №7(94). – С. 60–64.
117. Яковлева А. В. Влияние качества авиационных топлив на безопасность полета и окружающую среду. / А. В. Яковлева, С. В. Бойченко, О. А. Вовк // Наука та інновації, НАН України. – 2013. – № 4. – Том 9. – С. 25–30.
118. Ямамото Акихиро. Экологические мероприятия и переработка отходов на транспорте // Yuso tenbo = Quart. J. Distrib. and Transp. — 2005. — № 244. — С.21—28
119. Яцківський Л. Ю. Загальний курс транспорту: Навчальний посібник. / Л. Ю. Яцківський, Д. В. Зеркалов. – К.: Арістей, 2007. – 554 с.

120. Aksenov A. F. Modern Paradigm and Prospects of Chemmotology Development / A. F. Aksenov, E. P. Seregin, L. S. Yanovskii, and S. V. Boichenko // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – № 4 (578). – 2013. – P. 13–20.
121. Boichenko S. V. Aviation Fuels and Lubricants: Manual / S. V. Boichenko, M. M. Zakharchuk. – K.: NAU, 2012. – 184 p.
122. Boychenko S. Quality and Ecological safety of motor fuels / S. Boychenko, O. Vovk, L. Chernyak, K. Akinina // Chemistry & Chemical Technology. – 2007. – № 6. – С. 109–115.
123. Bruce E. Logan Environmental Transport Processes / Bruce E. Logan . Wiley, 2012. – 482 p.
124. Eduardo Saez A. Environmental Transport Phenomena / A. Eduardo Saez, James C. Baygents. CRC Press, 2014. – 244 p.
125. Givoni Moshae. Moving Towards Low Carbon Mobility / Moshae Givoni, David Banister. – Edward Elgar Publishind Ltd, 2013. – 304 p.
126. Guisi Lofrano. Green Technologies for Wastewater Treatment. Energy Recovery and Emerging Compounds Removal / Guisi Lofrano. – Springer Netherlands, 2012. – 92 p.
127. Guterverkehr und Logistik // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bmvbs.de/Verkehr/_2828/Gueterverkehr-Logistik.htm.
128. Jone S. Guliver Transport and Fate of Chemicals in the Environment. Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology / Jone S. Guliver. Springer-Verlag New York, 2012. – 378 p.
129. June Hupe. ICAO's work on the environment / June Hupe // Aviation and the Tnvironment. Vol. 11. No. 44. PP. 23–26.
130. Stanley John. How Great Cities Happen / John Stanley, Janet Stanley, Roslyne Hadsen. – Edward Elgar Publishind Ltd, 2017. – 320 p.
131. The World Factbook // [Электронный ресурс]. – Режим досту пу : <http://www.cia.gov/library/publication/the-world-factbook>.

132. Yelda S. Urban Transportation and the Environment Issues, Alternatives and Policy Analysis / S. Yelda. – SprengerIndia, 2015. – 158 p.
133. Zabyshnyi Y.O. Influence of exhaust for air condition in cities / Y.O. Zabyshnyi, Y.M. Semchuk, V.M. Melnyk, B.V. Dolishniy // The scientific heritage. – Hungary, VOL 1, No 3 (3) (2016). – p. 28-34.
134. Zimmerman Rae. Transport, the Environment and Security. Making the Connection / Rae Zimmerman. – Edward Elgar Publishind Ltd, 2012. – 288 p.

ДОДАТОК

Таблиця Д.1

Джерела та склад шкідливих викидів під час виробничих процесів на експлуатаційних і ремонтних транспортних підприємствах

Дільниця	Виробничий процес	Обладнання, що використовується	Шкідливі речовини, що виділяються
1	2	3	4
Миття рухомого складу	Обмивання зовнішніх поверхонь	Механічне миття, шлангове миття	Пил, луги, поверховоактивні синтетичні речовини, нафтопродукти, кислоти, феноли
Технічне обслуговування та діагностика	Технічне обслуговування	Підйомнотранспортні механізми, оглядові ями, стенди, обладнання для заміни мастил, комплектуючих, системи витяжної вентиляції	CO, C _x H _y , NO _x , масляний туман, сажа, пил
Слюсарно-механічна дільниця	Слюсарні, розточні, сверлильні, стругальні роботи	Токарні, вертикальносверлильні, стругальні, фрезерні, шліфувальні, інші верстати	Абразивний пил, металева стружка, масляний туман, емульсії
Електро-технічна дільниця	Заточні, ізоляційні, обмоточні роботи	Заточні верстати, електролудильні ванни, обладнання для паяння, стенди для випробовувань	Абразивний та азбестовий пил, каніфоль, пари кислот

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4
Акумуляторна дільниця	Складальні та зарядні роботи	Ванни для промивання і очищення, зварювальне обладн., стелажі, системи вентиляції	Промивні розчини, пари кислот, електроліт, шлами, лужні аерозолі
Дільниця паливної апаратури	Регулювальні та ремонтні роботи з паливною апаратурою	Повірочні стенди, спеціальне оснащення, система вентиляції	Бензин, керосин, дизельне паливо, бензол, ганчір'я
Ковальсько-ресорна дільниця	Кування, закалювання, відгартування металевих виробів	Ковальське горно, термічні ванни, система витяжної вентиляції	Вугільний пил, оксиди вуглецю, азоту, сірки, забруднені стічні води
Мідницько-бляхарська дільниця	Різання, паяння, правка, формування по шаблонам	Ножиці по металу, обладнання для паяння, шаблони, система вентиляції	Пари кислот, наждачний та металевий пил та відходи
Зварювальна дільниця	Електродугове та газове зварювання	Обладнання для дугового зварювання, ацетиленокислотний генератор, система витяжної вентиляції	Мінеральний пил, зварювальний аерозоль, оксиди марганцю, азоту, хрому, хлористий водень, фториди
Арматурна дільниця	Різання скла, ремонт дверей, підлог, сидінь, внутрішнього оздоблення	Електричний та ручний інструмент, зварювальне обладнання	Пил, зварювальний аерозоль, деревна та металева стружка, металеві та пластмасові відходи

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4
Шпалерна дільниця	Ремонт і заміна зношених, пошкоджених сидінь, полиць, крісел	Швейні машини, розкрійні столи, ножі для крою і різання полотна	Пил мінеральний і органічний, відходи тканин і синтетичний матеріалів
Дільниця шиномонтажу і ремонту шин	Монтаж та демонтаж шин, ремонт покришок та камер, балансувальні роботи	Стенди для монтажу та демонтажу шин, обладнання для вулканізації, верстати для динамічного та статичного балансування	Мінеральний та резиновий пил, сірчистий ангідрид, пари бензину
Дільниця лакофарбових покриттів	Видалення старої фарби, знежирення, нанесення лакофарбових покриттів	Обладнання для пневматичного чи безповітряного розпилювання, ванни, сушильні камери, системи вентиляції	Пил мінеральний та органічний, пари розчинників, аерозолі фарб, забруднені стічні води
Дільниця обкатки двигунів	Холодна та гаряча обкатка двигуна	Стенд для обкатки, систем витяжної вентиляції	Оксиди вуглецю, азоту, вуглеводні, сажа, сірчистий ангідрид
Стоянки та місця відстою рухомого складу	Рух одиниць рухомого складу, очікування	Обладнана площадка відкритого чи закритого зберігання	Оксиди вуглецю, азоту, вуглеводні, сажа, сірчистий ангідрид
Склад ПММ	Отримання, зберігання та видавання ПММ	Тара та ємності для зберігання, вагове обладнання	Пари, рідкі розливи палив та мастил

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4
Дільниця механічної обробки деревини	Розпилювання стругання фрезерування свердління	Деревообробні верстати	Деревний пил, стружка, масляний туман, емульсії
Гальванічні дільниця	Нанесення металопокриттів	Електролітичні ванни	Кислоти, нікель, мідь, гідроксид натрію, хромовий ангідрид
Котельня	Теплопостачання	Водогрійні чи парові котли, живильні та рециркуляційні насоси, обладнання для хімоводоочищення	Попіл, пил, сажа, сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, вуглеводні, п'ятиокис ванадія

Таблиця Д.2

Основні напрямки та характеристики впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище

Фактор впливу	Характеристика впливу
1	2
Повітря	
<i>Автотранспорт, що рухається</i>	Забруднення повітря викидами двигунів, продуктів зносу деталей та шин, акустичне забруднення
<i>Земляне полотно</i>	Зміна температурного, вітрового, вологісного режиму біля високих насипів
<i>Дорожній одяг</i>	Забруднення продуктами зносу дорожнього покриття, пилом та сміттям з його поверхні. Додаткове акустичне забруднення через вплив на рівень шуму від шин.
<i>Дорожня інфраструктура</i>	Забруднення викидами котелень, додатковими викидами відпрацьованих газів в місцях стоянок, станцій техобслуговування, пунктах харчування.

Продовження таблиці Д.2

1	2
<i>Перетин доріг</i>	Додаткове забруднення викидами двигунів через організацію руху через перетини (зниження швидкості, зупинки)
<i>Ландшафт місцевості</i>	
<i>Всі інженерні споруди</i>	Вилучення територій під інженерні споруди, кар'єри, будівельні майданчики, під'їзні шляхи. Фрагментування території. Зміна рельєфу та флори. Естетичний вплив.
<i>Геологічні умови</i>	
<i>Земляне полотно, споруди мостових переходів та шляхопроводів</i>	Деформації в підстилаючих ґрунтах, ерозійні процеси на прилеглих територіях
<i>Дорожній одяг</i>	Передача вібрацій від транспортного потоку на прилеглі території
<i>Гідрогеологічні умови</i>	
<i>Земляне полотно</i>	Перешкоди стоку поверхневих вод, порушення режиму стоку підземних вод, осушування чи перезволоження прилеглих територій, аж до заболочення
<i>Водоперепускні та водовідвідні споруди</i>	Ерозія русел водотоків, процеси утворення рівчаків. Підтоплення територій з сторони набігаючого потоку
<i>Ґрунт</i>	
<i>Земляне полотно</i>	Забруднення продуктами ерозії земляного полотна
<i>Дорожній одяг</i>	Забруднення продуктами зношування дорожнього покриття та матеріалами, що використовуються для зимового догляду за дорогами
<i>Споруди інфраструктури</i>	Забруднення сміттям, побутовими відходами, нафтопродуктами

Продовження таблиці Д.2

1	2
Вода	
<i>Земляне полотно</i>	Забруднення річок та озер продуктами ерозії
<i>Дорожній одяг</i>	Забруднення водою продуктами зношування дорожнього покриття та автомобільних шин
<i>Водоперепускні та водовідвідні споруди</i>	Зміна режиму стоку в водотоках (швидкість течії, наноси, розмивання, каламутність води)
<i>Споруди інфраструктури</i>	Забруднення водою брудом, сміттям, нафтопродуктами, побутовими відходами
Рослинність	
<i>Земляне полотно</i>	Зміна умов життя в результаті зміни режиму зволоження, осушення, підтоплення території
<i>Дорожній одяг</i>	Зміна родючості ґрунтів, поява шкідливих хімічних речовин. Відкладення пилу на поверхні рослин та порушення фотохімічних процесів в них
<i>Водоперепускні та водовідвідні споруди</i>	Зміна умов життя через підтоплення при затримках води під час пропускання паводкових вод
<i>Споруди інфраструктури</i>	Витоптування та пошкодження рослинності водіями та пасажирями, робітниками об'єктів інфраструктури, зміна умов життя через переущільнення ґрунту та порушення умов стоку поверхневих вод
<i>Придорожня смуга</i>	Розповсюдження шкідників та хвороб при накопичуванні старих, хворих та мертвих рослин на прилеглій до дороги території
Тваринний світ	
<i>Земляне полотно</i>	Обмеження життєвих ареалів в результаті фрагментації території. Порушення шляхів міграції за відсутності спеціальних проходів для тварин

Продовження таблиці Д.2

1	2
<i>Дорожній одяг</i>	Перешкода для копитних тварин через високу міцність та гладкість поверхні. Перешкода для багатьох сухопутних видів через значну ширину, яка вимагає багато часу для переходу через дорогу
<i>Водоперепускні споруди</i>	Зміна умов проживання риб та інших водних організмів в результаті змін водного режиму та властивостей води
<i>Людина</i>	
<i>Всі споруди</i>	Загибель, каліцтва та травматизм під час дорожньо-транспортних пригод, погіршення умов роботи та відпочинку через забруднення повітря пилом, відпрацьованими газами, транспортний шум та вібрації

Таблиця Д.3

Основні напрямки та характеристики впливу процесів утримання та ремонту автомобільних доріг на навколишнє середовище

Фактор впливу	Характеристика впливу
1	2
<i>Повітря</i>	
<i>Вісі споруди</i>	Додаткове забруднення повітря викидами відпрацьованих газів дорожніх машин, додаткове акустичне забруднення
<i>Ґрунт</i>	
<i>Земляне полотно</i>	Забруднення придорожньої території матеріалами для ремонту та утримування доріг
<i>Дорожній одяг</i>	Засолення земель при понаднормативному використанні протиожеледних хімічних елементів
<i>Придорожня смуга</i>	Забруднення сміттям та техногенними предметами

Продовження таблиці Д.3

1	2
<i>Рельєф місцевості</i>	
<i>Об'єкти інфраструктури</i>	Відсутність чи неповне рекультивация земель, порушених при проведенні ремонтних робіт та робіт з утримання доріг
<i>Вода</i>	
<i>Дорожній одяг</i>	Забруднення поверхневих та ґрунтових вод в результаті використання протиожеледних реагентів
<i>Рослинність</i>	
<i>Придорожня смуга</i>	Порушення строків та технології вирубок, догляду, косіння трави
<i>Тваринний світ</i>	
<i>Придорожня смуга</i>	Погіршення умов проживання через шум дорожніх машин