

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

З Б І Р Н И К
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до практичних робіт з дисципліни
"Техноекологія"

Одеса-2008

Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни "Техноекологія" для студентів III курсу денної форми навчання за напрямом підготовки "Екологія". / Коріневська В.Ю., Шаніна Т.П., Андріанов А.М.. – Одеса: ОДЕКУ, 2008. – 69 с.

ЗМІСТ

Передмова	3
1 Визначення величин викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин, що утворюються при спалюванні палива в стаціонарних системах	4
1.1 Розрахунок показника емісії твердих частинок	6
1.2 Розрахунок показника емісії твердих частинок мазутної золи, що містить п'ятиоксид ванадію (V_2O_5), при спалюванні рідкого палива	10
1.3 Розрахунок показника емісії оксиду вуглецю (CO)	12
1.4 Розрахунок показника емісії оксидів сірки у перерахунку на диоксид сірки (SO_2)	15
1.5 Розрахунок показника емісії оксидів азоту (NO_x) у перерахунку на диоксид азоту (NO_2)	20
2 Визначення величин викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту	25
2.1 Особливості впливу автотранспорту на навколишнє середовище	25
2.2 Розрахунок величин викидів забруднюючих речовин від автотранспорту	29
3 Визначення величин викидів забруднюючих речовин від гальванічних виробництв	35
3.1 Механічна підготовка поверхні виробів	35
3.2 Підготовка поверхні деталей у розчинах	36
3.3 Хімічне та електрохімічне нанесення покриття	38
4 Визначення величин викидів забруднюючих речовин, що виділяються при проведенні зварювальних робіт	45
Додатки	52
Додаток А	53
Додаток Б	60

ПЕРЕДМОВА

"Техноекологія" – навчальна дисципліна, яка входить до циклу професійних і викладається при підготовці бакалаврів за напрямом «Екологія». Студенти повинні знати технологічні основи взаємодії з довкіллям базових галузей господарства та способи зниження антропогенного впливу на навколишнє середовище. Вивчення даної дисципліни засноване на знаннях, отриманих студентами при вивченні фундаментальних і спеціальних дисциплін: "Загальна екологія", "Фізика", "Хімія з основами біогеохімії", "Безпека життєдіяльності".

Метою даних методичних вказівок є формування у студентів достатнього об'єму знань і умінь в області екологічних аспектів існуючих і перспективних технологій виробництва та окремих технологічних процесів, знайомство з методиками розрахунків цих впливів, а також зі способами зниження антропогенного впливу. В результаті освоєння практичного розділу дисципліни «Техноекологія» студенти повинні вміти: кількісно оцінити вплив окремих технологічних процесів на компоненти навколишнього природного середовища, тобто провести розрахунок кількості забруднюючих речовин, що надходять до атмосферного повітря, та запропонувати спосіб зменшення техногенного впливу на навколишнє середовище з проведенням необхідних розрахунків.

Практичні роботи, що наведені в даних методичних вказівках, складають практичний модуль з дисципліни «Техноекологія» та оцінюються відповідно до робочої програми дисципліни.

Для виконання практичних робіт студенту необхідно ознайомитися з теоретичною частиною роботи та прикладами розрахунків, отримати індивідуальний варіант завдання у викладача, який проводить практичні заняття.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН ВИКИДІВ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ПАЛИВА В СТАЦІОНАРНИХ СИСТЕМАХ

В теплоенергетичних стаціонарних системах відбувається одержання тепла за рахунок спалювання органічного палива та наступне його перетворення в електричну енергію. Сировиною для роботи теплоенергетичних систем є паливо – це горючі речовини, основною складовою яких є вуглець. Найчастіше в якості палива використовуються такі горючі копалини: кам'яне вугілля, буре вугілля, нафта, природний газ, горючі сланці, торф. За рахунок їх спалювання одержують близько 75 % усієї енергії, що споживається.

Торф – геологічно наймолодша серед пальних копалин. Утворився із накопичень болотних рослин в умовах підвищеної вологості і недостатньої аерації. Торф – дуже гідрофільна речовина: у процесі сушіння об'ємна усадка досягає 50% первісного об'єму. Але вода в торфі не тільки заповнює капіляри, вона частково зв'язана з ним. Це заважає сушінню і перешкоджає механічному видаленню вологи. Вміст вуглецю в торфі зростає з підвищенням ступеня розкладання рослин. Зола торфу складається, головним чином, з Ca , Fe_2O_3 , Al_2O_3 та SiO_2 . В Україні основні родовища торфу зосереджені в Поліссі.

Вугілля буре – суміш у різному ступені перетворених залишків вищих наземних рослин, водоростей і організмів планктону. Вміст мінеральних домішок (зольність) бурого вугілля може бути більше 30%, вміст вологи близько 20%. Від торфу, з якого воно утворилося, відрізняється більшою однорідністю і відсутністю залишків рослин, що не розклалися. Запаси бурого вугілля в Україні зосереджені у Придніпровському буровугільному басейні.

Вугілля кам'яне – по запасах теплової енергії, що міститься в ньому, (разом із близькими йому антрацитами) займає основне місце серед пальних копалин. Кам'яне вугілля є одним із членів генетичного ряду твердих пальних копалин: торф - буре вугілля - кам'яне вугілля - антрацит. Вміст гігроскопічної вологи в кам'яному вугіллі знижується з ростом його метаморфізму від 7-9% до 0,2-0,4% . На території України кам'яне вугілля залягає у Донецькому та Львівсько-Волинському басейнах.

Якщо зольність вугілля більше 40%, то таке вугілля називають горючими сланцями. Основні складові золи кам'яного вугілля – оксиди Si , Fe , Al , зустрічаються деякі рідкі елементи – германій, ванадій, вольфрам, титан, і дорогоцінні метали – Au , Ag . Родовища горючих сланців є в Карпатах, на Поділлі, в Кіровоградській області (найбільше – Бовтиське родовище).

Нафта – пальна копалина, суміш вуглеводнів з іншими органічними сполуками (сірчистими, азотистими, кисневими). Нафта – найважливіше джерело рідкого палива, а також сировини для хімічної промисловості. Мазут – залишок після відгону з нафти бензину і гасу.

Гази природні пальні – природні суміші вуглеводнів різного складу. За способом видобутку підрозділяються на:

- власне природні гази, що добуваються з чисто газових родовищ, що практично не містять нафти;
- побіжні гази, розчинені в нафті і добуваються разом з нею;
- гази конденсатних родовищ;
- утримуючі гасові, іноді солярові фракції нафти.

За останні роки в Україні виявлено близько 150 нових нафтових, нафтогазових, газоконденсатних і газових родовищ. Родовища нафти і газу зосереджені в трьох регіонах: Карпатському, Дніпровсько-Донецькому, Причорноморсько-Кримському.

Класифікації палив:

- за агрегатним станом (тверді, рідкі, газоподібні);
- за походженням (природні і штучні, одержувані при переробці природних - кокс, моторні палива, газ коксовий і ін.)

Шкідливі домішки продуктів згоряння палива по походженню можна поділити на дві групи:

- домішки, утворення яких залежить від складу палива: SO_2 , V_2O_5 , зола;
- домішки, утворення яких залежить від технології спалювання палива: NO_x , CO, бенз(а)пірен.

Властивості палива визначаються його хімічним складом, пальною масою і баластом.

Хімічний склад палива прийнято записувати символами елементів: C, H, O, N, S. Для змісту золи і вологи прийняті позначення A та W.

Пальна маса – основні пальні складові: вуглець (теплота згоряння 34,4 МДж/кг), водень (143 МДж/кг), сірка (9,3 МДж/кг).

Валовий викид j -ї забруднюючої речовини (E_j), т, що надходить у атмосферу з димовими газами енергетичної установки при спалюванні палива i -го виду за проміжок часу T , визначається за формулою (1.1):

$$E_j = 10^{-6} \cdot k_{ji} \cdot B_i, \quad (1.1)$$

де k_{ji} – показник емісії j -ї забруднюючої речовини для i -го палива або питома величина викиду j -ї забруднюючої речовини при спалюванні i -го палива, г/ГДж;

B_i – витрата i -го палива за проміжок часу T , т.

Показники емісії основних забруднюючих речовин, що виділяються в атмосферне повітря при спалюванні палива, визначаються за формулами, наведеними в розділах 1.1 – 1.5.

Контрольні запитання

1. Що таке паливо та які його види отримали найбільше використання?
2. Які шкідливі домішки містяться у продуктах згоряння палива?
3. Як розрахувати величину викиду окремої забруднюючої речовини, що потрапляє в атмосферне повітря внаслідок спалювання палива в стаціонарних системах?
4. Що таке пальна маса палива?

1.1 Розрахунок показника емісії твердих частинок

Одним з основних продуктів згоряння палива є тверді домішки, основним джерелом утворення яких є непальні складові палива. Непальні речовини разом з вологою палива утворюють баласт палива. Мінеральні домішки, що характеризують зольність, присутні у виді силікатів (кремнезем, глинозем, глина), сульфідів (Fe), карбонатів (Ca, Mg, Fe), сульфатів (Ca, Mg), оксидів металів, фосфатів, хлоридів і інших солей лужних металів у різних сполученнях для різних родовищ.

Зольністю палива (A^r , %) називається відношення маси непальних матеріалів до маси палива. Зольність залежить від природи палива і якості його обробки перед спалюванням.

Розрізняють первинну золу – залишки мінеральних домішок, що входять до складу палива при його утворенні; вторинну золу – сторонні мінеральні речовини, рівномірно розподілені в пальній масі палива і поріддя – мінеральні речовини, що потрапили в паливо при його видобутку.

Вміст первинної золи в сухій масі палива не перевищує 1-1,5%, породи – 2-2,5%. Сумарна зольність деяких марок вугілля може перевищувати 40%, де основна частка належить вторинній золі.

Показник емісії забруднюючої речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (далі – твердих частинок) ($k_{\text{ТВ}}$) при спалюванні i -го

палива у котлах малої потужності (до 30 т/год) розраховується за формулою (1.2):

$$k_{\text{ТВ}} = 10^6 \cdot A^r \cdot \left(\frac{a_{\text{вин}}}{100 - \Gamma_{\text{вин}}} \right) \cdot (1 - \eta_{\text{зу}}), \quad (1.2)$$

де A^r – масовий вміст золи в паливі на робочу масу, %;

$a_{\text{вин}}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді леткої золи;

$\eta_{\text{зу}}$ – ефективність очищення димових газів від твердих частинок;

$\Gamma_{\text{вин}}$ – масовий вміст горючих речовин у викидах твердих частинок, %;

Вміст золи в паливі (A^r) є характеристикою виду палива, що спалюється, та визначається за даними табл. А.1, а параметр $a_{\text{вин}}/(100 - \Gamma_{\text{вин}})$, що характеризує технологічні умови спалювання i -го палива – за даними табл. А.2 (Додаток А).

Значення ефективності очищення димових газів від твердих частинок ($\eta_{\text{зу}}$) визначається за результатами останніх випробувань золоуловлювальної установки або за її паспортними даними. **Ефективність очищення димових газів від твердих частинок визначається як різниця між одиницею та відношенням масових концентрацій твердих частинок після і до проходження потоком викидів золоуловлювальної установки** (табл. А.3). Для видалення твердих частинок з викидів теплоелектростанцій використовують наступні методи очистки (золоуловлювальні пристрої):

- сухі (пилоосаджувальні камери, інерційні золоуловлювачі, циклони);
- мокрі (скрубери);
- фільтрація (тканинні, шаруваті, зернисті фільтри);
- електрофільтрація (електрофільтри).

Вловлена зола може бути використана при виробництві цементу, залізобетонних конструкцій, в дорожньому будівництві, в якості добрив у сільському господарстві. В майбутньому зола може бути джерелом отримання деяких металів (магнію, хрому, титану та ванадію), а також гідритів для одержання водню.

Слід зазначити, що тверді частинки в атмосферному повітрі мають як природне, так і антропогенне походження.

Тверді частинки в атмосферному повітрі здійснюють негативний вплив на людину (органи дихання), рослинний та тваринний світ. Поглинаючи сонячну радіацію, тверді частинки впливають на термічний режим атмосфери та земної поверхні. Сажа з усіх складових атмосферного аерозолі найбільш поглинає сонячну радіацію у широкому діапазоні

хвиль. Якби частинки сажі, що містяться у повітрі, рівномірно осіли на земну поверхню, то вона б покрилася шаром сажі товщиною 2 мм з альбедо усього лише 2 %. В дійсності, основна маса сажі, що потрапляє в атмосферне повітря, вимивається опадами. Сажа, що випала на сніговий покрив, зберігається на ньому тривалий час і зменшує альбедо снігу до 30-50 % (альбедо чистого снігу дорівнює 100 %), що спричиняє прискорення його танення.

Контрольні запитання

1. Що таке пальна маса та баласт палива?
2. Що таке зольність палива? Які види золи містить паливо?
3. Від чого залежить кількість твердих частинок, що надходять в атмосферу внаслідок спалювання палива в стаціонарних системах?
4. Як розрахувати показник ефективності роботи золоуловлювальної установки?
5. Які методи очищення димових газів викидів застосовуються для вилучення твердих частинок?
6. Де може бути використана вловлена зола?
7. Які екологічні наслідки перебування твердих частинок в атмосферному повітрі?

Завдання до самостійної роботи

1. Ознайомитися з теоретичними основами визначення кількості твердих частинок, що потрапляють в атмосферу внаслідок спалювання палива у стаціонарних системах.

2. Розрахувати величини викидів твердих частинок, що утворюються при спалюванні різних видів палива в стаціонарних енергетичних установках. Теоретичні основи проведення розрахунку наведені у п. 1.1. Вихідні дані для розрахунку містяться в табл. Б.1 (Додаток Б).

3. Проаналізувати вплив окремих факторів (вид палива, тип топки, тип золоуловлювача) на величину викиду твердих частинок в атмосферне повітря.

Приклад розрахунків

Завдання. Визначити кількість твердих частинок, що надходить в атмосферне повітря разом із димовими газами енергетичної установки внаслідок спалювання кам'яного вугілля Донецького басейну марки ТР. Витрати палива становлять 500 т/рік та 120 кг/год (або 33,3 г/с). Тип топки: шахтна. Для очищення викиду встановлений електрофільтр УГЗ. Спостереження за вмістом пилу в викидах показали, що концентрація твердих частинок в димових газах, що відходять від котлоагрегату, становить 26 мг/м³, а після проходження електрофільтру – 0,8 мг/м³.

Рішення. За даними табл. А.1. зольність цієї марки кам'яного вугілля (A^r) дорівнює 25 %. Для шахтної топки значення показника $a_{\text{вин}}/(100 - \Gamma_{\text{вин}}) = 0,0019$ (згідно з табл. А.3). Виходячи з результатів спостережень за вмістом твердих частинок у викидах до та після проходження ними золоуловлювальної установки, ефективність очищення електрофільтром УГЗ викиду від твердих частинок ($\eta_{\text{зу}}$) становить:

$$\eta_{\text{зу}} = 1 - \frac{0,8}{26,0} = 0,97.$$

Тоді за формулою (1.2) показник емісії твердих частинок ($k_{\text{ТВ}}$) при спалюванні кам'яного вугілля становить:

$$k_{\text{ТВ}} = 10^6 \cdot 25 \cdot 0,0019 \cdot (1 - 0,97) = 0,001425 \cdot 10^6 \text{ г/ГДж}.$$

За формулою (1.1), величина викиду твердих частинок, що потрапляють в атмосферне повітря при спалюванні кам'яного вугілля марки ТР в котлі енергетичної установки, становитиме:

$$E_{\text{мч}} = 10^{-6} \cdot 0,001425 \cdot 10^6 \cdot 500 = 0,7125 \text{ т/рік};$$

$$E_{\text{мч}} = 10^{-6} \cdot 0,001425 \cdot 10^6 \cdot 33,3 = 0,0474 \text{ г/с}.$$

1.2 Розрахунок показника емісії мазутної золи, що містить п'ятиоксид ванадію (V_2O_5), при спалюванні рідкого палива

Під час спалювання в енергетичній установці мазуту утворюються сполуки важких металів, які є складовими мазутної золи. Сполуки ванадію відносяться до основних складових мазутної золи. Тому величину викиду п'ятиоксиду ванадію прийнято за контрольний параметр шкідливої дії мазутної золи на довкілля.

За наявності даних про вміст мазутної золи в паливі визначення *показника емісії мазутної золи* ($k_{V_2O_5}$) здійснюється за формулою (1.3):

$$k_{V_2O_5} = C_{V_2O_5} \cdot (1 - \eta_{oc})(1 - \eta_{zy(V_2O_5)}), \quad (1.3)$$

де $C_{V_2O_5}$ – масовий вміст мазутної золи у паливі (визначається за даними табл. А.4);

η_{oc} – частка мазутної золи, яка осідає з суспендованими твердими частинками на поверхнях нагріву котлів. Для котлів з проміжними пароперегрівачами, очищення поверхні яких проводиться у зупиненому стані $\eta_{oc} = 0,07$, а для котлів без проміжних пароперегрівачів за тих самих умов очищення $\eta_{oc} = 0,05$.

$\eta_{zy(V_2O_5)}$ – ефективність уловлювання мазутної золи золоуловлювальною установкою.

Контрольні запитання

1. Чому кількість п'ятиоксиду ванадію прийнято за контрольний параметр шкідливої дії мазутної золи?
2. Як розрахувати показник емісії мазутної золи, що містить п'ятиоксид ванадію?

Завдання до самостійної роботи

1. Ознайомитися з теоретичними основами визначення кількості п'ятиоксиду ванадію, що потрапляє в атмосферу внаслідок спалювання палива у стаціонарних системах.

2. Розрахувати величини викидів мазутної золи, що містить п'ятиоксид ванадію (V_2O_5), при спалюванні рідкого палива. Теоретичні основи проведення розрахунку наведені у п. 1.2. Вихідні дані для розрахунку містяться в табл. Б.2 (Додаток Б). Вміст мазутної золи для різних марок мазуту наведений у табл. А.2 (Додаток А).

Для парних варіантів розрахунок проводиться для котлів з проміжними пароперегрівачами, очищення поверхні яких проводиться у зупиненому стані; для непарних – для котлів без проміжних пароперегрівачів за тих самих умов очищення.

3. Проаналізувати вплив окремих факторів (вид палива та тип золоуловлювача) на величину викиду мазутної золи в атмосферне повітря.

Приклад розрахунків

Завдання. Визначити величину викиду мазутної золи, що містить п'ятиоксид ванадію (V_2O_5), при спалюванні високосірчистого мазуту марки 40 в котлоагрегаті з проміжними пароперегрівачами, очищення поверхні якого проводиться у зупиненому стані. Енергетична установка обладнана циклоном ЦН-15 для уловлення твердих частинок викиду. Показники ефективності роботи циклону ЦН-15: вміст твердих частинок у димових газах викидів до очищення становить 40 мг/м^3 , а після очищення – $0,10 \text{ мг/м}^3$. Витрата палива становить 800 т/рік ; 450 кг/год (125 г/с).

Рішення. За даними табл. А.2 визначаємо вміст мазутної золи у високосірчистому мазуті марки 40: $C_{V_2O_5} = 600 \text{ мг/кг}$. Коефіцієнт осідання частинок мазутної золи на поверхні нагріву котла з проміжними пароперегрівачами $\eta_{oc} = 0,07$. Ефективність очищення викидів від мазутної золи, що містить п'ятиоксид ванадію $\eta_{zv(V_2O_5)}$, дорівнює:

$$\eta_{zv(V_2O_5)} = 1 - \frac{0,1}{40} = 0,998.$$

Тоді за формулою (1.3) значення показника емісії мазутної золи, що містить п'ятиоксид ванадію, ($k_{V_2O_5}$), дорівнюватиме:

$$k_{V_2O_5} = 600 \cdot (1 - 0,07) \cdot (1 - 0,998) = 1,12 \text{ г/ГДж}$$

За формулою (1.1) величина викиду мазутної золи, що містить п'ятиоксид ванадію, при спалюванні високосірчистого мазуту марки 40 в котлоагрегаті, становитиме:

$$E_{V_2O_5} = 10^{-6} \cdot 1,12 \cdot 800 = 0,896 \cdot 10^{-3} \text{ т/рік};$$

$$E_{V_2O_5} = 10^{-6} \cdot 1,12 \cdot 125,0 = 0,140 \cdot 10^{-3} \text{ г/с}.$$

1.3 Розрахунок показника емісії оксиду вуглецю (CO)

Оксид вуглецю (CO), що у побуті має назву чадного газу, – найбільш розповсюджена домішка атмосферного повітря. В атмосферу CO надходить у результаті неповного згоряння органічних речовин, а також виділення його мікроорганізмами, рослинами, тваринами та людиною. Оксид вуглецю також надходить в атмосферу у складі вулканічних газів (до 5,6 %) та болотного газу (до 13 %), в результаті лісових та степових пожеж. Істотним джерелом CO може бути окислення метану біологічного походження. Окрім того, CO надходить в атмосферу в період пророщування насіння та росту сіянців.

Антропогенні джерела CO поділяються на промислові та побутові. До останніх відноситься: неповне згоряння палива в печах, несправність газопроводів, газової апаратури, пожежі, тютюновий дим.

Промислові джерела CO:

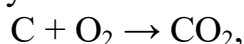
- спалювання органічного палива в енергетичних установках;
- тління териконів поблизу шахт;
- в хімічній промисловості: установки каталітичного крекінгу, при виробництві аміаку конверсійним способом, формаліну, соди, синтезу вуглеводнів, метилового спирту, мурашиної та щавлевої кислот, метану тощо;
- виробництво та переробка синтетичних волокон;
- цегельні та цементні заводи, керамічна промисловість;
- виробництво коксу в доменних цехах;
- виробництво технічного вуглецю;
- виробництво сталі на металургійних підприємствах;
- газове зварювання з використанням CO₂;
- автотранспорт, що викидає більше половини CO антропогенного походження (56-62 %);
- дизельні двигуни тепловозів, двигуни літаків.

Середня тривалість перебування СО в атмосфері – біля 2 місяців. Повітряним потоком СО підіймається у стратосферу, де окислюється до СО₂, а також взаємодіє з гідроксильними радикалами з утворенням формальдегіду і бере участь у відновленні ННО₃ до NO₂.

Оксид вуглецю поглинається ґрунтовими грибками та мікроорганізмами, які окислюють його до СО₂, а також використовують для синтезу сірководню та метану. Рослини поглинають СО, окислюючи його до СО₂. Деякі морські водорості накопичують до 5 % оксиду вуглецю.

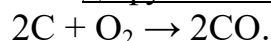
При горінні твердих часток палива спостерігаються дві ситуації.

На поверхні твердих часток палива доступ повітря до місця реакції необмежений, реакція йде по типу

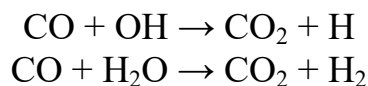


і швидкість горіння визначається кінетикою хімічної реакції – кінетичний режим горіння;

Під поверхнею твердої частки кисню для повного окислювання недостатньо, швидкість реакції горіння визначається швидкістю дифузії кисню до місця реакції. Реалізується дифузійний режим горіння



Подальше окислювання СО у топках не грає помітної ролі через дуже малу швидкість реакції. Основна реакція, по якій вигорає СО – його реакція з гідроксидом:



Тому добавки пари і води сприяють зниженню виходу СО і додатковому одержанню енергії.

Показник емісії оксиду вуглецю (k_{CO}), г/ГДж при спалюванні органічного палива визначається за формулою (1.4):

$$k_{\text{CO}} = (k_{\text{CO}})_0 \cdot Q_i^r \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (1.4)$$

де $(k_{\text{CO}})_0$ – узагальнений показник емісії СО при відсутності механічного недопалу, г/ГДж;

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння i -го палива, МДж/кг (табл. А.1);

q_4 – втрати теплоти через механічний недопал, %. Значення q_4 при спалюванні пилоподібного твердого палива з твердим шлаковидаленням приймаються для:

- антрацитів – 6 %;
- кам'яного вугілля – 1,25 %;

- бурого вугілля, торфу, сланців – 0,75 %.

Для рідкого та газоподібного палива q_4 дорівнює нулю.

Значення узагальненого показника емісії оксиду вуглецю залежно від виду палива, потужності енергетичної установки та технології спалювання визначаються з табл. А.2 (Додаток А).

СО – виключно агресивний газ, що легко з'єднується з гемоглобіном, при цьому утворюється карбоксигемоглобін, який не здатний здійснювати перенесення кисню до клітин, внаслідок чого розвивається гемічна гіпоксія. При підвищеному вмісті карбоксигемоглобіну в крові (понад норму, що дорівнює 0,4%), відбувається:

1) погіршення гостроти зору і здатності оцінювати тривалість інтервалів часу (такі прояви спостерігаються при годинній експозиції на вулицях з інтенсивним рухом, перехрестях, де спостерігаються високі концентрації СО (10-50 мг/м³);

2) порушення деяких психомоторних функцій головного мозку (при вмісті СО в крові 2-5%);

3) зміна діяльності серця і легенів (при вмісті більше 5%) головні болі, сонливість, спазми, порушення дихання і смерть (при вмісті 10-80%).

Контрольні запитання

1. Основні джерела потрапляння оксиду вуглецю в атмосферне повітря.
2. Які особливості утворення СО при спалюванні палива?
3. Від чого залежить кількість СО, що утворюється при спалюванні палива в котлах енергетичних установок?
4. Який вплив справляє на людину СО?

Завдання до самостійної роботи

1. Ознайомитися з теоретичними основами визначення кількості оксиду вуглецю, що потрапляє в атмосферу внаслідок спалювання палива у стаціонарних системах.

2. Розрахувати величини викидів оксиду вуглецю, що утворюється при спалюванні різних видів палива в котлах енергетичних установок. Теоретичні основи проведення розрахунку наведені у п. 1.3. Вихідні дані для розрахунку містяться в табл. Б.3 (додаток Б).

3. Проаналізувати вплив окремих факторів (вид палива та тип топки) на величину викиду СО в атмосферне повітря.

Приклад розрахунків

Завдання. Визначити величину викиду оксиду вуглецю, що утворюється при спалюванні антрациту Донецького басейну марки ПАРШ у шахтній топці енергетичної установки. Витрати палива: 60 т/рік; 25 кг/год (6,94 г/с).

Рішення. З табл. А.1 знаходимо значення нижчої робочої теплоти згоряння антрациту марки ПАРШ $Q_i' = 24,03$ МДж/кг; втрати теплоти через механічний недопал q_4 для антрацитів становлять 6 %. Для топки шахтного типу, в якій спалюється тверде паливо – антрацит, значення узагальненого показника емісії СО при відсутності механічного недопалу, згідно табл. А.3, $(k_{CO})_0 = 2000$ г/ГДж. Отже, за формулою (1.4) знаходимо значення показника емісії оксиду вуглецю при спалюванні антрациту:

$$k_{CO} = 2000 \cdot 24,03 \cdot \left(1 - \frac{6}{100}\right) = 45,176 \cdot 10^3 \text{ г/ГДж.}$$

Тоді величина викиду оксиду вуглецю, що утворюється при спалюванні антрациту ПАРШ в топці шахтного типу, дорівнюватиме (формула (1.1)):

$$E_{CO} = 10^{-6} \cdot 45,176 \cdot 10^3 \cdot 60 = 2,71 \text{ т/рік;}$$

$$E_{CO} = 10^{-6} \cdot 45,176 \cdot 10^3 \cdot 6,94 = 0,31 \text{ г/с.}$$

1.4 Розрахунок показника емісії оксидів сірки у перерахунку на диоксид сірки (SO₂)

Диоксид сірки або сірчистий газ (SO₂) є другою по масі забруднюючою атмосферне повітря речовиною. Основною причиною існування SO₂ в атмосфері є спалювання палива, в першу чергу, вугілля, оскільки будь-яке паливо містить у своєму складі сірку. Сірка міститься в паливі в 3-х видах: органічна (у складі складних сполук), колчеданна (у з'єднаннях з Fe й іншими металами) і сульфатна.

При розчиненні SO_2 утворюється сірчиста кислота (H_2SO_3). В атмосфері сірчистий газ окислюється киснем повітря до SO_3 , який, потрапляючи у воду, перетворюється на сірчану кислоту (H_2SO_4). Домішки заліза та марганцю в атмосфері каналізують реакцію окислення. Також відбувається фотохімічне окислення сірчистого газу під дією сонячного світла.

Кількість сполучень сірки у паливі залежить від його виду та місця видобутку. У нафті сірка практично повністю входить до складу органічних сполук, у вугіллі половина сполук сірки є органічними, а інша – це неорганічна сірка, що розподілена у паливі в вигляді дрібних кристалів піриту, сульфатів заліза, магнію, кальцію та ін.

Показник емісії оксидів сірки SO_2 та SO_3 , у перерахунку на диоксид сірки SO_2 , (k_{SO_2}), г/ГДж, які надходять у атмосферу з димовими газами енергетичних установок, розраховується за формулою (1.5):

$$k_{\text{SO}_2} = 2 \cdot 10^4 \cdot S^r \cdot (1 - \eta_I) \cdot (1 - \eta_{II} \beta), \quad (1.5)$$

де S^r – вміст сірки в паливі на робочу масу, %;

η_I – ефективність зв'язування сірки золою або сорбентом у енергетичній установці;

η_{II} – ефективність очистки димових газів від оксидів сірки;

β – коефіцієнт роботи сіркоочисної установки.

Масовий вміст сірки в робочій масі потрібно визначати під час технічного аналізу палива відповідно до ГОСТ 27313-95 (ISO 1170-77). Орієнтовний вміст сірки у паливі наведений в табл. А.1 (Додаток А). Зменшити забруднення атмосфери оксидами сірки можна, якщо використовувати в якості палива знесірчаний природний газ або очищене від сірки вугілля. Фізичними засобами відокремлюють неорганічну, головним чином, піритну сірку. Для вилучення органічної сірки застосовують хімічну та мікробіологічну обробку вугілля. При спалюванні мазуту з високим вмістом сірки використовують хімічні домішки (наприклад, дісульфурол), які очищують викид від сполук сірки та знижують корозію котлів та топочних приладів.

Ефективність зв'язування оксидів сірки золою або сорбентом у енергетичній установці η_I залежить від технології спалювання та хімічного складу палива, яке спалюється, і типу сорбенту. Під час спалювання твердого палива, до мінеральної складової якого входять сполуки лужних та лужноземельних металів, відбувається часткове зв'язування сірки з утворенням сульфатів або сульфідів. Їх подальше вилучення відбувається за допомогою вологих золоуловлювачів. Для зрошення використовують

водні розчини луг або вапнову суспензію. Під час спалювання твердого палива за технологіями киплячого шару подача сорбенту разом з паливом забезпечує ефективне зв'язування сірки в топці енергетичної установки. За відсутності даних для енергетичної установки про ефективність зв'язування сірки в топковому просторі значення η_I для різних технологій спалювання палива приймаються згідно з табл. А.5 (Додаток А). Або в залежності від виду палива η_I дорівнює: для горючих сланців – 0,5; для торфу – 0,15; для вугілля – 0,1; для мазуту – 0,02.

Димові гази можуть бути очищені від оксидів сірки в сіркоочисних установках шляхом застосування технологій десульфуризації димових газів з різною ефективністю очищення η_{II} . Коефіцієнт роботи сіркоочисної установки β визначається як відношення часу роботи сіркоочисної установки до часу роботи енергетичної установки. Значення ефективності сіркоочищення димових газів та коефіцієнта роботи сіркоочисної установки за різними технологіями десульфуризації приймаються згідно з табл. А.6 (Додаток А).

До установок десульфуризації димових газів відносяться і деякі види золоуловлювальних установок. Для електростатичних фільтрів та циклонів (тобто сухих методів очищення) ефективність уловлення оксидів сірки є незначною і дорівнює нулю. Для мокрих золоуловлювальних установок (мокрих скрубєрів типу МС та МВ) величина η_{II} залежить від загальної лужності води на зрошення та від вмісту сірки в паливі (S'). Приведений вміст сірки визначається як відношення масового вмісту сірки на робочу масу палива до нижчої робочої теплоти згоряння палива ($S' = S''/Q_i'$). Визначити η_{II} можна за допомогою рис. А.1 або табл. А.7 (Додаток А) в залежності від приведеної сірчистості палива та лужності зрошувальної води.

Разом з масами повітря двоокис сірки може переноситися вітром на великі відстані (понад 200 км від промислових зон). Оксиди сірки виводяться з атмосфери разом з опадами у вигляді так званих «кислотних дощів», які ушкоджують трав'янисті фітоценози, руйнують і замислюють ґрунт, забруднюють поверхні водойм, отруюючи живі організми, призводять до корозії матеріалів та споруд. Сірчистий газ має властивості подразнюючого чинника, в основному він справляє дію на дихальну систему людини, викликаючи роздратування слизових оболонок бронхів і верхніх дихальних шляхів, кашель. Існує залежність між частотою захворюваності дітей легеневою недостатністю і вмістом SO_2 в повітрі крупних промислових міст.

Контрольні запитання

1. Які процеси перетворення диоксиду сірки відбуваються в атмосфері?
2. Вплив окремих факторів спалювання палива в котлах на величину викиду SO_2 .
3. Особливості вмісту сірки у паливі.
4. Які існують методи щодо зниження величини викиду сполук сірки в атмосферне повітря?
5. Екологічні наслідки потрапляння сполук сірки в атмосферне повітря.

Завдання до самостійної роботи

1. Ознайомитися з теоретичними основами визначення кількості диоксиду сірки, що потрапляє в атмосферу внаслідок спалювання палива у стаціонарних системах.

2. Розрахувати величини викидів оксидів сірки (у перерахунку на SO_2), що утворюється при спалюванні різних видів палива в котлах енергетичних установок. Теоретичні основи проведення розрахунку наведені у п. 1.4. Вихідні дані для розрахунку містяться в табл. Б.4 (Додаток Б). Для парних варіантів розрахунок провести за умови застосування твердого шлаковидалення при спалюванні вугілля в котлах; для непарних – за умови рідкого шлаковидалення (табл. А.5). Розрахунок величини викиду SO_2 провести за умов застосування:

1) технології десульфуризації димових газів (згідно варіанту);
2) мокрого скрубера з лужністю зрошувальної води 0; 5 та 10 мг-екв/дм³ (табл. А.7).

3. Проаналізувати вплив окремих факторів (вид палива, тип установки очищення димових викидів від сполук сірки, лужність зрошувальної води у вологому скрубєрі) на величину викиду SO_2 в атмосферне повітря.

Приклад розрахунків

Завдання. Визначити величину викиду оксидів сірки (у перерахунку на SO_2), що утворюються при спалюванні бурого вугілля

Олександрійського басейну марки Б1 в котлі енергетичної установки з рідким шлаковидаленням та застосуванням каталітичного очищення димових газів від оксидів сірки. Витрати палива: 80 т/рік; 28 кг/год (7,78 г/с).

Рішення. З табл. А.1. знаходимо вміст сірки у бурому вугіллі марки Б1: $S^r = 3,3 \%$. Згідно табл. А.5. ефективність зв'язування сірки золою або сорбентом у енергетичній установці при спалюванні вугілля та рідкому шлаковидаленні $\eta_I = 0,05$. Ефективність та коефіцієнт роботи каталітичної сіркоочисної установки (табл. А.6) дорівнюють: $\eta_{II} = 0,95$; $\beta = 0,99$. Тоді за формулою (1.5) показник емісії оксидів сірки SO_2 та SO_3 , у перерахунку на диоксид сірки SO_2 , дорівнює:

$$k_{SO_2} = 2 \cdot 10^4 \cdot 3,3 \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,95 \cdot 0,99) = 0,376 \cdot 10^4, \text{ г/ГДж}$$

Тоді, за формулою (1.1), величина викиду оксидів сірки (у перерахунку на SO_2), що утворюється при спалюванні бурого вугілля марки Б1 за умов застосування каталітичного очищення димових газів від оксидів сірки, дорівнюватиме:

$$E_{SO_2} = 10^{-6} \cdot 0,376 \cdot 10^4 \cdot 80 = 0,30 \text{ т/рік};$$

$$E_{SO_2} = 10^{-6} \cdot 0,376 \cdot 10^4 \cdot 7,78 = 0,029 \text{ г/с}.$$

Якщо у даному випадку для очищення викидів від оксидів сірки застосовується вологий золоуловлювач (скруббер), то значення показника ефективності роботи установки знаходимо за допомогою табл. А.7 або рис. А.1 в залежності від лужності зрошувальної води та наведеної сірчистості палива S^r , що для бурого вугілля марки Б.1 дорівнюватиме (значення Q_i^r береться з табл. А.1 і дорівнює 10,05 МДж/кг): $S^r = 3,3/10,05 = 0,328$. Так при лужності 5 мг-екв/дм³ $\eta_{II} = 0,014$ (рис. А.1). Прийmemo значення $\beta = 0,99$. Тоді

$$k_{SO_2} = 2 \cdot 10^4 \cdot 3,3 \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,014 \cdot 0,99) = 6,18 \cdot 10^4, \text{ г/ГДж},$$

а відповідні значення величини викиду оксидів сірки становитимуть:

$$E_{SO_2} = 10^{-6} \cdot 6,18 \cdot 10^4 \cdot 80 = 4,94 \text{ т/рік};$$

$$E_{SO_2} = 10^{-6} \cdot 6,18 \cdot 10^4 \cdot 7,78 = 0,48 \text{ г/с}.$$

1.5 Розрахунок показника емісії оксидів азоту (NO_x) у перерахунку на діоксид азоту (NO_2)

Об'ємна величина викидів оксидів азоту промисловими підприємствами та транспортом мало відрізняється від об'ємів емісії сірчистого газу, однак у глобальному масштабі кількість оксидів азоту, що беруть участь у природному циклі, значно вища, ніж об'єм антропогенних викидів. Біля 90 % оксидів азоту утворюється внаслідок спалювання палива.

Оксиди азоту утворюються по трьох механізмах:

- паливному, залежному від вмісту азоту в паливі і від надлишку повітря,
- швидкому, діючому на початку зони горіння, у результаті взаємодії радикалів палива з азотом повітря. Вихід NO_x слабо залежить від температури, а сильно – від структури молекул палива,
- термічному, у результаті термічної дисоціації молекул кисню й азоту повітря і наступному окислюванні азоту киснем. Вихід NO_x значно залежить від температури.

Під час спалювання органічного палива утворюються оксиди азоту (оксид азоту NO та діоксид азоту NO_2), викиди яких визначаються в перерахунку на NO_2 .

Показник емісії оксидів азоту у перерахунку на NO_2 (k_{NO_x}), г/ГДж, з урахуванням заходів скорочення величини викиду розраховується як:

$$k_{\text{NO}_x} = (k_{\text{NO}_x})_0 f_n \cdot Q_i^r \cdot (1 - \eta_I)(1 - \eta_{II}\beta), \quad (1.6)$$

де $(k_{\text{NO}_x})_0$ – узагальнений показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду, г/ГДж;

f_n – ступінь зменшення викиду NO_x під час роботи на низькому навантаженні;

η_I – ефективність первинних (режимно-технологічних) заходів скорочення викиду;

η_{II} – ефективність вторинних заходів (азотоочисної установки);

β – коефіцієнт роботи азотоочисної установки.

Значення узагальненого показника емісії оксидів азоту під час спалювання органічного палива за різними технологіями без урахування заходів щодо скорочення викиду NO_x визначається згідно з табл. А.8 (Додаток А).

Під час роботи енергетичної установки на низькому навантаженні зменшується температура процесу горіння палива, завдяки чому скорочується викид оксидів азоту. Ступінь зменшення викиду NO_x при цьому визначається за емпіричною формулою (1.7):

$$f_n = (Q_\phi / Q_n)^z, \quad (1.7)$$

де Q_ϕ – фактична теплова потужність енергетичної установки, МВт;
 Q_n – номінальна теплова потужність енергетичної установки, МВт;
 z – емпіричний коефіцієнт, який залежить від виду енергетичної установки, її потужності, типу палива тощо.

Емпіричний коефіцієнт z визначається під час випробувань енергетичної установки. За їх відсутності значення z приймається: для твердого палива – 1,15; для природного газу та мазуту – 1,25.

Первинні (режимно-технологічні) заходи спрямовані на зменшення утворення оксидів азоту в топці або камері згоряння енергетичної установки. До цих заходів відносяться: використання малотоксичних пальників, ступенева подача повітря та палива, рециркуляція димових газів тощо. Значення ефективності застосування первинних заходів η_I , як окремих, так і їх комбінацій, визначаються за результатами випробувань енергетичної установки після їх впровадження і затверджуються відповідними актами. Орієнтовні значення ефективності первинних заходів зменшення викиду оксидів азоту наведено в табл. А.9 (Додаток А).

За неможливості досягти за допомогою первинних заходів допустимої концентрації оксидів азоту в димових газах, для їх очищення від NO_x використовують азотоочисну установку. Значення ефективності η_{II} та коефіцієнта роботи азотоочисної установки (відношення часу роботи азотоочисної установки до часу роботи енергетичної установки) визначаються під час випробувань, а за їх відсутності — згідно з табл. А.10 (Додаток А).

Наслідками підвищеного вмісту NO_2 в повітрі є: збільшення показників загальної смертності (особливо від серцево-судинних захворювань), збільшення захворюваності астмою, пневмонією, легеневи́ми і респіраторними захворюваннями. Забруднення повітря азотовмісними з'єднаннями створює несприятливі умови для імунної системи. Високий вміст оксидів азоту в повітрі збільшує сприйнятливість до вірусних захворювань.

При взаємодії з водяною парою NO_2 перетворюється на азотну кислоту, присутність якої в повітрі несприятливо впливає на живі

організми, і разом з сірчаною і сірчистою кислотою, призводить до зменшення рН опадів (тобто до їх підкислення). Оксиди азоту, що з'єднуються, за участю ультрафіолетової сонячної радіації, з вуглеводнями, утворюють пероксиацетилнітрат (ПАН) і інші фотохімічні окислювачі, зокрема пероксибензоїлнітрат (ПБН), озон, перекис водню. Ці окислювачі – складові фотохімічного смогу, повторюваність якого велика в сильно забруднених містах. Всі окислювачі, в першу чергу ПАН і ПБН, сильно подразнюють та викликають запалення очей, а в комбінації з озоном подразнюють носоглотку, приводять до спазмів грудної клітки, при високій концентрації (понад 3-4 мг/м³) викликають сильний кашель.

Контрольні запитання

1. Особливості утворення оксидів азоту при спалюванні палива.
2. Від чого залежить кількість NO₂, що потрапляє в атмосферу внаслідок спалювання палива в котлах енергетичних установок?
3. Які існують заходи щодо зниження кількості оксидів азоту, що потрапляють в атмосферу внаслідок спалювання палива?
4. Які екологічні проблеми пов'язані з емісією оксидів азоту в атмосферне повітря?

Завдання до самостійної роботи

1. Ознайомитися з теоретичними основами визначення кількості диоксиду азоту, що потрапляє в атмосферу внаслідок спалювання палива у стаціонарних системах.

2. Розрахувати величини викидів оксидів азоту (у перерахунку на NO₂), що утворюються при спалюванні різних видів палива в стаціонарних енергетичних установках. Теоретичні основи проведення розрахунку наведені у п. 1.5. Вихідні дані для розрахунку містяться в табл. Б.5 (Додаток Б). При роботі з табл. А.8 звернути увагу на фактичну паропроодуктивність котла. Для варіантів № 1-5 провести розрахунок за умов застосування технології селективного некаталітичного відновлення; для варіантів № 6-10 – селективного каталітичного відновлення; для варіантів № 11-15 – активованого вугілля; для варіантів № 16-20 – DESONOX – SNOX (табл. А.10).

3. Проаналізувати вплив окремих факторів (вид палива, технологія спалювання, застосування первинних та вторинних заходів щодо

скорочення викиду сполук азоту) на величину викиду NO_2 в атмосферне повітря.

Приклад розрахунків

Завдання. Визначити величини викидів оксидів азоту (у перерахунку на NO_2), що утворюються при спалюванні сірчаного мазуту в котлоагрегаті з горизонтальною циклонною топкою, фактичною тепловою потужністю енергетичної установки $Q_{\text{ф}} = 35$ МВт та застосуванням рециркуляції димових газів. Номінальна теплова потужність енергетичної установки $Q_{\text{н}} = 50$ МВт. Для очищення викидів від оксидів азоту застосовується активоване вугілля. Витрати палива: 75 т/рік; 36 кг/год (10 г/с).

Рішення. З табл. А.1 знаходимо значення нижчої робочої теплоти згоряння сірчаного мазуту $Q_i^r = 39,85$ МДж/кг. Згідно з табл. А.8 узагальнений показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду $(k_{\text{NO}_x})_0 = 140$ г/ГДж. За формулою (1.7) ступінь зменшення викиду NO_x під час роботи на низькому навантаженні становитиме:

$$f_{\text{н}} = (35/50)^{1,25} = 0,64.$$

При застосуванні рециркуляції димових газів ефективність такого первинного (режимно-технологічного) заходу скорочення викиду $\eta_I = 0,10$ (табл. А.9). Згідно з табл. А.10 технологія очищення димових газів від оксидів азоту за допомогою активованого вугілля має наступні значення ефективності та коефіцієнту роботи азотоочисної установки: $\eta_{II} = 0,70$; $\beta = 0,99$. Отже, за формулою (1.6) можна розрахувати значення Показник емісії оксидів азоту у перерахунку на NO_2 :

$$k_{\text{NO}_x} = 140 \cdot 0,64 \cdot 39,85 \cdot (1 - 0,10)(1 - 0,70 \cdot 0,99) = 986,55 \text{ г/ГДж}.$$

Тоді величина викиду оксидів азоту, що утворюється при спалюванні сірчаного мазуту в котлоагрегаті тепловою потужністю 35 МВт, дорівнюватиме (формула (1.1)):

$$E_{\text{NO}_2} = 10^{-6} \cdot 986,55 \cdot 75 = 7,40 \cdot 10^{-2} \text{ т/рік};$$

$$E_{\text{NO}_2} = 10^{-6} \cdot 986,55 \cdot 10 = 9,87 \cdot 10^{-3} \text{ г/с}.$$

Перелік посилань

1. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т. 1. – Донецьк, 2004. – 184 с.
2. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. расчёт содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
3. Охрана окружающей среды / А.М. Владимиров, Ю.И. Ляхин, Л.Т. Матвеев, В.Г. Орлов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 422 с.
4. Шаніна Т.П. Техноекологія: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. – 205 с.
5. Практикум з дисципліни «Техноекологія». Ч.1. // Андріанов А.М., Верлан В.А., Чернякова О.І., Тимошук М.О. – Одеса, 1998. – 92 с.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

2.1 Особливості впливу автотранспорту на навколишнє середовище

За об'ємами перевезень вантажів і пасажирів автотранспорт займає перше місце серед інших видів транспорту.

Основні техніко-економічні переваги:

- висока маневреність і рухливість,
- висока швидкість доставки вантажу “від дверей до дверей”,
- можливість доставки вантажу на будь-які відстані (внутрішньозаводські, міські, приміські, міжміські та міжнародні перевезення).

Основні недоліки:

- висока вартість (у порівнянні з залізничним і водним транспортом),
- невелика вантажопідйомність рухомого складу,
- низька шляхова безпека,
- висока токсичність відпрацьованих газів .

Особливості автотранспорту як пересувного джерела забруднення повітря полягають в наступному:

1. Високі темпи збільшення кількості автомобілів в місті в порівнянні із стаціонарними джерелами забруднення атмосфери;
2. Просторова розосередженість;
3. Дія безпосередньо в житлових районах;
4. Складність реалізації технічних методів і засобів захисту від забруднення;
5. Висока токсичність викидів;
6. Є приземним джерелом забруднення, викидаючи забруднюючі речовини безпосередньо в зоні дихання людей.

Найбільш характерною взаємодією автотранспорту з навколишнім середовищем є споживання палива, води та повітря двигунами автомобілів і викиди продуктів згоряння, картерних газів, парів палива з карбюратора і паливного бака, а також вплив на літосферу. Забруднення атмосфери автотранспортом відбувається по 3-х каналах:

- відпрацьованими газами, що викидаються через вихлопну трубу, 90%,
- картерними газами (картер – це оперття для робочих деталей і захист машини від забруднень, нижня частина його – піддон – використовується як резервуар для змащення), 6%,
- вуглеводнями в результаті випаровування палива з бака, карбюратора і

трубопроводів, 4%.

Вихлопні гази містять близько 200 речовин, більшість з яких – токсичні. При згорянні 1 кг палива в атмосферу надходить (г):

Тип двигуна	бенз(а)пірен, мг	CO _x	C _m H _n	NO _x	SO ₂	сажа	альдегіди	PbO ₂	усього
карбюраторний	3,5	267	33	26	1,5	1,3	1	0,2	~330
дизельний	0,5	28	9	39	30	3,5	1	-	~110

Викид карбюраторних двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) більш токсичний за рахунок більшої кількості CO, NO_x, C_mH_n. Дизельні ДВЗ викидають у великих кількостях сажу. У чистому виді вона нетоксична, але її частки, маючи високу адсорбційну активність, несуть на своїй поверхні токсичні речовини, у т.ч. канцерогенні. Сажа може тривалий час знаходитися в завислому стані у повітрі, збільшуючи тим самим тривалість впливу токсикантів на людину. Застосування етилованого бензину сприяє потраплянню в навколишнє середовище свинцю (75% бензину – етилований бензин, який містить від 0,15 до 0,5гPb/л) – це отрута кумулятивної дії. Етилуванням (додаванням присадок-антидетонаторів, наприклад, тетраетилсвинцю чи тетраметилсвинцю) підвищують октанове число палива.

Октанове число – це показник детонаційної стійкості, зазначений у марці палива (А-95, АІ-93). Як еталон при визначенні октанового числа використовують суміш ізookтану (о.ч.=100) і н-гептана (о.ч.=0). Відсоток ізookтану в суміші, еквівалентній за детонаційною стійкістю випробовуваному паливу, називається октановим числом палива.

Якість палива для дизельних двигунів (гас, газойль, солярвий дистилат) оцінюється його фракційним складом і цетановим числом. Цетанове число визначається процентним вмістом цетану (цетанове число 100) в еталонній суміші з 1-метилнафталіну (цетанове число 0), що детонує при такому ж стисненні, як і досліджуване дизельне паливо. Чим вище цетанове число палива, тим воно краще.

Близько 70% Pb, доданого в пальне, попадає в атмосферу. З них 30% осідає на шлях відразу за зрізом вихлопної труби, 40% залишається в повітрі. Один вантажний автомобіль середньої вантажопідйомності виділяє 2,5-3кг Pb/рік

Викиди C_mH_n – пристінні зони в камері згорання мають низьку температуру, відбувається гасіння полум'я й утворення тонкої плівки палива (товщиною 0,005-0,4 мкм). Поршень, рухаючись вгору, зіскрібає цю плівку. Збіднення пальної суміші ($\alpha > 1,15$) приводить до регулярних пропусків запалення і нестабільності робочих циклів.

Через зменшення ефективності згорання пальної суміші при $\alpha > 1,15$ відбувається різке збільшення C_mH_n у викиді.

Сажа – присутня у викидах дизелів через неповноту згоряння палива чи через крекінг палива на гарячих поверхнях.

Викиди дизеля мають характерний вигляд і запах: чорний дим – сажа (частки вуглецю 0,1-0,3 мкм), що адсорбує органіку; білий дим - туман з парів палива, крапель води, альдегідів, діє на людину подразнююче, з'являється при перебоях у системі запалювання, на холостому ході і при малих навантаженнях; блакитний дим - складається з крапель C_mH_n менших, чим у білому димі, утворюється після охолодження відпрацьованих газів.

Викиди NO_x – збільшуються при підвищенні температури згоряння. Максимальна концентрація NO_x створюється у діапазоні $\alpha = 1,05 - 1,1$; при $\alpha = 1,2$ зменшується у зв'язку зі зниженням температури робочого циклу через розводження повітрям. При холостому ході температура згоряння робочої суміші $700-750^\circ$, NO_x – не утворюється, при $1000-1100^\circ C (NO_x) = 0,1\%$, при $2000-2200^\circ$ – $0,5\%$. При великому надлишку повітря температура горіння зменшується, NO_x утворюється в меншій кількості.

У газових двигунів робочий процес не відрізняється від карбюраторного, через більш низькі робочі температури зменшується у викиді кількість продуктів неповного горіння і NO_x .

Зараз у викидах нормуються CO , NO_x , C_mH_n , у перспективі – Pb . У числі нормованих повинні бути Pb , ПАВ (поліциклічні ароматичні вуглеводні), SO_2 , альдегіди, сажа.

На викиди шкідливих речовин впливає режим роботи двигуна. У середньому, холостий хід займає 30% усього часу руху, гальмування і прискорення – 55%, постійна швидкість – 15%.

При холостому ході основні токсиканти – CO і C_mH_n ; NO_x відсутній через низьку температуру. При прискоренні у порівнянні з рухом з постійною швидкістю витрачається палива у 2 рази більше. При гальмуванні підвищується вміст продуктів неповного згоряння (сажа, альдегіди).

Оптимальна швидкість руху для вантажних автомобілів – 60-65 км/год. При русі з невисокими швидкостями (25-30 км/год) витрата палива на одиницю шляху збільшується в 2-3 рази в порівнянні з оптимальною швидкістю. Для легкових автомобілів оптимальна швидкість – 80-90 км/год. При швидкості 35-30 км/год витрата палива також збільшується в 2-3 рази. Мінімум викидів збігається з мінімумом витрат.

Першорядне значення для зменшення забруднення атмосфери автомобілями має їхній технічний стан. Цілком справний двигун споживає менше палива, тому утворює менше викидів.

Зменшення маси транспортного засобу є важливим напрямком поліпшення екологічних показників. Так, на кожному додаткову тону маси

автомобіля витрачається на 100 км шляху додатково 2,5 л бензину чи 1,6 л дизельного палива.

До складу каталітичних нейтралізаторів входять: платина, паладій, цирконій, рутеній, цезій і інші рідкісноземельні елементи. Найбільш ефективними каталізатори на основі благородних металів (платини і паладію). Платина – універсальний каталізатор, що прискорює як реакції окислювання, так і реакції відновлення. Паладій, як правило, використовують для прискорення окисних реакцій. Як каталізатори відновлювальних реакцій використовують також оксиди міді, марганцю, ванадію, хрому і т.д. Розрізняють низько-(100-300°C) і високотемпературні (>300°C) каталізатори. До низькотемпературного відноситься суміш оксидів марганцю, міді, ванадію, хрому і т.д. Високотемпературні – платина і паладій. Звичайно метал-каталізатор наносять на високопористий керамічний носій. Кількість нанесеного металу досягає 9 г, робоча поверхня – 15000 м². У США щорічно у виробництві каталізаторів використовується близько 20 т платини і 8 т паладію. Досягається ступінь очищення 90%. Тривалість роботи каталізатора 80-90 тис.км.

З 1993 року усі країни ЄЕС випускають автомобілі з нейтралізаторами, а уряд Німеччини виплачує власникам старих автомобілів безоплатні субсидії в розмірі 100 марок на покупку й установку нейтралізаторів.

Дуже сильно автотранспорт впливає на ґрунтовий покрив. На 1 км дороги відводиться до 10-12 га землі. Особливо великі площі займають транспортні розв'язки: від 15 га (при перетинанні двополосних доріг) до 35 га (при перетинанні магістралей із шістьма смугами руху). Ґрунти піддаються ерозії, ущільненню, мінералізації, руйнуванню структури, надлишковому перезволоженню, заболочуванню, зсувам. Це пов'язано з тим, що дороги з твердим покриттям складають лише 15%, а в сільській місцевості 8-11%; виникає багатодоріжжя – сукупність ґрунтових доріг, утворених в силу необхідності дублювання традиційних шляхів, або утворених завдяки автомобільному туризму. Час життя таких доріг приблизно 7 років.

Щорічно з коліс одного автомобіля стирається до 10кг гуми, а з асфальтового покриття доріг – шар у 1 мм. Це значить, що на шосе шириною 10 м на кожні 100 км утворюється в рік 100 т пилу.

2.2 Розрахунок величин викидів забруднюючих речовин від автотранспорту

Для оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту встановлені питомі значення газових викидів. Так, для одноповерхових гаражів, де характерним є режим холостого ходу, величини викидів окремих забруднюючих речовин G , г/год. розраховуються за формулою (2.1):

$$G = g \cdot N \cdot k \cdot c, \quad (2.1)$$

де g – питомий викид забруднюючої речовини, віднесений до одного виїзду із приміщення та умовної потужності двигуна в одну кінську силу (к.с.), г/(к.с.·виїзд), приймається за табл. 2.1;

N – потужність двигуна автомобіля, к.с.;

k – число виїздів автомобілів із приміщення протягом 1 години, виїзд/год.;

c – коефіцієнт врахування інтенсивності руху автомобілів, приймається за табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Величини питомих викидів забруднюючих речовин, що виділяються під час окремого виїзду автомобіля із приміщення, г/(к.с.·виїзд)

Приміщення	Легкові автомобілі		Вантажні автомобілі та автобуси	
	CO	NO _x	CO	NO _x
Зберігання автомобілів	1,2	0,02	1,7	0,03
			0,5	0,2
Пост технічного обслуговування та поточного ремонту	0,8	0,016	1,0	0,024
			0,4	0,16

Примітка: для категорії «вантажні автомобілі...» у верхньому рядку вказані значення питомих викидів для автомобільних засобів з карбюраторними двигунами; у нижньому рядку – з дизельними двигунами.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнту c для врахування інтенсивності руху автомобілів

Приміщення	Кількість виїздів протягом 1 години	c
Зберігання автомобілів	на всю кількість виїздів	1,0
Пост технічного обслуговування та поточного ремонту	1	0,5
	2	0,6
	3	0,7
	4	0,8
	> 4	1,0

У багатоповерхових гаражах, де виїзд автомобілів відбувається крізь поверхи, що розташовані нижче (або яруси у підземних гаражах, що розташовані вище), кількість забруднюючих речовин, що виділяються на всіх поверхах (ярусах), визначається за формулою (2.2):

$$G = g \cdot N \cdot k \cdot (1 + 0,07 \cdot n), \quad (2.2)$$

де n – кількість поверхів (ярусів), які що проїжджає автомобіль.

В основі розрахунку величин викидів забруднюючих речовин від автотранспорту під час його руху лежить середній питомий викид для автомобілів окремих груп (вантажні, автобуси, легкові). Величина викиду забруднюючої речовини корегується відповідно до технічного стану автомобілів та їх середнього віку.

Для групи автомобілів з різними типами ДВЗ маса викинутої за розрахунковий період t j -ї забруднюючої речовини (M_j^t) розраховується за формулою (2.3):

$$M_j^t = \sum_{k=1}^l m_{jk} \cdot z_k \cdot (k_1 \cdot k_2)_k, \quad (2.3)$$

де m_{jk} – питомий викид j -ї забруднюючої речовини k -м автомобілем за розрахунковий період (включаючи пробіговий викид з урахуванням картерних викидів та випаровувань палива), г/км;

z_k – пробіг k -го автомобілю за розрахунковий період, км;

$k_1 \cdot k_2$ – добуток коефіцієнтів впливу технічного стану та середнього віку k -го автомобілю на величину викиду j -ї забруднюючої речовини (табл. 2.3).

Питомі викиди забруднюючих речовин для різних груп видів автомобілів наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнтів впливу технічного стану та середнього віку автомобілів

Групи автомобілів	Викид CO		Викид C_mH_n		Викид NO_x	
	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2
Вантажні та спеціальні з бензиновими ДВЗ	1,38	1,69	1,20	1,86	1,00	0,80
Вантажні та спеціальні вантажні з дизельними ДВЗ	1,33	1,80	1,20	2,00	1,00	1,00
Вантажні та спеціальні вантажні, які працюють на зрідженому природному газі	1,50	1,85	1,10	1,73	1,00	0,93
Автобуси з бензиновими ДВЗ	1,32	1,62	1,20	1,86	1,00	0,80
Автобуси дизельні	1,27	1,80	1,17	2,00	1,00	1,00
Легкові службові та спеціальні	1,28	1,63	1,17	1,83	1,00	0,85
Легкові індивідуального користування	1,28	1,62	1,17	1,78	1,00	0,90

Таблиця 2.4 – Величини питомих викидів забруднюючих речовин для різних груп автомобілів, г/км

Групи автомобілів	CO	C_mH_n	NO_x
Вантажні та спеціальні з бензиновими ДВЗ	55,5	12,0	6,8
Вантажні та спеціальні вантажні з дизельними ДВЗ	15,0	6,4	8,5
Вантажні та спеціальні вантажні, які працюють на зрідженому природному газі	25,0	7,5	7,5
Автобуси з бензиновими ДВЗ	51,5	9,6	6,4
Автобуси дизельні	15,0	6,4	8,5
Легкові службові та спеціальні	16,5	1,6	2,23
Легкові індивідуального користування	16,1	1,6	2,19

Контрольні запитання

1. Які переваги та недоліки автотранспорту?
2. В чому полягають особливості автотранспорту як пересувного джерела забруднення атмосферного повітря?

3. По яких напрямках йде забруднення атмосферного повітря автотранспортом?
4. Які основні забруднюючі речовини присутні у викидах автотранспорту?
5. Що таке октанове число?
6. Особливості утворення вуглеводнів у ДВЗ.
7. Особливості утворення оксидів азоту в ДВЗ.
8. Як впливає режим роботи двигуна на викиди забруднюючих речовин?
9. Які основні напрямки зменшення забруднення атмосферного повітря автотранспортом?
10. Як розрахувати величину викиду забруднюючої речовини, яка виділяється в атмосферне повітря при в'їзді /виїзді автомобіля з приміщення?
11. Як розрахувати величину викиду забруднюючої речовини, яка виділяється в атмосферне повітря при русі групи автомобілів з різними типами ДВЗ?

Завдання до самостійної роботи

1. Ознайомитися з теоретичною частиною роботи.
2. Розрахувати величини викидів забруднюючих речовин (г/год) при виїзді різних автомобілів із приміщення. Вихідні дані для проведення розрахунку містяться в табл. 2.5.
3. Розрахувати величини викидів забруднюючих речовин (г/рік), що виділяються в атмосферне повітря при русі групи автомобілів.

Приклад розрахунку

1. Визначити величини викидів оксиду вуглецю та оксидів азоту, що утворюються при виїзді легкового автомобіля з четвертого поверху гаражу. Потужність двигуна – 155 к.с. Кількість виїздів за 1 годину – 2.

Рішення. Для визначення кількості CO та NO_x, що викидаються даним автомобілем при виїзді з гаражу, розрахунок проводиться за формулою (2.2). Величини питомих викидів даних забруднюючих речовин, згідно з табл. 2.1, дорівнюють: $g_{CO} = 1,2 \text{ г/(к.с.}\cdot\text{виїзд)}$; $g_{NOx} = 0,02 \text{ г/(к.с.}\cdot\text{виїзд)}$. Отже, протягом однієї години даним автомобілем викидається:

$$G_{CO} = 1,2 \cdot 155 \cdot 2 \cdot (1 + 0,07 \cdot 3) = 450,12 \text{ г};$$

$$G_{NOx} = 0,02 \cdot 155 \cdot 2 \cdot (1 + 0,07 \cdot 3) = 7,502 \text{ г}.$$

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для виконання завдання 1 та 2.

№ варіанту	Характеристика автомобілів	Поверх гаража (усього 5) або ПТО	Пробіг, км
1	15; 39; 61	ПТО	950; 815; 1520
2	28; 45; 72	2	880; 945; 1890
3	37; 56; 63	3	760; 855; 2050
4	46; 19; 74	4	795; 990; 1965
5	17; 26; 64	5	845; 900; 2040
6	25; 38; 71	ПТО	865; 1000; 2065
7	36; 49; 62	2	910; 935; 1980
8	45; 29; 73	3	1005; 865; 2015
9	16; 35; 64	4	765; 920; 1640
10	27; 48; 61	5	780; 1015; 2095
11	38; 47; 72	ПТО	790; 820; 2450
12	49; 15; 63	2	680; 840; 2565
13	18; 25; 74	3	940; 965; 1830
14	26; 39; 71	4	1045; 710; 2180
15	35; 29; 62	5	695; 1035; 2485
16	16; 38; 73	ПТО	715; 835; 2390
17	29; 35; 64	2	885; 1415; 2355
18	47; 16; 61	3	1100; 970; 2075
19	39; 28; 72	4	735; 825; 2195
20	19; 37; 74	5	1035; 950; 2340

Примітка: характеристика автомобілю складається з двох цифр, перша з яких – це тип автомобілю:

- 1 – вантажний, що використовує бензин;
- 2 – вантажний на дизельному паливі;
- 3 – вантажний на природному газі;
- 4 – автобус з бензиновим ДВЗ;
- 5 – автобус з дизельним ДВЗ;
- 6 – спеціальний легковий;
- 7 – легковий індивідуального користування.

Друга цифра вказує на потужність двигуна:

1 – 126 к.с.; 2 – 140 к.с.; 3 – 177 к.с.; 4 – 214 к.с.; 5 – 280 к.с.; 6 – 340 к.с.; 7 – 536 к.с.; 8 – 585 к.с.; 9 – 612 к.с.

Наприклад: 71 – це легковий автомобіль індивідуального використання з потужністю двигуна 126 к.с.

2. Визначити величину викиду оксиду вуглецю (г/рік), який утворюється при русі вантажного автомобілю з бензиновим ДВЗ, дизельного автобусу та легкового автомобілю індивідуального користування. За рік пробіг цих автомобілів склав: 247 км, 932 км та 1423 км відповідно.

Рішення. Для розрахунку величини викиду СО, що утворюється при русі даної групи автотранспортних засобів, за формулою (4.3), необхідно для кожного з них визначити: питомий викид даної забруднюючої речовини (табл. 2.4) та коефіцієнти технічного стану та середнього віку автомобілів (табл. 2.3). Отже, для вантажного автомобілю з бензиновим ДВЗ $m_{CO1} = 55,5$ г/км, $k_1 \cdot k_2 = 1,38 \cdot 1,69 = 2,332$; для дизельного автобусу $m_{CO2} = 15,0$ г/км, $k_1 \cdot k_2 = 1,27 \cdot 1,80 = 2,286$; для легкового автомобілю індивідуального користування $m_{CO3} = 16,1$ г/км, $k_1 \cdot k_2 = 1,28 \cdot 1,62 = 2,074$.

За формулою (2.3) при русі даної групи з трьох автомобілів за 1 рік утворилося СО:

$$M_{CO}^t = (55,5 \cdot 247 \cdot 2,332) + (15,0 \cdot 932 \cdot 2,286) + (16,1 \cdot 1423 \cdot 2,074) = 111,44 \text{ кг.}$$

Перелік посилань

1. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. расчёт содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
2. Шаніна Т.П. Техноекологія: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. – 205 с.
3. Практикум з дисципліни «Техноекологія». Ч.1. // Андріанов А.М., Верлан В.А., Чернякова О.І., Тимощук М.О. – Одеса, 1998. – 92 с.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Робота гальванічного цеху машинобудівного підприємства пов'язана з нанесенням на поверхні деталей металопокриття. Нанесення металопокриття забезпечує підвищення корозійної стійкості, вирівнювання поверхні, покращує зовнішній вигляд виробів.

Нанесення металопокриття складається з 3-х етапів:

- 1- механічна підготовка поверхні;
- 2- хімічна і/або електрохімічна підготовка поверхні у розчинах;
- 3- хімічне і/або електрохімічне нанесення покриттів.

Кожний з цих груп виробничих операцій відповідає свій набір та кількості забруднюючих речовин, що виділяються в атмосферне повітря.

3.1 Механічна підготовка поверхні виробів

При механічній підготовці поверхні з неї видаляються поверхневі дефекти (задири, окалина, раковини, шлакові залишки і неметалічні включення). В атмосферу виділяється металевий та абразивний пил.

Механічна підготовка поверхні може проводитися:

- очищенням сипкими абразивними матеріалами (чавунний або сталевий дріб, наждаковий пісок), галтівкою (повільне перекочування деталей разом з абразивним матеріалом в обертових барабанах) або віброгалтівкою (механічний вплив підсилюється вібрацією);
- шліфуванням і поліруванням.

Кількість пилу, що виділяється при проведенні механічної обробки поверхні виробів з застосуванням окремих видів технологічного обладнання, представлена в табл. 3.1.

Витрати повітря, що проходить через камеру обладнання для механічної підготовки поверхні виробів, становлять 300-350 м³/год із розрахунку на 1 м³ внутрішнього об'єму камери. Для шліфувальних та полірувальних верстатів витрати аспіруємого повітря залежать від діаметрів шліфувальних та полірувальних кругів і в середньому становлять 2 м³/год на 1 мм діаметру кругу.

Таблиця 3.1 – Характеристика викидів пилу від технологічного обладнання, що застосовується при механічній підготовці поверхні виробів

№ п/п	Технологічне обладнання	Характер пилу	Концентрація пилу, мг/м ³
1	Барабани лушпильні галтовочні	механічна окалина, піщаний пил	0,5-0,8
2	Барабани лушпильні дробометні		1,0-3,0
3	Камери лушпильні дробометні		2,0-5,0
4	Шліфувальні верстати	абразивний металевий	0,3-0,8
5	Полірувальні верстати	текстильний, від полірувальної пасти	0,1-0,3

3.2 Підготовка поверхні деталей у розчинах

Етап хімічної та електрохімічної підготовки поверхні виробів у розчинах складається з операцій знежирення і травлення поверхні, тобто видалення органічних і неорганічних забруднень поверхні, таких як жирові забруднення, мастильні матеріали, окалина, продукти корозії, оксидні плівки тощо.

Знежирення здійснюється шляхом занурення деталі у ванну з органічним розчинником (бензин, гас, уайт-спирит, трихлоретилен, перхлоретилен) або з водними слаболужними миючими розчинами. В якості миючих агентів використовують кальциновану соду, їдкий натр, тринатрійфосфат, додають поверхнево-активні речовини (ПАР). Лужні розчинники використовують при електрохімічному знежиренні для утворення емульсії масляних забруднень. При цьому способі очищення жирова плівка віддається бульбашками H_2 і O_2 , що утворюються на електродах. В процесі знежирення в атмосферу поступають пари органічних розчинників, тумани лугів.

Хімічне і електрохімічне травлення поверхонь необхідне для видалення плівки оксидів (яка може бути невидима неозброєним оком), що перешкоджає міцному зчепленню металевого покриття з поверхнею. Для того, щоб провести травлення поверхні деталі поміщають в розчини кислот (H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , HF), концентрованих лугів, розплави солей. Для прискорення процесу застосовують електрохімічне травлення в тих же

середовищах. В процесі травлення в атмосферу поступають аерозолі кислот, лугів, HCN і HF, NO_x, краплі розчинів, що містять іони важких металів, H₂.

Величини питомих викидів забруднюючих речовин, що виділяються в атмосферне повітря від різних технологічних процесів обробки поверхні виробів у розчинах, наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Питомі викиди забруднюючих речовин при основних технологічних процесах обробки поверхні виробів обезжирюванням та травленням

№ п/п	Технологічний процес	Забруднюючі речовини	Питомий викид забруднюючої речовини з поверхні дзеркала ванни, г/(м ² ·год)
1	2	3	4
Знежирення поверхні виробів:			
1	в органічних розчинниках	бензин	4530
2		керосин	1560
3		уайт-спірит	5800
4		бензол	2970
5		трихлоретилен	3940
6		тетрахлоретилен	4200
7		трифтортрихлоретан	14910
8	хімічне в розчинах луг	їдкий луг	1,0
9	електрохімічне		39,6
Хімічне травлення поверхні виробів:			
1	у розчині хромової кислоти та її солей	хромовий ангідрид	0,02
2	у розчині лугу	їдкий луг	198,0
3	у розчинах сірчаної кислоти	сірчана кислота	25,2
у розчинах соляної кислоти з різною концентрацією, г/дм ³ :			
4	до 200	хлористий водень	1,1
5	200-250		3,0
6	250-300		10,0
7	300-350		20,0
8	350-500		50,0
9	500-1000		288,0

(продовження табл. 3.2)

1	2	3	4
у розчинах фтористоводневої кислоти та її солей, з концентрацією, г/дм ³ :			
10	до 10	фтористий водень	1,0
11	10-20		5,0
12	20-50		10,0
13	50-100		18,0
14	100-150		36,0
15	150-200		42,0
16	> 200		72,0
17	у розчинах ортофосфорної кислоти	фосфорна кислота	2,2
18	у розведених розчинах азотної кислоти	азотна кислота та оксиди азоту	10,8

3.3 Хімічне та електрохімічне нанесення покриття

Залежно від виду покриття, що наноситься, розрізняють наступні гальванічні операції:

- цинкування – гальванічне осадження на поверхні виробу атомів цинку шляхом електролізу з метою захисту сплавів заліза від атмосферної корозії. Електролітом служать солі цинку (ZnSO_4 , $\text{Zn}(\text{BF}_4)_2$, ціаністі сполуки $\text{ZnO}+\text{NaCN}$, $\text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$);

- кадміювання – захист сталей від корозії в морській воді і атмосфері. Електроліти – CdSO_4 і $\text{Cd}(\text{BF}_4)_2$);

- лудіння; оксидування; фосфатування;

- свинцювання; міднення; нікелювання; хромування; сріблення; золотіння;

Всі ці процеси проводяться зануренням деталей у ванни, заповнені електролітом (розчини кислот, лугів, солей і їх сумішей), і пропусканні через них електричного струму, що приводить до формування поверхневих захисних плівок відповідних сполук. У повітря при цьому виділяються аерозолі кислот, лугів, пари HF , HCN , краплі розчинів, що містять іони важких металів, H_2 .

Величини питомих викидів забруднюючих речовин, що виділяються в атмосферне повітря від різних технологічних процесів нанесення покриття, наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Питомі викиди забруднюючих речовин при нанесенні покриття на поверхні виробів

№ п/п	Технологічний процес	Забруднюючі речовини	Питомий викид забруднюючої речовини з поверхні дзеркала ванни, г/(м ² ·год)
Електрохімічне нанесення покриття:			
1	у розчині хромової кислоти концентрацією 150-300 г/дм ³ при силі струму 1000 А	Cr ₂ O ₃	36
2	у розчині хромової кислоти концентрацією 20-100 г/дм ³ при силі струму 500 А		3,3
3	у розчині лугу	луг	39,6
4	у розчинах фтористоводневої кислоти та її солей, концентрацією до 10 г/дм ³	HF	1,04
5	– " – 10-25 г/дм ³		10,08
6	– " – 25-100 г/дм ³		36,0
7	– " – 100-200 г/дм ³		50,04
8	– " – > 200 г/дм ³		72,0
9	у розчинах сірчаної кислоти концентрацією 150-350 г/дм ³	H ₂ SO ₄	25,2
10	– " – 45-52 г/дм ³		0,68
Хімічне нанесення покриття:			
1	цинкування кисле	ZnSO ₄	10,44
2	– " – хлористоамонійне	NH ₃	6,34
3	– " – лужне	NaOH	39,6
4	– " – хлористе	KCl	2,38
5	кадмування в ціаністих розчинах	HCN	19,8
6	цинкування в ціаністих розчинах		5,4
7	золотування в ціаністих розчинах		1,98
8	у розчинах лугу (оксидування)	луг	198,0
9	міднування борофтористе	HF	10,01
10	амальгування	Hg(NO ₃) ₂	0,11

Розрахунок величини викиду забруднюючої речовини (т/рік), яка виділяється при обробці поверхні виробів у розчинах або при нанесенні покриття, визначається за формулою (3.1):

$$P_0 = 10^{-6} \cdot T \cdot q \cdot F \cdot k_z \cdot k_y, \quad (3.1)$$

де q – питома кількість речовини, що утворюється з одиниці поверхні ванни при номінальному навантаженні (г/(м²·год)). Береться за даними табл. 3.2 та 3.3;

T – час роботи устаткування, год.;

F – площа дзеркала ванни, м²;

k_y – коефіцієнт укриття ванни: при наявності у складі розчину поверхнево-активних речовин (ПАР) $k_y = 0,5$; при відсутності ПАР $k_y = 1$;

k_z – коефіцієнт завантаження ванни.

Кількість парів органічних розчинників, що виділяються при обезжирюванні поверхні виробів, визначається за формулою (3.2):

$$P_0 = 10^{-6} \cdot T \cdot q \cdot F \cdot m, \quad (3.2)$$

де m – коефіцієнт, що залежить від площі випаровування (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Визначення коефіцієнту m

$F, \text{ м}^2$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	$\geq 1,0$
m	1,45	2,87	2,56	2,35	2,17	2,00	1,85	1,72	1,60	1,52	1,00

Контрольні запитання

1. З якою метою проводять нанесення металопокриття на поверхню виробів?
2. Етапи нанесення металопокриття.
3. Для чого проводиться механічна підготовка поверхні деталей?
4. Які є способи механічної підготовки поверхні деталей?
5. Як розрахувати кількість пилу, що виділяється при механічній підготовці поверхні виробів?
6. Для чого необхідна обробка поверхні виробів у розчинах, які методи для цього застосовують?
7. Які забруднюючі речовини виділяються при обробці поверхні виробів у розчинах?
8. Види нанесення покриття.

9. Які забруднюючі речовини виділяються при нанесенні покриття на поверхню деталей?
10. Як розрахувати кількість забруднюючої речовини, що виділяється при обробці поверхні деталей у розчинах або при нанесенні покриття?
11. Як розрахувати кількість парів органічного розчинника, що виділяється при обезжирюванні поверхні деталей?

Завдання до самостійної роботи

1. Ознайомитися з теоретичними основами визначення кількісних та якісних характеристик емісії забруднюючих речовин від гальванічного виробництва.
2. Розрахувати годинні об'єми аспіруемого повітря та кількість пилу, що виділяється при роботі обладнання для механічної підготовки поверхні виробів. Вихідні дані для розрахунку містяться в табл. 3.5. Для виконання розрахунку слід користуватися табл. 3.1.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для розрахунку (механічна підготовка поверхні виробів)

№ варіанту	Тип - Об'єм камери обладнання, м ³ (табл. 3.1)	Діаметр шліфувального кругу, мм	Діаметр полірувального кругу, мм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	1-45	40	250
2	2-50	45	260
3	3-55	50	270
4	1-60	55	280
5	2-70	60	290
6	3-80	65	300
7	1-20	70	310
8	2-25	75	320
9	3-30	80	330
10	1-35	85	340
11	2-40	90	350
12	3-45	95	360
13	1-50	100	370
14	2-55	105	380

(продовження табл. 3.5)

1	2	3	4
15	3-60	110	390
16	1-65	115	400
17	2-70	120	410
18	3-75	125	420
19	1-80	130	430
20	2-85	135	440

3. Визначити кількість забруднюючих речовин, що виділяються при проведенні обробки поверхні деталей у розчинах. Вихідні дані для виконання завдання наведені в табл. 3.6. Для виконання розрахунку слід користуватися табл. 3.2 та формулами (3.1) та (3.2).

Таблиця 3.6 – Вихідні дані для розрахунку (підготовка поверхні виробів у розчинах)

№ варіанту	Завантаження ванни, %	Технологічний процес			
		обезжирювання		травлення	
		розчин (табл. 3.2)	площа дзеркала ванни, м ²	розчин (табл. 3.2)	площа дзеркала ванни, м ²
1	2	3	4	5	6
1	100	1	0,60	1	0,95
2	98	2	0,65	2	1,00
3	99	3	0,70	3	1,05
4	95	4	0,75	4	1,10
5	90	5	0,80	5	1,15
6	92	6	0,85	6	1,20
7	94	7	0,90	7	1,15
8	96	8	0,95	8	1,30
9	93	9	1,00	9	0,85
10	100	1	1,05	10	0,90
11	90	2	1,10	11	0,70
12	91	3	1,20	12	0,75
13	98	4	0,65	13	0,80
14	99	5	0,80	14	1,35
15	96	6	0,85	15	1,40
16	95	7	0,90	16	1,50

(продовження табл. 3.6)

1	2	3	4	5	6
17	94	8	1,05	17	1,55
18	92	9	1,15	18	1,60
19	93	1	1,20	10	1,70
20	100	2	1,25	11	1,80

4. Визначити кількість забруднюючих речовин, що виділяються при нанесенні покриття на поверхню деталей. Вихідні дані для виконання завдання наведені в табл. 3.7. Для виконання розрахунку слід користуватися табл. 3.3 та формулою (3.1).

Таблиця 3.7 – Вихідні дані для розрахунку (нанесення покриття на поверхню виробів)

№ варіанту	Завантаження ванни, %	Технологічний процес нанесення			
		електрохімічне		хімічне	
		розчин (табл. 3.3)	площа дзеркала ванни, м ²	розчин (табл. 3.3)	площа дзеркала ванни, м ²
1	90	1	1,55	2	1,70
2	91	2	1,60	4	1,75
3	98	3	1,65	6	1,80
4	99	4	2,00	8	1,85
5	96	5	2,05	10	1,90
6	95	6	2,10	1	1,95
7	94	7	2,30	3	2,00
8	92	8	2,35	5	2,05
9	100	9	2,40	7	2,10
10	95	10	2,45	9	1,60
11	93	1	1,70	2	1,65
12	98	2	1,75	4	2,15
13	99	3	1,80	6	2,20
14	95	4	1,85	8	2,25
15	90	5	1,90	10	2,30
16	92	6	1,95	1	2,35
17	94	7	2,15	3	2,40
18	96	8	2,20	5	2,45
19	100	9	2,25	7	2,50
20	91	10	2,50	9	2,70

Перелік посилань

4. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. расчёт содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
5. Шаніна Т.П. Техноекологія: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. – 205 с.
6. Практикум з дисципліни «Техноекологія». Ч.1. // Андріанов А.М., Верлан В.А., Чернякова О.І., Тимошук М.О. – Одеса, 1998. – 92 с.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Процеси зварювання металів відносяться до найбільш розповсюджених технологічних процесів допоміжного виробництва на підприємствах та інших об'єктах різних галузей промисловості.

Зварювання – це технологічний процес отримання неподільних сполук металів та їх сплавів за допомогою термічної обробки, або пластичного деформування, чи при спільній дії того й іншого. Монолітність досягається шляхом утворення атомно-молекулярних зв'язків між елементарними частинками деталей, що зварюються. Суть процесу зварювання полягає у зближенні поверхонь, що з'єднуються, на відстань атомарного радіусу (10^{-10} м), при якому стає можливим міжатомна взаємодія. Зближення атомів досягається розплавкою або деформацією зони зварювання.

Процес зварювання складається з наступних стадій:

- 1) нагрівання і розплавлення основного й електродного матеріалів;
- 2) змішування розріджених основного та електродного матеріалів у зварювальній ванні;
- 3) охолодження і процес кристалізації зварювального шву.

В Україні широко застосовується ручне дугове електрозварювання штучними електродами, ручне дугове електрозварювання, полуавтоматичне зварювання кольорових металів в середовищі азоту, аргону та гелію, полуавтоматичне зварювання сталі в середовищі вуглекислого газу, автоматичне та полуавтоматичне зварювання під флюсами, плазмене зварювання, газове зварювання ацетилен-кисневим полум'ям тощо. Кожен з цих технологічних процесів здійснюється за допомогою відповідних апаратів, машин та установок з використанням відповідних матеріалів (електродів, зварювального проводу). Апарати та установки, що застосовуються для проведення зварювальних робіт, є джерелами викиду в атмосферне повітря зварювальних аерозолів – багатокомпонентних сумішей хімічних речовин. Зварювальний аерозоль – пилогазова суміш, яка складається з завислих дрібнодисперсних твердих частинок оксидів металів та газоподібних речовин – здебільшого оксидів азоту, оксиду вуглецю або фтористого водню – у різних якісних та кількісних співвідношеннях. Хімічний склад зварювального аерозолу залежить від металів, що зварюються, марок електродів, що використовуються, апаратів або установок зварювання та інших умов.

В основу визначення величин викидів забруднюючих речовин, що входять до складу аерозолу, який утворюється в конкретних

технологічних умовах, покладені значення питомих викидів (показників емісії) цих речовин та тривалість процесу.

Значення питомих викидів забруднюючих речовин – компонентів зварювального аерозолі – для конкретних технологічних процесів зварювання наведені в табл. 4.1 та табл. 4.2.

Контрольні запитання

1. Що таке зварювання?
2. В чому полягає суть даного процесу?
3. Які основні стадії процесу зварювання?
4. Що таке зварювальний аерозоль?
5. Від чого залежить склад зварювального аерозолі?
6. Які основні забруднюючі речовини входять до складу зварювального аерозолі?
7. Що таке питомий викид (показник емісії) забруднюючої речовини, що утворилася в процесі зварювання?
8. Як розрахувати кількість забруднюючих речовин, що утворюються при проведенні зварювальних робіт?

Завдання до самостійної роботи

1. Ознайомитися з техноекологічними аспектами проведення зварювальних робіт.
2. Розрахувати величини викидів різних забруднюючих речовин (г/с; т/рік), що утворюються при проведенні зварювальних робіт, з урахуванням часу роботи зварювального посту. Вихідні дані для проведення розрахунку містяться в табл. 4.3.

Таблиця 4.1 – Значення питомих викидів (показників емісії) забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферу при зварюванні металів

№ п/п	Технологічний процес та марка зварювального матеріалу	Кількість забруднюючих речовин, що виділяються, г/кг витраченого зварювального матеріалу								
		Тверді частинки						Газоподібні речовини		
		Fe ₂ O ₃	MnO ₂	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	Інші		HF	NO ₂	CO
						найменування	кількість			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ручна дугова зварка штучними електродами										
1	ABH-17	11,98	0,71	1,35	1,43	NiO / фториди	0,72 / 7,64	2,70	-	-
2	ABH-23	9,21	-	0,76	-	– " –	1,19 / 0,78	0,27	-	-
3	ABH-27	10,43	5,90	1,67	1,16	– " –	1,34 / 4,89	1,42	-	-
4	ABH-29	6,97	-	1,12	0,41	– " –	0,26 / 2,32	0,73	-	-
5	ABH-35	8,54	0,55	0,93	0,55	– " –	0,27 / 2,01	0,60	-	-
6	ABH-65	9,92	0,56	1,16	0,50	– " –	0,28 / 2,18	0,59	-	-
7	АНЖР-1	1,71	0,31	1,20	-	– " –	0,95 / 1,41	0,52	-	-
8	АНЖР-2	2,89	0,33	2,61	-	– " –	1,08 / 2,62	0,83	-	-
9	АНВП-60	6,70	0,92	3,11	0,16	NiO	0,14	-	-	-
10	АНВП-100	4,96	0,85	2,19	0,18	– " –	0,09	-	-	-
11	ВІ-ІМ-1	5,26	0,42	0,12	-	– " –	0,60	0,63	-	-
12	ЕА-981/15	4,80	1,13	3,15	0,31	– " –	0,45	-	-	-
13	ОЗЛ-9А	3,37	0,97	0,27	-	– " –	0,39	1,13		
14	МКТ-10	6,13	0,34	0,12	-	– " –	0,31	1,29	-	-
15	АНО-9	12,90	0,90	-	-	фториди	0,13	0,47	-	-
16	АНО-11	15,60	0,87	-	-	– " –	2,62	0,96	-	-

(продовження табл. 4.1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	АНО-12	10,40	0,65	-	0,25	– " –	2,15	0,02	-	-
18	АНО-15	14,20	0,99	-	-	– " –	2,34	0,43	-	-
19	АНО-33	7,50	0,75	-	0,28	– " –	2,00	0,03	-	-
20	АНО-ТМ	5,20	0,54	-	0,58	– " –	3,28	0,02	-	-
21	АНП-8	9,68	1,05	0,57	2,69	– " –	3,09	0,70	-	-
22	АНП-9	9,79	1,14	0,13	2,52	– " –	5,10	0,80	-	-
23	АНП-11	2,03	1,08	0,48	0,78	– " –	6,53	0,83	-	-
24	АНТМ-17	7,70	0,29	0,54	2,25	– " –	2,68	0,01	-	-
25	УОНІ-13/55	14,90	1,09	-	1,00	– " –	7,50	1,26	2,70	13,3
26	Е48-М/18	8,57	1,00	1,43	-	– " –	2,25	0,001	-	-
27	АНО-24	6,00	1,63	-	1,77	TiO	0,49	-	-	-
28	ЦМ-7	20,50	1,50	-	-	-	-	-	2,84	3,28
29	ОММ-5	16,10	2,0	-	1,90	-	-	-	3,30	11,1 5
30	ЗА-606/11	9,72	0,68	0,60	-	-	-	0,004	1,30	1,40
Ручна електрична зварка кольорових металів та їх сплавів										
31	Комсомолец-100	2,60	3,90	-	3,50	CuO	9,80	1,11	0,76	-
32	Електродний дріт СpМ-0,75	0,66	0,44	-	0,50	– " –	15,4	-	-	-
33	ОЗА-1	18,40	1,50	-	1,95	Al ₂ O ₃	20,0	-	-	-
34	ОЗА-2/АК	33,0	2,50	-	3,50	– " –	28,0	-	-	-
35	Електрод, що плавиться, в середовищі Ar	1,50	0,11	-	1,30	– " –	12,0	-	2,50	-

(продовження табл. 4.1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Полуавтоматична зварка сталей в середовищі CO₂										
36	СВ-Х19Н9Ф2С3	6,50	0,42	1,50	-	NiO	0,04	-	-	-
37	СВ-16Х-16Н25М6	12,55	0,35	0,10	-	– " –	2,00	-	-	2,50
38	СВ-08Х19НФ-2Ц2	6,44	0,40	0,50	-	– " –	0,66	-	-	-
39	ЕП-704	7,43	0,80	0,07	-	– " –	0,10	-	-	3,00
40	08ХГН2МТ	4,17	-	0,03	1,90	TiO	0,40	-	0,80	11,0

Таблиця 4.2 – Значення питомих викидів (показників емісії) забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферу при газовому зварюванні металів

№ п/п	Технологічний процес та зварювальний матеріал	Кількість забруднюючих речовин
1	Газова зварка сталі ацетиленокисневим полум'ям	22,0 г NO ₂ на 1 кг C ₂ H ₂
2	Газова зварка алюмінію ацетиленокисневим полум'ям	22,0 г NO ₂ на 1 кг C ₂ H ₂ 0,06 г Al ₂ O ₃ на 1 кг C ₂ H ₂
3	Газова зварка сталі пропанбутановою сумішшю	15,0 г NO ₂ на 1 кг C ₂ H ₂
4	Газова зварка алюмінію пропанбутановою сумішшю	15,0 г NO ₂ на 1 кг C ₂ H ₂ 0,04 г Al ₂ O ₃ на 1 кг C ₂ H ₂

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для розрахунку

№ варіанту	Час роботи зварювального посту, год/рік	Кількість витраченого матеріалу, кг/рік	Типи процесів електричної зварки (табл. 4.1)	Типи процесів газової зварки (табл. 4.2)
1	1850	840	1, 15, 27, 30, 34, 40	1, 2
2	980	410	2, 9, 23, 29, 31, 38	3, 4
3	2040	960	6, 11, 20, 25, 32, 39	1, 2
4	1005	475	8, 14, 21, 28, 33, 37	3, 4
5	1630	590	3, 10, 16, 19, 24, 36	1, 2
6	1410	385	4, 12, 18, 22, 26, 35	3, 4
7	875	290	5, 17, 25, 30, 32, 39	1, 2
8	1230	325	7, 10, 13, 20, 27, 34	3, 4
9	965	305	4, 16, 19, 23, 29, 40	1, 2
10	835	270	1, 8, 11, 17, 22, 38	3, 4
11	1090	300	6, 15, 18, 21, 28, 31	1, 2
12	1550	545	2, 9, 12, 26, 33, 37	3, 4
13	1875	845	3, 7, 19, 24, 29, 40	1, 2
14	1495	530	5, 14, 18, 20, 35, 36	3, 4
15	1300	370	7, 15, 26, 29, 31, 38	1, 2
16	900	295	4, 9, 13, 28, 30, 33	3, 4
17	1620	585	6, 17, 24, 27, 34, 37	1, 2
18	1795	815	5, 11, 19, 22, 27, 40	3, 4
19	1345	370	8, 12, 18, 23, 32, 36	1, 2
20	2150	995	3, 14, 25, 28, 35, 39	3, 4

Приклад розрахунку

1. Визначити величину викиду Al_2O_3 , що утворився при проведенні ручного електричного зварювання алюмінію з використанням електродів ОЗА-1. Витрачено електродного матеріалу – 200 кг; час роботи зварювального посту – 645 год/рік.

Рішення. За даними табл. 4.1 знаходимо величину питомого викиду Al_2O_3 , що утворився при проведенні ручного електричного зварювання алюмінію з використанням електродів ОЗА-1 – це 20,0 г/кг електродного матеріалу. Отже, величина викиду Al_2O_3 при проведенні даних зварювальних робіт, дорівнює:

$$20,0 \text{ г/кг} \cdot 200 \text{ кг} = 4 \text{ кг Al}_2\text{O}_3 \text{ за рік.}$$

Для визначення величини викиду Al_2O_3 в г/с необхідно врахувати час роботи зварювального поста ($645 \text{ год} \cdot 3600 \text{ с/год} = 2,322 \cdot 10^6 \text{ с/рік}$). Величина викиду Al_2O_3 , в г/с, що утворився при проведенні ручного електричного зварювання алюмінію з використанням електродів ОЗА-1, з урахуванням фактичного часу роботи зварювального посту за рік, дорівнює:

$$\frac{20 \text{ г/кг} \cdot 200 \text{ кг}}{2,322 \cdot 10^6 \text{ с}} = 1,72 \text{ г/с.}$$

Перелік посилань

1. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т. 1. – Донецьк, 2004. – 184 с.
2. Шаніна Т.П. Техноекологія: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. – 205 с.
3. Практикум з дисципліни «Техноекологія». Ч.1. // Андріанов А.М., Верлан В.А., Чернякова О.І., Тимощук М.О. – Одеса, 1998. – 92 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Характеристики різних видів палива

№ п/п	Басейн	Марка	A^r , %	S^r , %	Q_i^r , МДж/кг
1	2	3	4	5	6
Кам'яне вугілля					
1	Донецький	ДР	28,0	3,5	18,50
2		Д концентрат	10,0	3,0	23,74
3		ГР	28,0	3,5	20,47
4		Г концентрат	11,0	3,0	25,95
5		Г промпродукт	40,0	3,3	15,05
6		ЖР	25,0	3,0	23,36
7		Ж концентрат	16,0	3,5	25,12
8		ОСР	25,0	3,0	24,20
9		К	39,0	3,2	17,00
10		ТР	25,0	2,7	24,07
11	Львівсько-Волинський	ГР	23,0	3,4	21,44
12		ГЖ	30,0	3,3	20,89
Антрацити					
1	Донецький	ПАРШ	26,0	2,2	24,03
2		АШ, АСШ	30,0	1,9	16,39
Буре вугілля					
1	Дніпровський	Б1Р	31,0	4,4	6,45
2		Б1Р	22,5	3,9	7,91
3		Б1Р	23,8	5,0	8,12
4		Б1Р	20,5	3,9	8,96
5	Олександрійський	Б1Р	34,2	4,6	4,98
6		Б1Р	22,5	4,5	7,45
7		Б1Р	36,0	4,1	7,16
8		Б1Р	19,7	4,3	7,79
9		Б1Р	11,7	4,3	9,59
10		Б1	18,0	3,3	10,05
Горючі сланці					
1	Бовтиське родовище	—	67,0	1,4	10,47
2	Мелінітові Карпат сланці	—	75,0	3,0	7,12
Торф					
1	Смоленське родовище	—	12,0	0,3	8,29

(продовження табл. А.1)

1	2	3	4	5	6
Інші види палива					
1	Мазут малосірчаний	0,1	0,5	40,30	
2	Мазут сірчаний	0,1	1,9	39,85	
3	Мазут високосірчаний	0,1	4,1	38,89	
4	Стабілізована нафта	0,1	2,9	39,90	
5	Дизельне паливо	0,02	0,3	42,75	
6	Солярове масло	0,02	0,3	42,46	
7	Моторне паливо	0,05	0,4	41,49	

Таблиця А.2 – Визначення параметрів $a_{вин}/(100 - \Gamma_{вин})$ та $(k_{CO})_0$, г/ГДж для котлів малої потужності

№	Тип топки	Вид палива	$\frac{a_{вин}}{(100 - \Gamma_{вин})}$	$(k_{CO})_0$, г/ГДж
1	З нерухомою решіткою та ручним закиданням палива	буре та кам'яне вугілля	0,0023	1900
2		антрацити АС і АМ	0,0030	900
3		антрацит АРШ	0,0078	800
4	З пневмомеханічними накидачами та нерухомою решіткою	буре та кам'яне вугілля	0,0026	700
5		антрацит АРШ	0,0088	600
6	З ланцюговою решіткою прямого ходу	антрацити АС і АМ	0,0020	400
7	З накидачами і ланцюговою решіткою	буре та кам'яне вугілля	0,0035	700
8	Шахтна	тверде паливо	0,0019	2000
9	Шахтно-ланцюгова	торф кусковий	0,0019	1000
10	Похило-перештовхувальна	сланці	0,0025	2900
11	Шарові побутових теплогенераторів	буре вугілля	0,0011	16000
12		кам'яне вугілля	0,011	7000
13		антрацити, пісне вугілля	0,011	3000
14	Камерна топка парового та водогрійного котла	мазут	0,010	320

Таблиця А.3 – Показники ефективності роботи установок пило- та газоуловлювання

№ п/п	Найменування установки	Вміст твердих частинок в газовій суміші викиду, г/м ³	
		до очищення	після очищення
1	Електрофільтри УГЗ	18,03	1,05
2	Циклони БЦРН	17,64	5,32
3	Електрофільтри 2Г2-3-26	35,10	3,67
4	Рукавні фільтри СМЦ	1,25	0,14
5	Циклон ЦН-15 та електрофільтр УГІ	39,18	4,06
6	Електрофільтр УПВ	13,04	1,12
7	Скрубер Вентурі	36,4	10,47
8	Рукавний фільтр ФРО-20	6,12	0,79
9	Рукавний фільтр ФРКД 121100	5,14	0,85
10	Циклон ЦН-15	48,65	17,64
11	Електрофільтр УГ-4-74	28,36	3,15
12	Електрофільтр УГІ-3	32,88	3,09
13	Електрофільтр ОГП-15	25,34	2,47
14	Електрофільтр СГ	31,18	2,96
15	Рукавний фільтр ФРГ	4,86	0,52

Таблиця А.4 – Вміст мазутної золи для різних марок мазуту

Показник	Марка мазуту				
	високосірчистого			малосірчистого	
	40	100	200	40	100
Мазутна зола (V_2O_5), мг/кг	600	600	1200	600	600

Таблиця А.5 – Ефективність зв'язування оксидів сірки золою або сорбентом у топці

Технологія спалювання	η_l	Примітка
Факельне спалювання вугілля в котлах з рідким шлаковидаленням	0,05	Зв'язування золою палива
Факельне спалювання вугілля в котлах з твердим шлаковидаленням	0,10	
Факельне спалювання мазуту в котлах	0,02	

Таблиця А.6 – Ефективність та коефіцієнт роботи сіркоочисної установки

№ п/п	Технологія десульфуризації димових газів	Параметри сіркоочисної установки	
		η_{II}	β
1	Мокре очищення – у скрубєрі з використанням вапняку (вапна) або доломіту з одержанням гіпсу	0,95	0,99
2	Мокре очищення – процес Веллмана—Лорда з використанням солей натрію	0,97	0,99
3	Мокре очищення – процес Вальтера з використанням аміачної води	0,88	0,99
4	Напівсухе очищення – розпилення крапель суспензії або розчину сорбенту в реакторі (технології ESOX, GSA, Niro Atomizer)	0,90	0,99
5	Сухе очищення – інжекція сухого сорбенту (DSI)	0,45	0,98
6	Напівсухе очищення – процес LIFAC як розвиток процесу DSI з розпилом крапель води	0,80	0,98
7	Напівсухе очищення – процес Lurgi CFB (з використанням реактора циркулюючого киплячого шару) з розпилом крапель води	0,90	0,99
8	Сухе очищення – абсорбція активованим вугіллям	0,95	0,99
9	Каталітичне очищення від оксидів сірки і азоту (DESONOX, SNOX)	0,95	0,99

Таблиця А.7 – Ефективність уловлювання оксидів сірки η_{II} під час золоочищення за допомогою мокрого скрубєра

Приведений вміст сірки, %/(МДж/кг)	Лужність води на зрошення, мг-екв/дм ³		
	0	5	10
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
0,01	0,0250	0,1450	0,3000
0,02	0,0220	0,0850	0,1680
0,03	0,0195	0,0520	0,1010
0,04	0,0180	0,0390	0,0660
0,05	0,0175	0,0300	0,0520

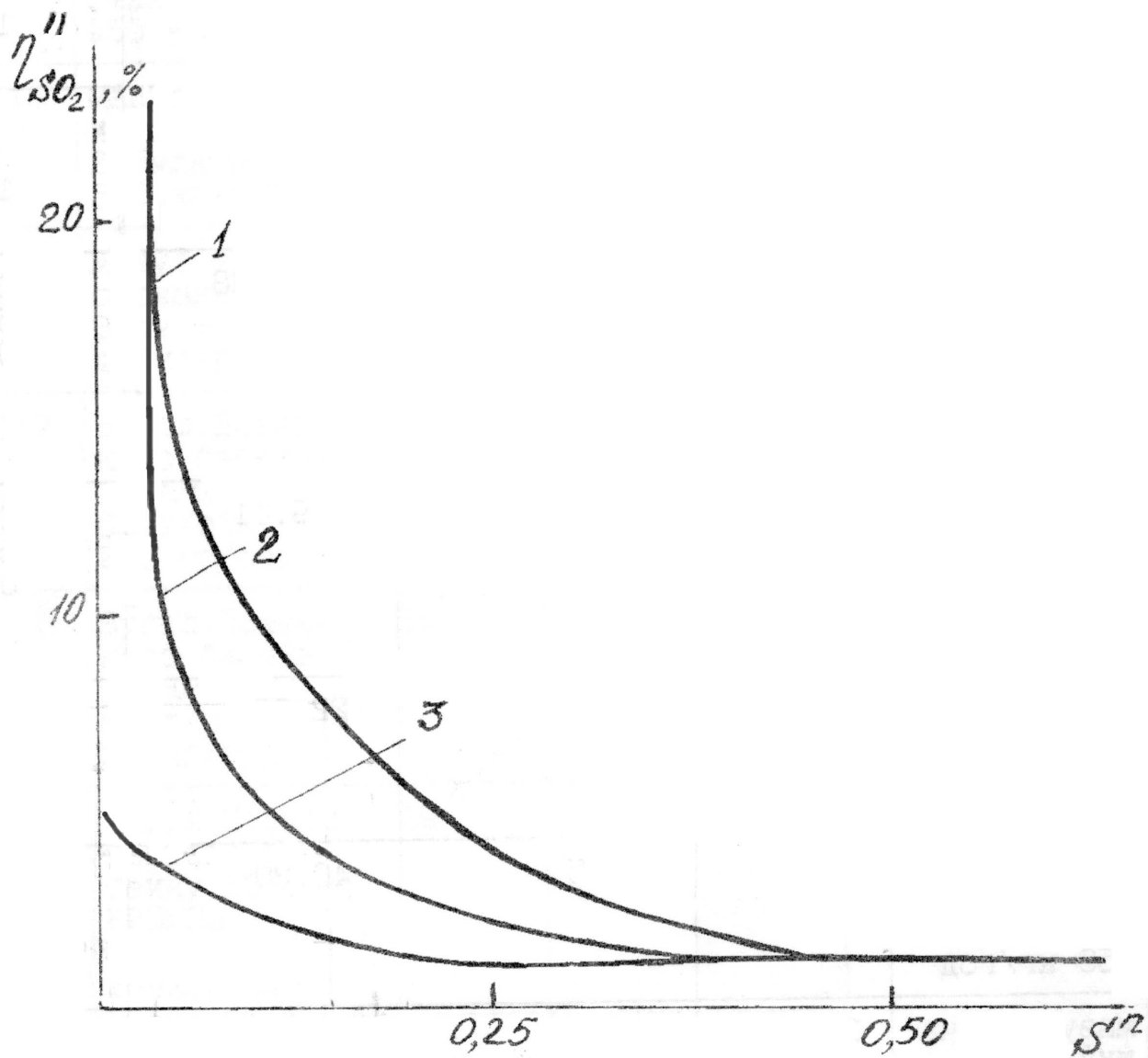


Рисунок А.1 – Ефективність уловлювання оксидів сірки у вологих золоуловлювачах η_{II} в залежності від приведеної сірчистості палива (S_n)

1-3 – лужність зрошувальної води відповідно 10; 5 та 0 мг-екв/дм³.

Таблиця А.8 – Узагальнені показники емісії NO_x для установок спалювання палива різної потужності без урахування застосування методів зниження емісії, г/ГДж

№ п/п	Технологія спалювання	Вид палива	$(k_{\text{NO}_x})_0$, г/ГДж
Камерне спалювання палива в котлах з тепловою потужністю > 300 МВт			
1	з рідким шлаковидаленням	антрацит	420
2		кам'яне вугілля	250
3	з твердим шлаковидаленням	кам'яне вугілля	230
4		мазут	200
5		природний газ	150
Камерне спалювання в котлах з тепловою потужністю ≤ 300 МВт			
1	з рідким шлаковидаленням	антрацит	250
2		кам'яне вугілля	180
3	з твердим шлаковидаленням	кам'яне вугілля	160
4	з горизонтальною циклонною топкою	кам'яне вугілля	480
5		мазут	140
6		природний газ	100

Таблиця А.9 – Ефективність первинних заходів скорочення величини викиду NO_x (η_l)

№ п/п	Тип первинних заходів	Ефективність η _l
1	Малотоксичні пальники	0,20
2	Ступенева подача повітря	0,30
3	Подача третинного повітря	0,20
4	Рециркуляція димових газів	0,10
5	Трьохступенева подача повітря та палива	0,35
6	Малотоксичні пальники + ступенева подача повітря	0,45
7	Малотоксичні пальники + подача третинного повітря	0,40
8	Малотоксичні пальники + рециркуляція димових газів	0,30
9	Ступенева подача повітря + подача третинного повітря	0,45
10	Ступенева подача повітря + рециркуляція димових газів	0,40
11	Малотоксичні пальники + ступенева подача повітря + рециркуляція димових газів	0,50
12	Малотоксичні пальники + ступенева подача повітря + подача третинного повітря	0,60

Таблиця А.10 – Ефективність (η_{II}) та коефіцієнт роботи (β) азотоочисної установки

Технологія очищення димових газів від NO_x	Ефективність η_{II}	Коефіцієнт роботи β
Селективне некаталітичне відновлення (СНКВ)	0,50	0,99
Селективне каталітичне відновлення (СКВ)	0,80	0,99
Активоване вугілля	0,70	0,99
DESONOX – SNOX	0,95	0,99

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Вихідні дані для розрахунку величин викидів твердих частинок при спалюванні палива в стаціонарних системах

№ варіанту	Вид палива (табл. А.1)	Витрати палива	Тип топки (табл. А.3)	Тип золоуловлювача (табл. А.4)
1	2	3	4	5
1	к.в.-1 б.в.-10 і.в.п.-1	350 кг/год 75 т/рік	1, 7 4, 11 14	1, 5 9, 12 2, 7
2	к.в.-2 б.в.-4 і.в.п.-2	240 кг/год 62 т/рік	4, 12 1, 11 14	2, 6 8, 15 4, 9
3	к.в.-3 б.в.-7 і.в.п.-3	200 кг/год 60 т/рік	1, 7 4, 11 14	3, 7 1, 13 8, 9
4	к.в.-4 б.в.-1 і.в.п.-3	360 кг/год 78 т/рік	4, 12 1, 11 14	4, 8 9, 15 2, 5
5	к.в.-5 б.в.-3 і.в.п.-2	370 кг/год 80 т/рік	1, 7 4, 11 14	5, 9 10, 12 1, 7
6	к.в.-6 б.в.-2 і.в.п.-1	400 кг/год 85 т/рік	4, 12 1, 11 14	6, 10 9, 14 1, 15
7	к.в.-7 б.в.-5 і.в.п.-3	320 кг/год 70 т/рік	1, 7 4, 11 14	7, 11 3, 8 2, 14
8	к.в.-8 б.в.-6 і.в.п.-1	310 кг/год 68 т/рік	4, 12 1, 7 14	9, 15 4, 6 8, 13
9	к.в.-9 б.в.-8 і.в.п.-2	380 кг/год 82 т/рік	1, 7 4, 11 14	3, 11 7, 14 1, 9
10	к.в.-10 б.в.-9 і.в.п.-3	260 кг/год 67 т/рік	4, 12 1, 7 14	2, 6 3, 12 8, 9
11	к.в.-11 б.в.-1 і.в.п.-2	250 кг/год 65 т/рік	1, 7 4, 11 14	5, 15 9, 11 2, 14

(продовження табл. Б.1)

1	2	3	4	5
12	к.в.-12 б.в.-2 і.в.п.-3	450 кг/год 100 т/рік	4, 12 1, 7 14	2, 3 7, 15 6, 12
13	к.в.-1 б.в.-3 і.в.п.-1	480 кг/год 110 т/рік	1, 7 4, 11 14	8, 13 1, 15 3, 5
14	к.в.-2 б.в.-8 і.в.п.-3	500 кг/год 120 т/рік	4, 12 1, 7 14	1, 3 5, 8 10, 14
15	к.в.-3 б.в.-1 і.в.п.-2	520 кг/год 130 т/рік	1, 7 4, 11 14	6, 8 7, 9 4, 12
16	к.в.-4 б.в.-7 і.в.п.-1	600 кг/год 180 т/рік	4, 12 1, 7 14	9, 15 1, 4 8, 10
17	к.в.-5 б.в.-4 і.в.п.-2	650 кг/год 140 т/рік	1, 7 4, 11 14	5, 7 3, 15 9, 11
18	к.в.-6 б.в.-9 і.в.п.-2	680 кг/год 150 т/рік	4, 12 1, 7 14	10, 15 3, 9 1, 5
19	к.в.-7 б.в.-10 і.в.п.-1	700 кг/год 180 т/рік	1, 7 4, 11 14	2, 7 4, 13 3, 9
20	к.в.-8 б.в.-2 і.в.п.-2	410 кг/год 90 т/рік	4, 12 1, 7 14	8, 14 2, 4 3, 12

Примітка: к.в. — кам'яне вугілля; б.в. — буре вугілля; і.в.п. — інші види палива.

Цифри у колонках «2», «4» та «5» відповідають порядковим номерам рядків у відповідних таблицях Додатку А.

Таблиця Б.2 – Вихідні дані для розрахунку величин викидів мазутної золи, що містить пентаоксид ванадію (V_2O_5)

№ варіанту	Марка мазуту	Витрати палива	Тип золоуловлювача (табл. А.4)
1	2	3	4
1	Високосірчистий - 40 Малосірчистий - 40	410 кг/год 90 т/рік	1, 15
2	Високосірчистий - 100 Малосірчистий - 100	680 кг/год 150 т/рік	3, 8
3	Високосірчистий - 200 Малосірчистий - 40	600 кг/год 180 т/рік	5, 11
4	Високосірчистий - 40 Малосірчистий - 100	500 кг/год 120 т/рік	7, 9
5	Високосірчистий - 100 Малосірчистий - 40	450 кг/год 100 т/рік	2, 14
6	Високосірчистий - 200 Малосірчистий - 100	260 кг/год 67 т/рік	4, 7
7	Високосірчистий - 40 Малосірчистий - 40	310 кг/год 68 т/рік	6, 10
8	Високосірчистий - 100 Малосірчистий - 100	400 кг/год 85 т/рік	8, 15
9	Високосірчистий - 200 Малосірчистий - 40	360 кг/год 78 т/рік	1, 11
10	Високосірчистий - 40 Малосірчистий - 100	240 кг/год 62 т/рік	3, 13
11	Високосірчистий - 100 Малосірчистий - 40	700 кг/год 180 т/рік	5, 14
12	Високосірчистий - 200 Малосірчистий - 100	350 кг/год 75 т/рік	4, 9
13	Високосірчистий - 40 Малосірчистий - 40	650 кг/год 140 т/рік	7, 11
14	Високосірчистий - 100 Малосірчистий - 100	200 кг/год 60 т/рік	2, 10
15	Високосірчистий - 200 Малосірчистий - 40	370 кг/год 80 т/рік	4, 12
16	Високосірчистий - 40 Малосірчистий - 100	320 кг/год 70 т/рік	5, 15
17	Високосірчистий - 100 Малосірчистий - 40	380 кг/год 82 т/рік	7, 10

(продовження табл. Б.2)

1	2	3	4
18	Високосірчистий - 200 Малосірчистий - 100	250 кг/год 65 т/рік	2, 6
19	Високосірчистий - 40 Малосірчистий - 40	480 кг/год 110 т/рік	3, 14
20	Високосірчистий - 100 Малосірчистий - 100	520 кг/год 130 т/рік	5, 11

Примітка: цифри у колонці «4» відповідають порядковим номерам рядків у відповідній таблиці Додатку А.

Таблиця Б.3 – Вихідні дані для розрахунку величин викидів СО при спалюванні палива у стаціонарних системах

№ варіанту	Вид палива (табл. А.1)	Витрати палива	Тип топки (табл. А.3)
1	2	3	4
1	к.в.-12 б.в.-3 антрицит-1	350 кг/год 75 т/рік	1, 7 4, 11 2
2	к.в.-7 б.в.-1 антрацит-2	240 кг/год 62 т/рік	4, 12 1, 11 3
3	к.в.-5 б.в.-9 горючі сланці-1	200 кг/год 60 т/рік	1, 7 4, 11 10
4	к.в.-1 б.в.-2 горючі сланці-2	360 кг/год 78 т/рік	4, 12 1, 11 10
5	к.в.-11 б.в.-5 торф-1	370 кг/год 80 т/рік	1, 7 4, 11 9
6	к.в.-3 б.в.-10 і.в.п.-1	400 кг/год 85 т/рік	4, 12 1, 11 14
7	к.в.-9 б.в.-8 і.в.п.-2	320 кг/год 70 т/рік	1, 7 4, 11 14
8	к.в.-6 б.в.-4 і.в.п.-3	310 кг/год 68 т/рік	4, 12 1, 7 14

(продовження табл. Б.3)

1	2	3	4
9	к.в.-4 б.в.-6 і.в.п.-6	380 кг/год 82 т/рік	1, 7 4, 11 14
10	к.в.-8 б.в.-7 антрацит-1	260 кг/год 67 т/рік	4, 12 1, 7 6
11	к.в.-10 б.в.-3 антрацит-2	250 кг/год 65 т/рік	1, 7 4, 11 13
12	к.в.-2 б.в.-9 горючі сланці-1	450 кг/год 100 т/рік	4, 12 1, 7 10
13	к.в.-11 б.в.-7 горючі сланці-2	480 кг/год 110 т/рік	1, 7 4, 11 10
14	к.в.-8 б.в.-1 торф-1	500 кг/год 120 т/рік	4, 12 1, 7 9
15	к.в.-3 б.в.-2 і.в.п.-1	520 кг/год 130 т/рік	1, 7 4, 11 14
16	к.в.-1 б.в.-10 і.в.п.-2	600 кг/год 180 т/рік	4, 12 1, 7 14
17	к.в.-10 б.в.-4 і.в.п.-3	650 кг/год 140 т/рік	1, 7 4, 11 14
18	к.в.-4 б.в.-5 і.в.п.-6	680 кг/год 150 т/рік	4, 12 1, 7 14
19	к.в.-7 б.в.-6 антрацит-1	700 кг/год 180 т/рік	1, 7 4, 11 2
20	к.в.-12 б.в.-8 антрацит-2	410 кг/год 90 т/рік	4, 12 1, 7 3

Примітка: к.в. — кам'яне вугілля; б.в. — буре вугілля; і.в.п. — інші види палива.

Цифри у колонці «4» відповідають порядковим номерам рядків у відповідній таблиці Додатку А.

Таблиця Б.4 – Вихідні дані для розрахунку величин викидів диоксиду сірки при спалюванні палива в стаціонарних системах

№ варіанту	Вид палива (табл. А.1)	Витрати палива	Технологія десульфуризації димових газів (табл. А.6)
1	2	3	4
1	к.в.-1; б.в.-10; і.в.п.-1	350 кг/год 75 т/рік	1
2	к.в.-2; б.в.-4; і.в.п.-2	240 кг/год 62 т/рік	2
3	к.в.-3; б.в.-7; і.в.п.-3	200 кг/год 60 т/рік	3
4	к.в.-4; б.в.-1; і.в.п.-3	360 кг/год 78 т/рік	4
5	к.в.-5; б.в.-3; і.в.п.-2	370 кг/год 80 т/рік	5
6	к.в.-6; б.в.-2; і.в.п.-1	400 кг/год 85 т/рік	6
7	к.в.-7; б.в.-5; і.в.п.-3	320 кг/год 70 т/рік	7
8	к.в.-8; б.в.-6; і.в.п.-1	310 кг/год 68 т/рік	8
9	к.в.-9; б.в.-8; і.в.п.-2	380 кг/год 82 т/рік	9
10	к.в.-10; б.в.-9; і.в.п.-3	260 кг/год 67 т/рік	1
11	к.в.-11; б.в.-1; і.в.п.-2	250 кг/год 65 т/рік	2
12	к.в.-12; б.в.-2; і.в.п.-3	450 кг/год 100 т/рік	3
13	к.в.-1; б.в.-3; і.в.п.-1	480 кг/год 110 т/рік	4
14	к.в.-2; б.в.-8; і.в.п.-3	500 кг/год 120 т/рік	5
15	к.в.-3; б.в.-1; і.в.п.-2	520 кг/год 130 т/рік	6
16	к.в.-4; б.в.-7; і.в.п.-1	600 кг/год 180 т/рік	7

(продовження табл. Б.4)

1	2	3	4
17	к.в.-5; б.в.-4; і.в.п.-2	650 кг/год 140 т/рік	8
18	к.в.-6; б.в.-9; і.в.п.-2	680 кг/год 150 т/рік	9
19	к.в.-7; б.в.-10; і.в.п.-1	700 кг/год 180 т/рік	1
20	к.в.-8; б.в.-2; і.в.п.-2	410 кг/год 90 т/рік	2

Примітка: к.в. – кам'яне вугілля; б.в. – буре вугілля; і.в.п. – інші види палива.

Цифри у колонці «4» відповідають порядковим номерам рядків у відповідній таблиці Додатку А.

Таблиця Б.5 – Вихідні дані для розрахунку величин викидів оксидів азоту при спалюванні палива в стаціонарних системах

№ варіанту	Вид палива та технологія спалювання (табл. А.8)	Витрати палива	Потужність котла, МВт		Тип первинних заходів (табл. А.9)
			фактична	номінальна	
1	2	3	4	5	6
1	антрацит к.в.-2	350 кг/год 75 т/рік	220	250	1
2	мазут к.в.-3	240 кг/год 62 т/рік	150	195	2
3	антрацит к.в.-4	200 кг/год 60 т/рік	140	200	3
4	мазут антрацит	360 кг/год 78 т/рік	230	290	4
5	к.в.-2 к.в.-3	370 кг/год 80 т/рік	250	300	5
6	антрацит к.в.-2	400 кг/год 85 т/рік	310	380	6
7	антрацит к.в.-3	320 кг/год 70 т/рік	200	240	7
8	к.в.-2 к.в.-4	310 кг/год 68 т/рік	200	250	8
9	антрацит к.в.-3	380 кг/год 82 т/рік	305	400	9

(продовження табл. Б.5)

1	2	3	4	5	6
10	антрацит к.в.-4	260 кг/год 67 т/рік	180	220	10
11	мазут антрацит	250 кг/год 65 т/рік	180	250	11
12	мазут антрацит	450 кг/год 100 т/рік	340	400	12
13	антрацит к.в.-3	480 кг/год 110 т/рік	350	400	1
14	мазут к.в.-2	500 кг/год 120 т/рік	410	450	2
15	мазут к.в.-3	520 кг/год 130 т/рік	420	470	3
16	антрацит к.в.-2	600 кг/год 180 т/рік	480	510	4
17	мазут антрацит	650 кг/год 140 т/рік	500	550	5
18	к.в.-2 к.в.-3	680 кг/год 150 т/рік	520	600	6
19	мазут к.в.-2	700 кг/год 180 т/рік	520	610	7
20	антрацит к.в.-4	410 кг/год 90 т/рік	300	360	8

Примітка: к.в. – кам'яне вугілля.

Цифри у колонці «6» відповідають порядковим номерам рядків у відповідній таблиці Додатку А.

З Б І Р Н И К
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних робіт
з д и с ц и п л і н и
"Технологія"

Укладачі: д.х.н., проф. Андріанов А.М.
к.х.н., доц. Шаніна Т.П.
ас. Коріневська В.Ю.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул.Львівська, 15
