

Тема 18 Питання екології при використанні теплоти

18.1 Токсичні гази продуктів згорання

Продукти згорання роблять визначальний вплив на енергетичні і екологічні показники різних теплотехнічних установок.

Проте окрім цих продуктів при згоранні утворюється і ряд інших речовин, які унаслідок їх малої кількості не враховуються в енергетичних розрахунках, але визначають екологічні показники топків, печей, теплових двигунів і інших пристроїв сучасної теплотехніки.

В першу чергу до екологічно шкідливих продуктів згорання слід віднести так звані токсичні гази.

Токсичними називають речовини, що надають негативні дії на організм людини і довкілля. Основними токсичними речовинами є оксиди азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO), різні вуглеводні (CH), сажа і з'єднання, що містять, свинець і сірку.

Оксиди азоту. При згоранні палив головним чином утворюється оксид азоту NO , який потім в атмосфері окислюється до NO_2 .

Утворення NO збільшується із зростанням температури газів і концентрації кисню і не залежить від вуглеводневого складу палива.

NO_2 , що знаходиться в атмосфері, є газом червонувато-бурого кольору, що має у великих концентраціях задушливий запах. NO_2 надає негативну дію на слизисті оболонки очей.

Оксид вуглецю (CO) утворюється під час згорання при недоліку кисню або при дисоціації CO_2 . Основний вплив на утворення CO оказує склад суміші: чим вона багатша, тим вище концентрація CO .

Оксид вуглецю - безбарвний газ, що не має запаху. При вдиханні разом з повітрям він інтенсивно з'єднується з гемоглобіном крові, що зменшує її здібність до постачання організму киснем. Симптоми отруєння організму газом CO : головний біль, серцебиття, скрута дихання і нудота.

Вуглеводні (CH) складаються з вихідних або молекул палива, що розпалися, які не приймали участі в згоранні. Вуглеводні з'являються у відпрацьованих газах двигунів внутрішнього згорання унаслідок гасіння полум'я поблизу відносно холодних стінок камери згорання, в "затиснених"

об'ємах, що знаходяться у витискувачах і в зазорі між поршнем і циліндром над верхнім компресійним кільцем.

У дизелях вуглеводні утворюються в перезбагачених зонах суміші, де відбувається піроліз молекул палива. Якщо в процесі розширення в ці зони не поступить достатня кількість кисню, то CH виявиться у складі відпрацьованих газів.

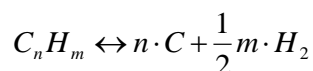
Кількість різних індивідуальних вуглеводнів, що входять до цієї групи токсичних речовин, перевищує 200. У тих концентраціях, в яких CH міститься в повітрі, наприклад, в зонах з інтенсивним рухом автотранспорту, вони не приносять безпосередньої шкоди здоров'ю людини, проте, можуть викликати реакції, які ведуть до утворення з'єднань, шкідливих навіть при незначній концентрації.

Так, вуглеводні під дією сонячних променів можуть взаємодіяти з NO_x , утворюючи біологічно активні речовини, які дратівливо діють на органи дихальних шляхів і викликають появу так званого смогу.

Особливий вплив роблять викиди бензолу, толуолу, поліциклічних ароматичних вуглеводнів і в першу чергу бензопирена ($C_{20}H_{12}$). Ця група високотоксичних речовин утворюється в результаті піролізу легких і середніх фракцій палива при температурі (600...700) К. Такі умови виникають поблизу холодних поверхонь циліндра за наявності там незгорілих вуглеводнів. Кількість поліциклічних ароматичних вуглеводнів у відпрацьованих газах тим більше, чим вище концентрація в паливі бензолу. Поліциклічні ароматичні вуглеводні відносяться до так званих канцерогенних речовин, вони не виводяться з організму людини, а з часом накопичуються в ній, сприяючи утворенню злоякісних пухлин.

Сажа є твердим продуктом, що складається в основному з вуглецю. Окрім вуглецю в сажі міститься (1..3) % (по масі) водню.

Сажа утворюється при температурі вище 1500 К в результаті об'ємного процесу термічного розкладання (піролізу) при сильному недоліку кисню. Формально реакція піролізу виражається рівнянням



Утворення сажі залежить від температури і тиску газів, а також від вигляду палива. При однаковій кількості атомів вуглецю по мірі збільшення

схильності до утворення сажі вуглеводні розташовуються таким чином: парафіни, олефіни, ароматики.

Наявність сажі у відпрацьованих газах дизелів обумовлює чорний дим на випуску.

Саж є механічним забрудником носоглотки і легенів. Велика небезпека пов'язана з властивістю сажі нагромаджувати на поверхні своїх часток канцерогенні речовини і служити їх переносником.

Саж - не єдина тверда речовина, що міститься у відпрацьованих газах. Інші тверді речовини утворюються з сірки, що міститься в дизельному паливі, а також у вигляді аерозолів масел і незгорілого палива. Всі речовини, які осідають на спеціальному фільтрі при проходженні через нього відпрацьованих газів, отримали загальну назву - частки.

Вміст у відпрацьованих газах продуктів неповного згорання (CO , CH і сажі) небажано не лише із-за їх токсичності, але і тому, що при неповному згоранні палива недовиділяється частина теплоти, а це обумовлює погіршення економічних показників теплових установок.

Свинець і сірка. Приблизно (50...70) % свинцю, що знаходиться в бензині, потрапляє разом з відпрацьованими газами в атмосферу у формі свинцевих солей, тобто у вигляді часток діаметром менше 1 мкм. Ці частки проникають в організм людини разом з повітрям і через шкіру. З'єднання свинцю дуже отруйні і не виводяться з організму, накопичуючись в ньому. Вони негативно впливають на центральну нервову систему, викликаючи нервові і психічні розлади.

Сірка, що міститься в дизельному паливі, мазуті і кам'яному вугіллі викидається в атмосферу після згорання цих палив у формі діоксиду SO_2 , який дуже шкідливий для рослин і сприяє виникненню "кислотних" дощів.

Присутність у відпрацьованих газах з'єднань свинцю і сірки робить неможливим використання каталітичних нейтралізаторів, призначених для зниження токсичності відпрацьованих газів.

Деякі токсичні речовини після того, як вони потрапляють в атмосферу у складі продуктів згорання, зазнають подальші перетворення. Наприклад, за наявності в атмосфері вуглеводнів (або їх радикалів), оксидів азоту і оксиду вуглецю при інтенсивному ультрафіолетовому випромінюванні сонця утворюється озон O_3 , що є сильним окислювачем і що викликає при відповідній концентрації погіршення самопочуття людей.

При високому вмісті в малорухливій і вологій атмосфері NO_2 , O_3 і CH виникає туман коричневого кольору, який отримав назву “смог” (від англійських слів Smoke - дим и fog - туман). Смог є сумішшю рідких газоподібних компонентів, він дратує очі і слизисті оболонки, погіршує видимість на дорогах.

Основними джерелами викиду токсичних продуктів згорання є автомобілі, промисловість, теплові і електричні станції. У деяких містах вміст в атмосфері токсичних продуктів згорання перевищує гранично допустиму концентрацію в декілька десятків разів.

Для боротьби з цим злом в більшості країн світу ухвалені відповідні закони, що обмежують допустимий вміст токсичних речовин в продуктах згорання, що викидаються в атмосферу.

18.2 Взаємодії токсичних газів

Для оцінки концентрацій токсичних викидів прийнято порівнювати їх фактичні концентрації гранично допустимими (максимально разовими, середньодобовими або середньорічними).

На підставі багаточисельних епідеміологічних і токсикологічних досліджень встановлено, що дія кожного з шкідливих компонентів може привести до певних негативних наслідків.

Оксид вуглецю CO (час життя в атмосфері (2...42) місяців) впливає на нервову систему, викликає непритомність, оскільки вступає в реакцію з гемоглобіном крові, заміщаючи кисень. Залежно від концентрації CO в повітрі і часу дії ступінь ураження організму може істотно розрізнятися.

Коли дія припиняється, CO , зв'язаний гемоглобіном, поступово виділяється, і кров здорової людини очищається від нього на 50 % кожні (3...4) год.

Дія CO на центральну нервову систему виявляється в зміні колірній і світловій чутливості очей - зростає вірогідність аварій. Максимально-разова ПДК цієї речовини в населених пунктах складає 3 мг/м^3 , в США - 10 мг/м^3 за 8 год. дії.

У атмосфері над автомагістралями і прилеглих територіях з оксидів азоту зустрічаються, в основному NO і NO_2 . NO є нестійким компонентом, який протягом часу від (0,5...3) до 100 год. (залежить від концентрації в повітрі) окислюється до NO_2 . Токсичність NO_2 у 7 разів вище за токсичність NO .

На організм людини NO_2 діє як гострий подразник при концентрації 15 мг/м^3 і може викликати набряк легенів при концентрації $(200...300) \text{ мг/м}^3$. Реагуючи з атмосферною вологою, оксиди азоту утворюють азотну кислоту, що викликає корозію металів, знищення рослинності і так далі.

Найбільшу небезпеку оксиди азоту представляють як активний компонент при утворенні фотохімічного смогу. Максимально-разова концентрація оксидів азоту в атмосфері населених пунктів - $0,085 \text{ мг/м}^3$.

Газоподібні низькомолекулярні вуглеводні надають наркотичну дію на організм людини, викликаючи стан ейфорії, що збільшує вірогідність ДТП. Токсичність їх зростає за наявності в повітрі інших забруднень, які в сукупності під дією сонячної радіації утворюють фотохімічні оксиданти смогу. ПДК максимально-разова складає 5 мг/м^3 .

Поліциклічні ароматичні вуглеводні, що містяться у викидах двигунів, є канцерогенними, з яких найбільшою активністю **володіє** бензопирен ($C_{20}H_{12}$), що міститься у відпрацьованих газах дизелів. ПДК складає $0,1 \text{ мкг/100 м}^3$ повітря.

Сажа, що міститься у відпрацьованих газах, володіє більшою токсичністю, чим звичайний пил. На поверхні часток сажі адсорбуються канцерогенні речовини. Видимим автомобільний вихлоп стає при концентрації сажі 130 мг/м^3 .

Розміри часток складають $(0,19...0,54) \text{ мкм}$ у діаметрі і можуть досягати легенів або відкладатися в носових пазухах, трахеях або бронхах.

Оксиди сірки при малих концентраціях ($0,001 \%$) викликають роздратування дихальних шляхів, при концентрації $0,01 \%$ відбувається отруєння людей за декілька хвилин. Наявність в атмосфері сірчистих газів перешкоджає фотосинтезу рослин, несприятливо впливає на дихальні шляхи людини. При концентрації SO_2 в повітрі більш $0,9 \text{ мг/м}^3$ відбувається зміна процесів фотосинтезу рослин; через $(5...10)$ днів хвоя сосни, ялині починає рудіти і передчасно обпадає. Встановлено, що суміш SO_2 і CO при тривалій дії викликає порушення генетичної функції організму. ПДК в робочій зоні складає 10 мг/м^3 .

З'єднання свинцю наводять до виникнення головного болю, стомлення, порушення сну, ферментативної активності білків живих організмів. ПДК середньодобова складає $0,0003 \text{ мг/м}^3$. Свинець накопичується в організмі і може викликати важкі розлади нервової і кровоносної системи.

Негативна дія автомобільних викидів на людину виявляється і через питну воду, і продукти харчування. Приводять до погіршення здоров'я транспортний шум і електромагнітні випромінювання.

18.3 Наслідки парникового ефекту

Одним з основних продуктів згорання вуглеводневих палив є діоксид вуглецю (CO_2), який не відноситься до токсичних газів. Річна емісія CO_2 складає (130...1100) млрд. т/рік. Основна кількість CO_2 виробляється природними джерелами, і лише приблизно (1...3) % пов'язані з технічною діяльністю людини (антропогенні викиди). Проте ці (1...3) % можуть порушувати рівновагу в атмосфері і служити причиною виникнення так званого “парникового” ефекту.

У верхніх шарах атмосфери завжди розташовувалася суміш газів, що перебуває на (60...90) % з водяної пари. Ця суміш газів перешкоджає відведенню теплоти від поверхні нашої планети, підвищуючи її середню температуру на 33 °C (від -18 °C до +15 °C). У збільшенні середньої температури на поверхні землі і полягає “парниковий” ефект, який зумовив сприятливі умови для виникнення і розвитку життя на Землі. Проте в результаті діяльності людини в стратосфері і тропосфері стали накопичуватися такі речовини як CO_2 , CH_4 , галогеніровані вуглеводні, озон і гемеіоксид азоту (NO_2). Сумарна доля цих газів в “парниковому” шарі відносно невелика всього (0,5...15) %. Проте вони викликали за останніх 100 років підвищення середньої температури приблизно на 0,45 °C, що виразилося у відомому потеплінні клімату. При подальшому неконтрольованому посиленні “парникового” ефекту може статися інтенсивне танення льодовиків, яке може привести до глобальної катастрофи.

Зі всіх антропогенних “парникових” газів головне значення для посилення “парникового” ефекту має CO_2 . Найважливішими джерелами антропогенних викидів CO_2 є: теплові і електричні станції - 27 %, промисловість - 20 %, опалювання житлових приміщень і мала енергетика - 20 %, транспорт - 17 %.

Зниження антропогенних викидів CO_2 стало гострою екологічною проблемою. В той же час відомо, що чим більше CO_2 утворюється при згоранні вуглеводневих палив, тим воно досконало. Тому вирішення проблеми зменшення антропогенних викидів CO_2 можливо шляхом:

- зменшення кількості спалюваного вуглеводневого палива, тобто підвищення паливної економічності теплоенергетичних пристроїв і теплових двигунів;

- вживання палив з малим вмістом вуглецю (стислий і зріджений газ, спирти і ефіри);
- використання водню;
- переходу до широкого вживання альтернативних джерел енергії (енергія сонця і вітру, гідроенергія, атомна і ядерна енергія).