



• © О.О. Борщевський, інженер (ДП “ДержавтотрансНДІпроект”)

# ДЕЯКІ ПИТАННЯ ДОТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЙ М, N У СФЕРІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**Анотація:** Розглянуто особливості експлуатації систем каталітичної нейтралізації, які впливають на їхній ресурс. Проблема норм середнього ресурсу компонентів системи нейтралізації, зокрема каталітичних нейтралізаторів, детально представлена в технічних і нормативно-правових джерелах ЄС та США. Оновлення нормативно-правової бази у сфері експлуатації та технічного контролю КТЗ сприятиме поліпшенню екологічної ситуації в Україні.

**Ключові слова:** забруднювальні речовини, рівень викидів, ресурс нейтралізаторів, система нейтралізації, спалини.

**Аннотация:** Рассмотрено особенности эксплуатации систем каталитической нейтрализации, которые влияют на их ресурс. Проблема норм среднего ресурса компонентов системы нейтрализации, в частности каталитических нейтрализаторов, подробно представлена в технических и нормативно-правовых источниках ЕС и США. Обновление нормативно-правовой базы в сфере эксплуатации и технического контроля КТС будет способствовать улучшению экологической ситуации в Украине.

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, уровень выбросов, ресурс нейтрализаторов, система нейтрализации, отработавшие газы.

**Annotation:** Reviewed the features of operating catalytic emission systems that affect their life terms. The problem of the average standards resource for emission system, in particular the catalytic converter, is detailed in the technical and law sources of EU and U.S.. Improving the laws in area of operation and technical control of vehicles should contribute to improving the environment in Ukraine.

**Keywords:** pollution, pollution level, life term of catalytic converters, emission system, exhaust gas.

## Вступ

Автомобільний транспорт є одним із найагресивніших чинників, що забруднює атмосферу повітря [1]. Найбільшою шкоди довіллю, атмосферному повітрю зокрема, завдає забруднення спалинами<sup>1</sup>. Внаслідок цього у великих містах, де концентрація автомобільного транспорту на одиницю площі є найбільшою, спостерігається різке погіршення якості повітря. Існує два шляхи вирішення даної проблеми: нормативно-правовий та технічний.

## Основна частина

Історичним поштовхом для створення та розвитку стандартів, направлених на зменшення забруднення атмосферного повітря, прийнято вважати Великий смог 1952 року в Лондоні. Кількість загиблих від смогу становила близько 12 тис. чоловік [2]. Серед вжитих заходів – прийняття Парламентом Великої Британії в 1956 році закону “Про чисте повітря”. Заходи з нормування викидів забруднювальних речовин зі спалинами на автомобільному транспорті в США

<sup>1</sup> Спалини – забруднювальні речовини, інші продукти, утворені внаслідок згорання моторного палива у двигуні транспортного засобу, які надходять через його випускную систему до атмосферного повітря, зокрема після перетворення, знешкодження, очищення спеціальним обладнанням випускної системи (нейтралізатор, фільтр тощо), якщо таке обладнання передбачив виробник (термін введено постановою Кабінету Міністрів України від 30.01.2012 № 137 “Про затвердження Порядку проведення обов’язкового технічного контролю та обсягів перевірки технічного стану транспортних засобів”).



Таблиця 1

Норми викидів шкідливих речовин зі спалинами для нових автомобілів категорії М1, що мають двигуни із примусовим запалюванням

	Екологічні стандарти					
	Euro I	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V	Euro VI
Введені в Європі, місяць/рік	12/1992	01/1996	01/2000	01/2005	09/2009	09/2014
СО (г/км)	2,72	2,20	2,30	1,00	1,00	1,00
ТНС (г/км)	–	–	0,20	0,10	0,100	0,100
NO <sub>x</sub> (г/км)	–	–	0,15	0,08	0,06	0,06
НС+NO <sub>x</sub> (г/км)	0,97	0,5	–	–	–	–
PM (г/км)	–	–	–	–	0,005*	0,005*
NMHC (г/км)	–	–	–	–	0,068	0,068

\* – для двигунів із безпосереднім впорскування

Таблиця 2

Норми викидів шкідливих речовин зі спалинами для нових автомобілів категорії М1, з дизелями

	Екологічні стандарти					
	Euro I	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V	Euro VI
Введені в Європі, місяць/рік	12/1992	01/1996	01/2000	01/2005	09/2009	09/2014
СО (г/км)	2,72	1,00	0,64	0,50	0,500	0,500
ТНС (г/км)	–	–	–	–	–	–
NO <sub>x</sub> (г/км)	–	–	0,5	0,25	0,18	0,080
НС+NO <sub>x</sub> (г/км)	0,97	0,7	0,56	0,3	0,230	0,170
PM (г/км)	0,14	0,08	0,05	0,025	0,005	0,005

вперше були застосовані владою штату Каліфорнія, в 1972 році. В межах Женевської угоди 1958 року [3] допустимий рівень викидів встановлюється Правилами ЄЕК ООН № 24 [4], №83 [5], №49 [6], в ЄС – Директивою 2007/46/ЕС [7]. На початку 90-х для рівня норм, що для кожної категорії автомобілів уособлює конкретні граничні значення викидів, вводяться комплексні екологічні стандарти Euro. У таблицях 1–2 наведено максимально допустимі значення рівня викидів основних забруднювальних речовин для двигунів із примусовим запалюванням та дизелів, відповідно. На їхньому прикладі можна прослідкувати за динамікою жорсткішання норм. Не зважаючи на зменшення гранично допустимих значень викидів, вміст парникових газів у викидах перевищує на 8% рівень 1990 року [8].

Протягом тривалого періоду існування проблеми забруднення навколишнього середовища розроблено різні методи зменшення кількості викидів, очистки спалин, нейтралізації забруднювальних речовин. На сьогодні розрізняють такі основні напрями вирішення цих проблем:

1) удосконалення робочих процесів двигуна (подачі палива, повітря, сумішоуворення та згоряння);

2) покращення якісного складу автомобільних палив та пошук альтернативних видів палива;

3) застосування гібридних (двигун внутрішнього згоряння та електричний двигун) силових агрегатів, що мають менші обсяги викидів спалин;

4) створення ефективних систем очищення, нейтралізації забруднювальних речовин у спалинах.

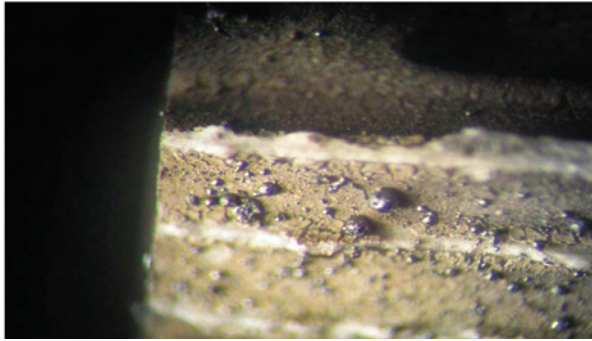


Рис. 1. Следи моторної оливи на поверхні каталітичного шару

Найбільш ефективним та доцільним способом дотримання встановлених сучасними екологічними стандартами норм щодо рівнів викидів забруднювальних речовин є застосування систем їхньої нейтралізації. Цей спосіб був запропонований французьким хіміком-технологом Еженом Гудрі, експертом у галузі каталітичної переробки нафти. Йому належить патент на окиснювальний каталітичний нейтралізатор, який серійно почали виготовляти в 1972 р.

Для двигунів з іскровим запалюванням та дизелів застосовують системи нейтралізації, які відрізняються між собою. Відмінність між цими системами зумовлена особливостями процесів згоряння у ДВЗ із примусовим запалюванням та із запалюванням від стискання.

Призначенням системи нейтралізації забруднювальних речовин двигунів з іскровим запалюванням є зменшення викидів в атмосферне повітря продуктів неповного згоряння та оксидів азоту. Причиною утворення продуктів неповного згоряння ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}$ ) в робочому процесі двигуна є застосування паливно-повітряної суміші з недостатньою для повного згоряння кількістю кисню, застосування якої забезпечує отримання максимальної потужності двигуна. Робота двигуна зі збідненою сумішшю супроводжується зниженням рівня оксиду вуглецю  $\text{CO}$ , вуглеводнів  $\text{CH}$  та зростанням кількості оксидів азоту  $\text{NO}_x$ , через надлишок повітря.

Внаслідок того, що процес згоряння в дизелі відбувається з надлишком повітря, рівень продуктів неповного згоряння, як  $\text{CO}$  так і  $\text{CH}$ , у спалинах на порядок нижчий, ніж у бензинових двигунів. Тому найважливішим для систем нейтралізації дизелів є зменшення димності (викидів твердих частинок) та оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ).

Детально конструкції, принципи роботи систем нейтралізації, перебіг хімічних реакцій в системах нейтралізації наведено в [9-12]. Як зазначено в [9-11], ефективна робота каталітичного нейтралізатора можлива за умови застосування електронної системи управління. Системи діють залежно від значень таких фізичних вели-

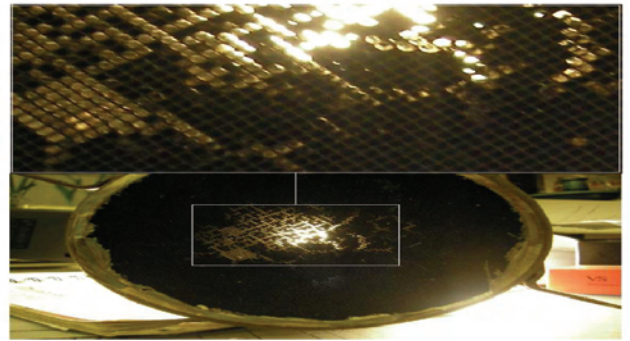


Рис. 2. Закупорювання каналів керамічного носія каталітичного шару

чин, як перепад тиску і температури в нейтралізаторі та сажовому фільтрі, вміст кисню в спалинах, витрата повітря тощо.

Важливим показником для каталітичного нейтралізатора є термін, протягом якого він може забезпечувати певний рівень шкідливих викидів – ресурс каталізатора. Він залежить від багатьох чинників. Розглянувши [12, 13], робимо висновок про те, що їх можна поділити на 3 групи:

- механічні;
- термічні;
- хімічні;

До механічних належать усі пошкодження, які отримує нейтралізатор внаслідок взаємодії з іншими тілами, та вібрації. Варто зауважити, що найнебезпечнішими є низькочастотні вібрації (10-15 Гц), ефект яких значно посилюється у разі утворення вільного об'єму безпосередньо в носіїв каталітичного шару.

Дія термічних чинників супроводжується зміною фізико-хімічних характеристик активного компонента та його носія. Внаслідок тривалого термічного впливу зменшується поверхня активного компонента через зміни фазового складу носія.

Під поняттям “хімічні чинники” розуміють процеси тривалої взаємодії каталізатора з такими компонентами спалин, які можуть суттєво змінити його каталітичну активність. Такими компонентами є сполуки свинцю, сірки, фосфору, магнію, барію, кальцію та цинку [12, 13].

Середній ресурс нейтралізатора становить близько 80–150 тис. км або 5–8 років експлуатації.

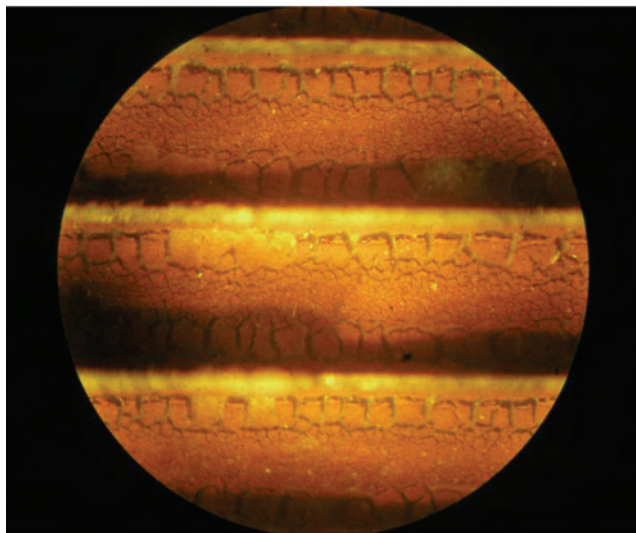
Основні причини зменшення ресурсу та виходу з ладу нейтралізаторів, що експлуатуються на території СНД та України, такі:

- Потрапляння до нейтралізатора паливно-мастильних матеріалів та технічних рідин, що призводить до закупорювання каналів носія (рис. 1, 2) та блокування каталітичного шару. За певної концентрації парів паливно-мастильних матеріалів у середині каталітичного нейтралізатора може відбутись їх вибухоподібне згоряння і, як наслідок, зруйнування керамічного носія (рис.3).



**Рис. 3.** Зруйнування керамічного носія каталітичного шару, спричинені вибухоподібним займанням накопичених парів паливно-мастильних матеріалів

- Використання палива із домішками тетраетилсвинцю та/або ферроцена, яке призводить до вкриття каталітичного шару сполуками (рис. 4), що перешкоджають йому впливати на реакції нейтралізації.



**Рис. 4.** Відкладення оксидів заліза на каталітичному шарі в середині каналів носія

- Порушення правил експлуатації автомобілів із каталітичним нейтралізатором – пуск двигуна буксируванням, використання автомобіля з несправною системою запалювання, короткочасні поїздки на невеликі відстані за низької температури у навколишньому середовищі.

Із наведеного вище видно, що такі особливості експлуатації каталітичних нейтралізаторів призводять до значного зменшення їхнього ресурсу. Це спричиняє необхідність заміни несправного нейтралізатора, який стає непридатним для забез-

печення досить низького рівня шкідливих викидів.

Законодавчо питання ресурсу каталітичних нейтралізаторів у складі всієї системи обмеження викидів визначають відповідно до [6] випробуванням типу V в ході офіційного затвердження типу автомобіля. Таке випробування, за вибором виробника, може проводитись у дорожніх умовах, на треку чи на динамометричному стенді, і має на меті визначення рівня викидів шкідливих речовин зі спалинами двигуна, що живиться бензином, із примусовим запалюванням після пробігу в 160 тис. км (відповідно до поправок серії 05) та їх відповідність нормам.

Для двигунів із запалюванням від стиснення (дизелі) як компонентів автомобіля, а також двигунів із примусовим запалюванням, що живляться стисненим природнім газом або зрідженим нафтовим газом процедура випробувань на довговічність системи нейтралізації викидів визначається за [6]. Згідно з [6] мінімальний термін експлуатації, впродовж якого викиди шкідливих речовин не повинні перевищувати встановлений рівень для даних типів транспортних засобів, становить залежного від того, що буде раніше (значення наведені згідно з поправками серії 05):

- 100 тис. км або 5 років, для двигунів встановлених на транспортні засоби категорії N<sub>1</sub>, M<sub>3</sub> максимальною масою понад 3,5 т та M<sub>2</sub>;
- 200 тис. км або 6 років для двигунів-компонентів транспортних засобів категорії N<sub>2</sub> та N<sub>3</sub> з максимальною масою не більше ніж 16 т, категорії M<sub>3</sub> класів I, II та A, а також класу B, максимальна маса яких не більше ніж 7,5 т;
- 500 тис. км або 7 років для двигунів-компонентів транспортних засобів категорії N<sub>3</sub>, максимальна маса яких більше ніж 16 т, та категорії M<sub>3</sub> класів III та B, максимальна маса яких більше ніж 7,5 т.

Розглядаючи питання ресурсу каталізатора, варто взяти до уваги досвід США – країни, в якій вперше розпочали застосовувати нейтралізатори. Відповідно до стандарту EPA (Environmental Protection Agency – Агенція з охорони навколишнього середовища), що діє на всій території США, окрім Каліфорнії та штатів, що приєднались до стандарту CARB (Californian Air Resources Board – Каліфорнійська рада з повітряних ресурсів), виробники, починаючи

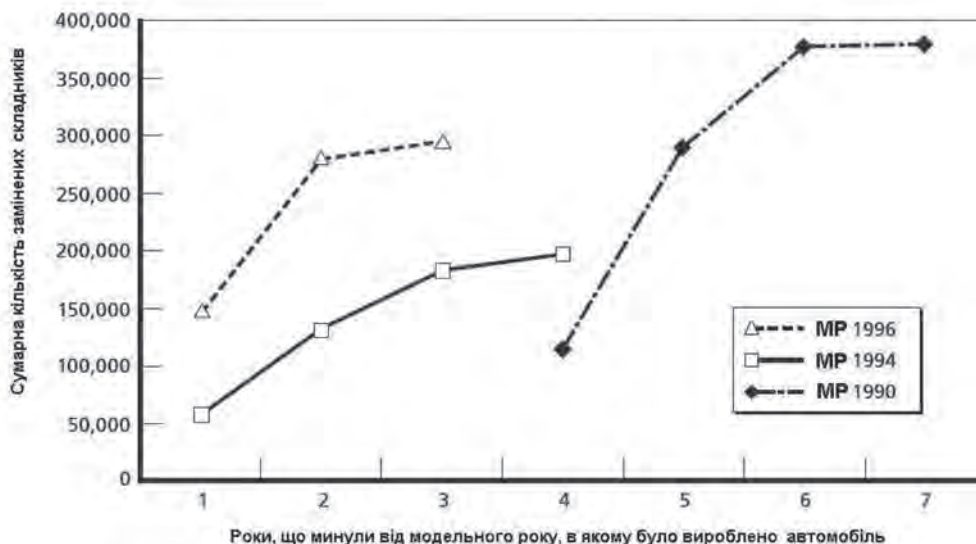


Рис. 5. Сумарні відмови складників системи нейтралізації від тривалості терміну експлуатування для автомобілів 1990, 1994 та 1996 модельних років, що експлуатувались на території США

з 1975 модельного року<sup>2</sup> (MP), повинні повідомляти про несправності деталей системи нейтралізації шкідливих викидів. Такі ж повідомлення виробники повинні робити й відповідно до стандарту CARB, починаючи з 1990 року. На основі цих звітів будується EWIR (Emission Warranty Information Report – звіт про ремонт елементів системи нейтралізації в гарантійних випадках).

Відповідно до статистичних даних EWIR використаних в [14], на рис. 5 наведено графічні залежності, що характеризують зростання сумарної кількості заміненних складників залежно від тривалості експлуатування автомобілів, які було вироблено в 1990 MP, 1994 MP та 1996 MP. Відсутність даних за перші 4 роки експлуатування для автомобілів 1990 MP пояснюється повільним стартом програми EW (Emission Warranty), завдяки якій отримано ці дані. Значно зросли гарантійні звернення власників автомобілів 1996 MP, порівняно з 1994 MP. Проте, це не свідчить про зменшення надійності. Причиною такої різниці є застосування в період з 1994 до 1996 року системи OBD II, яка фіксує несправності, що не діагностувались системою попереднього покоління.

Очевидно, що робити висновки стосовно змін в надійності автомобілів різних модельних років за даними побудовами не варто. Проте, керуючись даними стосовно кожного MP випуску автомобілів, можна висунути деякі пропозиції стосовно ресурсу каталізаторів:

1) Найбільший приріст несправностей спостерігається протягом другого року експлуатування. В період перших 2 років найбільш імовірний вихід

з ладу складників системи нейтралізації, зокрема каталітичних нейтралізаторів.

2) Високе значення показника несправностей впродовж перших двох років експлуатування автомобілів, оснащених системою OBD II, та незначний його приріст у майбутньому, дає змогу зменшити час, який проходить від моменту виникнення несправності до моменту її виявлення, та відповідно зменшити пробіг автомобіля з несправною системою нейтралізації.

Законодавством США передбачаються гарантійні зобов'язання виробника стосовно рівня викидів шкідливих речовин [15]. У разі не проходження автомобілем тесту на рівень шкідливих викидів через дефект системи нейтралізації, виробник зобов'язаний усунути дефект(и) чи замінити елемент(и) цієї системи. Гарантія на рівень викидів розповсюджується на нові автомобілі віком до 2 років чи з пробігом до 24 тис. миль залежно від того, що буде раніше. На компоненти системи нейтралізації, такі як каталітичний нейтралізатор, електронна система контролю за нейтралізацією, компоненти OBD-системи, гарантія становить 8 років або 80 тис. миль.

Враховуючи те, що термін експлуатації автомобілів перевищує термін служби нейтралізаторів, законодавством США передбачено вимоги до таких, на які змінюються оригінальні складники. Також закон визначає випадки, за яких виконується заміна нейтралізатора, та унормовує процедуру заміни. Нейтралізатори, якими заміняють встановлені виробником, так звані OE (від англ. Original Equipment – оригінальні, вперше застосовані), можна умовно поділити на 2 категорії: нові та ті, що були у використанні (відновлені). Нові каталізатори, що відповідають стандартам штатів та EPA, мають відповідне маркування. Вважається, що ресурс корпусу таких каталізаторів 5 років або 50 тис. миль, але рівень нейтралізації гарантується лише впродовж 25 тис. миль пробігу. Для відновлених каталітичних нейтралізаторів, або таких, що були у використанні, гарантійний термін не унормовано. Єдину вимогу, яку застосовують до них – відповідність ефективності

<sup>2</sup> Модельний рік – поняття, що застосовується для опису часу виготовлення продукту. Автомобільний модельний рік відрізняється від календарного і традиційно розпочинається в четвертому кварталі попереднього року. Наприклад, до 1990 модельного року належать автомобілі виготовлені з 1 жовтня 1989 року по 30 вересня 1990 року.



ЛІТЕРАТУРА

нейтралізації забруднювальних речовин нормам штату та ЕРА на момент продажу.

В ЄС приписи щодо затвердження змінних пристроїв, які забезпечують запобігання забрудненню навколишнього середовища визначаються правилом ЕЕК ООН №103 [16]. Згідно з цим технічним регламентом, випробування змінних нейтралізаторів відбувається за методикою наведеною в [6]. Для пристроїв, що потребують регенерації менше ніж через 4000 км передбачено визначення – система періодичної регенерації.

Технічний контроль в Україні передбачає визначення екологічної безпечності автомобіля. Для цього передбачено вимірювати викиди шкідливих речовин. Встановлена періодичність технічного контролю не усуває можливість експлуатації автомобіля з невідповідним рівнем викидів у інтервалі між минулим та наступним технічним контролем.

Більш сучасним методом визначення екологічної безпеки є сканування пам'яті системи OBD автомобілів, в яких передбачено таку можливість.

Обидва з цих методів повинні передбачати перевірку конструкції системи нейтралізації та її компонентів. Перевищення встановлених норм викидів шкідливих речовин та/або наявність відповідних помилок в пам'яті системи OBD свідчить про несправність системи нейтралізації.

**Висновки**

Дотримання екологічності колісних транспортних засобів категорій М, N у сфері технічної експлуатації ставить багато організаційних питань та дає широке поле для діяльності за такими основними напрямками:

- Необхідність розробки та введення в дію правил експлуатації колісних транспортних засобів, дотримання яких забезпечить збереження ресурсу систем нейтралізації, зокрема, каталітичних нейтралізаторів.
- Встановлення експлуатаційних норм середнього ресурсу для елементів систем нейтралізації. При закінченні даного строку необхідно перевіряти рівень викидів та конструкційну відповідність. Це може бути здійснено під час перевірки технічного стану транспортних засобів автомобільними перевізниками відповідно до статті 23 Закону України “Про автомобільний транспорт”.
- Для отримання достовірних даних про екологічну безпечність колісних транспортних засобів необхідно включити до операцій, що виконуються під час обов'язкового технічного контролю, перевірку складу конструкції та стану систем нейтралізації.
- Необхідно внести зміни до нормативного переліку вимог щодо технічних умов (ТУ) та іншої нормативної документації, яка стосується як транспортних засобів, так і систем нейтралізації спалин транспортних засобів та ресурсу її елементів.
- Необхідно встановити державні процедури утилізації каталітичних нейтралізаторів та інших складників систем нейтралізації.

1. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мерзжівська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006. – 292с.

2. Bell, Michelle L.; Michelle L. Bell, Devra L. Davis, Tony Fletcher (January 2004). “A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution”;

3. Угода про прийняття єдиних технічних приписів для колісних транспортних засобів, предметів обладнання і частин, які можуть бути встановлені та/або використані на колісних транспортних засобах, і про умови взаємного визнання офіційних затверджень, виданих на основі цих приписів у 1958 році з поправками 1995 року

4. Правила ЕЭК ООН №24 “Единообразные предписания, касающиеся:

I. Официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия в отношении выброса видимых загрязняющих веществ

II. Официального утверждения автотранспортных средств в отношении установки на них двигателей с воспламенением от сжатия, официально утвержденных по типу конструкций

III. Официальное утверждение автотранспортных средств с двигателем с воспламенением от сжатия в отношении выброса видимых загрязняющих веществ

IV. Измерение мощности двигателей с воспламенением от сжатия”.

5. Правила ЕЭК ООН №83 “Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от требований к моторному топливу”;

6. Правила ЕЭК ООН №49 “Единообразные предписания, касающиеся подлежащих принятию мер по ограничению выбросов загрязняющих газообразных веществ и взвешенных частиц из двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для использования на транспортных средствах, а также выбросов загрязняющих газообразных веществ из двигателей с принудительным зажиганием, работающих на природном газе или сжиженном нефтяном газе и предназначенных для использования на транспортных средствах”.

7. Council Directive 70/220/EEC of 20 March 1970 on the approximation of the laws of the Member States relating to measures to be taken against air pollution by gases from positive-ignition engines of motor vehicles (о приближении законодательств государств-членов, касающихся действий, которые должны быть предприняты для ограничения загрязнения воздуха посредством эмиссии от моторных транспортных средств)

8. Європейська Комісія. Генеральна дирекція з питань пересування та транспорту. Біла книга. План розвитку Єдиного Європейського Транспортного Простору – На шляху до конкурентоспроможної та ресурсоефективної транспортної системи. – Люксембург: Видавничий центр Європейського Союзу, 2011 – 28 с.

9. Системы управления дизельным двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ЗАО «КЖИ «За Рулем», 2004. – 480 с.: ил.

10. Системы управления бензиновыми двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ЗАО «КЖИ «За Рулем», 2005. – 432 с.: ил.

11. Автомобильный справочник. Перевод с англ. Первое русское издание. – М.: Издательство “За Рулем”, 1999. – 896 с.:

12. Каталитические нейтрализаторы транспортных двигателей / О.И. Жегалин, Н.А. Китросский, В.И. Панчишный и др. – М.: Машиностроение, 1979. – 80 с., ил.

13. Попова Н.М. Катализаторы очистки выхлопных газов автотранспорта. – Алма-Ата: Наука, 1987. – 224 с.

14. Dixon, Lloyd S. The impact of extended vehicle emission warranties on California's independent repair shops. – Technical Report for- the California Air Resources Board. – 2005.

15. United States Environmental Protection Agency. Office of Transportation and Air Quality. Emissions Warranties for 1995 and Newer Cars and Trucks. Questions and answers. – October, 2009.

16. Правила ЕЭК ООН №103 “Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения сменных устройств для предотвращения загрязнения для механических транспортных средств”.