

7. Зубець М.В. Актуальні проблеми технічної політики в аграрному секторі України / Зубець М.В., Гуков Я.С., Грицишин М.І. – К.: ДІА, 2007. – 80 с.
8. Сاینсус О.Д. П'ять років у третьому тисячолітті / О.Д. Сاینсус // Техніка АПК. – 2006. – № 1-2. – С. 6–8.
9. Исследования «АПК-Информ» - «Портрет сельхозпроизводителя Украины: крупные, средние и мелкие хозяйства». <http://www.apk-inform.com>
10. Гречкосей В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві. Навчальний посібник / В.Д. Гречкосей, В.Д. Войтюк, Р.В. Шатров, І.І. Мельник, Я.М. Михайлович, В.Г. Опалко. – К.: Наука, 2011. – 363 с.

*Приведено обоснование потребности в зерновых сеялках в условиях их использования в сельскохозяйственном производстве. При анализе использовали данные Государственной службы статистики Украины. Определено удельное количество хозяйств, где целесообразно использовать зерновые сеялки типа СЗ-3,6. К ним относятся хозяйства с посевной площадью от 250 до 1000 га. Удельное количество этих хозяйств составляет 15,5%.*

***Зерновая сеялка, посевная площадь, зерновые и зернобобовые культуры.***

*The need for grain seeders in conditions of their use in agricultural production is proved. In analysis used data of State Statistics Service of Ukraine. The specific number of farms where appropriate to use grain seeders type СЗ-3,6 is defined. These include farms with cultivated area from 250 to 1000 hectares. The specific number of these farms is 15,5%.*

***Grain drill, cultivated area, grain and leguminous crops.***

УДК 621.43.068.4

## **ЕКОЛОГІЧНІ СТАНДАРТИ STAGE I TIER ДЛЯ ДИЗЕЛІВ СІЛЬСЬКО-ТА ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ І САМОХІДНИХ МАШИН**

***О.А. Бешун, кандидат технічних наук***

*Розглянуто сучасні екологічні стандарти для дизелів сільсько- і лісогосподарських тракторів і самохідних машин Stage і Tier, що діють в країнах Європейського Союзу і США відповідно, та наведені технології, які дозволяють виконати норми токсичності й димності відпрацьованих газів цих стандартів.*

***Трактор, двигун, стандарт, токсичність, димність, екологія, економічність, норма, Stage, Euro, Tier.***

© О.А. Бешун, 2013

**Постановка проблеми.** Економія енергетичних ресурсів та зменшення навантаження на довкілля на сьогоднішній день є найгострішими проблемами у світі. Очевидно, що актуальність пошуку шляхів вирішення цих проблем буде лише посилюватись з часом. Не виключенням у цьому відношенні є галузі сільсько- і лісогосподарського виробництва, в яких задіяно велику кількість машин, обладнаних, як правило, дизельними двигунами. Останні, як відомо, є одними з найбільших забруднювачів довкілля і, як показує практика, далеко не вичерпали потенціалу свого вдосконалення.

Двома факторами, які останнім часом стимулюють провідні двигунобудівні корпорації та фірми кардинально вдосконалювати двигуни в т.ч. і дизельні, застосовуючи прогресивні новітні технології є введення на законодавчому рівні жорстких норм токсичності і димності ВГ (відпрацьованих газів) автотракторних двигунів та жорстка конкуренція. Сприяє цьому також стрімкий розвиток мікропроцесорної техніки, цифрових технологій, датчиків та виконавчих механізмів, які стають невід'ємними складовими сучасних двигунів і їх систем.

**Аналіз останніх досліджень.** В Європейському Союзі (ЄС) з метою зниження інтенсивності забруднення навколишнього повітря введені норми токсичності ВГ Euro і Stage, а в США – норми EPA Emission Standards і EPA Tier. До магістральної (дорожньої) техніки належать норми Euro і EPA Emission Standards, до позашляхових машин і спецтехніки – Stage і Tier. Екологічні стандарти ЄС і США гармонізовані між собою.

Екологічні норми вмісту токсичних речовин у ВГ двигунів тракторів, самохідних машин, автомобілів і спеціальної техніки послідовно посилюються у всьому світі, у тому числі і в Україні. Тому норми токсичності набувають все більшого значення як для виробників цієї техніки, так і для експлуатаційників.

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що на сьогоднішній день в Україні практично не висвітлено дане питання. В Росії опубліковано декілька статей по даній темі [1-3]. Тому **метою досліджень** є огляд сучасних та перспективних екологічних стандартів для дизелів лісогосподарських і сільськогосподарських мобільних машин Stage і Tier, що діють в країнах Європейського Союзу і США відповідно, та аналіз технологій, які дозволяють виконати норми токсичності й димності відпрацьованих газів згідно цих стандартів.

**Результати досліджень.** Нормами Stage I, II, III і IV встановлюються максимальні допустимі рівні токсичності та димності ВГ дизельних двигунів спеціальних (позашляхових) машин, не призначених для експлуатації на дорогах загального

користування. Ці норми актуальні або будуть через деякий час актуальні для України і країн СНД в міру введення їх після країн ЄС.

Перші європейські норми токсичності ВГ мобільних позашляхових машин (Директива 97/68/ЕС) вводилися в два етапи: Stage I вступили в дію з 1999 р., а Stage II – поступово, з 2001-го по 2004 р. залежно від потужності двигуна. Під дію цих стандартів підпадають: промислові бурові установки; компресори; будівельні колісні навантажувачі; бульдозери; вантажні автомобілі підвищеної прохідності; екскаватори, які можуть пересуватися по дорогах загального користування; автонавантажувачі; машини для будівництва доріг, снігоприбиральні машини; машини наземного обслуговування аеропортів; підйомники, автовишки і мобільні крани.

Токсичність сільсько- і лісгосподарських тракторів регулюється цими ж стандартами, але терміни введення в дію розрізняються (Директива 2000/25/ЕС). Двигуни суднові, залізничні, авіаційні і промислових генераторних установок не підпадають під дію норм Stage I/II.

9 грудня 2002 р. Європарламент прийняв Директиву 2002/88/ЕС, яка доповнює Директиву 97/68/ЕС відносно токсичності та димності ВГ позашляхових машин. В останній додані стандарти токсичності ВГ бензинових двигунів невеликого об'єму для комунальних машин з потужністю менше 19 кВт. Директива також розширює сферу дії норм Stage II на двигуни, що працюють в стаціонарних режимах. Норми токсичності двигунів комунальних машин в значній мірі гармонізовані з аналогічними нормами США.

Норми Stage III і IV токсичності ВГ двигунів позашляхових машин схвалені Європарламентом 21 квітня 2004 р. (Директива 2004/26/ЕС), а для сільськогосподарських і лісових тракторів – 21 лютого 2005 р. (Директива 2005/13/ЕС).

Норми Stage III вводяться в дію поетапно з 2006-го до 2013 р., Stage IV набудуть чинності в 2014 р. Дія норм Stage III і IV, окрім категорій двигунів, що підпадають під дію Stage I/II, розповсюджується на залізничні та суднові двигуни, які експлуатуються на внутрішніх водних артеріях. Норми Stage III та IV стосуються тільки нових машин і обладнання, а також нових двигунів, встановлених на машини замість штатних (за винятком двигунів залізничних дрезин, локомотивів і суден, які експлуатуються на внутрішніх водних артеріях).

Слід зазначити, що кожний стандарт токсичності ВГ, встановлений ЄС, зазвичай має дві актуальні дати: дату схвалення типу, після якої всі нові моделі, які отримали схвалення типу, повинні відповідати даному стандарту та дату виходу на ринок (або першої реєстрації), після якої всі нові двигуни, що випускаються на ринок,

повинні відповідати даним стандартам. Всі дати, вказані в наступних таблицях, є датами виходу на ринок. Дата схвалення типу встановлюється на рік раніше відповідної дати виходу на ринок. До двох років встановлюється тривалість періоду продажу, який передбачається для двигунів, вироблених до відповідної дати виходу на ринок. Оскільки конкретну тривалість періоду продажу – від нуля до двох років – кожна держава ЄС визначає самостійно, точні часові рамки дії законодавства в різних країнах можуть відрізнятись.

Виробники двигунів і іншого обладнання всіма засобами впливають на законодавчі органи ЄС, США і Японії, прагнучи гармонізації норм токсичності ВГ у всьому світі. Уніфікація законодавств усуне перешкоди відносно вдосконалення двигунів і сертифікації (схвалення типу) двигунів на різних ринках. Норми Stage I/II були частково гармонізовані з нормами США. Норми ж Stage III і IV гармонізовані зі стандартами США Tier 3 і 4 (табл. 1).

### **1. Порівняння європейського та американського законодавства відносно екологічних стандартів дизелів позашляхових мобільних машин.**

Європейські стандарти токсичності	Американські стандарти токсичності
Stage I (1999 р.)	Tier 1
Stage II (2001 р.)	Tier 2
Stage IIIa (2004 р.)	Tier 3
Stage IIIb (2012 р.)	Tier 4i
Stage IV(2014 р.)	Tier 4f

Таким чином, в 1999 р. в ЄС було введено в дію норми токсичності і димності ВГ позашляхових машин Stage I, які пізніше були замінені нормами Stage II, а ще пізніше – Stage IIIa, які діяли в країнах ЄС до кінця 2011 р. В Північній Америці діяли аналогічні адміністративні норми, але з іншою назвою (див. табл. 1 та рис. 1). Зокрема, до кінця 2011 р. там діяли норми Tier 3, а з 1 січня 2012 р. обидві системи нормативів перейшли на новий етап: в країнах ЄС в дію вступили норми Stage IIIb, а в США та Канаді – Tier 4i (Interim). В 2014 р. їх змінять стандарти Stage IV і Tier 4f (Final) відповідно.

Отже, 1 січня 2012 року ознаменувало вступ в силу нових норм токсичності і димності ВГ. Це – наступний етап заходів, спрямованих на зниження викидів нормованих шкідливих речовин, таких як оксиди азоту ( $NO_x$ ), тверді частинки (сажа), незгорілі вуглеводні ( $C_nH_m$ ) і монооксид вуглецю (CO) або, як його ще називають, чадний газ. Підкреслимо, що з 1 січня 2012 р. нові екологічні стандарти

стосуються всієї сільсько- і лісгосподарської техніки (дизелів сільсько- і лісгосподарських тракторів, самохідних шасі, комбайнів та інших самохідних машин), причому введення норм Stage IIIb (Tier 4i) для тракторів і машин потужністю 177-762 к.с. сприятимуть зниженню викидів оксидів азоту ( $NO_x$ ) до 15 %, частинок сажі – до 3 %, що є по суті викликом для виробників двигунів і машин. Крім того, в 2014 р. набудуть чинності норми Stage IV (Tier 4f), які повинні зменшити викиди оксидів азоту додатково до 3 %.



Рис. 1. Карта введення в дію законодавчих норм токсичності і димності ВГ дизелів позашляхових самохідних машин станом на 1 січня 2012 р.

Екологічні стандарти Stage I/II встановлюють граничні значення токсичності та димності ВГ, які виходять безпосередньо з дизельного двигуна і не підлягають ніякому подальшому обробленню (див. табл. 2). При цьому токсичність ВГ вимірюється згідно методики ISO 8178C1 – 8-режимний цикл, і визначається в г/(кВт·год). Двигуни, які відповідають стандартам Stage I/II, повинні випробовуватися на паливі, яке містить 0,1...0,2 % (по масі) сірки.

Норми Stage III, які у свою чергу розділені на два рівні – Stage IIIa і Stage IIIb, і норми Stage IV токсичності ВГ дизельних двигунів позашляхових машин представлені в табл. 3, 4 і 5 відповідно. Ці значення не відносяться до залізничних двигунів і суднових двигунів, які експлуатуються на внутрішніх водних артеріях. Норми Stage IIIb обмежують максимально допустимий вміст сажі значенням 0,025 г/(кВт·год), тобто на 90 % менше в порівнянні зі Stage II. Щоб

виконати цю умову, передбачається, що системи випуску двигунів будуть обладнуватимуться сажевими фільтрами. В стандарті Stage IV вводиться також дуже жорстке обмеження відносно вмісту у ВГ  $NO_x$ : не більше 0,4 г/(кВт·год), для виконання якого, очевидно, необхідне обов'язкове оброблення ВГ в системі випуску.

## 2. Норми екологічних стандартів Stage I/II для дизелів позашляхових машин.

Категорія	Корисна потужність $N$ , кВт	Дата *	CO	$C_nH_m$	$NO_x$	PM
			г/(кВт·год)			
Stage I						
A	$130 \leq N \leq 560$	Січень 1999 р.	5,0	1,3	9,2	0,54
B	$75 \leq N < 130$	Січень 1999 р.				0,70
C	$37 \leq N < 75$	Квітень 1999 р.	6,5			0,85
Stage II						
E	$130 \leq N \leq 560$	Січень 2002 р.	3,5	1,0	6,0	0,2
F	$75 \leq N < 130$	Січень 2003 р.				0,3
G	$37 \leq N < 75$	Січень 2004 р.	5,0	1,3	7,0	0,4
D	$18 \leq N < 37$	Січень 2001 р.	5,5	1,5	8,0	0,8

\* Дія стандарту Stage II з січня 2007 р. поширюється також на двигуни, які працюють на стаціонарних режимах.

## 3. Норми екологічного стандарту Stage IIIa для дизелів позашляхових машин.

Категорія	Корисна потужність $N$ , кВт	Дата *	CO	$NO_x + C_nH_m$	PM
			г/(кВт·год)		
H	$130 \leq N \leq 560$	Січень 2006 р.	3,5	4,0	0,2
I	$75 \leq N < 130$	Січень 2007 р.			0,3
J	$37 \leq N < 75$	Січень 2008 р.	5,0	4,7	0,4
K	$19 \leq N < 37$	Січень 2007 р.	5,5	7,5	0,6

\*Дати для двигунів, які працюють на стаціонарних режимах: січень 2011 р. – для категорій H, I та K; січень 2012 р. – для категорії J.

## 4. Норми екологічного стандарту Stage IIIb для дизелів позашляхових машин.

Категорія	Корисна потужність $N$ , кВт	Дата*	CO	$C_nH_m$	$NO_x$	PM
			г/(кВт·год)			
L	$130 \leq N \leq 560$	Січень 2011 р.	3,5		2,0	
M	$75 \leq N < 130$	Січень 2012 р.		0,19	3,3	0,025
N	$56 \leq N < 75$	Січень 2012 р.	5,0			
P	$37 \leq N < 56$	Січень 2013 р.		4,7*		

\*  $NO_x + C_nH_m$ .

## 5. **Норми екологічного стандарту Stage IV для дизелів позашляхових машин.**

Категорія	Корисна потужність $N$ , кВт	Дата *	CO	$C_nH_m$	$NO_x$	PM
			г/(кВт·год)			
Q	$130 \leq N \leq 560$	Січень 2014 р.	3,5	0,19	0,4	0,025
R	$56 \leq N < 130$	Жовтень 2014 р.	5,0	0,19	0,4	0,025

Спільно з Агентством з охорони довкілля США (EPA) розроблена нова методика випробувань двигунів позашляхових машин на неусталених режимах NRTC. Нова методика використовуватиметься паралельно зі старою методикою випробувань на усталених режимах NRSC (ISO 8178C1).

Методика NRTC (неусталені режими) повинна використовуватися для визначення вмісту сажі у ВГ по Stage IIIb і IV всіх двигунів, за винятком двигунів, які працюють на стаціонарних режимах. За вибором виробника NRTC може використовуватися при визначенні по Stage IIIa рівня газоподібних токсичних речовин у ВГ по Stage IIIb і IV. Методика NRSC (усталені режими) повинна використовуватися для вимірювань при Stage I, II і IIIa, у тому числі двигунів, що працюють на стаціонарних режимах, а також при Stage IIIb і IV для вимірювання рівня газоподібних токсичних складових.

Наступні перспективні норми 2012-2016 р.р. Euro 6, Stage IV і Tier 4 рано чи пізно будуть прийняті в Україні, тому ми вважаємо корисним розповісти також і про них.

Екологічні норми ЄС, США і Японії дуже близькі і в значній мірі гармонізовані за рівнем токсичних складових і за термінами введення в дію, але все ж таки відмінності є, наприклад, в методиках вимірювання димності на режимах розгону двигуна.

Норми Euro 6 ще остаточно не складені і не затверджені, але вже можна сказати, що посилення вимог буде значним. Слід зазначити, що для вимірювання токсичності ВГ при сертифікації на відповідність вимогам Euro 6 вводяться нові цикли (методики) випробувань: замість ETC (European Transient Cycle), ймовірно, буде введений новий цикл WHTC (World Harmonized Transient Cycle). При випробуваннях згідно цього циклу частота обертання і навантаження двигунів будуть, загалом, меншими, тому і температури ВГ будуть нижчими. Проте при зниженні температури ВГ, як відомо, зменшується кількість аміаку, що утворюється з розчину сечовини, і каталітичний нейтралізатор втрачає частину своєї ефективності. Внаслідок цього обмежується і розкладання  $NO_x$ . Додатково цикл WHTC включає «холодний» режим роботи в першій частині циклу, при якому  $NO_x$  нейтралізується ще менше. В результаті рівень  $NO_x$  у ВГ збільшується, оскільки друга, «гаряча» частина циклу не може компенсувати цього збільшення токсичних складових.

Вимоги екологічних стандартів для позашляхової техніки Stage IV, EEV і Tier 4 подібні нормам для магістральних автомобілів Euro 5 та 6 і US'7, US'10, тільки терміни вступу в дію перших запізнюються приблизно на три роки по відношенню до других. Обмеження за рівнем вмісту  $NO_x$  у ВГ і сажі в «магістральних» і «позашляхових» стандартах розрізняються не значно (див. табл. 5, 6, 7 і 8).

#### **6. Норми викидів шкідливих речовин згідно стандарту Tier 4.**

Корисна потужність	Дата введення	CO	NMHC*	NMHC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
		г/(кВт·год)				
$N < 8$ кВт	2008 р.	8,0	–	–	–	0,40
$8 \text{ кВт} \leq N < 19$ кВт	2008 р.	6,6	–	7,5	–	0,30
$19 \text{ кВт} \leq N < 37$ кВт	2008 р.	5,5	–	–	–	0,03
	2013 р.		–		–	0,03
$37 \text{ кВт} \leq N < 56$ кВт	2008 р.		–	4,7	–	0,30
	2013 р.	5,0	–	–	–	0,03
$56 \text{ кВт} \leq N < 130$ кВт	2012-2014 р.р.			–		
$130 \text{ кВт} \leq N \leq 560$ кВт	2011-2014 р.р.				0,40	0,02
Генераторні установки $N > 900$ кВт	2011-2014 р.р.			–	0,67	
Всі двигуни, крім генераторів $N > 900$ кВт	2011-2014 р.р.		0,19	–		0,10
		3,5		–	3,50	
Генераторні установки від 560 до 900 кВт	2015 р.			–	0,67	0,03
Всі двигуни, крім генераторів від 560 до 900 кВт	2015 р.			–	3,50	0,04

\* NMHC – неметанові вуглеводні.

#### **7. Терміни введення в дію циклу NRTC і норм NTE.**

Корисна потужність, кВт	Дата NRTC	Дата NTE
$N < 56$	2013 р.	2013 р.
$56 \leq N < 130$	2012 р.	2012 р.
$N > 130$	–	2011 р.
$N > 560$	2011 р.	Н.д.

*Примітка.* Двигуни всіх потужнісних категорій, що працюють при постійній частоті обертання колінчатого вала при різних навантаженнях, згідно NRTC не випробовуються.

Згідно нової методики випробувань двигунів на неусталених режимах NRTC (її застосовуватимуть паралельно зі старим циклом



NRSC, що складається з восьми контрольних режимів згідно ISO 8178) позашляхові машини повинні випробовуватися двічі – з холодним і гарячим пуском. Сумарні викиди визначають так: 10 % – зібраних при випробуваннях з холодним пуском і 90 % – з випробувань з гарячим пуском.

### **8. Норми викиду шкідливих речовин згідно вимог Euro 4, 5 і 6.**

Норма	Дата введення	Методика випробувань	CO	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	NO <sub>x</sub>	PM (сажа)	Димність, м <sup>-1</sup>
Euro 4	Жовтень 2005 р.	ESC/ ELR	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Euro 5	Жовтень 2008 р.	ESC/ ELR	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
Euro 6	Січень 2013 р.*	WHTC/ ELR	1,5	0,13	0,4	0,01	Н.д.

\*Проект положення (станом на 16 грудня 2008 р.).

Згідно нової методики випробувань двигунів на неусталених режимах NRTC (її застосовуватимуть паралельно зі старим циклом NRSC, що складається з восьми контрольних режимів згідно ISO 8178) позашляхові машини повинні випробовуватися двічі – з холодним і гарячим пуском. Сумарні викиди визначають так: 10 % – зібраних при випробуваннях з холодним пуском і 90 % – з випробувань з гарячим пуском.

Норми Tier 4 не вимагають використання закритої вентиляції картера у двигунів позашляхових машин, проте при сертифікації токсичність картерних газів у двигунів з відкритим картером вимірюється і додається до викидів ВГ.

Цикл з вимірювання викидів двигунів позашляхових машин складається з тих же постійних режимів, які передбачені для європейських норм Stage IV і описані в стандарті ISO 8178. Крім того, норми Tier 4 передбачають також випробування позашляхових машин згідно NRTC – циклу неусталених режимів. Цикл NRTC передбачає випробування з холодним пуском. Сумарні викиди підраховують так: 5 % – зібраних при випробуваннях з холодним пуском і 95 % – з випробувань з гарячим пуском. Терміни введення випробувань згідно NRTC представлені в табл. 7.

Норми Tier 4 передбачають також оцінку за гранично допустимими нормами (NTE), викиди згідно яких визначають, не застосовуючи якоїсь особливої методики. Для двигунів більшості категорій відповідно норм NTE допускається перевищувати рівень вмісту кожної токсичної складової ВГ в 1,25 рази відносно вказаних в

стандарті. Двигуни повинні відповідати вимогам норм NTE і при сертифікації, і в період всього терміну експлуатації. Мета, з якою вводять ці норми, зрозуміла – двигуни повинні мати низьку токсичність не тільки під час випробувань згідно контрольного циклу, але і в реальній експлуатації.

В комплексі вимог нових стандартів токсичності важливе місце займають вимоги до складу дизельного палива ULSD (Ultra-Low Sulfur Diesel – дизельне паливо з наднизьким вмістом сірки). При більш високому вмісті сірки в паливі нейтралізація ВГ буде менш ефективною, і в результаті токсичність ВГ може виявитися вищою, ніж вимагають нові стандарти, через підвищений вміст сульфатів і діоксиду сірки  $SO_2$ . Для сертифікації згідно Tier 4 з 2011 р. повинно використовуватися дизельне паливо ULSD з вмістом сірки до 7.15 ppm. Перехід з вмісту сірки 2000 ppm до 7.15 ppm проводився поетапно в період з 2006-го по 2010 р. В ЄС рівень вмісту сірки в дизельному паливі повинен зменшитися з 500 ppm спочатку до 15 ppm, потім до 5 ppm і далі практично до 0 ppm. Норми ULSD ЄС вводяться з 2009 р. – перед вступом в дію норм Stage IIIb. В Японії для палива позашляхових машин норми ULSD вже прийняті.

Слід зазначити, що в результаті оброблення палива, спрямованого на зниження вмісту в ньому сірки, може зменшитися його стійкість до окислення, тому, очевидно, виявиться потреба у введенні в нього протиокислювальних присадок. Користуватися низькосортним дизельним паливом, від якого відмовилися всі розвинуті країни, українцям доведеться ще як мінімум декілька років. Проте в країні ще довго буде експлуатуватися велика кількість машин з дизельними двигунами, які відповідають стандартам Euro 2 (Stage II) і нижче. Для таких дизелів застарілі марки палива підходять краще (зокрема, за цетановим числом), що теж треба брати до уваги. Та і вартість низькосортного палива повинна бути нижчою (хоча за ціноутворення в Росії і Україні поручитися, нажаль, не можливо).

Звичайно, всі двигунобудівні компанії та всі провідні виробники тракторів і інших мобільних машин поступово модернізують свою продукцію з метою дотримання вимог екологічних стандартів Stage IIIb (Tier 4i). Адже їм на відміну від заводів країн СНД не можна сподіватися на те, що уряди ЄС та США відстрочать введення цих норм лише з тієї причини, що двигунобудівні заводи не побажали вчасно вкласти засоби в модернізацію.

Основні технології, системи і агрегати для зниження викидів шкідливих речовин з ВГ дизелів наступні:

– *EGR (Exhaust Gas Recirculation)* – рециркуляція (перепуск) ВГ;

- *SCR (Selective Catalyst Reduction)* – селективна (вибіркова) каталітична нейтралізація ВГ (відновлення із застосуванням реагенту – сечовини);
- *DOC (Diesel Oxidation Catalyst)* – каталітичний окислювальний нейтралізатор;
- *DPF (Diesel Particulate Filter)* – сажевий фільтр (сажовловлювач);
- *VGT (Variable Geometry Turbine)* – турбокомпресор зі змінною геометрією;
- *HPCR (High-Pressure Common Rail)* – акумуляторна система паливopодачі з підвищеним тиском впорскування палива (від 120 (перше покоління) до 220 (четверте покоління) МПа);
- *ULSD (Ultra-Low Sulfur Diesel)* – дизельне паливо з наднизьким вмістом сірки;
- застосування проміжного охолодження повітря за рахунок інтеркулера (радіатора типу «повітря-повітря»);
- вдосконалення процесу згоряння за рахунок розроблення ефективніших камер згоряння;
- використання спеціальної моторної оливи;
- нові ущільнення клапанів та ін.

### **Висновки**

Не дивлячись вже на тривалий час розроблення екологічних технологій світове двигунобудування так і не вирішило, яка з технологій – EGR або SCR – на сьогоднішній день вигідніша. Більше того, для виконання найжорсткіших вимог екологічних стандартів обидві технології застосовуються в комплексі.

Використання системи EGR частіше всього вимагає застосування двоступеневого турбонаддуву зі змінною геометрією VGT і підвищення тиску впорскування, що у свою чергу збільшує рівень робочих температур в двигуні і вимушує піднімати потужність системи охолодження. Все це в кінцевому результаті істотно збільшує вартість двигунів. Проте застосування системи SCR передбачає установку на автомобіль цілого ряду додаткових компонентів, використання реагенту – сечовини і наявність мережі його заправок. А це також не здешевлює силовий агрегат.

Разом з тим управління складним комплексом екологічного обладнання неможливе без електроніки, яка теж, як відомо, «не безкоштовна». Тому саме для невеликих машин нові екологічні норми створюють найбільші складнощі, оскільки в компактних машинах мало місця для розміщення додаткових агрегатів, призначених для знешкодження ВГ. Також для них є значно відчутнішим збільшення вартості через цю модернізацію. А при установці всіх агрегатів нейтралізації ВГ на велику мобільну машину

її маса може збільшитися майже до тонни. До того ж, двигуни високих екологічних класів можуть працювати тільки на високоякісному паливі з низьким, а інколи і наднизьким, вмістом сірки, оскільки сірка «отрує» каталітичні нейтралізатори. Моторні оливи теж повинні бути з низькою зольністю і низьким вмістом сірки, класу EN590.

Позитивною стороною двигунів, які відповідають новим екологічним нормам, за твердженнями представників майже всіх двигунобудівних компаній, у порівнянні з двигунами попередніх випусків на 3...10 % краща паливна економічність, часто збільшені міжсервісні інтервали, спрощене технічне обслуговування, збільшені питома потужність і термін служби.

Варто відмітити, що роботи по вдосконаленню дизельних двигунів з метою забезпечення їх відповідності високим екологічним нормам ведуться і в країнах СНД, зокрема в Росії, Білорусії та інших країнах.

### Список літератури

1. Подгурский С. Наше настоящее и будущее. Нормы токсичности для внедорожных машин / С. Подгурский // Основные средства. – 2008. – №1. – С. 12.
2. Подгурский С. Стандарты Евросоюза по токсичности отработавших газов. Высоконагруженные дизельные двигатели грузовиков и автобусов / С. Подгурский // Основные средства. – 2008. – №2. – С. 41.
3. Протасов С. Euro, Stage, Tier. Перспективные экологические нормы / С. Протасов // Основные средства. – 2009. – №4. – С. 56.

*Рассмотрены современные экологические стандарты для дизелей сельско- и лесохозяйственных тракторов и самоходных машин Stage и Tier, которые действуют в странах Европейского Союза и США соответственно, и приведены технологии, которые позволяют выполнить нормы токсичности и дымности отработавших газов, обусловленные этими стандартами.*

**Трактор, самоходная машина, двигатель, дизель, стандарт, токсичность, димність, екологія, економічність, норма, Stage, Euro, Tier.**

*The article is devoted to the resulted modern ecological standards for the diesels of agricultural and forest mobile machines Stage and Tier, that operate in the countries of European Union and the USA accordingly, and technologies which allow to fulfil quotas of toxic gases and exhaust smoke opacity of these standards are analysed.*

**Tractor, mobile machine, engine, diesel, standard, emissions toxicity, exhaust smoke opacity, ecology, economy, norm, Stage, Euro, Tier.**