

Ключевые слова: запас прочности, надежность, ответственные элементы сельскохозяйственных машин-шин, статистический подход, перегрузки.

Chernish A. M. SECURITY OF RESPONSIBLE ELEMENTS ANALYSIS AGRICULTURAL MACHINES IN THE CONDITIONS OF OVERLOAD

Summary. The analytical estimation of reliability of responsible elements of machines is conducted in the calculation temporal interval of exploitation at brief casual overloads. The method of estimation is based on searching for of probability of achievement of the dangerous state during realization of extreme casual process in the calculation sentinel interval of exploitation. For this purpose the casual parameters of loading and durability of working element of machine are presented as functional dependences of the generalized loading and generalized durability from time.

Keywords: a safety margin, reliability, responsible elements of agricultural machines, the statistical approach, overloads.

Стаття надійшла в редакцію: 05.10.2016
Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Кузема О.С.

УДК 631.3.06: 631.95

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНКИ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ**

В. Б. Мітков В.Б., к.т.н., доцент
В. П. Кувачов В.П., к.т.н., доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет

Запропоновано комплексний підхід до оцінки рівня екологічної безпеки машино-тракторних агрегатів (МТА), який дозволить оцінювати його вплив на навколишнє середовище у вигляді прогнозного значення *i*-го фактору екологічної безпеки, до їх нормативних.

Ключові слова: енергетичний засіб, відпрацьовані гази, екологічна безпека, сільськогосподарський агрегат, комплексний коефіцієнт.

Постановка проблеми. При виконанні механізованих технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві сільськогосподарські агрегати є одними з головних об'єктів негативного впливу на навколишнє середовище. Останнє проявляється у забрудненні навколишнього середовища шкідливими продуктами згоряння дизельного палива в двигунах енергетичних засобів, механічним руйнуванням ґрунту внаслідок надмірного тиску рушіїв на ґрунт та їх буксування тощо, акустичним впливом на навколишнє середовище, вібрацією, яку створюють окремі агрегати МТА і т.д.

Для підвищення ефективності використання МТА у с.-г. виробництві з позиції його екологічної безпеки, перспективно освоєння та впровадження сучасних методів керування самою екологічною безпекою, як на етапі проектування або удосконалення МТА, так і безпосереднього при його використанні. Відомо, що під екологічною безпекою об'єктів агропромислового комплексу (АПК) розуміють стан захищеності навколишнього середовища від впливу об'єктів АПК. При цьому забезпечується функціонування природно-технічних систем в межах допустимих змін параметрів навколишнього середовища [1].

Для рішення вказаної проблеми постає питання, якими властивостями МТА повинно відповідати, що обумовлює його придатність задовольняти певні вимоги екологічної безпеки. Іншими

словами – як оцінити екологічну безпеку МТА на етапі його проектування або модернізації, та як керувати екологічною безпекою в процесі функціонування МТА. Виходячи з цього розробка методології оцінки рівня екологічної безпеки на етапі проектування, модернізації та функціонування МТА є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. При експлуатації МТА розрізняють наступні фактори, які впливають на стан екологічної безпеки при роботі енергетичних засобів [2]:

- питомі викиди CO, CH і NOx у відпрацьованих газах (ВГ) дизельних ДВЗ;
- димність ВГ дизеля (в усталеному режимі і режимі вільного прискорення), з урахуванням умов експлуатації;
- вміст CH і NOx у повітрі робочої зони оператора трактора або сільськогосподарської машини (герметичність кабіни);
- витоку моторного, трансмісійного і гідравлічного масла, дизельного палива, охолоджуючої рідини;
- викиди відпрацьованих газів крім вихлопної труби трактора або сільськогосподарської машини;
- шум зовнішній і внутрішній створюваний трактором (сільськогосподарською машиною);
- вібрації від роботи деталей та вузлів енергетичного засобу (машини);

- питомий тиск на ґрунт рушіїв.

Найбільш поширеним способом оцінки рівня екологічної безпеки є розрахунок узагальненого коефіцієнту ($UK_{eб}$) від впливу роботи МТА [3], який оцінює кількісне погіршення суми екологічних параметрів агрегатів, віднесених до їх нормативних значень:

$$UK_{eб} = K_{U_i} \cdot U_{ki} / U_i + K_F \cdot F_{ki} / F_i + SK_{T_i} + K_N \cdot N_{ki} / N_i + K_{CO} \cdot g_{CO_{ki}} / g_{CO_i} + K_{CH} \cdot g_{CH_{ki}} / g_{CH_i} + K_{NOx} \cdot g_{NO_{xki}} / g_{NO_{xi}} + K_{L1} \cdot L_{1k} / L_1 + K_{L2} \cdot L_{2k} / L_2 + K_{L3} \cdot L_{3k} / L_3 + K_N \cdot N_{Kx,x} / N_{x,x} + K_{CO} \cdot g_{CO_{Kx,x}} / g_{CO_{x,x}} + K_{CH} \cdot g_{CH_{Kx,x}} / g_{CH_{x,x}} + K_{ТХВ}, \quad (1)$$

де K_{U_i} - механічне руйнування ґрунту;

K_{T_i} - забруднення нафтопродуктами;

K_F - коефіцієнт впливу від тиску рушіїв трактора;

K_{N_i} - димність ВГ;

K_{CO_i} - викиди окису вуглецю;

K_{CH_i} - викиди вуглеводнів;

$K_{NO_{xi}}$ - викиди окислів азоту;

K_{L1} - шум внутрішній;

K_{L2} - шум зовнішній;

K_{L3} - вібрація, передана технічним засобом навколишньому середовищу;

$K_{ТХВ}$ - вагомість технологічних відходів МТА;

U_{ki} , N_{ki} , $g_{CO_{ki}}$, $g_{CH_{ki}}$, $g_{NO_{xki}}$, L_{1k} ... L_{3k} - контрольні заміри відповідно механічного руйнування ґрунту, концентрації викидів вуглецю, вуглеводнів, окислів азоту, шуму внутрішнього, зовнішнього, вібрації;

U_i , N_i , g_{CO_i} , g_{CH_i} , $g_{NO_{xi}}$, L_1 ... L_3 - нормативні значення екологічних показників згідно до державних стандартів;

F_{ki} , F_i - питомий тиск рушіями трактора на ґрунт відповідно при випробуванні і рекомендоване;

$N_{Kx,x}$, $g_{CO_{Kx,x}}$, $g_{CH_{Kx,x}}$ - контрольні заміри димності, концентрації окису вуглецю та вуглеводнів відповідно в ВГ на холостих обертах дизеля.

Але ж, використовувати такий підхід в процесі управління екологічною безпекою МТА на етапі його проектування та безпосереднього функціонування, на жаль, неможна [4]. Оскільки розрахунок коефіцієнту $UK_{eб}$ здійснюється лише за фактичними значеннями вихідних параметрів з урахуванням коефіцієнта вагомості технологічних відходів МТА.

Метою статті є покращення природно-екологічного балансу навколишнього середовища в процесі функціонування МТА, шляхом розробки методології оцінки та управління екологічною безпекою, як на етапі його проектування та модернізації, так і функціонуванні при виконанні технологічних процесів в рослинництві.

Основна частина. Для рішення вказаної задачі необхідно встановити функціональні закономірності впливу параметрів МТА та режимів

його роботи на складові, які формують узагальнений рівень екологічної безпеки.

Для цього нами пропонується оцінювати рівень екологічної безпеки МТА за залежністю

$$UK_{eб} = \sum_1^I \left(K_i \cdot \frac{X_i}{X_{in}} \right), \quad (2)$$

де K_i - коефіцієнт вагомості i -го фактора на узагальнений рівень екологічної безпеки;

X_i - прогнозне значення i -го фактору екологічної безпеки. Останнє є функцією від певних вихідних параметрів МТА та режимів його роботи тощо;

X_{in} - нормативний рівень i -го фактору.

Як приклад розглянемо функціональну залежність викидів СН дизельним двигуном від його конструктивних та режимних параметрів.

При експлуатації двигунів внутрішнього згоряння токсичні речовини виділяються в атмосферне повітря разом з паливними випарами, картерних газами і відпрацьовуваних газів (ВГ). Паливні випаровування надходять в атмосферу з елементів системи живлення. При відповідній ступені екологічної безпеки дизелів паливними випаровуваннями можна знехтувати внаслідок малої випаровуваності дизельного палива і герметичність паливної системи дизеля. Всього з випарами в атмосферу викидається близько 8 % вуглеводнів СН.

Частка картерних газів, що представляють собою суміш незгорілих вуглеводнів, які потрапляють через нещільності циліндро-поршневої групи в картер з парами палива і масла, в картері для дизеля не перевищує 0,2 ... 0,3 % сумарного викиду токсичних речовин. Тому основну частку впливу на екологічне середовище складають відпрацьовані гази.

Дизельні двигуни протягом циклу роботи викидають в атмосферу в 10-1000 разів більше найдрібніших частинок сажі, ніж бензинові двигуни [5]. Викид таких часток по масі досягає 1 % від витрати палива. Крім того, три незгорілих атома вуглецю на 1000 згорілих дають димність ВГ порядку 30 %.

Токсичність ВГ дизелів залежить від якості дизельного палива. При зменшенні вмісту сірки в паливі з 0,31 до 0,03 % вміст NO_x в ВГ знижується на 0,2 ... 1,8 %; CH_x - на 24,4 %; сажі - на 13,2 ... 22,6 % [5].

Збільшення цетанового числа палива з 45 до 51 [5] призводить до зменшення періоду займання, жорсткості роботи двигуна і максимальному тиску згоряння. Як наслідок, знижується димність при пуску і на середніх навантаженнях. На підвищених навантаженнях ДВЗ цетанове число дизельного палива практично не впливає на димність, але на цьому режимі відбувається інтенсивний викид сажі.

На величину викидів шкідливих речовин з ВГ сильно впливає технічний стан двигуна. У

дизелях будь-яка несправність елементів системи паливоподачі підвищує димність ВГ, а вироблення моторесурсу двигуна збільшує викид токсичних речовин (табл. 1). Так, через знос деталей циліндро-поршневої групи димність може збільшитися в два рази [5].

Таблиця 1 – Вплив технічного стану двигуна на викид шкідливих речовин ВГ

Вид несправності	Зміна викидів, %				Зміна витрати палива, %
	CO	CH	NO _x	димість	
Порушення регулювання ТНВД	+5...50	+5...25	-25...+25	+25...100	+5...25
Порушення кута випередження початку впрыску палива	+5...50	0...25	-100...+100	-25...+50	+5...25
Знос основних деталей двигуна	+50	+100	-25	+100	+15
Несправність форсунок	+25...50	+50...100	-25	-25...+25	+10...20
Підвищений опору впуску повітря і випуску ВГ	+50...100	+50...100	-50	+100	+15
Підвищений опору руху	Збільшення до 20 %				+5...20

На рівень шкідливих викидів впливає не тільки технічний стан двигуна, а також швидкісний та навантажувальний режим роботи дизеля. Характер зміни викидів CO, CH, NO_x в залежності від ступені завантаження трактора та частоти обертання колінчастого валу дизеля показано на рисунку 1 [5, 6]. На прикладі трактора ХТЗ-170 з двигуном ЯМЗ-236-М2.

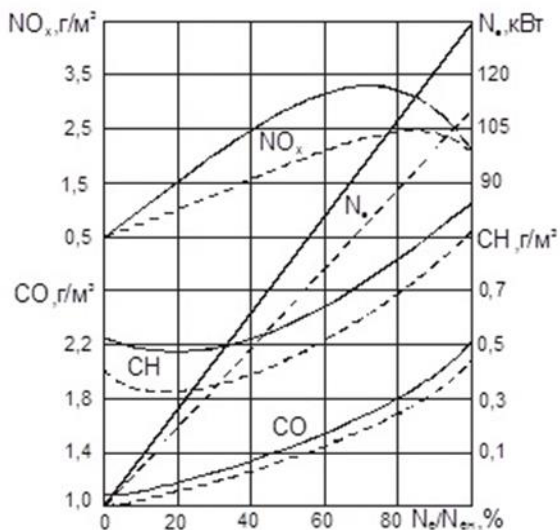


Рисунок 1 – Характер зміни агресивних речовин NO_x, CO, CH в залежності від режимів роботи дизелів: ——— - n = 1800 хв⁻¹; - - - - N = 1300 хв⁻¹

$$\xi = \frac{N_{\text{дв}}}{N_{\text{дт}}} \cdot 100, \%$$

де: $N_{\text{дв}}$ – ефективна фактична потужність двигуна, яка витрачається на тягу і переміщення МТА при даному завантаженні з урахуванням

витрати у трансмісії та буксування, кВт;

$N_{\text{ен}}$ – ефективна номінальна потужність двигуна, кВт.

Аналіз характеру зміни шкідливих викидів дозволяє відмітити, що збільшення частоти обертання колінчастого валу, завантаження дизеля веде до росту рівня викидів.

Необхідно враховувати, що традиційні дизелі МТА працюють при повному завантаженні $\xi = 100\%$ тільки 3% часу, при завантаженні $\xi = 82...85\%$ – тільки 2% часу, при завантаженні $\xi = 70...75\%$ – до 5 % часу, а при завантаженні $\xi = 60...70\%$ - до 41 % часу і решту часу при завантаженні нижче 50 % [2, 7].

Тому при оцінці питомих викидів NO_x, CO, CH слід враховувати відносний час роботи дизельного двигуна МТА на різних режимах.

Відомо, що дизельні двигуни тракторів значну частину часу працюють на малих та середніх режимах завантаження. Виникає необхідність у встановленні впливу ступеня завантаження трактора на значення викидів NO_x, CO, CH були введені у програму Microsoft Excel і в результаті обробки отримані формули, за допомогою яких можна розрахувати кількість шкідливих викидів відпрацьованих газів (NO_x, CO, CH) в залежності від ступені завантаження трактора.

В результаті встановлено (рис. 2), що оптимальним режимом роботи двигуна ЯМЗ-236-М2 з екологічної точки зору можна вважати 1450...1850 хв⁻¹, на середній потужності і завантаженості трактора ХТЗ-170. При цьому режимі роботи витрати палива не збільшуються.

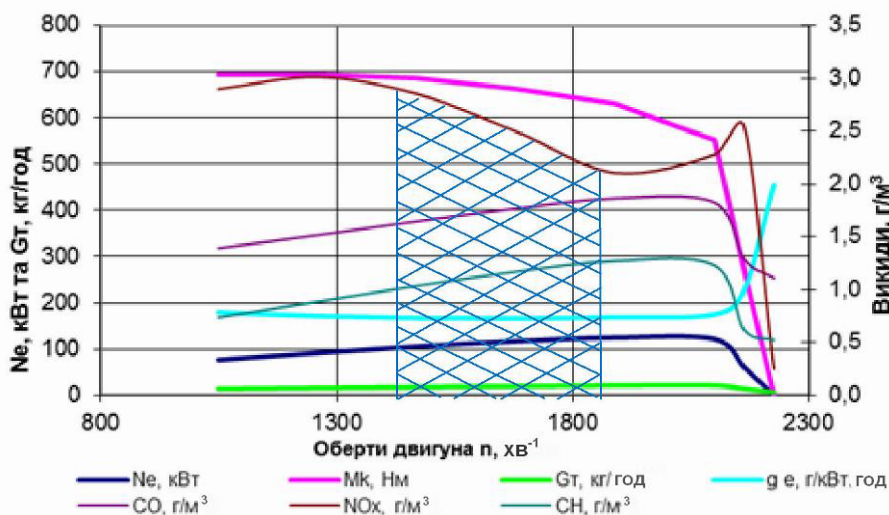


Рисунок 2 – Вплив режиму роботи двигуна ЯМЗ-236-М2 на загальну кількість викидів NOx, CO, CH.
 – оптимальний робочий діапазон трактора ХТЗ-170 з екологічної точки зору.

Таким чином, в даний час основною проблемою екологічної безпеки аграрного сектора країни є зниження токсичності відпрацьованих газів автотракторної техніки, а також зниження рідких, твердих викидів в навколишнє середовище.

Висновки. Можливим шляхом забезпечення ЕБ тракторів і самохідної сільськогосподарської техніки в даний час є комплексне вирішення екологічних та технічних проблем, в основу яких має бути покладений еколого-технічний критерій. Сутність цього критерію полягає в оптимальному поєднанні конструктивно-технологічних заходів при виробництві та експлуатації сільськогосподарської машини, спрямованих на забезпечення виробничої безпеки та мінімально шкідливих впливів цієї машини на навколишнє середовище. Для визначення приналежності машини до тієї чи іншої категорії безпеки необхідно розрахувати сумарний шкідливий ефект від її використання за допомогою узагальненого коефіцієнта екологічної безпеки. Але для визначення цього критерію нам необхідно наступне:

1. Обґрунтувати групу залежностей показників ЕБ від конструктивно-технічних параметрів МТА та режимів його роботи.
2. Уточнити ці залежності з урахування науково-технічного прогресу.
3. Виділити головні і-ти фактори, які впливають на ЕБ.
4. Встановити параметри управляючого впливу

на показники ЕБ.

5. Проаналізувати управляючий вплив на функціонування показника екологічної безпеки МТА.
6. Дати рекомендації на початку проектування або модернізації МТА, та як керувати екологічною безпекою в процесі його функціонування.

Запропонована в роботі методика визначення рівня екологічної безпеки сільськогосподарської техніки дозволяє використовувати її для різних марок тракторів сільськогосподарського призначення.

Також було встановлено:

1. Зі збільшенням завантаженості та обертів двигуна ЯМЗ-236-М2 до 1890 хв⁻¹ відбувається зростання рівня викидів CO та CH, а NOx навпаки зменшується.

2. Оцінку рівня шкідливих викидів відпрацьованих газів можна визначити за допомогою регуляторної характеристики дизельного двигуна в залежності від режиму роботи.

Підвищення екологічності роботи МТА вимагає чималих фінансових вкладень на етапі проектування та модернізації техніки та наукового підходу при оцінці екологічної безпеки роботи МТА. У свою чергу все це дає можливість знизити негативний вплив МТА на навколишнє середовище і ми зможемо набагато довше користуватися ресурсами земель сільськогосподарського призначення.

Список використаної літератури:

1. Мисун Л.В. Инженерная экология в АПК. Пособие / Л.В. Мисун, И.Н. Мисун., В.М. Гришук. Электронная версия – Мн.: БГАТУ, 2007.- 302с.
2. Кужель В.П. Экология та ресурсозбереження на автомобільному транспорті / В.П. Кужель, С.М. Севастьянов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 105с.
3. Бегей С.В. Экологичне землеробство: Підручник / С.В. Бегей, А.І. Шувар.- Львів: «Новий світ – 2000», 2007.-429с.
4. Ксенович И.П. О стабилизации параметров экологической безопасности тракторов / И.П. Ксенович, А.Я. Поляк, В.Г. Швецов // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2007. - №3 – с.16-19.

5. Лопатин О.П. Влияние режимов эксплуатации дизелей на токсичность отработанных газов / О.П. Лопатин // Молодой ученый. – 2015. – №17. – С. 182 – 185.
6. Стрельников В.А. Повышение экологической безопасности автотранспортных дизелей путем разработки и совершенствования методов и технических средств очистки отработавших газов : дис. ... доктора техн. наук : 05.20.03 / В.А. Стрельников. – Саратов: СГАУ, 2004. – 381 с.
7. Костин А.К. Работа дизелей в условиях эксплуатации / А.К. Костин, Б.П. Пугачев, Ю.Ю. Кочинев. – Ленинград : Машиностроение, 1981. – 284 с.

Митков В. Б., Кувачов В. П. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Предложен комплексный подход к оценке уровня экологической безопасности машинно-тракторных агрегатов (МТА), который разрешит оценивать его влияние на окружающую среду в виде прогнозного значения i -го фактора экологической безопасности, к их нормативным.

Ключевые слова: энергетическое средство, отработанные газы, экологическая безопасность, сельскохозяйственный агрегат, комплексный коэффициент.

V.B. Mitkov, V.P. Kuvachov METHOD FOR DETERMINING LEVEL OF ENVIRONMENTAL SAFETY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY

A comprehensive approach to assessing the environmental safety of the machine and tractor units (MTU), which will allow to assess its impact on the environment as a forecast of the i -th ecological safety factor to their normative.

Keywords: energy unit, exhaust gases, environmental safety, agricultural unit, complex factor.

Стаття надійшла в редакцію: 01.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Топілін Г.Є.

УДК 621.03.004.74:621.03.004.67 – 167.7

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕМОНТА И МОДЕРНИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ МАШИН ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРМАЛИЗОВАННОЙ МЕТОДИКИ ПОИСКА РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е. В. Коноплянченко, к.т.н., доцент,
В. Н. Колодненко, ст. преподаватель
В. А. Герасименко, к.ф.-м.н., доцент,
В. П. Яременко, к.т.н., доцент
Сумський національний аграрний університет

У статті наведено формалізована методика визначення оптимального варіанту технології нанесення покриттів, яка дозволяє виконати структурно-параметричний синтез процесу формування покриття з заданими експлуатаційними властивостями. Запропонована концепція системного підходу дозволяє створювати високоефективні технологічні системи, що застосовуються при реконструкції, модернізації та відновленні працездатності складних машин.

Ключові слова: ощадне розбирання, формалізація, спрямований вибір, методи нанесення покриттів, поверхневий шар, зміцнення.

Введение. Проведенный анализ исследованной износа деталей машин показал, что основной причиной потери работоспособности является износ их рабочих поверхностей. Отказ из-за износа в современных машинах достигает 80-90 % от общего количества отказов. Дефекты поверхностей деталей классифицируются по несоответствию размеров (74,9%), формы (19,5%), шероховатости (4,9 %), физико-механических свойств (0,2 %) и нарушению целостности (0,5 %). Наибольшее количество деталей (возле 83%) имеет износ до 0,6 мм, основная часть которых приходится на цилиндрические поверхности - 52%. При большом разнообразии условий работы деталей наиболее нагруженным у них является поверхностный слой. Поэтому реальный ресурс работы машины зависит от несущей способности поверхностей дета-

лей, которая определяется качеством их поверхностного слоя. Качество поверхностного слоя, в свою очередь, зависит от технологии его формирования, поэтому анализ методов нанесения покрытий на поверхности трения деталей машин является актуальным и своевременным.

Постановка проблемы. На этапе ремонта и модернизации изделий возникает необходимость их разборки до вышедшей из строя детали [3,8]. Известно, что полная разборка оборудования при ремонте или модернизации – одна из нежелательных операций, так как даже при самой квалифицированной сохранной разборке нарушаются сопряжение приработанных деталей и нормальный натяг в пазах с неподвижными посадками [7]. Поэтому перед разборкой оборудования важно определить объективную потребность выполнения работ.