

## НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ КОРОЗІЙНО - ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Попович П.В., к.т.н., Сташків М.Я., к.т.н. Господарський Я., асп.  
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

*Обґрунтовано напрямки досліджень корозійно – втомної довговічності матеріалів машин для внесення добрив у залежності від матеріалів, виду добрив, параметрів навантаженості несучих металоконструкцій розкидачів.*

Характерними причинами корозійно – втомних руйнувань, корозійно – механічного зношування, електрохімічної корозії та корозійного розтріскування вузлів і деталей сільськогосподарської техніки є взаємодія факторів [1,2,3]: динамічних навантажень; вихідного стану поверхонь; абразивності та агресивності середовищ, які викликані наявністю ґрунтових включень, добрив; чинники, які сприяють атмосферній корозії шляхом утворення вологої поверхневої плівки: опади, температура, ін.

Дослідженнями технічного стану с/г техніки після 1-3 років експлуатації вказується, що корозійними руйнуваннями пошкоджено не менше 70...80% складальних одиниць машин [2,4]. Отже, корозійно – втомні руйнування є результатом впливів оточуючих середовищ і термодинамічної лабільності матеріалів металоконструкцій с/г техніки. Корозійні руйнування тонколистових металоконструкцій та їхніх зварних з'єднань, змінюючи стан поверхні деталей, інтенсифікують процеси зношування з одночасним зниженням втомної міцності, що спричиняє зародження і розвиток корозійно – втомних тріщин, значно знижується надійність і довговічність техніки, затрати на ремонт та відновлення машин і агрегатів збільшуються. Проектування конструкцій несучих металоконструкцій зварних рам с/г техніки повинно виконуватися згідно з класифікацією за призначенням та вимогами до експлуатації. Встановлено три класи зварних рам, кожен з яких має свої конструктивні особливості, зокрема металоконструкції III -го класу об'єднує несучі металоконструкції транспортних машин і рами машин, які працюють в транспортному режимі і в умовах агресивних середовищ на внесення добрив і хімічного захисту рослин. Вказані рами плоскі, прямокутні, в умовах низької якості доріг та бездоріжжя конструкції рам повинні володіти податливістю, однак для переміщення на відносно великих швидкостях мають бути достатньо жорсткими у зв'язку зі зростанням ймовірності прискореного накопичення пошкоджень. У відповідності з даною класифікацією, при проектуванні рамних конструкцій приймаються конструктивні рішення, вибираються матеріали та профілі прокату, зварні з'єднання та вузли [5]. Довговічність машин для внесення добрив регламентується корозійним зношуванням, максимально інтенсивно процеси корозії протікають в кузовах, на транспортерах, ділянках

безпосередньо контактуючих з агресивними середовищами. Наприклад, при дослідженнях характеру і величини корозійних пошкоджень розкидачів типу РМГ – 4 встановлено, що кількість відмов у порівнянні із загальною кількістю несправностей має наступний розподіл: рама і кузов 32%, транспортер 24%, робочі органи 44%. В середовищах добрив відбуваються процеси корозійного руйнування, що призводить до необхідності капітального ремонту розкидача вже після трьох років експлуатації, причому після капітального ремонту строк служби не перевищував двох років [6]. В зернозбиральних комбайнах СК-5 ресурсні відмови: граничні деформації корпусів жатки, похилої камери і молотарки, тріщини, злами зварних з'єднань і складальних одиниць систем та агрегатів, спричинені спільними впливами як механічних так і кліматичних навантажень. Для комбайнів СК-5, тракторів К-701, які надійшли в перший капітальний ремонт після 2...3 років експлуатації, корозійними руйнуваннями пошкоджено деталі і складальні одиниці комбайна 224 найменувань, деталі трактора 150 найменувань. Сумарна площа корозійних пошкоджень поверхні кожної деталі, складальної одиниці складала від 15 до 90% поверхні [1]. Для досліджень проблематики надійності, за даними випробувального центру DLG (Німеччина), одним з шести основних напрямів проведення випробувань є дослідження ресурсу с/г техніки згідно з вимогами ENTAM — Європейського об'єднання організацій з випробувань сільськогосподарської техніки [7]. Згідно досліджень машин для внесення добрив 70...80% деталей машин виходять з ладу внаслідок сумісної дії атмосферної корозії і умов навантаженості, з них 20...25% є поломки від перевантаженості внаслідок втрати міцності з причини корозії. Найбільш небезпечними з позицій корозійності є добрива та ядохімікати [2].

З вказаних причин, актуальними є дослідження процесів корозійно - втомних руйнувань типових матеріалів металоконструкцій машин для внесення добрив в корозійно - активних мінеральних і органічних добривах з формуванням рекомендацій з вибору корозійно – стійких матеріалів, також розробкою нових технологій захисту від агресивних середовищ мінеральних і органічних добрив. Комплексну оцінку корозійної довговічності розкидачів органічних і мінеральних добрив доцільно проводити з урахуванням застосовуваних матеріалів металоконструкцій машин вказаного класу, характерних середовищ, параметрів процесів динамічної навантаженості на обґрунтованих типових режимах роботи.

В сучасному сільському господарстві України використовуються прості азотні, фосфорні і калійні добрива, а також комплексні і мікродобрива. За останні роки кон'юнктура ринку мінеральних добрив в Україні не змінилася: карбамід і аміачна селітра є найактуальнішими азотними добривами внутрішнього ринку [8,9]. У залежності від форм сполук азоту, поширені в Україні азотні добрива поділяються на нітратні, амонійні, аміачні, амонійно-нітратні та амідні. У нітратних азотних добривах азот міститься у вигляді аніону азотної кислоти. До таких добрив відносяться натрієва і кальцієва селітри. До амонійних азотних добрив належать хлористий амоній, сульфат амонію, аміачна вода ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), безводний аміак. Основним амонійно-

нітратним азотним добривом є аміачна селітра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) і сульфат амонію ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) містить 20,5% азоту, до 24% сірки. Амідні добрива містять азот в амідно- та аміносполуках. До них відносяться сечовина ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) та ціанамід кальцію. Окрему групу азотних добрив складають карбідо-аміачні суміші (КАС) та вуглеамонійні солі (ВАС). З фосфорних добрив найбільш поширеними у сучасному сільському господарстві України є суперфосфати ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ), фосфоритне борошно ( $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$ ), ін. За ступенем розчинності фосфорні добрива поділяють на три групи: водорозчинні (суперфосфати); нерозчинні у воді і добре розчинні в слабких кислотах і лугах (фосфатшлак, знефторений фосфат, преципітат); нерозчинні у воді і важкорозчинні в слабких кислотах (фосфоритне та кісткове борошно). У сільськогосподарському виробництві використовуються сирі калійні добрива — сільвініт ( $\text{KCl} + \text{NaCl}$ ) та концентровані — хлористий калій ( $\text{KCl}$ ), калійна сіль ( $\text{KCl}$  з домішкою  $\text{NaCl}$ ), сірчаноокислий калій, калімагнезія, ін. [10].

На відміну від азотних, калійні та фосфорні добрива виробляються значно меншими обсягами. За даними Держкомстату України, центру стратегічних досліджень АПК Сумського національного аграрного університету, за останні 10 років виробництво азотних мінеральних добрив було найменшим у 2009 році та найбільшим - у 2011, у 2009 році виробництво склало 2,2 млн т., то в 2011р. перевищило 2,9 млн т. У структурі виробництва азотних добрив частка карбаміду (сечовини) становить 61%, аміачної селітри – 29%, карбідо-аміачні суміші (КАС) 2% та вуглеамонійні солі (ВАС) 6%. Споживання комплексних добрив за останні роки демонструє позитивну динаміку. Середній обсяг продукції на українському ринку за 2012 рік перевищив минулорічний показник на 100 тис. тонн. При збереженні даної тенденції рівень споживання зростатиме. В Україні найбільш поширеними є: повні комплексні добрива (нітрофоска, нітроамофоска), неповні, містять два поживних елементи (амофос, нітрофос, нітроамофос), а також рідкі комплексні добрива, які можуть бути як повними, так і неповними та пресовані — найчастіше фосфорно-калійні [8,9].

На відміну від мінеральних, органічних добрив у кількості 9,8 млн.т, внесено на площі 0,4 млн.га, що складає, в середньому по регіонах України 2-4% загальної площі посівів [12]. Органічні добрива - різні за складом і властивостями речовини рослинного і тваринного походження, які вносять у ґрунт для підвищення його родючості. Істотними джерелами органічних речовин можуть бути сапропелі, осади стічних вод, зелені сидеральні добрива, солома тощо. Так, у сільському господарстві України найпоширенішим є підстилковий гній великої рогатої худоби, якому належить 70% від всіх видів органічних добрив, хімічний склад гною в Україні становить: води - 65%, золи - 15% та N - 0,50%, P - 0,25% і K 0,60% на сирій масі. Рідкий гній великої рогатої худоби (ВРХ) містить до 92% води, 0,17% сухої речовини та N - 0,20%; P - 0,15%; K - 0,17% до сирової маси. За даними господарств, з позицій економічної доцільності, на сьогодні, переважно застосовуються змішані види гною і гній ВРХ [12].

Класифікація дії добрив з позицій корозійної активності. Експериментальним шляхом авторами визначено активність, для випадку піттингової корозії, найбільш застосовуваних в Україні мінеральних добрив (Табл.1), дані добре корелюють з дослідженнями [1, 2].

Таблиця 1-корозійна активність мінеральних добрив при піттинговій корозії Ст3

№ з/п	Назва мінерального добрива	Глибина піттингів при корозії Ст 3 протягом 9 міс.
1	Нітрофоска	1,3 мм.
2	Аміачная селітра	1,1 мм.
3	Карбамід	0,3 мм.
4	Суперфосфат	0,2 мм.
5	Сульфат амонію	піттингів не виявлено, метал кородував відносно рівномірно, зменшення товщини 1,6 мм.

На основі [2] побудовано таблицю корозійної активності найбільш застосовуваних мінеральних добрив для типових матеріалів несучих металоконструкцій с/г машин при корозії в заданому середовищі протягом одного року. Корозійна стійкість сталей для вказаних мінеральних добрив зменшується із збільшенням вмісту вуглецю, зерна цементиту є катодними включеннями (таблиця 2).

Таблиця 2-Корозійна активність мінеральних добрив

№ з/п	Назва	Швидкість корозії матеріалу, г/м <sup>2</sup> ·рік						
		Ст 3	Ст 5	Сталь 35	Сталь 35Г	Сталь 45	Сталь 45Х	Сталь 50
1	Сульфат амонію	1055	1530	1308	1562	1294	1937	1077
2	Нітрофоска	887	1160	938	953	984	1342	989
3	Аміачная селітра	400	550	494	355	552	617	547
4	Суперфосфат	359	500	446	485	373	489	385
5	Карбамід	342	401	368	339	372	235	340

Отже, карбамід і суперфосфат малоактивні, практичний інтерес для досліджень представляють сульфат амонію і нітрофоска, менше – аміачна селітра. Виникає необхідність проведення дослідів для органічних добрив з урахуванням того, що на сьогодні найбільш застосовуваними є гній великої рогатої худоби і змішаний гній.

Для проведення коректних досліджень корозійно – втомної довговічності матеріалів, необхідною є класифікація типових характеристик навантаженості

металоконструкцій транспортних машин і рам машин, які працюють в транспортному режимі в умовах агресивних середовищ на внесенні добрив.

Обґрунтування вибору параметрів досліджень втомної міцності та визначення характеристик тріщиностійкості матеріалів металоконструкцій базується на інформації про реальну експлуатаційну навантаженість несучих систем машин для внесення добрив. Спектри реальної навантаженості є випадковими процесами, для визначення якісних і кількісних характеристик традиційно проводиться схематизація, причому різні методи схематизації призводять до значних похибок при розрахунковій оцінці довговічності. Аналіз функцій розподілу амплітуд напружень металоконструкцій сільськогосподарських причепів, вантажних автомобілів, також машин для внесення добрив при русі по польових дорогах [14, 15, 16]: амплітуда максимальних напружень (вище 100 МПа) знаходиться у межах 103 МПа - 190 МПа, амплітуда мінімальних напружень – в межах 30 МПа – 39 МПа; максимальні нормальні напруження несучих металоконструкцій рам знаходяться в межах 105 МПа (при середньому квадратичнеому відхиленні 34 МПа) – 141 МПа (при середньому квадратичнеому відхиленні 49 МПа); коефіцієнти нерегулярності широкополосних процесів навантаженості знаходяться в межах 0,5-0,9, коефіцієнти варіації 0,7-0,98; приведений фіксований коефіцієнт асиметрії циклу  $R = (0,17-0,35)$ .

Праці Когаєва В.П., Школьника Л.М., інших науковців підтверджують: при частотах менше 1 Гц та при частотах більше 100 Гц межа витривалості залежить від частоти навантаження, в діапазоні 1-100 Гц межа витривалості суттєво не змінюється. Обґрунтування параметрів досліджень матеріалів несучих систем машин на втомну міцність і тріщиностійкість потребує точних даних про частотний спектр напружень. Частотний спектр динамічної навантаженості поділяється на гармоніки в діапазонах частот:  $\omega=0-1$  Гц;  $\omega=1-3,5$  Гц;  $\omega=3,5-7$  Гц;  $\omega=7-10$  Гц. У таблиці представлено характерні значення розподілу дисперсій процесів за діапазонами частот з максимумами спектральної густини: в діапазоні  $\omega=1-3,5$  Гц знаходиться 80% енергії випадкових процесів [13, 14]

Таблиця 3-Розподіл дисперсій процесів за діапазонами частот

№ з/п	Дисперсія процесу, МПа	Розподіл дисперсій, МПа за діапазонами частот процесів, Гц			
		0-1	1-3,5	3,5-7	7-10
1	225	39,8(17,7%)	164,1(72,9%)	13,9(6,2%)	7,2(3,2%)
2	210	6,8(3,2%)	167,7(79,9%)	33,4(15,9%)	2,1(1%)

## Висновки

Виникає необхідність проведення експериментальних досліджень матеріалів металоконструкцій с/г машин вказаного класу: для рамних конструкцій часто застосовують вуглецеву якісну сталь 20, сталь звичайної якості СтЗсп. Дослідження доцільно виконати в середовищах сульфату амонію, нітрофоски, аміачної селітри як найбільш корозійно - активних мінеральних добрив, також в середовищах рідкого гною великої рогатої худоби і змішаного гною. Метою досліджень є визначення параметрів втомної міцності, побудови кінетичних діаграм втомного руйнування для визначення характеристик тріщиностійкості, вагових досліджень на корозійну стійкість, також електрохімічних досліджень і на цій основі формування рекомендацій з конструктивного захисту з раціональним вибором матеріалів металоконструкцій з позицій корозійно - втомної довговічності при проектуванні і ремонті, також пропозиції з локального захисту від атмосферної корозії металоконструкцій при консервації машин для внесення твердих і рідких органічних і мінеральних добрив.

## Список літератури

1. Гайдар С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий / Диссерт. докт. техн. наук. – Москва: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. – 416с.
2. М. М. Севернев/М. М. Севернев, Н. Н. Подлекарев, В. Ш. Сохадзе, В. О. Китиков// Износ и коррозия сельскохозяйственных машин Издательство: Беларуская Навука 2011г. 334стр.
3. Северный, А. Э. Справочник по хранению сельскохозяйственной техники [Текст] / А. Э: Северный, А. Ф. Поцкалев, А. Л. Новиков// — М.: Колос, 1984. - 223 с.
4. Северный, А. Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной: техники [Текст] / А; Э. Северный; — М.: ГОСНИТИ, 1993. - 233 с.
5. РТМ 23.2.75.- 82. Руководящий технический материал. Рамы сварные сельскохозяйственных машин. Конструкторско-технологическое проектирование. – М.: ВИСХОМ, 1982. – 111 с.
6. Реферативный журнал сельское хозяйство, механизация и электрификация сельского хозяйства июнь 1985 часть 2.
7. QS Kompakt. Das QS-Prufsystem im Uberblick , Німеччина , 2008, Wir setzen Maßstäbe. DLG – Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Німеччина, 2007.
8. [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=2247](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=2247)
9. <http://svitagro.com/ukrayinskiy-rinok-mineralnih-dobriv-pidsumki-2012-0>
10. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник - 2-е изд., перераб. I доп. - М.: Изд-во МГУ, изд-во Колос 2004. - 720 с.
11. [http://agroua.net/news/news\\_38766.html](http://agroua.net/news/news_38766.html)

12. Ярош Ю. М., Трусов Б. А.. Технологія виробництва сільськогосподарської продукції: Навч. посіб. / Міністерство аграрної політики України. Навчально-методичний центр по підготовці молодших спеціалістів — К. : Український Центр духовної культури, 2005. — 528с.

13. Атаманицын П.В. Плавность хода большегрузных тракторных полуприцепов/ Атаманицын П.В., Миркитанов В.И., Гальсбанд Ф.С. Щурин К.В.//Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1985, №6, с. 14-15

14. Щурин К.В. Прогнозирование и повышение усталостной долговечности несущих систем сельскохозяйственных тракторных средств/ Диссерт. докт. техн. наук. – Оренбург: ОПИ, 1994. – 423с.

15. Методика ускоренных прочностных испытаний несущих систем машин на полигоне КубНИИТиМ//Всесоюзное объединение „Союзсельхозтехника” Совета Министров СССР.- Новокубанск: КубНИИТиМ, 1968.-213с.

16. Павленко П.Д. Методология разработки рациональных конструкций несущей системы и ходовой части большегрузных строительных автомобилей - самосвалов/ Диссерт. докт. техн. наук. – Набережные Челны: КГПИ, 2005. – 395с.

## **Аннотация**

### **НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КОРРОЗИОННО - УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

**Попович П.В., Сташків Н.Я., Господарський Я.**

*Структуризованы направления исследований коррозионно – усталостной долговечности материалов машин для внесения удобрений в зависимости от материалов, типов удобрений и нагруженности несущих металлоконструкций.*

## **Abstract**

### **DIRECTIONS OF RESEARCHES CORROSIVE - TIRELESS LONGEVITY OF MACHINES FOR TOP-DRESSING**

**P. Popovich, M. Stashkiv, Y. Gospodarskiy**

*Directions of researches tireless longevity of materials of machines are investigational for top-dressing depending on the probed materials, types of fertilizers and parameters tensely – the deformed state of bearings frame.*