

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра процеси, машини і обладнання

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Швагро Максим Валерійович

УДК 620.193

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Підвищення корозійної стійкості деталей машин, які взаємодіють
з мінеральними добривами**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ М.В. Швагро

Керівник роботи

Грабар І.Г.

доктор технічних наук, професор

АНОТАЦІЯ

Швагро Максим Валерійович. Підвищення корозійної стійкості деталей машин, які взаємодіють з мінеральними добривами. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

В роботі було досліджено вплив мінеральних добрив на корозійну стійкість залізобетонних сплавів та поліетиленового покриття. Встановлено, що інтенсивність корозійних процесів визначається хімічним складом та структурою залізобетонних сплавів та видом та станом мінеральних добрив.

Зі зростанням вологості мінеральних добрив їх корозійна активність суттєво зростає, саме тому зберігання мінеральних добрив слід проводити в місцях з низькою вологою.

Розчини мінеральних добрив володіють активною корозійною здатністю з концентрацією мінеральних добрив до 10%. Зі зростанням концентрації мінеральних добрив понад 20 % їх корозійна здатність суттєво зменшується.

Для забезпечення підвищення надійності деталей сільськогосподарських машин, які взаємодіють з мінеральними добривами слід застосовувати захисні покриття на основі модифікованого поліетилену.

Ключові слова: корозія, сталь, хімічний склад, вуглець, інтенсивність, поліетилен, вологість, надійність

ANNOTATION

Shvagro Maxim Valerievich. Increasing the corrosion resistance of machine parts that interact with mineral fertilizers. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 - Agricultural Engineering. - Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

The influence of mineral fertilizers on the corrosion resistance of iron-carbon alloys and polyethylene coating was investigated. It is established that the intensity of corrosion processes is determined by the chemical composition and structure of iron-carbon alloys and the type and condition of mineral fertilizers.

With increasing humidity of mineral fertilizers, their corrosion activity increases significantly, which is why storage of mineral fertilizers should be carried out in places with low humidity.

Solutions of mineral fertilizers have an active corrosive ability with a concentration of mineral fertilizers up to 10%. With an increase in the concentration of mineral fertilizers over 20%, their corrosion capacity decreases significantly.

Protective coatings based on modified polyethylene should be used to increase the reliability of agricultural machinery parts that interact with mineral fertilizers.

Keywords: corrosion, steel, chemical composition, carbon, intensity, polyethylene, humidity, reliability

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА СТІЙКОСТІ ДО КОРОЗІЇ МАТЕРІАЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	8
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	12
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	15
ВИСНОВКИ.....	23
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	24

ВСТУП

Поверхні деталей сільськогосподарських машин в процесі експлуатації піддаються корозії. Найактивніше корозійні процеси протікають на поверхнях деталей машин, які взаємодіють з агресивними середовищами. До таких середовищ в сільському господарстві слід віднести органічні і мінеральні добрива, засоби захисту та ін. В зв'язку з занепадом галузі тваринництва мінеральні добрива набувають все більшого розповсюдження в сільському господарстві України, саме тому підвищення корозійної стійкості деталей машин, які взаємодіють з мінеральними добривами є беззаперечно актуальною задачею.

Мета і задачі дослідження. Підвищити рівень надійності деталей машин, які під час експлуатації та зберігання взаємодіють з мінеральними добривами.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- провести аналіз та визначити особливості корозійних процесів на поверхнях деталей машин, які взаємодіють з мінеральними добривами;
- розробити методика досліджень для визначення корозійної стійкості матеріалів в умовах взаємодії з мінеральними добривами;
- провести експлуатаційні дослідження корозійної стійкості залізовуглецевих сплавів та захисних покриттів.

Об'єкт дослідження: процес корозії поверхні деталей сільськогосподарських машин в агресивному середовищі.

Предмет дослідження: взаємозв'язок фізико-механічних та хімічних властивостей матеріалів з корозійною стійкістю в умовах агресивного середовища.

Методи дослідження. Досліджено виконано з використанням методів механіки, електронної мікроскопії та аналітичної хімії. Обробку експериментальних методів виконували із застосуванням математичної

статистики, методики планування та обробки експерименту за допомогою прикладних програм на ПК.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Швагро М. В.** Аналіз корозійних властивостей мінеральних добрив та стійкості до корозії матеріалів сільськогосподарських машин. Результати лабораторно-польових досліджень гравітаційного способу посадки розсади. Збірник тез *V-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. 28-29 березня 2019 року м. Житомир. ЖАТК. С. 285-286.

2. **Швагро М. В.** Методика дослідження стійкості матеріалів до корозії в середовищі мінеральних добрив. Збірник тез *VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 9-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 199.

3. Грабар І. Г., Зембицький В. В., Сичевський В. М., **Швагро М. В.**, Курис І. М., Шиханцов М. В. Рідинно-абразивне зношування деталей сільськогосподарських машин. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 02-27 листопада 2020 р.)*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 122-124.

4. Грабар І. Г., Зембицький В. В., Сичевський В. М., **Швагро М. В.**, Курис І. М. Зношувальна здатність мінеральних добрив. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 02-27 листопада 2020 р.)*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 49-50.

Практичне значення одержаних результатів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 21

найменування. Загальний обсяг роботи становить 25 сторінок комп'ютерного тексту містить 3 таблиці і 10 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ КОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА СТІЙКОСТІ ДО КОРОЗІЇ МАТЕРІАЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Мінеральні добрива, які застосовуються в сільському господарстві поділяються на два класи: прості та комплексні. До простих відносяться добрива, які в своєму складі містять один основний елемент, а до комплексних – декілька. До найбільш поширених простих добрив відносяться азотні, калійні та фосфорні.

В залежності від хімічної форми азоту азотні добрива поділяються на:

- Аміачні;
- Амідні;
- Нітратні;
- Аміачно-нітратні.

Аміачні добрива містять в своєму складі NH_4Cl і $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, які інтенсифікують корозійні процеси на поверхні деталей сільськогосподарських машин. В аміачно-нітратних добривах пришвидшує процеси корозії нітрат амонію, який володіє підвищеною корозійною активністю. Корозійна активність амідних добрив визначається концентрацією цианіта амонія.

Калійні добрива поділяються на три групи і враховуючи наявність у всіх групах атомів хлора і кислотних залишків всі вони надзвичайно корозійно активні.

Фосфорні добрива інтенсифікують процес корозії тільки на початкових етапах взаємодії з поверхнею металевих деталей. В подальшому утворені солі фосфорної кислоти володіють захисними властивостями і сповільнюють процес корозії.

В теперішній час, в більшості випадків застосовують комплексні мінеральні добрива, які володіють підвищеною корозійною активністю.

Корозійна активність мінеральних добрив на пряму залежить від їх вологості. Проф. Северньов М.М. встановив, що вологість мінеральних добрив залежить в першу чергу від вологості повітря (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Вплив температури і вологості повітря на вміст води в добривах % [1].

Добрива	При 10 °С		При 20 °С		При 30 °С	
	1 міс.	1 міс.	1 міс.	1 міс.	1 міс.	3 міс.
Аміачна селітра+P _c +KCl	5,3/6,0	5,0/6,9	5,4/6,7	4,2/9,6	7,7/11,0	5,8/19,3
Аміачна селітра + аммофос + KCl	0,60/0,61	0,42/0,94	0,62/0,43	0,50/0,93	0,7/1,30	0,77/5,0
Аміачна селітра + подвійна P _c + KCl	9,9/11,4	8,2/12,6	6,1/9,4	6,5/15,0	16,6/21,3	10,3/25,8
Мочевина + P _c + KCl	2,5/3,4	1,6/2,4	1,8/2,0	0,59/6,9	3,1/9,2	2,7/12,9
Мочевина + подвійна P _c + KCl	3,2/5,3	2,6/5,5	2,5/5,0	1,0/10,1	4,3/9,4	4,3/16,5

x/y – в чисельнику при 30%, а в знаменнику при 60% відносній вологості повітря.

З аналізу мінеральних добрив видно, що всі добрива володіють здатністю інтенсифікувати процес корозії. Саме тому необхідно шукати шляхи протидії корозійним процесам, що дозволить підвищити надійність сільськогосподарських машин.

Корозія поверхні сільськогосподарських машин є самовільним процесом, який відбувається в результаті хімічної та електричної взаємодії з навколишнім середовищем.

Різноманітні умови експлуатації сільськогосподарських машин призводять до існування багатьох форм корозійних процесів, які протікають на поверхнях їх деталей. Корозію деталей сільськогосподарських машин розрізняють: по виду корозійного середовища (газова, ґрунтова, атмосферна, рідинна); по характеру руйнування (рівномірна та нерівномірна; по

переважаючим процесам (хімічна та електрохімічна); по виду корозійних руйнувань (місцеву, вибірккову і суцільну).

Сільськогосподарські машини активно піддаються корозійним процесам під час зберігання, оскільки вони знаходяться на зберігання більшість часу (від 40% до 95%). Швидкість корозійних процесів, під час зберігання на пряму залежить від умов зберігання і способів консервації. Ґрунтово-кліматичні умови зони Полісся сприяють протіканню корозійних процесів на поверхні деталей сільськогосподарських машин. В першу чергу це пов'язано з вологою погодою в осінньо-зимовий період.

Попадання вологи на мінеральні добрива призводить до утворення кислот. Саме тому питання очистки машин від мінеральних добрив це основна задача, яку необхідно виконати після проведення польових робіт і при постановці на зберігання.

На основі експериментальних досліджень складений ряд корозійної активності мінеральних та органічних добрив табл. 1.2.

Таблиця 1.2 –Корозійна активність мінеральних добрив [1]

Корозійне середовище	Втрата маси, г/г ² ×год	Глибина піттингів, мм/год
1	2	3
Мідний купорос	2078	1,1
Сульфат амонія	1055	-
Хлорофос	896	0,95
Нітрофоска	886	1,7
Аміачна селітра	399	0,5
Суперфосфат простий	359	0,3
Мочевина	342	0,45

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
Суперфосфат гранульований	338	0,35
Борат магнія	268	0,75
Борнодатолит	244	0,4
Карбофос	226	0,03

Вологість середовища відповідала їх найбільшій корозійній активності.

Особливістю корозії деталей сільськогосподарських машин, які взаємодіють з мінеральними добривами є локальний характер. Корозія може протікати в певному місці, що може призвести до втрати працездатного стану деталі при незначному загальному враженні корозії.

Висновки по розділу 1

В процесі експлуатації та зберігання деталі, вузли та агрегати сільськогосподарських машин піддаються корозійним процесам. Агресивні середовища (добрива, ґрунт, засоби захисту рослин та ін.) інтенсифікують процес корозійного пошкодження поверхні деталей сільськогосподарських машин, саме тому пошук шляхів недопущення або уповільнення корозійних процесів в середовищі мінеральних добрив є актуальною задачею

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження впливу мінеральних добрив на інтенсивність протікання корозійних процесів були виготовлені зразки зі сталі 45, сталі 45 з нанесеним консервуючим матеріалом та сталі 45 з складною термомеханічною обробкою для паціфікації поверхні (рис. 2.1).



Рис. 2.1 Дослідний зразок для проведення досліджень.

Дослідні зразки були виготовлені з листової сталі розміри склали 45×45×4 мм. Хімічний склад сталі 45 представлено в табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45

Хімічний елемент	Вміст %
C	0,42...0,5
Si	0,17...0,37
Mn	0,5...0,8
Ni	0,25
S	0,035
P	0,03
Cr	0,25
Cu	0,25
As	0,08
Fe	~97

В якості середовища використовували мінеральні добрива представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Мінеральні добрива, які використовувалися в якості агресивного середовища

Добрива	Спосіб нанесення
Аміачна селітра	Занурення зразків в сухі добрива
Аміачна селітра	Занурення зразків в розчин добрив
Аміачна селітра	Покриття з однієї сторони шаром до 50 мм
Суперфосфат простий	Занурення зразків в сухі добрива
Суперфосфат простий	Покриття з однієї сторони шаром до 50 мм

Враження корозії визначали ваговим методом за рахунок зважування зразків після видалення продуктів корозії на вагах (рис. 2.2.).



Рис. 2.2 Ваги для проведення досліджень.

За результатами корозії спостерігали візуально визначаючи характер корозійних процесів. Дослідження тривали 12 місяців протягом 2019 -2020 років

Планування експерименту та обробку експериментальних даних виконували відповідно до загальноприйнятої методики [1].

Висновки по розділу 2

В другому розділі магістерської роботи розроблена методика дослідження стійкості матеріалів до корозії в середовищі мінеральних добрив. Запропоновано оцінку корозійної активності мінеральних добрив оцінювати за втратою маси дослідних зразків.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Корозійні процеси на поверхні сталі 45 в середовищі мінеральних добрив відбувається доволі активно і викликають суттєву втрату ваги дослідних зразків (рис. 3.1.)

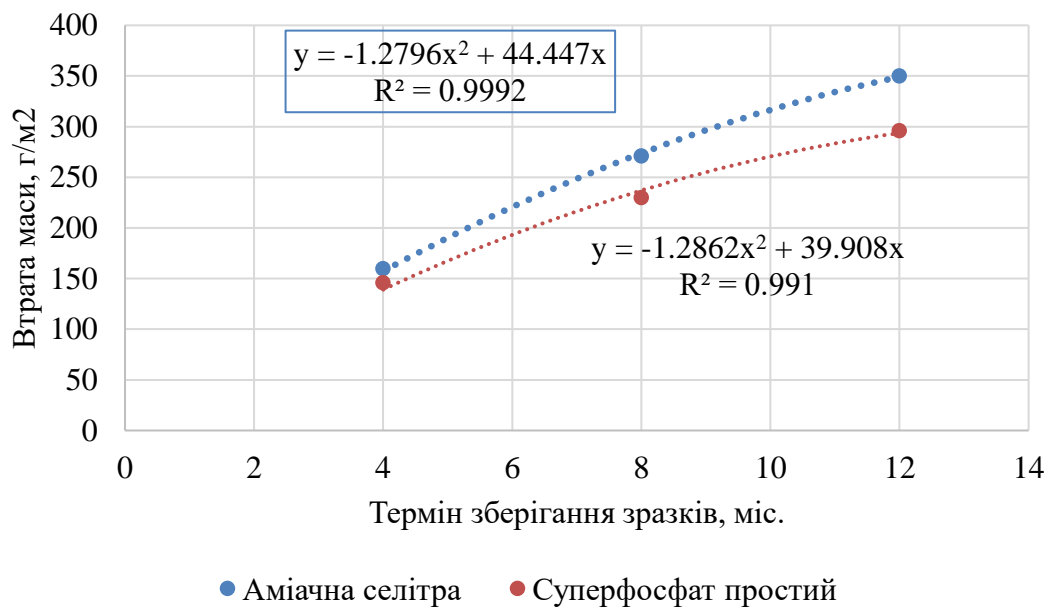


Рис. 3.1 Втрата маси зразка сталі 45 зануреного в сухі добрива протягом 12 місяців.

Як бачимо з отриманих результатів інтенсивність протікання корозійних процесів в середовищі аміачної селітри на 9...16 % вища в порівнянні з корозією в середовищі суперфосфату простого. На початку процеси корозії відбуваються більш інтенсивно, після чого швидкість протікання корозії стає більш стабільною. Пасифікація поверхні сталі складною термо-механічною обробкою та нанесення консерваційного матеріалу уповільню корозійні процеси рис. 3.2 та 3.3. Проведення термомеханічної обробки сталі сприяє зменшенню втрати сплаву з поверхні, в результаті дії корозії протягом 12 місяців на 11...13 %, а нанесення консерваційних матеріалів на 77...90 % (рис. 3.2 – 3.3).

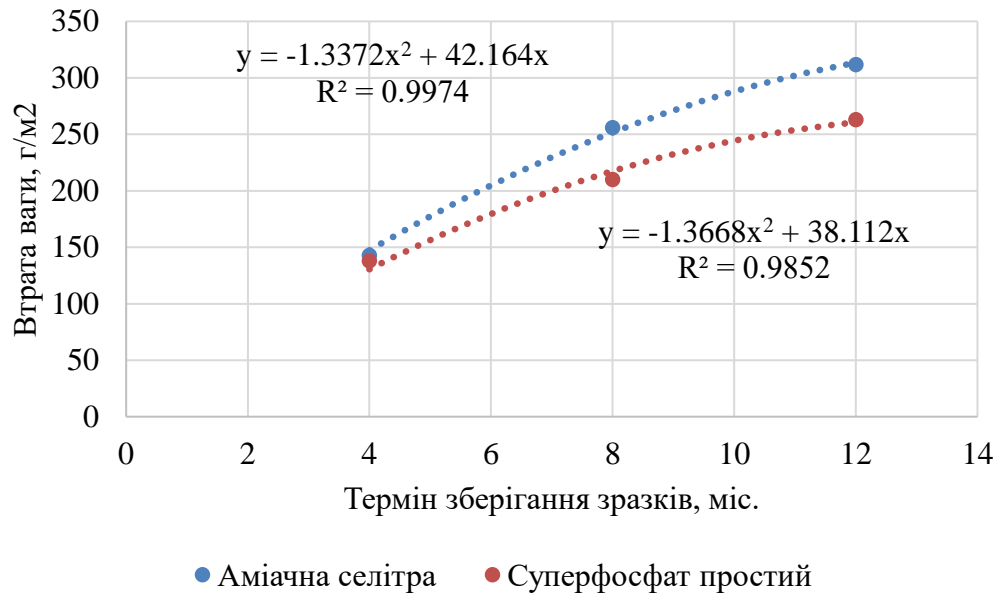


Рис. 3.2. Втрата маси зразка сталі 45 зі складною термо-механічною обробкою зануреного в сухі добрива протягом 12 місяців.

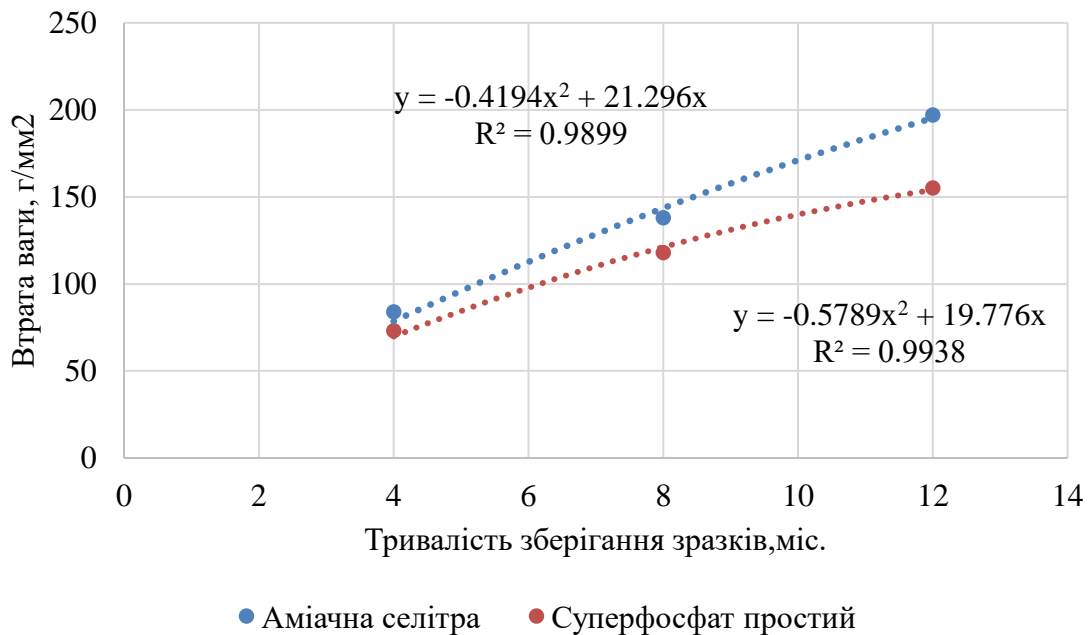


Рис. 3.3. Втрата маси зразка сталі 45 з нанесеним консерваційним матеріалом зануреного в сухі добрива протягом 12 місяців.

Поверхня прокородованих зразків в аміачній селітрі та суперфосфаті простому гладенька без наявності язв та пітингів.

В першому розділі магістерської роботи встановлено, що підвищення вологості мінеральних добрив суттєво підвищує їх корозійну активність.

Найбільшою корозійною активністю володіють розчини мінеральних добрив, саме тому були проведені дослідження по визначенню інтенсивності процесу корозії в водних розчинах аміачної селітри та суперфосфату простого (рис. 3.4. та 3.5). Як видно з графіків інтенсивність корозії суттєво зростає з підвищенням концентрації до 8...10% після чого інтенсивність суттєво зменшується.

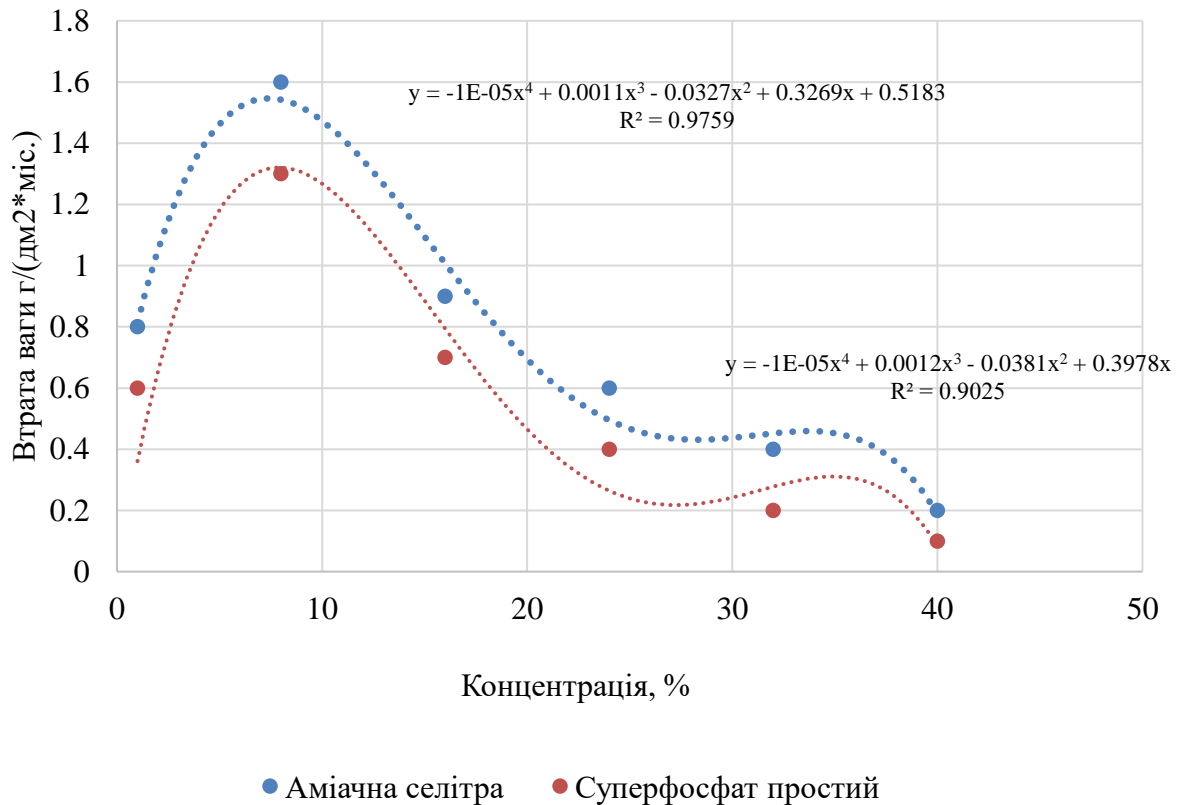


Рис. 3.4. Залежність швидкості корозії сталі 45 від концентрації розчинів мінеральних добрив.

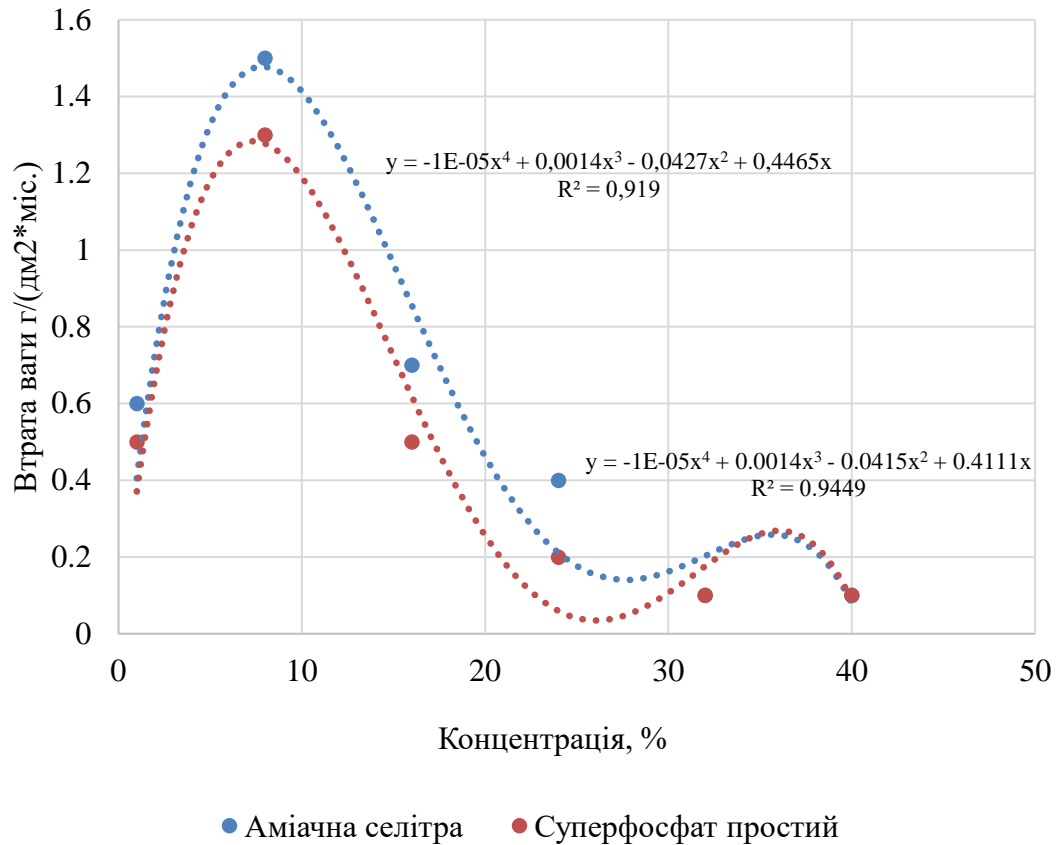


Рис. 3.5. Залежність швидкості корозії сталі 45 підданих складній термо-механічній обробці від концентрації розчинів мінеральних добрив.

Застосування складної термомеханічної обробки дозволяє суттєво підвищити стійкість втрати ваги в результаті корозійних процесів в розчинах мінеральних добрив. При застосуванні нанесених консерваційних матеріалів такого суттєвого ефекту не спостерігалось.

Зростання інтенсивності корозії в розчинах мінеральних добрив до 10% пояснюється збільшенням електропровідності в зв'язку з підвищенням концентрації солей. При збільшенні концентрації солі більше за 10% розчинність кисню зменшується та зменшується деполяризація, що призводить до зменшення швидкості корозійних процесів.

При односторонній корозії, площа яка взаємодіє з мінеральними добривами зменшується в два рази, але це не призводить до зменшення втрати ваги в два рази. Зменшення ваги складає всього 30...40%.

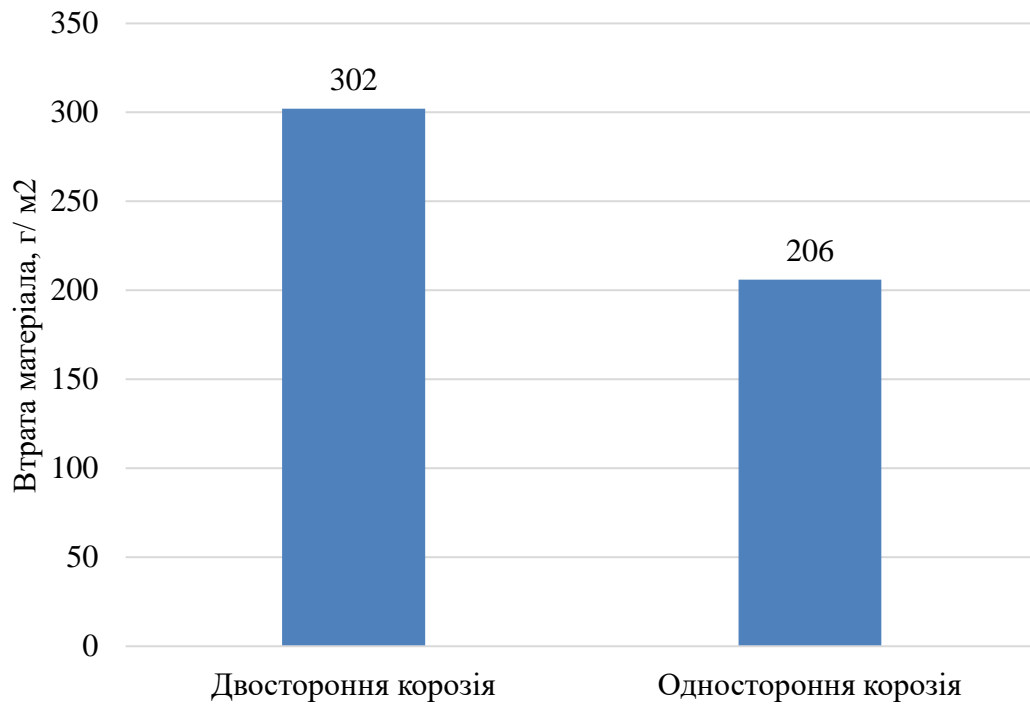


Рис. 3.6 Втрата ваги дослідних зразків при односторонній і двосторонній корозії (тривалість корозії 10 міс, матеріал – сталь 45, середовище – аміачна селітра).

Нанесення консерваційного матеріалу дозволяє суттєво підвищити стійкість до корозійних процесів на поверхнях деталей машин, які взаємодіють з мінеральними добривами (рис. 3.7).

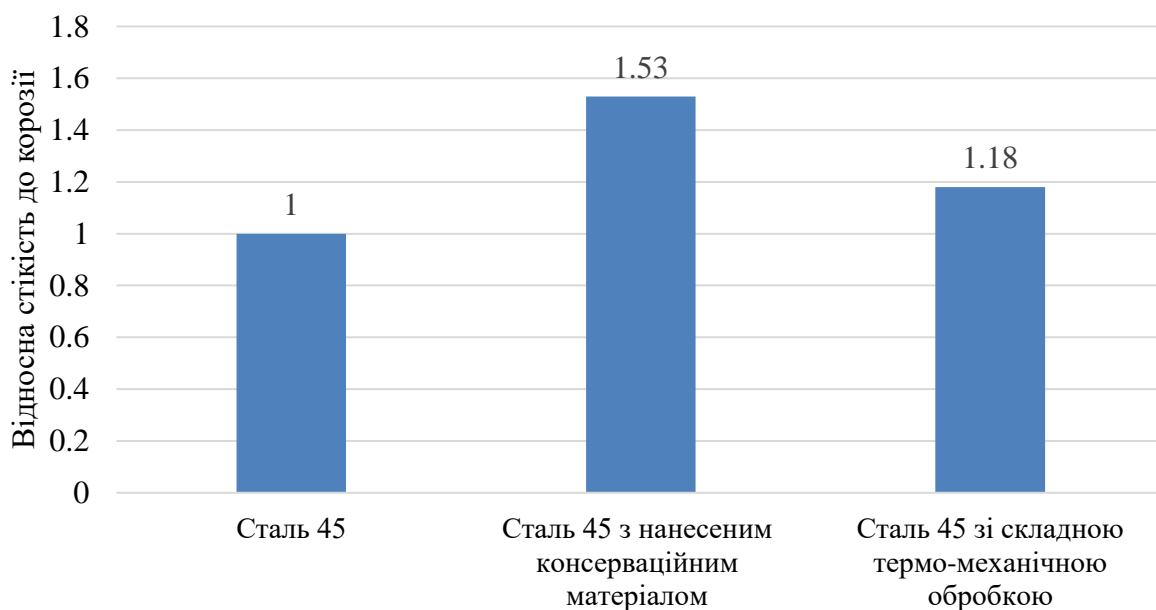


Рис. 3.7 Відносна комплексна оцінка корозійної стійкості сталі 45 з різними фізико-механічними та хімічними властивостями поверхні.

Для визначення доцільності використання високоякісних конструкційних сталей для виробництва деталей сільськогосподарських машин, які взаємодіють з мінеральними добривами були проведені відповідні дослідження за еталон прийнято сталь 45.

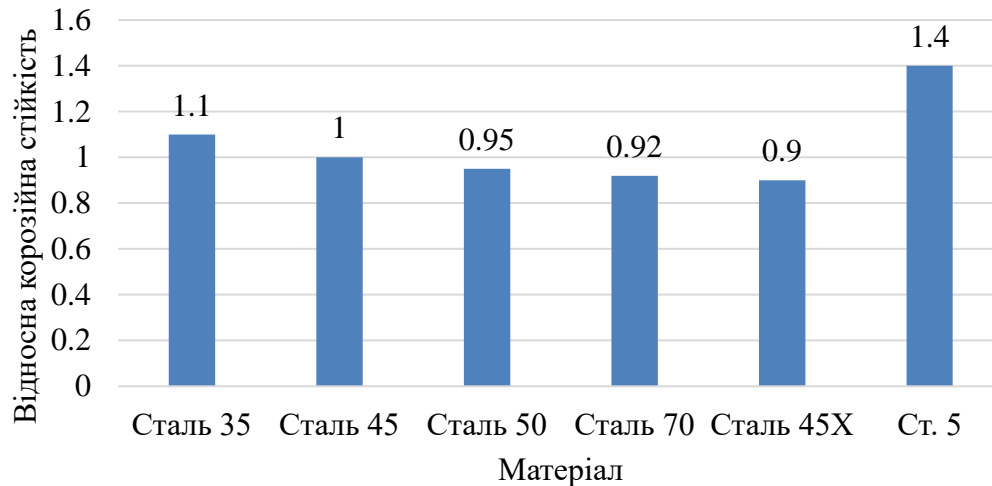


Рис. 3.8. Відносна стійкість до корозії сталей в середовищі аміачної селітри.

Результати досліджень продемонстрували, що сталі звичайної якості мають вищу стійкість до корозії в середовищі мінеральних добрив порівняно зі конструкційними якісними сталями. Дане явище можливо пояснити різним вмістом вуглецю, який є катодним включенням. В конструкційних якісних сталях також спостерігається зменшення стійкості до корозійних процесів при збільшенні вмісту вуглецю.

В роботі [4] вказано чотири випадки впливу катодних включень на інтенсивність протікання корозії. В нашому випадку зменшення стійкості до корозії в середовищі мінеральних добрив пояснюється з точки зору електрохімічної теорії корозійних процесів. У вуглецевих сталях вуглець зв'язаний в цементит, який і є катодним включенням. Зі зростанням вмісту вуглецю в сталях відбувається зростання площі катодного елемента, що призводить до зростання інтенсивності корозії.

Як видно з графіка (рис. 3.8) стійкість до корозії в середовищі мінеральних добрив сталі 45 вища за стійкість – сталі 45X. В деяких сучасних роботах стверджується, що це пов'язано з утворенням складних потрійних систем (залізо-вуглець-хром), які являються катодними включеннями. Для визначення впливу вмісту хрому в сталях на стійкість до абразивного зношування були проведені відповідні дослідження (рис. 3.9).

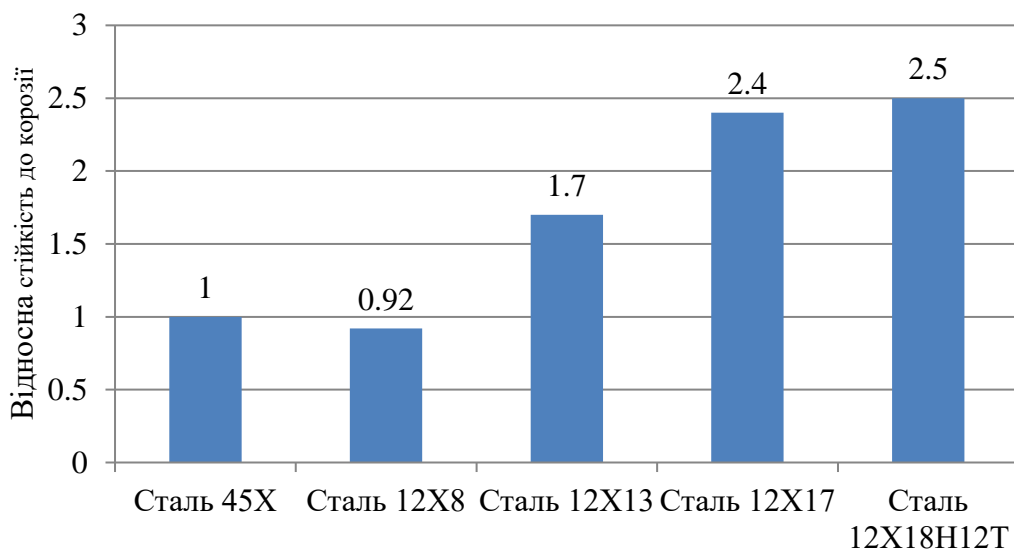


Рис. 3.8. Відносна стійкість до корозії нержавіючих сталей в середовищі аміачної селітри (еталон сталь 45X).

Суттєве підвищення стійкості до корозії в середовищі мінеральних добрив спостерігається при вмісті хрому понад 13%. Зменшення стійкості до корозії у сталі 12X8 можна пояснити високим вмістом вуглецю, що утворює катодні включення.

Підвищити стійкість до корозії деталей сільськогосподарських машин можливо шляхом нанесення поліетиленового покриття. Проведені дослідження нанесеного покриття на сталь 45 продемонстрували відсутність явних ознак корозійних процесів нанесеного покриття протягом 6 місяців взаємодії з мінеральними добривами.

Висновки по розділу 3

В третьому розділі магістерської роботи досліджено вплив мінеральних добрив на інтенсивність корозійних процесів на руйнування поверхонь деталей сільськогосподарських машин. Визначено характеристики залізвуглецевих сплавів, які визначають стійкість до корозійних процесів. Запропоновано способи, які забезпечать підвищення надійності деталей сільськогосподарських машин при взаємодії з мінеральними добривами

ВИСНОВКИ

В результаті взаємодії з мінеральними добривами поверхні деталей сільськогосподарських машин піддаються активній дії корозійних процесів. Для захисту від корозії необхідно забезпечувати належну очистку від залишків мінеральних добрив на поверхнях сільськогосподарських машин, перед постановкою їх на зберігання.

Зі зростанням вологості мінеральних добрив їх корозійна активність суттєво зростає, саме тому зберігання мінеральних добрив слід проводити в місцях з низькою вологою.

Розчини мінеральних добрив володіють активною корозійною здатністю з концентрацією мінеральних добрив до 10%. Зі зростанням концентрації мінеральних добрив понад 20 % їх корозійна здатність незначна.

Деталі машин, які в процесі експлуатації взаємодіють з мінеральними добривами слід виготовляти з матеріалів поверхня яких пасифікована складною термо-механічною обробкою. Ємності та інші матеріали, які взаємодіють з мінеральними добривами тривалий час (під час зберігання) перед контактуванням слід покривати консерваційними матеріалами.

Вміст вуглецю та його стан в залізобуглецевих сплавах є визначальною характеристикою стійкості до корозії в агресивному середовищі.

Для забезпечення підвищення надійності деталей сільськогосподарських машин, які взаємодіють з мінеральними добривами слід застосовувати покриття сталі на основі модифіковані поліетиленові покриття

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Износ и коррозия сельськохозяйственных машин / под. ред. М.М. Севернева. Минск : Беларус. навука, 2011. 333 с.
2. Стоєв П. І., Литовченко С. В., Гірка І. О., Грицина В. Т. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. 216 с.
3. Скорчеллетти В. В. Теоретические основы коррозии металлов. Ленинград : Химия, 1973. 264 с.
4. Томашов Н. Д. Теория коррозии и защиты металлов. Москва : Изд-во АН СССР, 1959. 592 с.
5. Михайлович Я., Рубець А. Проблема зберігання сільськогосподарської техніки. *Пропозиція*. 2008. № 12. С.90 –104.
6. Kelly A. Concise encyclopedia of composite materials. Pergamon Press, 1994. 349 p.
7. Гайдар С. М. Защита сельськохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий : дисс. ... д-ра техн. наук : 05.20.0305.20.03 : Москва: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. 416с.
8. Петрашев А. И. Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельськохозяйственной техники при хранении : дисс. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. Тамбов, 2007. 400 с
9. Кондращенко О. В. Корозія і захист матеріалів та конструкцій. Харків: ХНАМГ, 2005. 124 с.
10. Bentur A., Diamond S., Berke N.S. Steel corrosion in Concrete. E and FN Spon: New York, 1997. 201 p
11. Алімов В. І., Дурягіна З. А. Корозія та захист металів від корозії. Донецьк-Львів : ТОВ "Східний видавничий дім", 2012. 328 с.

12. Макаренко М. Пітинг та інші загрози міжсезоння. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 22. 246 с.
13. Улиг Г. Г. Коррозия и борьба с ней. Ленинград : Химия, 1989. 456 с.
14. Atmospheric Corrosion / Leygraf C., Wallinder I.O., Tidblad J., Graedel T. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2016. 397 p
15. Huang J. Meng X. Zheng Z. Gao Y. Optimization of the atmospheric corrosivity mapping of Guangdong Province. *Materials and corrosion-werkstoffe und korrosion*. 2019. Vol. 70, № 1. P. 91-101.
16. Huang J. Meng X. Zheng Z. Gao Y. Optimization of the atmospheric corrosivity mapping of Guangdong Province. *Materials and corrosion-werkstoffe und korrosion*. 2019. Vol. 70, № 1. P. 91-101.
17. ISO 7539. Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part1-9.
18. Andersson O. Experiment : Planning, Implementing and Interpreting Wiley, 2012. 288 p.
19. Bailey R. A. Design of Comparative Experiments. Cambridge University Press, 2008. 346 p.
20. Cornell J. A. A Primer on Experiments with Mixtures. Wiley, 2011. 372 p.
21. Блинова Е. И. Планирование и организация эксперимента. Минск : Белорусский государственный технологический университет, 2010. 130 с.