

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ
АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ ОБЛАДНАННЯ
ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМ-1-22
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Підпалій Володимир Сергійович

Керівник: _____ Толстенко Олександр Васильович

Рецензент: _____

Дніпро 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Інжинірингу технічних систем

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

К.Т.Н. ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Підпалога Володимира Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування заходів з підвищення якості антикорозійного захисту обладнання тваринницьких комплексів

керівник роботи к.т.н. доц. Толстенко О.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ 09.11.2023 року
№ 3422

2. Строк подання студентом роботи до 1.10.2023

3. Вихідні дані до роботи Існуючі види засобів очищення забруднених по-вер-хонь сільськогосподарської техніки. Існуючі методи нанесення конси-тент-них змащень. Показники стану охорони парці в базовому господарстві. Техніко-економічні показники роботи базового підприємст-ва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які пот-рібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Теоретичне об-ґрунтування ефективності корозійного захисту. 3. Методика та результати експериментальних досліджень. 4. Охорона праці та безпека життєдіяльності. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції.
Список літератури. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема (1 аркуш, А4). 2. Мета і задачі досліджень (1 аркуш, А4). 3. Види зносу (1 аркуш, А4). 4. Приклади корозійних процесів (1 аркуш, А4). 5. Види корозії у ТВК (1 аркуш, А4). 6. Способи захисту від корозії (1 аркуш, А4). 7. Зразки та методика досліджень (1 аркуш, А4). 8, 9. Результати експериментальних досліджень (2 аркуш, А4). 10. Небезпечні та шкідливі фактори (1 аркуш, А4). 11. Економічні показники (1 аркуш, А4). 12. Висновки (1 аркуш, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2,3	Толстенко О.В., к.т.н., доцент		
4	Деркач О. Д., к.т.н., доцент		
5	Вінніченко І. І., д.е.н., професор		
Нормоконтролер	Івлєв В.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пошукова частина роботи	до 01.10.2023	
2	Теоретичне обґрунтування роботи	до 25.10.2023	
3	Експериментальне підтвердження роботи	до 15.11.2023	
4	Охорона праці та безпека життєдіяльності	до 20.11.2023	
5	Економічне обґрунтування роботи	до 25.11.2023	
6	Демонстраційна частина	до 01.12.2023	

Студент

_____ Підпалій В.С. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Толстенко О.В. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Перший розділ роботи містить огляд і аналіз питання корозії та захисту від неї машин і обладнання тваринницьких комплексів і ферм. Виявлено основні фактори, що впливають на термін служби машин та обладнання тваринництва, проаналізовано наукові дослідження в галузі боротьби з корозією, способи захисту від корозії, їх недоліки та переваги.

У другому розділі проведено теоретичні дослідження корозійних процесів металів в атмосфері тваринницьких комплексів та вдосконалення протикорозійного захисту машин та обладнання тваринництва у процесі їх експлуатації за призначенням, також проведено аналіз факторів, що впливають на інтенсивність корозії, теоретично обґрунтовано вплив удосконалення протикорозійного захисту деталей на термін служби обладнання.

У третьому розділі розроблено методики, застосовані під час проведення експериментів у лабораторних та виробничих умовах. Наведено методики визначення інтенсивності корозійних процесів у досліджуваних середовищах, дослідження фізико-механічних та захисних властивостей отриманих протикорозійних складів, визначення впливу агресивних складових атмосфери тваринницьких комплексів та ферм на корозію деталей машин та обладнання, проведення електрохімічних досліджень процесів корозії та методи статистичної обробки. Проведено лабораторні та виробничі дослідження корозії чорних металів в атмосфері тваринницьких приміщень та у водних розчинах комбікормів, властивостей захисних складів та покращено їх фізико-механічні властивості.

У четвертому розділі проведено аналіз стану охорони праці на підприємстві.

У п'ятому розділі проведено техніко-економічну оцінку.

Сформульовано загальні висновки.

Ключові слова – антикорозійний захист, тваринницька ферма, обладнання тваринницьких комплексів, корозія, захист.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ.....	11
1.1. Термін служби машин і обладнання тваринницьких комплексів та ферм.....	11
1.2. Аналіз агресивних середовищ тваринницьких комплексів та дослідження процесів корозії поверхонь деталей машин та обладнання	14
1.3 Види зносу деталей машин та обладнання тваринництва	19
1.4 Способи захисту деталей машин та обладнання тваринництва від корозії на стадії експлуатації	27
1.5 Обґрунтування об'єкта та предмета досліджень	31
1.6 Висновки за розділом	33
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТИКОРРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ ТВАРИННИХ КОМПЛЕКСІВ.....	35
2.1 Зміна ресурсу машин та технологічного обладнання тваринництва у процесі експлуатації	35
2.2 Процес дифузії агресивних компонентів середовища в захисне покриття	37
2.3 Корозія в щілинах та зазорах	44
2.4 Висновки за розділом	46
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
3.1 Підготовка зразків та корозійних середовищ.....	47
3.2 Методика визначення корозійних втрат зразків у електролітах	49

3.3. Методика дослідження фізико-механічних і протикорозійних властивостей захисного покриття	51
3.5 Методика визначення впливу агресивних складових атмосфери тваринницьких комплексів та ферм на корозію деталей машин та обладнання.....	54
3.6. Дослідження корозії чорних металів у атмосфері тваринницьких приміщень.....	57
3.7. Дослідження корозії металів в водних розчинах комбікормів.....	65
3.8. Порівняльна оцінка захисних покриттів.....	69
3.9. Висновки до розділу	72
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	73
4.1. Коротка характеристика та аналіз діяльності базового господарства..	73
4.2. Аналіз стану ферми великої рогатої худоби	75
4.4. Заходи по зниженню дії небезпечних, шкідливих факторів	78
4.5. Висновок	80
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	81
5.1. Розрахунок економічного ефекту розроблених заходів.....	81
5.2. Висновки до розділу	86
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	87
ЛІТЕРАТУРА	89
ДОДАТКИ.....	93

ВСТУП

Корозія – це руйнування металів внаслідок хімічної чи електрохімічної їх взаємодії з корозійним середовищем [1]. Останнім часом під корозією розуміють складний фізико-хімічний процес: у основі лежить електрохімічне (а не хімічне, як вважали раніше) розчинення металів і сплавів [2, 3]. Вона є одним із найбільш поширених та небезпечних видів руйнування металовиробів [3, 4, 5]. Втрати від корозії у всьому світі продовжують залишатися величезними. Вона сприяє невідновлюваній втраті металу, призводить до порушення технологічного процесу виробництва продукції через непрогнозований вихід з ладу тієї чи іншої деталі машини, найчастіше через зменшення міцності та підвищеного зносу внаслідок її корозійного руйнування, а, отже, і збільшення витрат на відновлення працездатності машин загалом.

У всіх сферах народного господарства, в тому числі і в агропромисловому комплексі (АПК), машини та обладнання експлуатуються в різних агресивних середовищах, до яких можна віднести атмосферні фактори у вигляді підвищеної відносної вологості повітря, роси, перепадів температури, сонячної радіації, наявності в повітрі атмосфери пилу та інших забруднень, а також технологічних середовищ та їх залишків на деталях виробів [6]. Їхня дія знижує ресурс виробів. У більшості випадків корозійне зношування перевищує величину механічного зносу від застосування машин за функціональним призначенням [5, 6, 7].

Відомо, що щорічні прямі втрати металів через корозію в Україні становлять до 12% від загальної маси металофонду, а вартість непрямих втрат перевищує її вартість у 3-4 рази. У сільському господарстві вони становлять 10-12% від загального металофонду країни, а термін служби техніки порівняно з промисловістю та транспортом скорочується у 2,5-3 рази. Через корозійне руйнування відбувається до 33% відмов сільськогосподарських машин, на 40-55% знижується міцність вуглецевих сталей, в 2-4 рази збільшується знос сполучених деталей [7, 8].

Вирішення питання захисту металів від корозії особливо важливе в умовах тваринницьких комплексів (ТВК) та ферм [8, 9, 10]. Тут середовище найбільш агресивне: відносна вологість повітря (на рівні 65-80%, в холодну пору року доходить до 95% і вище з утворенням конденсату на поверхні металовиробів), підвищена концентрація аміаку, сірководню та вуглекислоти, перепади температури протягом доби, відсутність сонячних променів (сприяє розвитку мікроорганізмів та біологічної корозії), мала швидкість переміщення повітря, постійна наявність на поверхні кормопідготовчих та кормороздавальних машин технологічних залишків, неможливість регулярного очищення машин та обладнання від забруднень, потрапляння частинок ескрементів тварин та гноївки на поверхні виробів, наявність відкритої поверхні в автопоїлках та на підлозі [11]. У плівці вологи легко розчиняються різні забруднення з утворенням електролітів, що активізують процеси руйнування захисних та лакофарбових покриттів деталей, а також корозії металовиробів та зниження їхньої механічної міцності. У стиках та зазорах (різьбові з'єднання, місця з'єднання деталей тощо) прискорюються процеси щільної корозії.

Вищевикладене свідчить, що підвищення стійкості деталей машин та обладнання ТВК до руйнівного впливу агресивних компонентів атмосфери приміщень та технологічних залишків, а також поліпшення фізико-механічних властивостей захисних складів, що застосовуються, є актуальним завданням, вирішення якого гостро затребуване в АПК країни.

Для захисту від корозії кормопідготовчих та кормороздавальних машин та обладнання, а також водопровідної мережі у приміщеннях ТВК застосовують бітумні склади. Поліпшенню їх фізико-механічних властивостей надають великого значення. Однак, захисні плівки на їх основі при незначній товщині (0,2-1,2 мм) розтріскуються і служать не більше 0,8-1,5 року, оголюючи поверхню металу.

Вирішення завдання вдосконалення протикорозійного захисту машин та обладнання ТВК дозволяє підвищити корозійну стійкість машин та обла-

днання до впливу агресивних компонентів атмосфери приміщення та технологічних залишків, а також покращити естетичні умови праці, що сприяє економії трудових та матеріальних витрат під час ремонту машин та обладнання.

Мета дослідження – Підвищення корозійної стійкості деталей машин та технологічного обладнання ТВК.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати фактори, що сприяють корозії деталей машин та технологічного обладнання ТВК, способи їх захисту під час експлуатації.
2. Виявити найбільш корозійно-активні компоненти атмосфери та кормових залишків, що впливають на корозію деталей машин та технологічного обладнання ТВК.
3. Розробити склад для підвищення стійкості деталей машин та технологічного обладнання ТВК до впливу агресивних компонентів атмосфери приміщень та кормових решток.
4. Провести техніко-економічний аналіз результатів досліджень.

Об'єкт дослідження: процес корозії деталей машин та технологічного обладнання від впливу агресивного середовища приміщень ТВК та кормових залишків.

Предмет дослідження. Корозійна стійкість поверхонь деталей машин та технологічного обладнання ТВК, інгібіторні властивості бітумно-бензинових композицій та добавок до них.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

1.1. Термін служби машин і обладнання тваринницьких комплексів та ферм

Машини та обладнання для механізації трудомістких процесів у тваринництві мають найменший термін служби серед різних машин та технологічного обладнання агропромислового комплексу (АПК).

Необхідно відзначити, що майже всі машини та технологічне обладнання вже на стадії проектування через ті чи інші причини не розраховані до довгострокової експлуатації в агресивному середовищі тваринницьких приміщень. Результати аналізів терміну служби машин та устаткування тваринництва опубліковано у роботах [10, 12], де зазначено незначні терміни їхньої служби та причини виникнення корозійних процесів, наведено приклади раціонального проектування.

Корозія конструкційних матеріалів призводить до скорочення терміну амортизації виробів: якщо до 1980 року норма амортизації на всі машини становила 14,4%, тобто, плановий термін служби дорівнював 7 років, а тваринницьке обладнання служило 3–5 років, то з 1980 року переглянуто і затверджено нові нормативи амортизації по роздавачам кормів на рівні 20% [13], а по гноєприбиральним транспортерам навіть на 25% [14].

Багато нарікань у механізаторів, які обслуговують обладнання тваринництва, викликає надійність водопровідної мережі, кормороздавачів, гноєприбиральних транспортерів, контрольно-пускового електроустаткування машин, тягово-привідні пристрої тощо. Наскрізне корозійне ураження захисних кожухів вентиляторів у приміщеннях свинарників є причиною повного виходу з експлуатації вже через 2-3 роки їх експлуатації. У [15] наведено дані щодо впливу терміну використання кормороздавачів у свинарниках на відносне подовження та зношування втулково-роликів ланцюгів (рисунки 1.1 та 1.2).

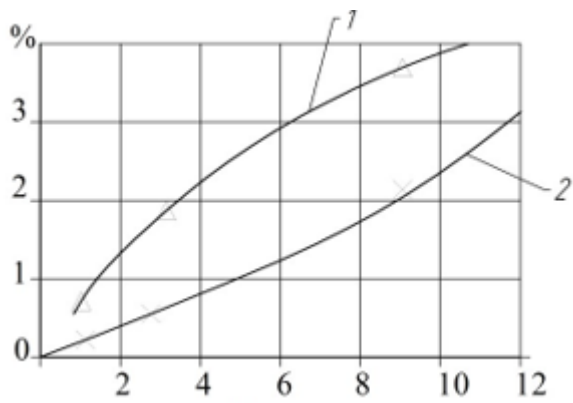


Рисунок 1.1 – Відносне подовження втулково-роликів ланцюгів у процесі використання на роздачі вологих (1) та сухих (2) комбікормів

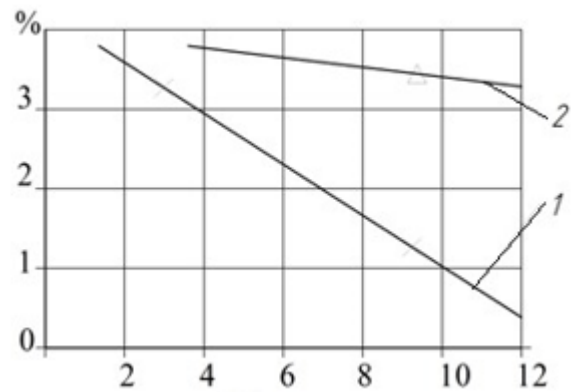


Рисунок 1.2 – Зменшення поперечного перерізу пластин втулково-роликів ланцюгів у процесі використання на роздачі вологих (1) та сухих (2) комбікормів

Дані рисунків 1.1 і 1.2 показують, що на інтенсивність зношування ланцюгів впливає стан технологічного середовища, що переміщається.

Скребкові транспортери для збирання гною також мають малий термін служби. Вони зібрані із пластин листової сталі Ст45, з'єднані між собою пальцями круглого перерізу зі сталі 65Г. Якщо шийки пальців зношуються менш інтенсивно, то вуха пластин (їх дві на кожній пластині) схильні до підвищеного зносу внаслідок постійного впливу водних стоків, сечі та ферментів тварин, тобто. схильні як до механічного, так і корозійного зносу. При нерегулярному видаленні гною, внаслідок накопичення його в канаві, ланцюг схильний до підвищених силових навантажень, що також сприяє інтенсивному механічному зносу та частим відмовам.

Слід зазначити і той факт, що заводи-виробники випускають машини низької якості, а їхня вартість дуже висока. Так, ціна нескладного по конструкції електрифікованого змішувача кормів, що реалізується, оцінюється вартістю нового автомобіля середньої вантажопідйомності. Практика показує, що вартість машини позначається на ефективності її експлуатації, так як її ціна накладається на собівартість продукції у вигляді нарахувань на їх використання та амортизаційні витрати, технічне обслуговування (ТО) та поточний ремонт (ПР).

Дослідження ряду кормопідготовчих та кормороздавальних машин свинарників, корівників та пташників з виробництва яєць (клітинний вміст курей-несучок) у низці сільськогосподарських підприємств (СПП) підтвердили вищевикладене. При цьому встановлено, що саме руйнування лакофарбового та захисного покриттів та підвищене зношування внаслідок корозії визначає низький експлуатаційний термін машин та технологічного обладнання ТВК та ферм. Через постійне використання машин протягом року відновлення покриттів ускладнено.

Прямий збиток від корозії деталей машин обчислюється не лише малим терміном служби виробів, втратою матеріалу, але й іншими факторами, які можна класифікувати на конструктивні, проектні та експлуатаційні. Вихід з ладу відповідальної деталі кормороздавача веде до порушення технологічного процесу годування тварин, а це відразу позначається на продуктивності тварин або зменшенні середньодобового приросту ваги на відгодівлі. Порушення технології годування дійних корів на 1-2 години на добу веде до зниження їхньої щоденної продуктивності на 3-5%, яка відновлюється лише через 5-6 діб.

Дослідження деталей машин та технологічного обладнання щодо встановлення частки корозійного зносу в їх загальному зносі проводилися недостатньо [15].

До 30-х років минулого століття у нашій країні значних наукових досліджень у галузі захисту від корозії машин та обладнання тваринництва не було. Такі дослідження з корозії в атмосфері тваринницьких приміщень почалися лише у 60-х роках 20 століття.

У пресі почали з'являтися наукові роботи щодо вимог до зберігання машин та технологічного обладнання ТВК та ферм, на базі яких були розроблені окремі положення щодо забезпечення безпеки машин тваринництва. Вони увійшли до ДСТУ Техніка, що використовується в сільському господарстві. Правила зберігання, згодом у відредаговану версію.

1.2. Аналіз агресивних середовищ тваринницьких комплексів та дослідження процесів корозії поверхонь деталей машин та обладнання

При аналізі корозійних процесів, що відбуваються на поверхнях деталей машин у процесі експлуатації, необхідно насамперед провести класифікацію факторів, що впливають на зміну фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів [16, 17].

Дослідження стану машин та середовищ, що діють на поверхні деталей у процесі експлуатації машин та обладнання, дозволило подати фактори корозійного середовища приміщень у вигляді спеціальної схеми (рисунок 1.3).

З цих факторів у нашій роботі розглянуто атмосферу повітря, артезіанську воду та технологічне середовище.

Наведені на рисунку 1.3 середовища можуть впливати на конструкційні матеріали окремо, і у різних поєднаннях.

Так у роботі [18] наведено результати дослідження окремого та парного впливу факторів на знос деталей клітинної батареї КБУ-3 пташника курей-несучок. Показано, що на процес корозії впливають переважно екскременти курей-несучок. Тирса хвойних порід деревини, що використовуються як підстилковий матеріал, проявляють частково інгібуючу дію, вони окремо не впливають на процес корозії, а при спільній дії з екскрементами птахів проявляють гальмівну дію на процес корозії сталі Ст3.

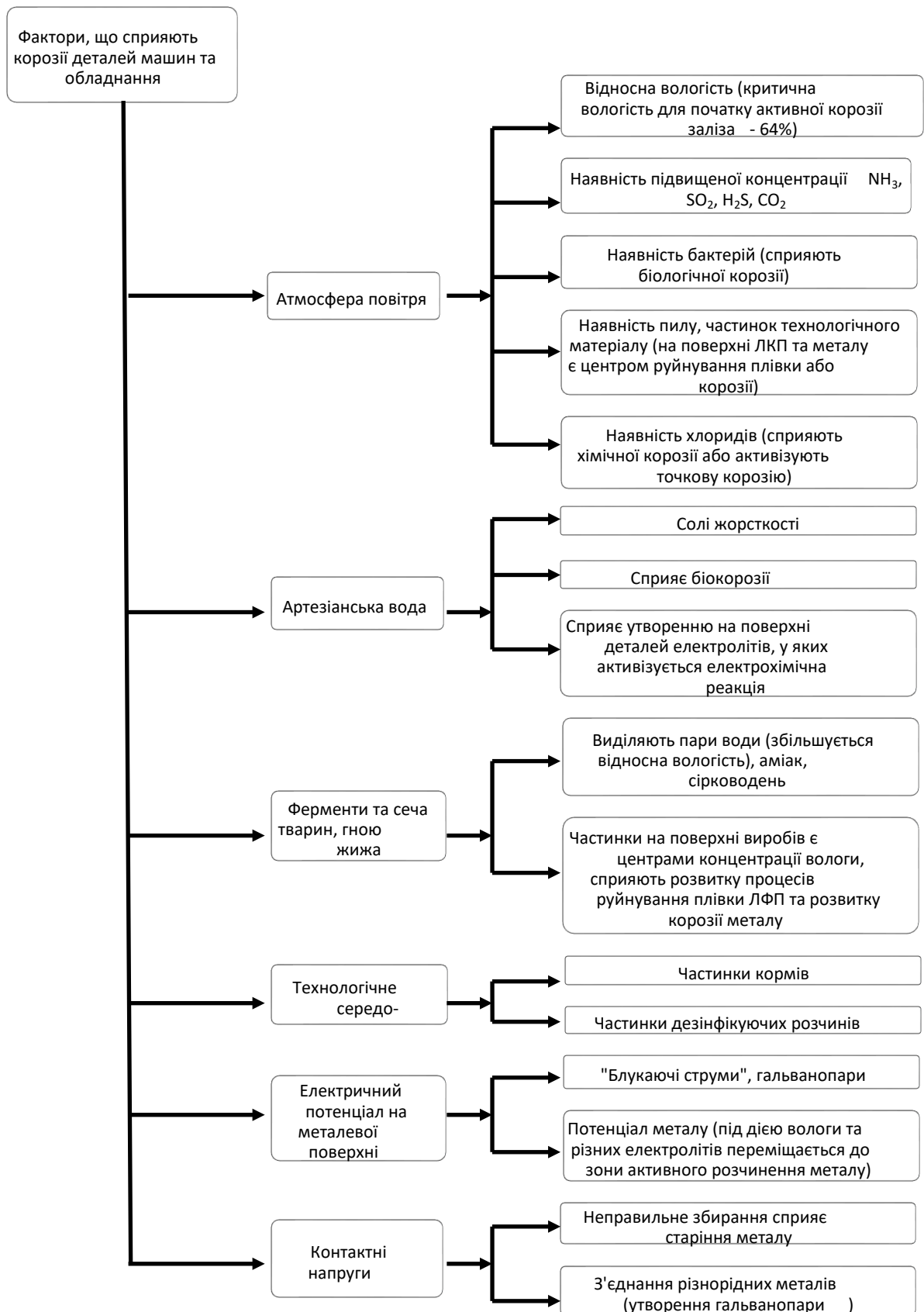


Рисунок 1.3 – Класифікація основних факторів, що сприяють корозії металів в умовах експлуатації машин та технологічного обладнання ТБК

Наведений приклад доводить, що для розкриття механізму корозії конструкційного матеріалу в тому чи іншому середовищі необхідно враховувати основні фактори, що діють на матеріал, а також вид матеріалу. Це добре видно з роботи [12], в якій наведено результати вивчення впливу аміаку, сірководню, вуглекислоти та сірчистого ангідриду на корозію сталі Ст3 та міді М1 постановкою багатофакторного експерименту плану $N = 2^4$. Доведено, що аміак, як окремо, так і в поєднанні з іншими газами по відношенню до чорних металів нейтральний, а по відношенню до міді – виявляє високу корозійну, а можливо, і хімічну активність, тому перед плануванням будь-яких експериментів необхідно встановити всі незалежні змінні (фактори, що діють) і вибрати основні фактори та значення їх рівнів.

Атмосфера тваринницьких приміщень характеризується підвищеним вмістом вологи, значною концентрацією агресивних газів та відносно низькою циркуляцією повітря, невеликими коливаннями температури протягом доби (таблиця 1.1).

На вологість повітря впливає в основному випаровування вологи зі змочених поверхонь підлоги, огорож, машин та з відкритої водної поверхні автонапувалок, підлог при прибиранні ділянок утримання тварин та гноївки. Інтенсивність випаровування води залежить від температури та відносної вологості повітря (рисунок 1.4 та 1.5). Аналізуючи графіки на рисунках 1.4 та 1.5, можна зробити висновок, що підвищення температури та зменшення відносної вологості повітря сприяє інтенсивності випаровування волога.

Таблиця 1.1 – Норми температури та відносної вологості повітря свинарників [75]

Найменування приміщення	Температура, °C		Відносна вологість, %
	взимку	влітку	
Свинарник-маточник	18	24	30-75
Для поросят-підсосок	24	24	30-75
Для відлучених поросят	22	22-24	30-75
Свинарник-відгодівельник	18	22-25	30-75
Корівник	14-16	16-20	50-75

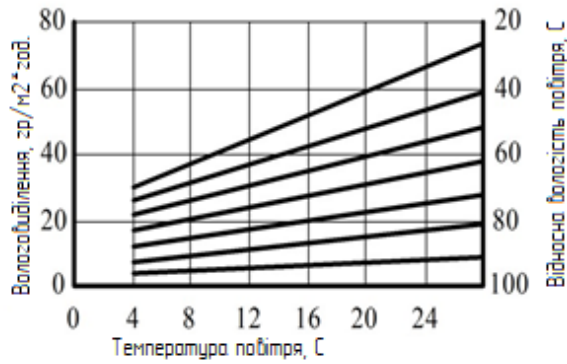


Рисунок 1.4 – Питоме вологовиділення зі змочених поверхонь підлоги

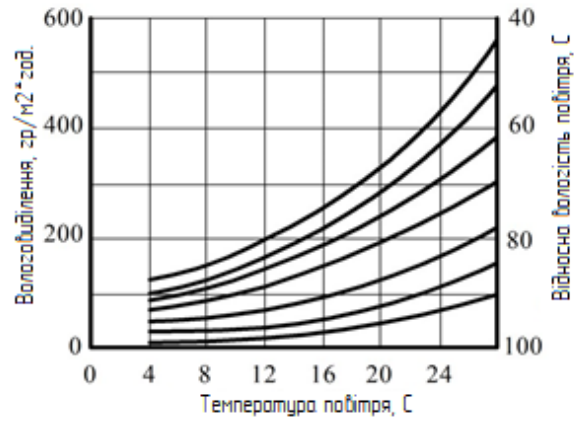


Рисунок 1.5 – Питоме вологовиділення з відкритої водної поверхні

У роботі [16] визначено концентрацію шкідливих компонентів атмосфери повітря свинарника по порах року, які представлені у таблиці 1.2. Проби відбиралися щодавно через 10 днів кожного місяця протягом року відповідно до методики.

Таблиця 1.2 - Зміст шкідливих складових в атмосфері свинарника залежно від пори року

Сезон року	Середня концентрація, мг/м ³			
	NH ₄	H ₂ S	CO ₂ , %	SO ₂
Зима	31-41	6-9	0,33-0,37	5-9
Весна	24-32	5-8	0,26-0,28	0-3
Літо	16-26	1-5	0,13-0,16	0-2
Осінь	22-32	6-10	0,25-0,29	2-5

У роботі [19] наведено значення гранично-допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих газів, крім сірчистого ангідриду, в атмосфері повітря приміщень тваринницьких підприємств (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 - ГДК шкідливих газів в атмосфері тваринницьких приміщень

Найменування газів	%	л/м ³	мг/м ³
Вуглекислий газ	0,25	2,5	4940
Аміак	-	0,026	20
Сірководень	-	0,0064	10

Порівняння таблиць 1.2 та 1.3 дозволяє зробити висновок, що протягом усього року фактичний вміст шкідливих газів набагато перевищує ГДК. Сірководень вступає в реакцію з киснем повітря, утворюючи сірчисту кислоту, яка має низьку життєздатність при світлі, і відразу ж розкладається на воду та сірку:



Цим і пояснюється його утримання у тваринницьких приміщеннях у межах ГДК. Утворенню сірководню у приміщеннях тваринницьких підприємств сприяє гниття (розкладання) частинок кормів. Сірка видаляється з приміщень у складі гною та гноївки.

У зв'язку з переходом тваринництва на промислову основу, тварин цілий рік почали утримувати у закритих приміщеннях. Тому вимоги до підтримки нормативних значень мікроклімату у них різко зростають. У [19] рекомендовані такі температурні умови утримання тварин, °С:

– для свинарників	14...18
– у приміщеннях для утримання репродуктивних свиней	18...20
– для корівників	14...16

У всіх випадках відносна вологість повітря має бути в межах 70-75%. Ця величина вища за критичну точку (64%) початку активації корозії заліза. Проте, практично неможливо постійно підтримувати оптимальний стан мікроклімату.

Слід зазначити, що шкідливі гази у приміщенні, переважно, виділяються з екскрементів і сечі тварин.

У сечі сільськогосподарських тварин міститься близько 96% води та 4% сухої речовини. До складу сухого залишку входять різноманітні сполуки як органічного, так і неорганічного походження. Серед органічних речовин чі-

льне місце займають азотисті сполуки (сечовина, сечова кислота), та аміак-пуринові основи тощо (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Середня складова частина сечі сільськогосподарських тварин

Найменування	Склад, %
Вода	93-96
Сечовина	2
Сечова кислота	0,005
Натрій	0,35
Калій	0,15
Магній	0,04
Кальцій	0,006
Хлор	0,6
PO43-	0,27
SO42-	0,18

Кислотно-лужний баланс сечі корів знаходиться в межах рН $\approx 8,7$, свиней \approx рН 9.

Основними корозійно-активними компонентами сечі тварин та атмосфери приміщень по відношенню до сталі є сульфати та хлор-іони. Сульфати, хлор-іони, аміак корозійно-активні по відношенню до міді та її сплавів, а до алюмінію корозійну активність вони не виявляють. Тому одним із способів захисту від корозії металоконструкцій в атмосфері тваринницьких приміщень має бути створення енергозберігаючої системи оптимального мікроклімату, удосконалення технології приготування та роздачі вологих мішанок [12] з метою зниження можливості скупчення технологічних залишків, які при їх гнитті виділяють сірководень.

1.3 Види зносу деталей машин та обладнання тваринництва

Класифікація видів зношування, як структурного прояву зношування машин та устаткування ТВК і ферм, наведено рисунку 1.6.

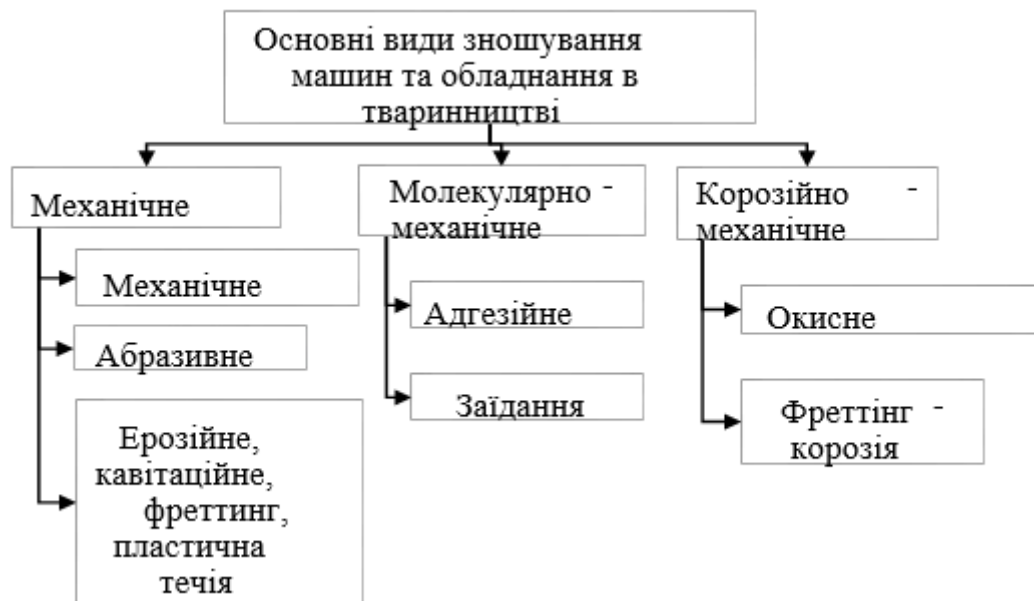


Рисунок 1.6 – Класифікація видів зношування машин

Корозійно-механічне зношування на відміну від молекулярно-механічного та механічного зношування є наслідком дії безлічі випадкових факторів, тому майже не піддається регулюванню та прогнозуванню і переважає над іншими видами зношування.

Процеси корозії класифікуються за чотирма класифікаційними ознаками (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 – Класифікація корозійних процесів

№ з/п	Класифікаційна ознака	Корозія
1	Механізм взаємодії матеріалу з середовищем	Хімічна, електрохімічна
2	Характер корозійного середовища	Газова, атмосферна, рідинна, підземна (грунтова), біологічна
3	Умови проходження корозійного процесу	Структурна, контактна, щілинна, корозія під напругою, фретінг-корозія, корозійна кавітація тощо
4	Вид корозійного руйнування поверхні деталі	Суцільна, місцева (локальна) тощо

Аналіз таблиці 1.5 дозволяє визначити найхарактерніші для конкретного устаткування ТВК корозійні процеси, приклади яких наведено на рисунках 1.7 – 1.14



Рисунок 1.7 – Заповнення гноєзбирального каналу в корівнику



Рисунок 1.8 – Характер корозійного зношування деталей скребкового гноєзбирального транспортера у свинарнику

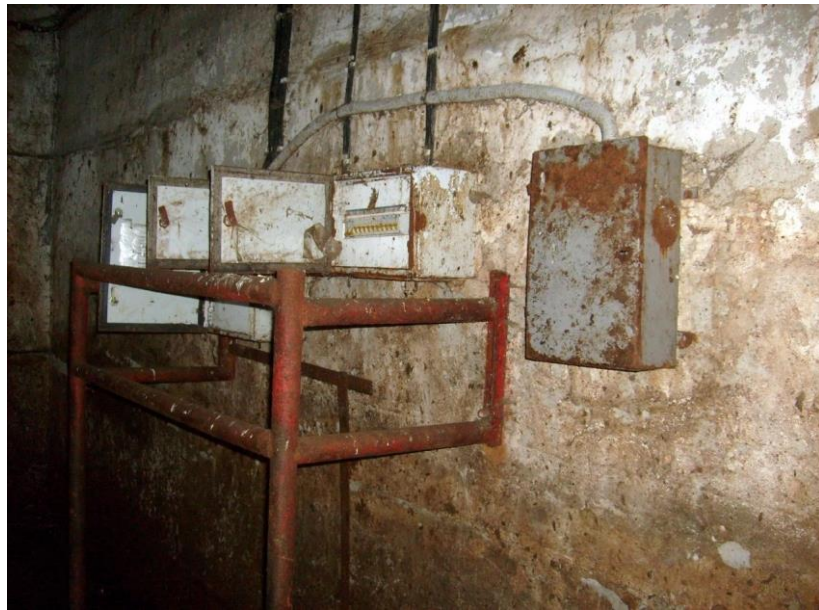


Рисунок 1.9 – Загальний вид корозійного ураження поверхонь контрольно-пускового електроустаткування корівника



Рисунок 1.10 – Корозія приводного валу роздавача кормів



Рисунок 1.11 – Корозія деталей огорож свинарника



Рисунок 1.12 – Корозійне ураження різьбової сполуки

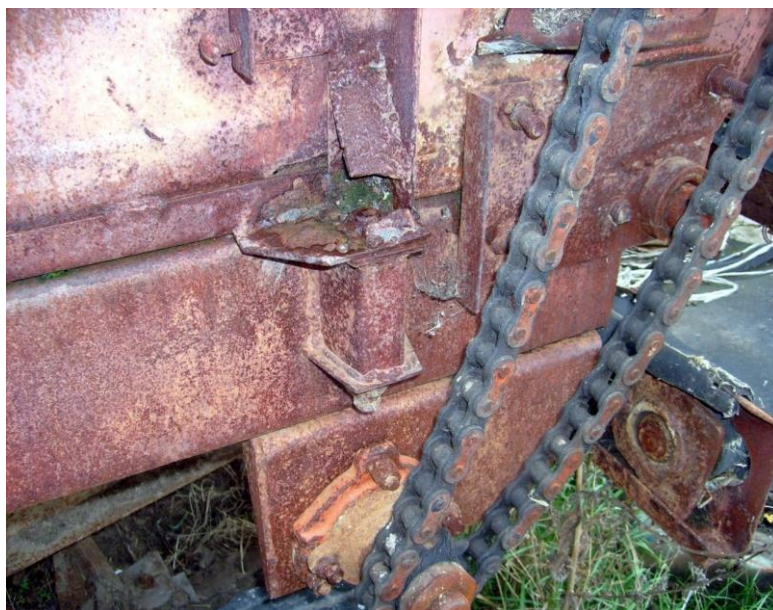


Рисунок 1.13 – Корозійне ураження деталей втулково-роликкових ланцюгів приводу кормороздавача



Рисунок 1.14 – Корозія труб, які застосовуються для закріплення прив'язків тварин у корівнику дійного стада

Хімічна корозія протікає в сухих газах і тих середовищах, які не проводять електричний струм (корозія гільзо-поршневої групи, деталей випускного тракту двигуна внутрішнього згоряння при взаємодії поверхонь деталей з газами, що відпрацювали і т.д.

Електрохімічна корозія протікає за наявності на поверхні виробів навіть тонкої плівки електропровідної вологи. До цього виду належить найпоширеніша атмосферна корозія матеріалів.

Електрохімічної корозії схильні практично всі ділянки та поверхні деталей машин. Цьому сприяє підвищена вологість та забрудненість атмосфери приміщень ТВК та ферм різними корозійно-агресивними по відношенню до конструкційних матеріалів газами.

Вищевикладене дозволяє сформулювати основні шляхи вирішення проблеми збільшення терміну служби машин та устаткування (таблиця 1.6). Аналогічні результати отримані й у.

Таблиця 1.6 - Основні шляхи вирішення проблеми безпеки машин та обладнання

Сільське господарство	Промисловість	Будівництво
Навчання фахівців способам захисту від корозії машин та обладнання	Пристосування машин до умов експлуатації в агресивному середовищі.	Типові проекти, що забезпечують сталість оптимального складу мікроклімату
Впровадження протикорозійної служби у господарствах. Створення матеріально-технічної бази ТО, ремонту та боротьби з корозією	Додаток до машин, що випускаються, по ТО з виділенням обов'язкових заходів щодо протикорозійного захисту.	Наявність у кожному приміщенні ділянки по ремонту та ТО машин
Своєчасне проведення заходів щодо захисту від корозії металовиробів	Відповідність комплектуючих виробів і матеріалів, що поставляються, умовам експлуатації	Застосування надійних покриттів металовиробів, будівельних конструкцій та ін.
Комплекс організаційно-технічних заходів. Матеріальне та моральне стимулювання за збереження техніки	Випуск машин та обладнання з вузлами та деталями, термін служби яких кратний терміну напрацювання на ТР машин	

Класифікація видів корозії, що найчастіше зустрічаються при експлуатації машин та технологічного обладнання ТВК та ферм, представлена на рисунку 1.15.

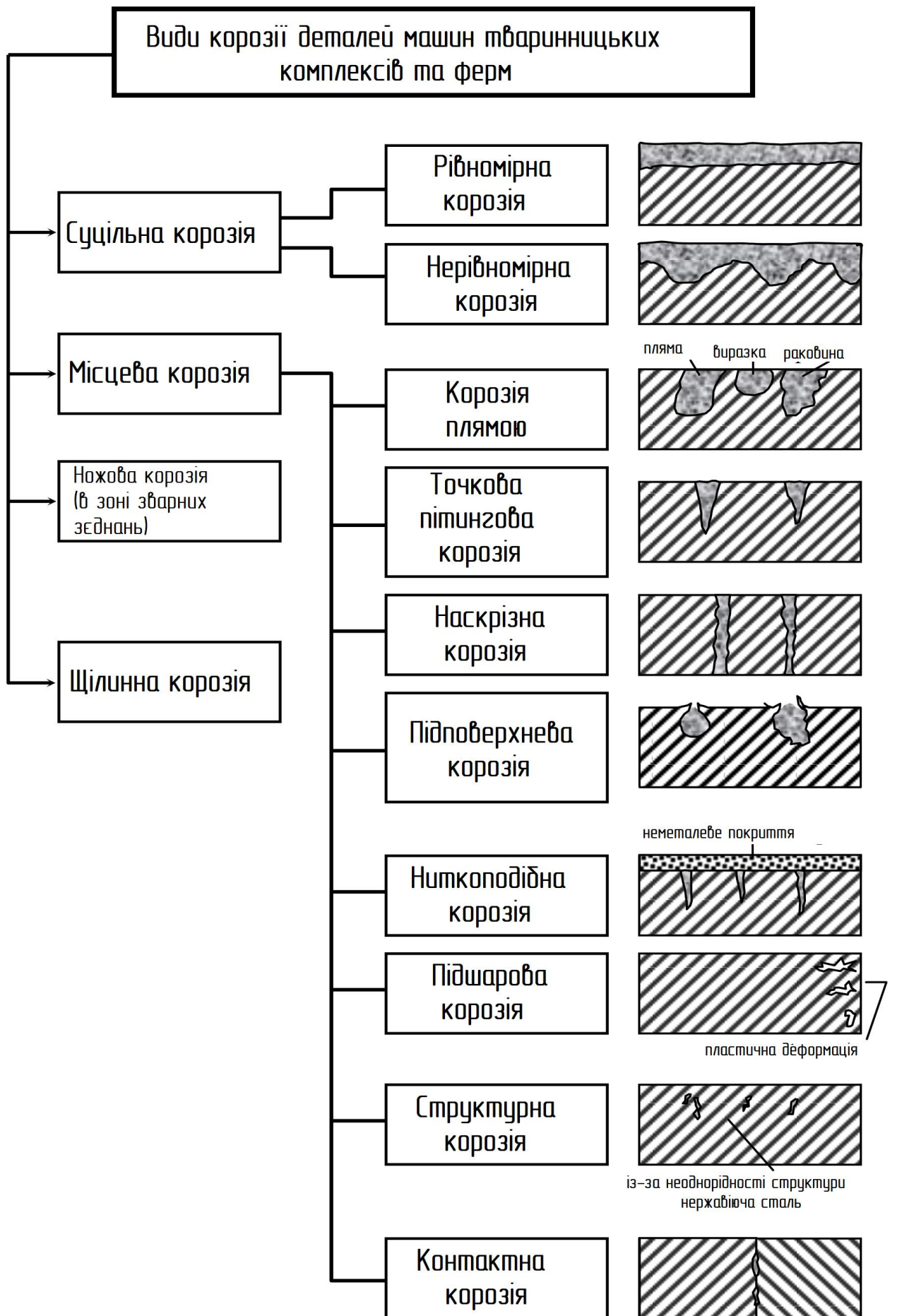


Рисунок 1.15 – Класифікація видів корозії деталей машин ТВК та ферм

1.4 Способи захисту деталей машин та обладнання тваринництва від корозії на стадії експлуатації

Загальний захист машин від корозії здійснюється на всіх стадіях:

- на стадії їх проектування та виготовлення;
- на стадії експлуатації;
- період зберігання, коли тварини перебувають у літніх таборах або на вигульних майданчиках (короткий період теплої пори року).

В даний час найбільш застосованим і перспективним, дешевим та надійним методом протикорозійного захисту машин та технологічного обладнання ТВК на стадії експлуатації є метод нанесення лакофарбових покриттів (ЛФП). ЛФП повинні відповідати вимогам щодо стійкості до коливань температури, вологості навколишнього середовища, впливу сонячної радіації, атмосферних опадів, корозійно-агресивних механічних та хімічних забруднень навколишнього середовища та ін [12].

Найважливішою характеристикою ЛФП їх суцільність, тобто, відсутність у структурі плівки пор, що надійніше ізолює метал від навколишнього середовища, перешкоджаючи проникненню до поверхні металу різних корозійно-активних реагентів.

Проте, повністю запобігти проникненню електроліту до металу через плівку ЛФП неможливо. Проникнення електроліту відбувається за дифузійним механізмом.

Захисні властивості ЛФП багато в чому залежать від складів лакофарбових матеріалів (ЛФМ) та системи їх покриттів, що передбачають використання різних ґрунтовок, які забезпечують емалям високу адгезію до металу, міцність та еластичність при згинанні. Практика показує, що найбільш застосовуваними нині на підприємствах АПК є ґрунтовки ГФ-0119, ГФ-020, ГФ-021, ГФ-031, ПФ-0142, ПФ-020 [20].

Досить широкого застосування останнім часом набули поліуретанові (ПУ) ЛФМ. У 2001 році світове їх виробництво склало близько 700 т. В Укра-

їні із загального обсягу, вироблених ЛФМ на їхню частку припадає лише 5% через імпортування основної сировини. Плівки з них мають високі фізико-механічні та антикорозійні властивості. Існує досвід їх застосування навіть на об'єктах нафтогазової промисловості [5].

У структурі ЛФП товщина шару ґрунтовки не перевищує 50% від товщини ЛФП, проте в основному (80%) захисна дія ЛФП забезпечується шаром ґрунту.

Дослідження показують, що збільшення адгезії підвищує протикорозійні властивості ЛФП. Особлива роль у збільшенні адгезії відводиться фосфатуванню підкладки. Роль фосфатування поверхні металовиробів на фізико-механічні властивості ЛФП велика. Фосфатуючі розчини для спільної обробки сталі, оцинкованої сталі та алюмінію дозволяють отримати адгезійні кристалічні фосфатні шари масою 2,5-2,8 г/м², придатні для подальшого фарбування при відповідних режимах. Фосфатна плівка, що представляє собою різні фосфатні з'єднання з металом, стійка в сухій атмосфері, мастилах, бензині, гасі. У зв'язку з цим останнім часом у нашій країні стали приділяти велику увагу методам та засобам фосфатування поверхонь металовиробів у машинобудуванні.

Корозію виробів при руйнуванні ЛФП показано на рисунках 1.16 та 1.17.



Рисунок 1.16 – Руйнування ЛФП та корозія на поверхні вентиляційної шахти



Рисунок 1.17 – Руйнування ЛФП та корозія на дверцятах електророзподільного щита

З практичної точки зору краще застосування ґрунтів, наповнених різними пігментами, що чинять на метал таку саму дію, як і фосфати. В останні роки для захисту машин та обладнання ТВК та ферм широко застосовуються інгібітори корозії, які можуть утворити на поверхні металу захисну плівку (плівкоутворюючі), або усунути електродний потенціал металу у бік пасивації. Вони можуть застосовуватися самостійно та у складі захисних покриттів, у т. ч. у складі ЛФМ.

У загальному вигляді способи захисту машин та технологічного обладнання під час експлуатації можна виразити схемою, представленою на рисунку 1.18.

При експлуатації машин на поверхні деталей утворюються різні забруднення, руйнуються ЛФП, оголюючи підкладку. Але в умовах ТВК та ферм важко організувати очищення виробів та їх ремонтне фарбування.

Наявність забруднень на поверхні виробу викликає корозію металу. Це пояснюється тим, що частки бруду утримують вологу (електроліт), яка сприяє

процесам руйнування захисного покриття й початку корозії металу, тобто, частинки бруду є центрами корозії. При ремонтному фарбуванні бажано покращити фізико-хімічні та протикорозійні властивості матеріалів.



Рисунок 1.18 – Класифікація способів захисту машин та обладнання під час експлуатації

Машини та обладнання при вигульному утриманні великої рогатої худоби (табірне утримання під час літнього сезону) не експлуатуються. Тому саме в цей період потрібно наносити різноманітні консерваційні матеріали. Як консерваційні матеріали застосовують маслорозчинні інгібовані склади НГ-203, НГ-204, бітумнобензинові склади та інші. Вони, маючи хорошу проникаючу і водовідштовхуючу здатність, досить ефективно захищають від руйнування як ЛФП, так і від корозії метали.

На базі бітумів розроблені протикорозійні та протишумові мастики БПМЗ Бар'єр та інші. Підвищення властивостей можна досягти введенням у них поліефіуретандиметакрилатного олігомеру Д-10ТМ.

Можна відзначити й низку інших методів та способів захисту деталей машин від корозії:

- електрохімічні методи;

- конструктивні;
- застосування раціонального способу розміщення машин і обладнання;
- пристрої вентиляційних систем, що забезпечують оптимальні кліматичні умови та ін.

Використання електрохімічних методів захисту кормопідготовчих машин в умовах ТВК та ферм практично не знаходить застосування через неоднорідність конструкційних матеріалів різних деталей.

Конструктивні засоби захисту відносяться до діяльності конструкторських бюро і передбачають таке:

- застосовувати по можливості такі метали, які за своїми електродними потенціалами знаходяться в близькій області, щоб уникнути утворення гальванопар;
- уникати такі вузли та ділянки, де можуть створюватися застійні зони для технологічного матеріалу;
- конструкція машини повинна бути такою, щоб при її очищенні та миття в ємностях та вузлах не залишалися частинки рідин;
- уникати по можливості утворення у з'єднаннях деталей щілин та зазорів, де може накопичуватися волога, технологічне середовище тощо;
- різьбові з'єднання повинні бути ущільнені, частина болта, що виступає з гайки, не перевищувати 2-3 витка різьблення.

1.5 Обґрунтування об'єкта та предмета досліджень

З аналітичного огляду апріорної інформації та практики видно, що машини та обладнання ТВК та ферм експлуатуються протягом 2-4 годин на добу, а в інший час доби перебувають у неробочому стані, незалежно від того, що технологічний процес утримання тварин є безперервним, а приготування та роздача кормів – процес циклічний. Поверхні деталей машин та обладнання схильні до цілодобового впливу агресивних факторів атмосфери примі-

щення та технологічних середовищ при приготуванні та роздачі кормів та їх залишків.

Всі фактори, що діють на поверхні машин та обладнання у першому наближенні, можна згрупувати на дві групи:

- *технологічне середовище* (корми, вологі кормові мішанки та їх складові);
- *атмосферні фактори* (підвищена вологість повітря, наявність у повітрі аміаку, сірководню, вуглекислого газу, сірчистого ангідриду тощо).

Об'єктом дослідження є процес корозії деталей машин та технологічного обладнання від впливу агресивного середовища приміщень ТВК та кормових залишків, предметом дослідження – корозійна стійкість поверхонь деталей машин та технологічного обладнання ТВК, інгібіторні властивості бітумно-бензинових композицій та добавок до них.

Як матеріал виготовлення машин та обладнання вивчалися:

- *низьковуглецева сталь Ст 3* (основний конструкційний матеріал для деталей технологічного обладнання ТВК займає 95-99% від загальної маси виробів);
- *високовуглецеві сталі*: Сталь 45 та Сталь 65Г, застосовуються для виготовлення втулково-роликів ланцюгів, схильних до силових навантажень, і від яких залежить надійність роботи машин і обладнання ТВК (практика показує, що на них припадає до 85-90% від загальної відмови в роботі машин).

Як захисні матеріали досліджено бітумні склади та добавки до них. Як домішки досліджені маслорозчинні присадки АКОР-1, НГ-203, олігомер Д-10ТМ.

Вивчався характер впливу складових атмосфери на зношування елементів пускозахисного електроустаткування (рубильники, пускачі, кнопкові станції, розподільні щити тощо).

1.6 Висновки за розділом

1. Основними способами захисту від корозії машин та технологічного обладнання ТВК під час експлуатації є:

- раціональне розміщення машин та обладнання, підтримання оптимальних кліматичних умов у приміщеннях;
- захист металевих поверхонь стійкими ЛФП та покращення їх фізико-механічних властивостей;
- своєчасне відновлення пошкоджених захисних покриттів із застосуванням модифікаторів іржі;
- регулярне очищення від технологічних залишків;
- дотримання правил зберігання та експлуатації.

2. З розглянутих способів і засобів захисту від корозії у виробничих умовах слід віддати перевагу методам впливу на метал, зокрема, застосуванню ЛФМ і ізолюючих матеріалів, а також організаційним способам, як відносно недорогим і досить надійним засобам.

3. Методи та засоби захисту від корозії металовиробів повинні відповідати наступним основним вимогам:

- тривалий термін захисної дії;
- механічна міцність та еластичність;
- підвищена стійкість до дії агресивних складових атмосфери приміщень та технологічних залишків, а також різних хімічно активних рідин та газів;
- висока суцільність, тобто. відсутність мікро-, макропор у їх плівках;
- висока адгезія їх до металевих поверхонь або забарвлених основ протягом тривалого часу;
- здатність змістити електродний потенціал підкладки в позитивну сторону зі збільшенням ширини пасивації.

4. Захисний ефект ЛФП формується із захисних дій трьох складових: емалі, ґрунтовки та фосфатного шару (фосфатний шар формується між поверхнею металу, що захищається, і ґрунтовкою).

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТИКОРРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ ТВАРИННИХ КОМПЛЕКСІВ

2.1 Зміна ресурсу машин та технологічного обладнання тваринництва у процесі експлуатації

Раніше було зазначено, що ресурс машин та технологічного обладнання ТВК та ферм в основному реалізується при використанні їх за функціональним призначенням та під час простою між періодами експлуатації (рисунок 2.1)

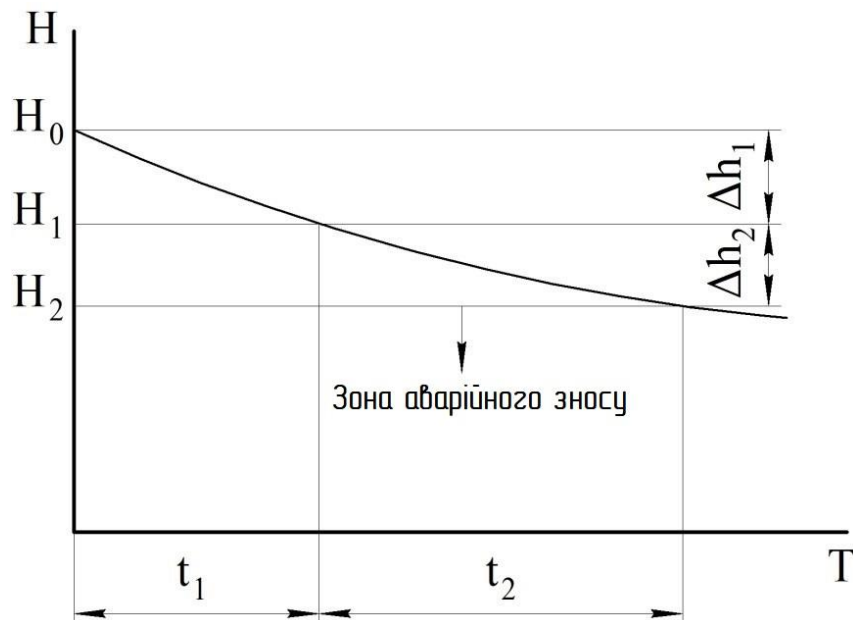


Рисунок 2.1 – Реалізація ресурсу виробу N під час його експлуатації

N_0 , N_1 , N_2 – номінальний, допустимий та мінімальні ресурси;

Δh_1 – зона нормальної експлуатації; Δh_2 – зона ризику експлуатації

Функцією зносу деталей під час експлуатації будь-якого виробу є

$$f(N_0 - \Delta h_1 - \Delta h_2) \rightarrow \min \quad (2.1)$$

де N_0 – номінальний параметр деталі;

Δh_1 – знос у зоні нормальної експлуатації виробу;

Δh_2 – знос у зоні аварійної експлуатації.

Можна припустити, що

$$\Delta h_1 = f_1(K_1; Z_{M1}) \quad (2.2)$$

$$\Delta h_2 = f_2(K_2; Z_{M2}) \quad (2.3)$$

де K - знос виробу від корозії;

Z_M – знос виробу від механічного впливу.

В умовах тваринницьких ферм у першому наближенні можна прийняти $K_1 \cong K_2$ і $Z_{M1} \cong Z_{M2}$.

Залежність ступеня механічного зношування можна прийняти постійною. Тоді функцію (2.1) можна записати у вигляді:

$$f[H_0 - \Delta(h_1 + h_2)] \rightarrow \min \quad (2.4)$$

Або

$$f[H_0 - f_1(K)] \rightarrow \min \quad (2.5)$$

або зрештою

$$f(K) \rightarrow \min \quad (2.6)$$

На ресурс машин та обладнання ТВК та ферм впливає і атмосферна корозія. Залежно від умов довкілля розрізняють три типи атмосферної корозії:

– *мокра атмосферна корозія*, тобто, при наявності на поверхні видимої неозброєним оком плівки вологи, яка можлива при 100% відносній вологості

повітря, а також при безпосередньому попаданні вологи (осади, миючі розчини) товщиною більше 1 мкм;

– *волога атмосферна корозія* – при відносній вологості повітря нижче 100%, товщиною вологи менше 1 мкм, при цьому корозія деталей відбувається під адсорбованою з повітря плівки вологи;

– *суха атмосферна корозія* – товщина плівки вологи складає $(80-100) \cdot 10^{-10}$ м.

В умовах тваринницьких ферм перші два випадки переважають через високу відносну вологість повітря. Тому корозія деталей протікає під плівкою вологи.

2.2 Процес дифузії агресивних компонентів середовища в захисне покриття

Забезпечення надійного захисту від корозії вузлів, механізмів та деталей машин та обладнання з приготування та роздачі кормів у тваринницьких комплексах має базуватись на аналізі раніше проведених теоретичних експериментальних досліджень перенесення електролітів через покриття. Для оцінки захисного покриття слід знати, які фізико-хімічні процеси можуть протікати в покритті під дією агресивного середовища.

Основним завданням, яке доводиться вирішувати при захисті металовиробів від корозії, є зменшення перенесення агресивного середовища на покриття. В даний час немає єдиної теорії, що забезпечує зв'язок кількості адсорбованого електроліту з основними компонентами систем ЛФП. Схема загальної плівки ЛФП представлена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Стандартна схема захисного покриття на поверхнях машин та обладнання тваринництва

При вивченні явищ масопереносу більшість дослідників керуються активаційною моделлю, згідно з якою молекули рідини переходять з одних макропор покриття в інші, вільний об'єм яких залежить від щільності упаковки макромолекул сполучної речовини та рівномірності розподілу наповнювачів. Для виконання елементарного акту дифузії необхідно виконання двох умов: наявність поблизу розглянутої молекули вільного простору («дірки») та необхідної кількості енергії [8, 18].

На основі закону збереження маси та закону збереження та перетворення енергії розроблені диференціальні рівняння масопереносу, що дозволяють отримати найбільш повне уявлення про закони розподілу дифузної речовини в матеріалі з часом [18]:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 C}{\partial X^2}, \quad (2.7)$$

$$dQ = p\omega \frac{dp}{dX} d\tau, \quad (2.8)$$

Рівняння (2.7) відноситься до нестационарного стану потоку рідини з градієнтом концентрації $\partial C/\partial \tau$ та дозволяє визначати величину коефіцієнта дифузії D , а рівняння (2.8) – до стаціонарного стану та дозволяє визначити кількість електроліту через різниці тисків по обидві сторони.

ЛФП має багато дефектів структури: пористість, нещільність адгезійних сполук наповнювача та сполучного, що утворюють капілярні канали, які зумовлюють виникнення перенесення вологи під дією перепадів тиску, капілярного ефекту або фільтраційного потоку. При великих розмірах пор та капілярів фільтраційний потік може бути порівнянний з дифузійним або перевищувати його.

Крім того, на процес масопереносу значно впливають компоненти середовища. Зокрема, агресивний вплив аміаку пояснюється з можливою його реакцією гідролізу або омилення плівкоутворювальної речовини. Сірчистий газ, розчиняючись у воді, надає їй кислої реакції, сприяє старінню покриття. Відповідно до [18] до дії хлору більшість полімерних матеріалів нестійка.

Дослідження показують, що старіння під дією агресивних середовищ призводить до утворення великих розгалужених агрегатів, з'єднаних один з одним у нерівномірну сітку. Цей процес протікає нерівномірно, оскільки покриття вже у вихідному стані є хімічно та структурно неоднорідним, внаслідок чого один і той самий матеріал може виявляти різні властивості. Прикладом можуть бути пентафталеві емалі, що випускаються на основі алкідних плівкоутворювачів. За цих умов водостійкість алкідних покриттів різна. При цьому проникність електролітів від їх складу до підкладки різна й корозія під плівкою багато в чому залежить від структури електроліту.

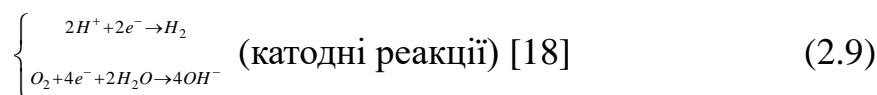
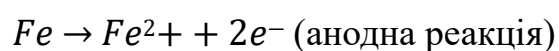
Склад електроліту впливає на ступінь руйнування адгезійних зв'язків покриттів із металом та його ступінь корозійного зносу. Великий вплив на захисні властивості покриттів мають сили зчеплення (адгезія) покриття з підкладкою, тому що вона перешкоджає виникненню вогнища корозії на межі підкладка-покриття.

У місцях дефекту покриттів агресивні реагенти досягають поверхні металу, де утворюються анодні ділянки, а навколо анодної ділянки під цілісним покриттям – катодні зони і відбувається відшаровування та руйнування покриття [18].

Послідовність стадій окислення металу під захисною плівкою може бути наступна [18]:

- проникнення електроліту через ЛФП;
- адсорбція частинок електроліту на поверхні металу;
- анодна реакція утворення гідратованого іону металу з одночасним перебігом сполученого процесу розряду іону водню або іонізації кисню.

Визначальною стадією процесу є електромеханічне розчинення металу за схемою:



Енергія активації, необхідна для утворення «дірки» плівок, що базується на мікро- і макропорах, що утворюються при висиханні нанесеної плівки ЛФМ за рахунок випаровування розчинників, зростає зі збільшенням розміру «дірки». Зі збільшенням розміру дифузної молекули перенесення їх у полімерному матеріалі ускладнюється.

Але інші теоретичні положення вказують, що поява мікропор поблизу дифундуючої молекули вимагає витрат енергії. Можливість переміщення молекули в цьому разі пов'язують із ймовірністю появи поблизу неї «дірки» необхідних розмірів [18].

У [21] наведено залежність коефіцієнта дифузії від частки вільного обсягу ψ :

$$D = R \cdot T \cdot A \exp\left(-\frac{B}{\psi}\right) \quad (2.10)$$

де R - універсальна газова постійна;

T - абсолютна температура, К;

B – мінімальний розмір «дірки», необхідної для переміщення дифузної молекули;

A - постійна величина.

Згідно [21] проникнення води та розчинених у ній газів через полімерне покриття обумовлено наявністю в ньому як мікроскопічної (розмір пор від 10^{-1} до 10^{-3} мм), так і субмікроскопічної (розмір пор від 10^{-4} до 10^{-6} мм) пористості, основними причинами виникнення яких є внутрішні напруги та процеси окислення, деструкції макромолекул полімеру. При цьому в покритті можуть формуватися замкнуті, напівзамкнуті й наскрізні пори з площею поперечного перерізу від 0,4 до 0,8 мм² (рисунок 2.3), наявність яких викликає різке збільшення водопоглинання покриття [81].

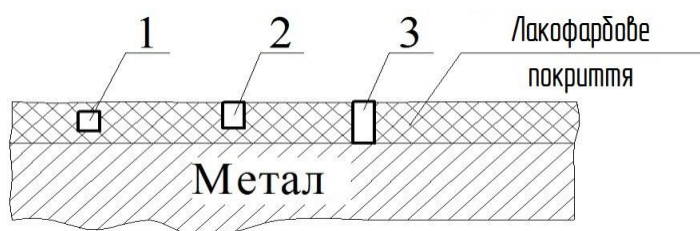


Рисунок 2.3 – Замкнені (1), напівзамкнені (2) та наскрізні (3) пори у покритті

Присутність у середовищі розчинених газів та різних солей значно впливає на корозію металу.

Аміак. В аміачних розчинах на поверхні заліза та сталей утворюється пасивуючий шар, що має підвищену стійкість проти анодного активування в присутності піттингоутворюючих аніонів Cl^- , SO_4^{2-} . В аміачній воді, що використовується у сільському господарстві, в присутності хлоридів не відбувається утворення піттингів.

Корозійний потенціал сталі Ст3 (-0,44 В) в аміачно-хлоридних середовищах лежить в ділянці активного розчинення, проте при $\varphi \geq -0,3$ В поверхня сталі починає пасивуватися. В області стійкого стану від -0,2 до -0,4 В швидкість розчинення не перевищує 0,01 г/м²·год, не досягається підлужування середовища, тому сталь не пасивується.

З діаграми Пурбе виходить, що при рН=7 і потенціалі $-0,6$ В корозія сталі супроводжується утворенням іонів: Fe^{2+} і гідроксиду заліза $Fe(OH)_2$. Теоретично утворення вторинних продуктів корозії, осадження їх на поверхні заліза у вигляді фазової захисної плівки має перешкоджати подальшому розповсюдженню корозії. Насправді захисні властивості гідроксиду двовалентного заліза виявляються дуже низькими.

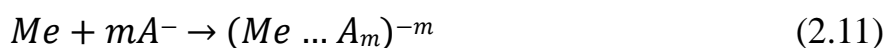
Вуглекислий газ. Корозійні процеси, що відбуваються під впливом вуглекислого газу на вільній та на захищеній поверхні металу, мають свої особливості.

На анодних ділянках вільної поверхні в результаті функціонування гальванічних пар відбувається безперервне окислення заліза завдяки безперешкодному переходу іонів Fe^{2+} в розчин. Безперервність процесу окислення металу обумовлена тим, що вуглекислота не повністю дисоціює у воді на іони H^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , в результаті чого поряд з цими іонами у воді знаходиться велика кількість недисоційованих молекул вуглекислоти. Тому на катодних ділянках йде постійне відновлення іонів H^+ до вільного водню (катодна воднева деполаризація).

Активне розчинення сталі спостерігається при взаємодії CO_2 з іншими хімічними сполуками. Так, у присутності CO_2 збільшується агресивність аміачної води по відношенню не тільки до вуглецевих, але і нержавіючих сталей. Активування сталі в цих умовах пояснюється можливим утворенням $(NH_4)_2CO_3$.

Сірчистий газ. Компонентом його дії є продукт дисоціації сірчаної кислоти – іони HSO_4^- , SO_4^{2-} . Дослідження покриттів (АС-182) на водопоглинання в присутності сульфат-іонів показує їх схожість з іонами HSO_3^- , тобто, в обох випадках встановлено зниження швидкості перенесення електроліту в покриття. Однак стосовно як вільної, так і захищеної поверхні сталі іони SO_4^{2-} є більш корозійно-агресивними порівняно з іонами HCO_3^- . Зокрема, швидкість корозії сталі Ст3 під покриттям у присутності останніх знижується, за наявності іонів SO_4^{2-} збільшується. Процеси корозії під впливом різних компо-

нтів агресивного середовища у світлі уявлень адсорбційної теорії пояснюються в такий спосіб. Компоненти середовища внаслідок адсорбційно-хімічної взаємодії з атомами металу можуть утворювати поверхневі комплекси за схемою:



де m - Число аніонів A^- , що входять в поверхневий комплекс [118].

Підкладки, що утворюються на адсорбційних центрах, поверхневі комплекси $[FeOHSO_4]^{-m}$ недостатньо міцно адсорбовані на поверхні, в результаті чого анодне розчинення заліза йде без помітного гальмування як на вільній поверхні, так і під плівкою, тобто, у разі слабких електролітів (~ 3 мг SO_4^{2-} в 1 л води) пасивуючі властивості сульфат-іонів [80] не виявляються.

Хлорид натрію. Відповідно до описаного механізму можна пояснити вплив інших агресивних компонентів середовища, наприклад, хлор-іонів, які за природою впливу на залізо більшістю дослідників визнані агресивними [128].

Враховуючи високу проникаючу здатність іонів Cl^- слід очікувати збільшення швидкості корозії сталевих виробів під покриттям.

Активує дія іонів Cl^- відповідно до адсорбційної теорії пояснюється адсорбційним витісненням з поверхні металу розчиненого в електроліті кисню, здатного пасивувати поверхню сталі. Активування найлегше відбувається на тих ділянках, де кисень менш міцно пов'язаний із металом. Потенціал активованих ділянок стає більш негативним по відношенню до іншої забарвленої поверхні, що не має адгезійно ослаблених ділянок, що неминує викликає функціонування активно-пасивних гальванічних елементів і загальний потенціал металу зміщується в негативну сторону, підвищуючи швидкість анодної реакції.

2.3 Корозія в щілинах та зазорах

Машини та обладнання ТВК та ферм мають велику кількість місць з'єднання деталей. В цих місцях утворюються зазори та щілини (рис. 2.4).

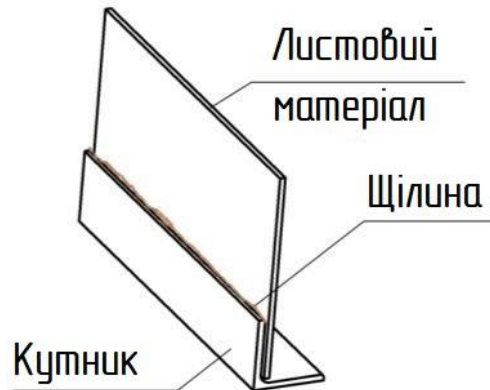


Рисунок 2.4 – З'єднання листового матеріалу з куточком

Щілини утворюються й при попаданні пилу на поверхню металів, у місцях відшаровування ЛФП, обростання конструкцій різними мікроорганізмами або технологічними залишками (рис. 2.5).

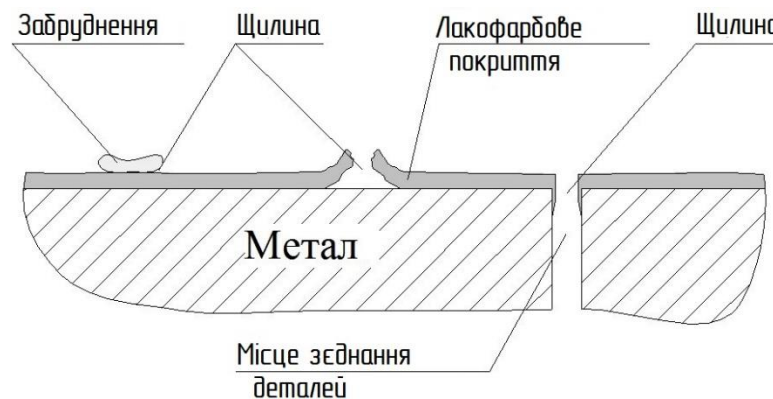


Рисунок 2.5 – Утворення щілини на поверхнях виробів

Щілини утворюються й на різьбовій частині болта (рис. 2.6) та у болтових з'єднаннях (рис. 2.7).

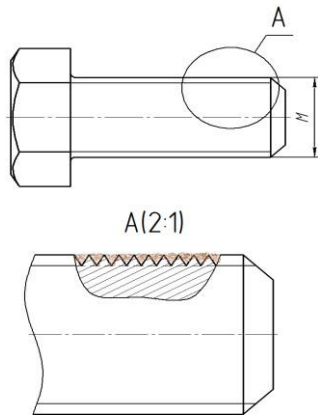


Рисунок 2.6 – Щілини, утворені на різьбовій частині болта

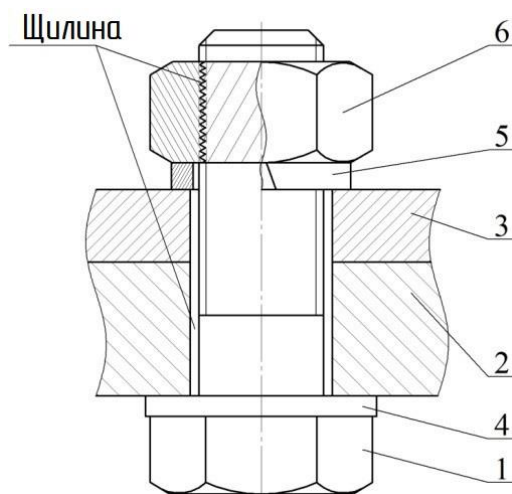


Рисунок 2.7 – Болтове з'єднання двох деталей

1 – болт; 2, 3 – деталі, що з'єднуються; 4 – шайба пласка; 5 - пружинна шайба; 6 – гайка.

Щілини утворюються й у місцях згинання деталей з листового матеріалу (рис. 2.8). Ослаблення кріплень, зношування поверхонь при вібрації машин при їх експлуатації сприяє зміні (в основному збільшенню) розмірів щілин.

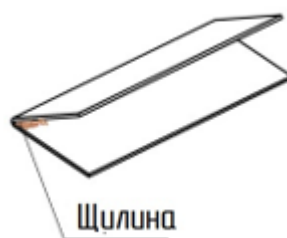


Рисунок 2.8 – Щілина, утворена при згині листового матеріалу

Жодна механічна сполука не може бути настільки щільною, щоб її можна було вважати цілісною. Навіть порушення технології зварювальних робіт може бути причиною появи корозійних вогнищ, що обмежує виконання уривчастих швів [18].

Практика показує, що у щілинах процеси корозії протікають інтенсивніше, ніж на відкритій поверхні, внаслідок наявності в них постійної вологи, що має увігнутий меніск. Відомо, що менше радіус меніска рідини, тим менше буде пружність парів, що у рівновазі з рідиною, тобто. у цьому випадку можливість конденсації парів на стінках щілини набагато вища за інших рівних умов. До того ж ускладнена інтенсивність висихання вологи із зазорів. Цьому сприяє також наявність в них технологічних залишків, продуктів корозії, пилу, звільнитися від яких практично неможливо [18].

2.4 Висновки за розділом

1. Процес корозії чорних металів за умов тваринницьких приміщень має електрохімічний характер.
2. Малоймовірна пряма хімічна взаємодія чорних металів із агресивними складовими атмосфери тваринницьких приміщень.
3. На поверхні деталей машин та устаткування тваринницьких приміщень можуть виявлятися всі види корозійних руйнувань, у тому числі найбільш небезпечними є місцева і щілинна корозії.
4. На корозію металів впливає підвищена вологість повітря (90-95% в осінньо-зимовий період), наявність в атмосфері приміщень значних концентрацій шкідливих складових: аміаку до 41 мг/м^3 , вуглекислого газу до $0,36 \%$, сірководню до 9 мг/м^3 , сірчистого ангідриду до 9 мг/м^3 .
5. Основним способом захисту металу від корозії є ізоляція їх поверхонь від агресивної атмосфери приміщень ЛФМ.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Підготовка зразків та корозійних середовищ

Зразки виготовлялися з листового прокату розрізанням на гільйотинних ножицях. Розміри зразків – 30 • 100 • 2 мм. На відстані 10 мм від одного кінця просвердлили отвір діаметром 5 мм для підвішування в досліджуваних середовищах (рисунок 3.1).

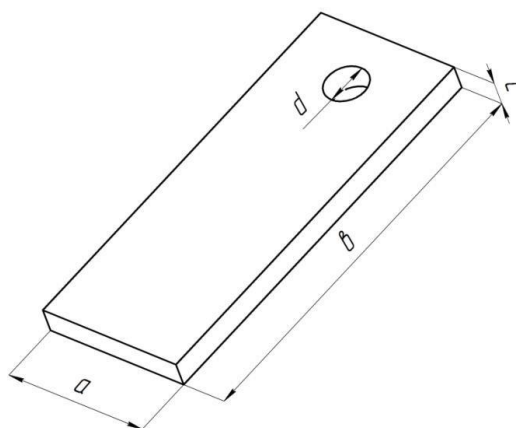


Рисунок 3.1 – Схема зразка

Зразки очищали від забруднень, задирок, окалини та первинних продуктів корозії. Для невеликої партії робота виконувалася вручну, а за масової необхідності – електрохімічним методом у спеціальних розчинах (таблиця 3.1, 3.2, 3.3) [17].

Таблиця 3.1 – Водні розчини видалення продуктів корозії

№ електродоліту	Розчин		Режим обробки	
	Компоненти	Концентрація, г/дм ³	Температура, °С	Тривалість, хв
1	Кислота соляна щільністю 1,19	10	20-25	1-5
	Окис сурми	20		
	Олово двовалентне	50		
	Вода дистильована	все інше		
2	Кислота сірчана	10	20-25	1-5
	Тіосечовина	0,3		
	Вода дистильована	все інше		

Потім вони знежирювалися в ацетоні з наступною витримкою в ексикаторі з силікагелем протягом 30 хв, вимірювалися розміри за допомогою штангенциркуля з ноніусом поділу 0,1 мм (відносна похибка вимірювань за шириною зразків $0,1/30 \cdot 100\% = 0,3$, і за довжиною – $0,1/100 \cdot 100\% = 0,1\%$, де 0,1 – абсолютна похибка штангенциркуля), зважувалися на аналітичних вагах ВЛА-200 г-М [18] (відносна похибка $0,0005/47 \cdot 100\% = 0,001\%$, де 47 – середня маса зразків, г; 0,0005 мг – точність, тобто абсолютна помилка електронних ваг).

Таблиця 3.2 – Склад електроліту для електрохімічного знежирення поверхні зразків, г/л

Компоненти	Електроліт	
	№ 1	№ 2
Гідроокис натрію	40-50	20-30
Карбонат натрію	60-70	20-30
Ортофосфорна кислота	10-15	30-50
Метасилікат натрію	2-5	5-10
ОП-7	-	3-5

Таблиця 3.3 – Режим електрохімічного знежирення поверхонь зразків

Найменування	Електроліт	
	№ 1	№ 2
Температура електроліту, °С	70-80	60-70
Щільність струму, А/дм ²	3-10	5-10
Тривалість, хв	3-5	5-10
Періодичність струму: анодного:катодного	2 : 0,5	2 : 0,5

В якості корозійного середовища використовували водні розчини хлориду натрію (контрольний фон) і розчини комбікормів, повітряне середовище приміщень і електроліт, що кількісно імітує наявність шкідливих газів атмосфери. Як захисні склади випробовувалися бітумно-бензинові суміші та їх

поліпшені склади додаванням маслорозчинних інгібованих присадок АКОР-1 і НГ-203, олігоефіруретандиметакрилату Д-10ТМ.

Компоненти корозійного середовища, що моделюють атмосферу приміщень, склалися водними розчинами відповідних хімічних сполук (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Розчини для моделювання атмосфери тваринницьких приміщень

Компоненти корозійного середовища, що моделюють атмосферу приміщень	Хімічне з'єднання
Сірководень	Водний розчин H_2S
Сірчистий ангідрид	Водний розчин Na_2SO_3
Вуглекислий газ	Водний розчин Na_2CO_3
Аміак	Аміачна вода NH_4OH

3.2 Методика визначення корозійних втрат зразків у електролітах

Дослідження проводилися в лабораторних умовах за кімнатної температури середовищ (+14...+16°C). Після нумерації, вимірювання розмірів та знежирення поверхонь зразки зважували на аналітичних вагах ВЛА-200Г-М з точністю до 0,0005 г. У термостійкі хімічні склянки наливали відповідні електроліти, поміщали та витримували зразки відповідно до програми досліджень.

Після закінчення терміну експозиції зразки виймалися з електролітів, промивалися у проточній воді, витиралися чистою ганчіркою, сушилися фільтрувальним папером та зважувалися на аналітичних вагах. Результати вимірів заносилися до лабораторного журналу (таблиця 3.5).

Площу зразка визначали за виразом [18]:

$$P = 2[(a + b)b + ac] - \pi d^2/2 + \pi dc \quad (3.1)$$

Обчислення корозійних втрат проводилося за виразом:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{P \cdot T} \cdot 10000 \cdot 8760, \text{ г/м}^2 \cdot \text{рік} \quad (3.2)$$

де M_1, M_2 – маса зразка до та після випробувань, г;

P – площа зразка, см²;

T – тривалість експозиції, рік;

10000 – коефіцієнт переведення квадратного метра у квадратні сантиметри;

8760 – тривалість пори року в годинах (24×365).

Таблиця 3.5 – Форма запису в журналі

Дата «___» _____ 20__ р. Корозійне середовище _____

Час початку _____

Тривалість експерименту _____

Мета експерименту _____

№ зразка	Лінійні розміри зразка					Маса зразка, г		Корозійні втрати зразка, г/м ² в перерахунку на рік
	a , см	b , см	c , см	d , см	P , см ²	до випробування, M_1	після випробування, M_2	

Примітка. У таблиці 3.5 прийнято такі позначення (див. рис. 3.2) a, b, c - ширина, довжина і товщина зразка, см; d – діаметр отвору для підвішування його в електролітах, см

Після підстановки отримаємо:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{2[ab + (a+b)c] - \frac{\pi d^2}{2} + \pi dc} \cdot 10000 \cdot 8760, \text{ г/м}^2 \cdot \text{рік} \quad (3.3)$$

3.3. Методика дослідження фізико-механічних і протикорозійних властивостей захисного покриття

Випробовувалися захисні покриття на основі бітуму.

Сформульовані у висновках до розділу 1 вимоги до захисних покриттів є універсальними і, використовуючи їх, можна оцінити всі покриття, що застосовуються для захисту металевої поверхні від корозії. З цих вимог можна визначити оціночні показники захисних покриттів [18, 21]:

- термін захисної дії покриття за результатами тривалих випробувань;
- міцність при ударі (на приладі УДА згідно з ДСТУ ISO 12944-5:20XX (ISO 12944-5:2019, IDT));
- зносостійкість захисного покриття (на спеціальній установці);
- міцність на вигин (на шкалі гнучкості ШГ за ДСТУ 3903-99);
- оцінка декоративних властивостей (візуально за ДСТУ Б.В.2.5-25:2005);
- оцінка протикорозійного захисту (ступені захисту, %) гравіметричним методом;
 - величина еластичності згідно з ДСТУ EN 45501:2007;
 - водонепроникність (за допомогою дефектоскопа ЛКД);
 - солестійкість (лабораторним методом);
 - бензостійкість (лабораторний метод);
 - електрохімічні властивості (за допомогою потенціостату П-5848).

Дослідження складів проводилися в умовах лабораторії та на виробництві.

Результати заносилися до спеціального журналу (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Форма запису результатів експериментів

Умови експериментів	Дата та час початку _____		
	Дата та час завершення _____		
	Вид покриття _____		
	Місце проведення _____		
Найменування умови	№ зразків		
	1	2	...
Розміри зразків, див: Ширина, a Довжина, b Товщина, c діаметр отвору, d			
Маса зразка, г: без покриття з покриттям			
Маса зразка після видалення покриття та продуктів корозії			
Вид руйнування покриття, розмір пошкодження: зміна кольору бульбашки, кратери, см ² відшарування, см ² корозія зразка, см ²			

Таблиця 3.7 – Відносна оцінка ступеня руйнування при визначенні протикорозійних властивостей покриттів

Умовне позначення ступеня руйнування	Крейдування при візуальному огляді	Розтріскування, пухирці, відшарування, % (зруйнована площа)	Корозія, % (зруйнована площа)	Відносна оцінка
1	Відсутнє	0	0	1,0
2	Трохи помітне, до 3	До 5	До 5	0,8
3	Трохи помітне, до 5	До 25	До 10	0,4
4	Середнє, до 10	До 50	До 25	0,2
5	Сильне, вище 10	Вище 50	Вище 25	0

Таблиця 3.8 – Відносна оцінка протикорозійних властивостей покриттів за розмірами та глибиною пошкоджень

Умовне позначення ступеня руйнування	Пухирці та корозія		Розтріскування та відшарування	
	діаметр, мкм	відносна оцінка	глибина пошкодження	відносна оцінка
1	0	1,0	Відсутнє	1,0
2	До 0,5	0,9	Поверхнева сітка, яку видно при збільшенні (x4)	0,9
3	До 0,1	0,7	Поверхнева сітка, яку видно неозброєним оком	0,7
4	До 3,0	0,3	До ґрунту	0,3
5	Більше 3,0	0	До металу	0

Визначення вологостійкості покриттів проводилося за методикою, наведеною в [18]. Вологопоглинання визначали за формулою [18]:

$$B = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

де M_1 , M_2 – маси зразків до та після експерименту, г.

Для оцінки стану покриття застосовували показники, наведені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Вологостійкість покриття

Тривалість експерименту, год	Зміни якості покриття						Оцінка покриття
	Колір, блиск	Пухирці		Відшарування		Стан металу під плівкою	
		площа, %	розмір, мм	площа, %	розмір, мм		
0							
24							

72							
120							
240							

Примітка. Розміри пухирців і відшаровування покриттів брали до уваги при величині 3 і більше мм.

Оцінка адгезії покриттів до підкладки проводилася використанням методу ґратчастих надрізів через кожні 1 мм у взаємно перпендикулярних напрямках, що виконуються за допомогою канцелярського ножа (таблиця 3.10). Потім руйнування плівки в отриманих надрізами квадратах оцінювали в балах.

Таблиця 3.10 – Шкала оцінки адгезії покриття

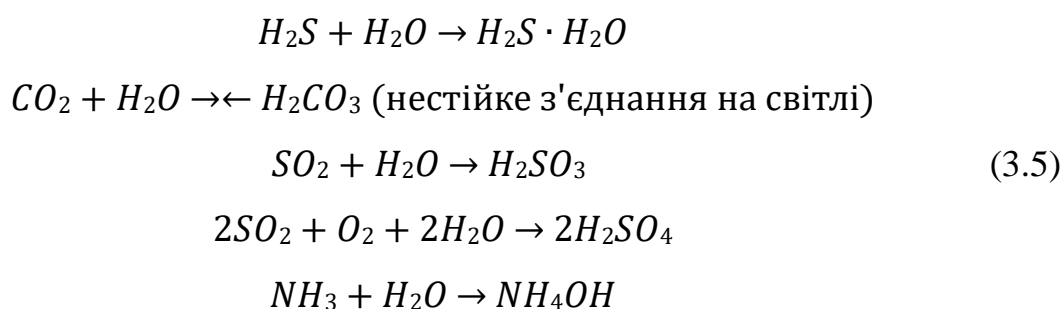
Характеристика покриття	Оцінка	
	візуальна	в балах
Краї надрізів гладкі; відшарування квадратів не спостерігається		1
Незначне відшарування покриття (до 5 % площі решітки)		2
Часткове відшарування покриття (до 35 % площі решітки)		3
Повне або часткове відшарування покриття (більше 35 % площі решітки)		4

3.5 Методика визначення впливу агресивних складових атмосферних тваринницьких комплексів та ферм на корозію деталей машин та обладнання

При розробці заходів захисту від корозії машин та обладнання, що експлуатуються в ТВК та фермах, необхідно враховувати агресивне середовище атмосферного повітря, основними компонентами якого, за даними різних літературних джерел та публікацій у наукових працях, визнано аміак, вуглекислий газ, сірководень та сірчистий ангідрид.

Практика показує, що штучна вентиляція приміщень працює тільки вдень не більше 1-2 годин. Тому характер зміни концентрації цих газів та від-

носної вологості повітря протягом доби незначні. Контрольні виміри відносної вологості повітря показали, що в осінньо-зимові періоди вона коливається в межах 85-95%. На поверхні металовиробів у багатьох місцях адсорбована з повітря плівка вологи в першому наближенні може бути представлена у вигляді шару конденсату. В ньому легко розчиняються корозійно-активні гази за такими схемами:



Вони можуть надавати незначний вплив на хімічне розчинення матеріалів машин та обладнання, але більшою мірою сприяють виникненню активного електроліту, що сприяє електрохімічній корозії машин як окремо, так і при різних поєднаннях. Тому при вивченні механізму корозії металів та ступеня впливу різних складових атмосфери ТВК та ферм можна моделювати ряд варіантів експериментів у водних розчинах цих газів. Для цього краще в дослідженнях використовувати метод повного факторного експерименту плану $N = 2^i$, або математичним методом планування експериментів, де i – кількість факторів [18].

Повний факторний експеримент передбачає отримання кількох серій (у кожному варіанті дослідження повинні бути не менше трьох паралельних виходів $m=3$) при різних значеннях за величиною варіювання змінних.

Отже, попередньо необхідно скласти матрицю планування.

У таблиці 3.11 наведено загальну схему матриці планування повного факторного експерименту $N=2^4$.

Таблиця 3.11 – Матриця планування при $N=2^4$

Найменування		Значення змінних			
		x^1	x^2	x^3	x^4
Основний рівень	0_{xi}	0_{x1}	0_{x2}	0_{x3}	0_{x4}
Інтервал варіювання	λ_i	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
Верхній рівень «+»	+1	$0_{x1}+\lambda_1$	$0_{x2}+\lambda_2$	$0_{x3}+\lambda_3$	$0_{x4}+\lambda_4$
Нижній рівень «-»	-1	$0_{x1}-\lambda_1$	$0_{x2}-\lambda_2$	$0_{x3}-\lambda_3$	$0_{x4}-\lambda_4$

Як вихід у цій роботі прийнято корозійні втрати зразків, перераховані на рік.

Таблиця 3.12 – Планування багатofакторного експерименту

№ з/п	№ зразка	Лінійні розміри, мм			Площа поверхні, см ²	Маса зразків, г		Корозійні втрати з розрахунку на рік, г/м ²
		ширина	довжина	товщина		До експерименту	Після експерименту	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Умови планування експериментів:

- облік впливу факторів, які діють на процеси, що відбуваються;
- основний рівень чинників у принципі можна брати будь-яким, але бажано при цьому значення наблизити до області оптимального значення;
- тривалість експериментів має бути оптимальною, щоб з'ясувати дію всіх факторів. При великій тривалості найактивніший їх може придушити дію інших.

Результатом обробки результатів експерименту є рівняння регресії у вигляді:

$$\begin{aligned}
 Y = & b_0 + b_{1x1} + b_{2x2} + b_{3x3} + b_{4x4} + b_{12x1x2} + b_{13x1x3} + \\
 & + b_{14x1x4} + b_{23x2x3} + b_{24x2x4} + b_{34x3x4} + b_{123x1x2x3} + \\
 & + b_{124x1x2x4} + b_{134x1x3x4} + b_{234x2x3x4} + b_{1234x1x2x3x4}
 \end{aligned}
 \tag{3.6}$$

де x_1, x_2, x_3, x_4 – кодовані позначення факторів;
 Y – вихідний параметр досліджуваного процесу;
 $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{23}, b_{24}, b_{34}, b_{123}, b_{124}, b_{134}, b_{234}, b_{1234}$ – коефіцієнти вихідного рівняння регресії.

Примітка. Даний метод планування застосовується у двох випадках:

– щодо впливу чинників на що відбувається процес (для аналізованого випадку). При цьому основні рівні приймаються довільно, але бажано приймати їх близько до середніх дійсних значень, що дозволяють отримати деякий розкид рядкових виходів;

– для оптимізації процесу, тобто, відшукування оптимальних значень чинників (у наших дослідженнях непотрібен), так як оптимізація ступеня корозії є повним її придушенням або винятком.

3.6. Дослідження корозії чорних металів у атмосфері тваринницьких приміщень

Постійно діючими факторами на поверхні деталей машин та обладнання тваринницьких приміщень є:

- атмосфера приміщення з високою відносною вологістю та корозійно-агресивні гази;
- вологі кормові мішанки та технологічні залишки;
- частинки водних стоків ферментів у суміші із сечею тварин (можливий варіант).

Представляє певний інтерес вивчення корозії СтЗ цих середовищ. За контроль порівняння (фон) зазвичай у корозійних дослідженнях чорних металів приймають 1-7,5% водні розчини хлористого натрію.

Методика експериментів стандартна: температура 16-18 °С, без аерації електроліту, тривалість експозиції 48 год, кількість паралельних зразків – 5, результати виходів перераховуємо на рік, ємність хімічних склянок – 1000 мл.

Цікаво визначення залежності корозії сталі Ст3 від концентрації розчинів. На рис. 3.2 наведено точковий графік цієї залежності.



Рисунок 3.2 – Характер залежності корозійних втрат сталі Ст3 від концентрації водного розчину натрію хлориду

За графіком рис. 3.2 можна зробити висновок, що процес корозії можна описати рівнянням прямолінійної залежності виду:

$$y = a + bx, \tag{3.7}$$

де a та b – незалежні коефіцієнти рівняння регресії.

Для доказу 0-гіпотези необхідно обчислити коефіцієнт прямолінійної регресії, величину його помилки, критерій значущості та порівняти за допомогою t-критерію Стьюдента при рівні $p = 0,05$ та числі ступенів свободи $v=n-2$.

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \cdot \sum (Y - \bar{y})^2}}, \tag{3.8}$$

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}, \tag{3.9}$$

$$t_r = \frac{r}{S_r}, \quad (3.10)$$

Розрахунки виконані у допоміжних таблицях 3.13 та 3.14.

Таблиця 3.13 – Допоміжні розрахунки

i	x_i	y_i	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
1	1	246	-3,125	-844	9,765625	712336	2637,500
2	3	573	-1,125	-517	1,265625	267289	581,625
3	5	1574	0,875	484	0,765625	234256	423,500
4	7,5	1967	3,375	877	11,390625	769129	1205,875
Σ	16,5	4360	0	0	22,6275	1983010	4848,500

Тоді

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{16,5}{4} = 4,125, \quad (3.10)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{4360}{4} = 1090, \quad (3.11)$$

коефіцієнт лінійної кореляції:

$$r = \frac{4848,5}{\sqrt{22,6275 \cdot 1983010}} = 0,722. \quad (3.12)$$

Кореляція середня, так як $0,6 < (r = 0,722) < 0,9$ (3.13)

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - 0,722^2}{4 - 2}} = 0,48866. \quad (3.14)$$

0-гіпотеза правильна, так як

$$t_r = \frac{0,722}{0,48866} = 1,47748 \quad (3.15)$$

$$t_{табл(p=0.05;v=4-2=2)} = 4,30 \quad (3.16)$$

$$t_r < t_{табл} \quad (3.17)$$

Таблиця 3.14 – Проміжні обчислення

i	x_i	y_i	x_i^2	$x_i y_i$	\hat{y}_i
1	1	246	1	246	200,173
2	3	573	9	1719	769,666
3	5	1574	25	7870	1415,149
4	7,5	1967	56,25	14752,5	2051,008
Сума	16,5	4360	91,25	24587,5	4435,996

Використовуючи метод найменших квадратів, обчислимо значення коефіцієнтів a та b рівняння регресії:

$$\begin{cases} na + b \sum x_i = \sum y_i \\ a \sum x_i + b \sum x_i^2 = \sum x_i y_i \end{cases} \quad (3.18)$$

$$\begin{cases} 4a + 16,5b = 4360 \\ 16,5a + 91,25 = 24587,5 \end{cases} \quad (3.19)$$

Звідки

$$y = -84,5712 + 284,744x \quad (3.20)$$

Відносна помилка вимірювань та обчислень:

$$\varepsilon = \frac{4360 - 4435,996}{4360} \cdot 100\% = 0,5587\% \quad (3.21)$$

що менше гранично допустимої величини відносної помилки.

Отже, як фон для контрольного середовища можна застосовувати водний розчин хлориду натрію.

Попередньо було досліджено склади атмосфери тваринницьких приміщень: свинарника та корівника.

Проведено дослідження складу мікроклімату приміщень.

Результати вимірювання концентрацій шкідливих складових атмосфери приміщень свинарника та корівника протягом року представлені у таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Концентрація складових атмосфери повітря приміщень

Місяці року	Сірчистий ангідрид, мг/м ³	Аміак, мг/м ³	Сірководень, мг/м ³	Вуглекислий газ, мг/м ³
Січень	9/сліди	41/39	9/8	0,36/0,30
Лютий	7/сліди	40/38	9/8	0,28/0,25
Березень	7/сліди	39/39	8/8	0,30/0,20
Квітень	5/-	36/35	7/5	0,28/0,20
Травень	3/-	30/25	6/-	0,24/0,15
Червень	2/-	30/-	4/-	0,24/-
Липень	1/-	26/-	2/-	0,14/-
Серпень	2/-	32/-	5/-	0,25/-
Вересень	3/-	35/-	5/-	0,25/-
Жовтень	4/сліди	40/29	6/6	0,27/0,24
Листопад	7/сліди	40/32	9/8	0,28/0,26
грудень	9/сліди	41/33	9/9	0,31/0,30

Примітка. У чисельнику наведено значення для свинарника, а в знаменнику – для корівника. Необхідно відзначити, що дійні корови наприкінці травня або на початку червня переводилися до літніх таборів і замір концентрації газів за цей період не проводився.

Для дослідження корозії сталі та кольорових металів в атмосфері тваринницьких приміщень були взяті середні проби з поверхонь зразків із сталі Ст3, міді М1 та латуні Л63, витриманих протягом року в атмосферах свинарника та корівника (таблиця 3.16)

Таблиця 3.16 – Результати аналізу продуктів корозії зразків у атмосфері тваринницьких приміщень

Виявлено		Матеріали зразків					
		Ст3		Мідь М1		Латунь Л63	
		у свинар- нику	у корів- нику	у свинар- нику	у корів- нику	у свинар- нику	у корів- нику
Катіони	Cu^{2+}	-	-	+	+	+	+
	Fe^{2+}	+	+	-	-	-	-
	Fe^{3+}	+	+	-	-	-	-
	Zn^{2+}	-	-	-	-	+	+
	NH_4^+	+	+	+	+	+	+
Аніони	S^{2-}	+	-	+	+	+	-
	SO_3^{2-}	+	+	-	+	+	+
	SO_4^{2-}	+	-	+	-	-	-
	NO_3^-	+	+	-	-	-	-
	Cl^-	-	+	-	+	-	-
	CO_3^{2-}	+	+	-	+	-	-

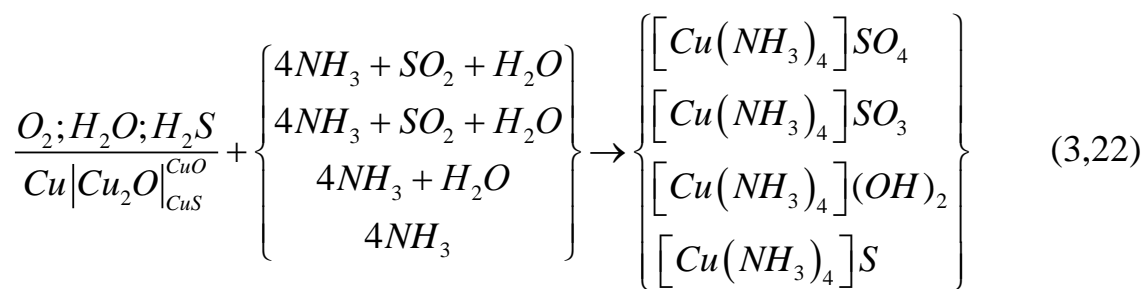
Примітка: «+» – виявлено, «-» – не виявлено

Відтінок продуктів корозії сталі та кольорових металів різноманітний. На поверхні сталі вони мають світло-і темно-зелений, бурий, чорний та жовтий відтінок, на мідних деталях виявляються зелений, білий, чорний, червоний та синій відтінки, а на латуні – білий, жовтий, чорний та зелений відтінки (аналіз проведено візуально за допомогою лупи 4-разового збільшення). Така різноманітність відтінків свідчить про те, що продукти корозії зразків мають складний хімічний склад.

Провели попередні експерименти з вивчення характеру корозії в натурних умовах. Обстеження пультів керування електрообладнанням показують підвищену корозію міді. На цей процес, ймовірно, в першу чергу впливає аміак, що можна судити з якісного аналізу продуктів корозії.

Продукти корозії міді у тваринницьких приміщеннях складаються з сульфатів, сульфідів та оксидів, а продукти корозії латуні також містять сульфідати та хлориди (таблиця 3.16).

Корозійне руйнування міді йде, мабуть, через утворення комплексних сполук:



Результати досліджень корозійних втрат металів в імітуючих розчинах атмосфери приміщень свинарника та корівника (тривалість експозиції – 720 годин, температура кімнатна, без аер).

Визначалися корозійні втрати сталі за 720 годин експозиції, результати відображали в г/м² місяць:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{P \cdot T} \cdot 10000 \cdot 720, \quad (3.23)$$

де M₁, M₂ – маса зразків до та після експериментів, г:

P = 2 [ав + (а + в) с], см² (а, в, с - довжина, ширина і товщина зразків, см);

T=1 місяць (тривалість експозиції);

10000 – коефіцієнт переводу площі поверхонь зразків зі см² в м².

720– коефіцієнт переводу тривалості експозиції з годин у місяць.

Результати експериментів становлять невпорядковані варіаційні ряди.

Ранжування їх за зростаючою ознакою представлено в наступному вигляді:

– середовище, що імітує атмосферу свинарника:

$$94,214; 98,293; \dots; 103,202; 104,116 \quad (3.24)$$

– середовище, що імітує атмосферні умови корівника:

$$82,620; 86,200; \dots; 91,710; 94,229 \quad (3.25)$$

Оцінку точності експериментів можна перевірити через визначення «сумнівних» членів ряду, тобто, визначенням крайніх дат на приналежність до сукупності через критерій τ :

для лівого члена:

$$\tau_{л} = \frac{n_2 - n_1}{n_{10} - n_1} < \tau_{таб}, \quad (3.26)$$

для правого члена:

$$\tau_{пр} = \frac{n_{10} - n_9}{n_{10} - n_1} < \tau_{таб}, \quad (3.27)$$

де $n_1, n_2 \dots n_{10}$ – члени варіаційного ряду;

$\tau_{таб}$ – табличне значення критерію;

$\tau_{таб} (n = 10; \gamma = 0,95) = 4,77$.

У таблиці 3.17 наведено оцінку належності крайніх членів ряду сукупностей.

Таблиця 3.17 – Розрахунок критерію τ

Атмосферні умови	
Свинарника	Корівника
$\tau_{л} = \frac{98,293 - 94,214}{104,116 - 94,214} = 0,41$	$\tau_{л} = \frac{86,200 - 82,620}{94,229 - 82,620} = 0,308$
$\tau_{пр} = \frac{104,116 - 103,202}{104,116 - 94,214} = 0,092$	$\tau_{пр} = \frac{86,200 - 82,620}{94,229 - 82,620} = 0,343$

Результати розрахунків, наведені у таблиці 3.17 показали, що всі члени варіаційного ряду належать сукупності, тобто, не є помилкою експериментів чи неправильності розрахунків.

Для подальших аналізів результатів експериментів можна брати середнє значення ($K = \frac{1}{n} \sum K_i$) із сукупності отриманих результатів (рис.3.3):

- для атмосфери свинарника $K = 100,33$ г/м²·місяць,
- для атмосфери корівника $K = 89,47$ г/м²·місяць.

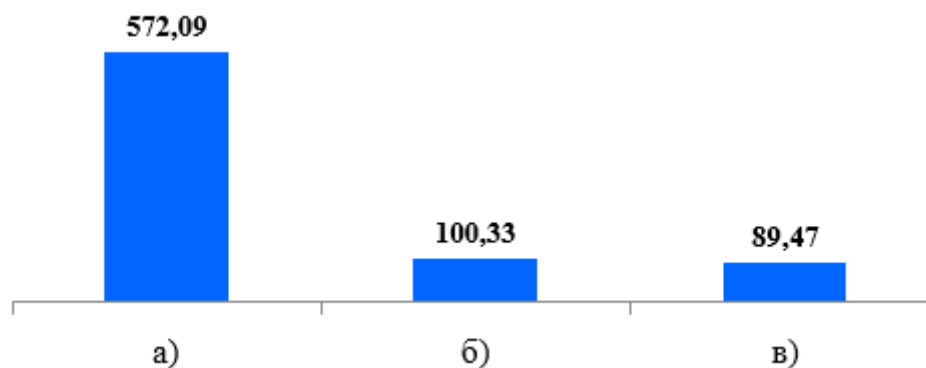


Рисунок 3.3 – Корозійні втрати сталі Ст3, г/м²·міс.: а) у 3%-му розчині NaCl; б) у середовищі, що імітує атмосферні умови свинарника; в) у середовищі, що імітує атмосферні умови корівника

Повітряне середовище свинарника на 12% агресивніше за повітряне середовище корівника, а розчин хлориду натрію в 5,7 разів агресивніше за повітряне середовище атмосфери свинарника.

3.7. Дослідження корозії металів в водних розчинах комбікормів

Для досліджень створювали насичені водні розчини комбікормів.

Експерименти проведені за стандартною методикою.

Оцінку розбіжності результатів корозійних втрат зразків наведено у таблиці 3.17, а інтенсивність корозії металів у насичених розчинах комбікормів – на рис. 3.4.

Таблиця 3.17 – Оцінка розбіжності результатів експериментів

Випробувальний матеріал	Результати виходів, ki , г/м ² ·рік	Середнє значення виходів, \bar{k}	Дисперсія, S^2	Середнє квадратичне відхилення, S	Коефіцієнт варіації, ϑ
Сталь Ст3	266; 258; 251; 270; 258	260,6	55,80	7,4700	0,0866
Сталь 45	233; 246; 239; 228; 225	234	6,23	2,4969	0,0107
Сталь 65Г	182; 170; 145; 151; 177	165	313,50	17,7060	0,1073

З таблиці 3.17 видно, що з усіх трьох аналізованих металів коефіцієнт варіації перебуває у інтервалі від 0,10 до 0,3, тобто, розподіл результатів описується законом нормального розподілу.

Якщо розглядати склад комбікормів, то агресивними по відношенню до конструкційних матеріалів є сірка та хлор. З переліку амінокислот, що входять до складу комбікормів, тільки лізин може проявляти незначну інгібуючу дію.

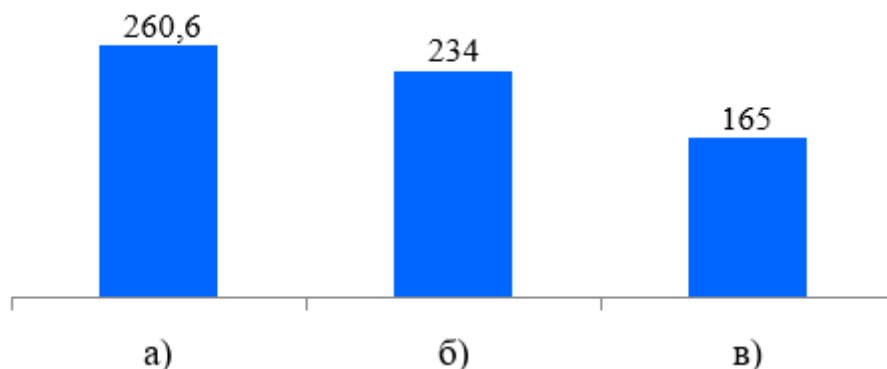


Рисунок 3.4 – Інтенсивність корозії металів у насичених розчинах комбікормів, г/м²·рік: а) – сталь Ст3; б) - сталь 45; в) - сталь 65Г

Усі досліджені метали у цьому середовищі не стійкі до корозії, що свідчить зміщення їх електродних потенціалів у область негативних значень (рисунок 3.5).

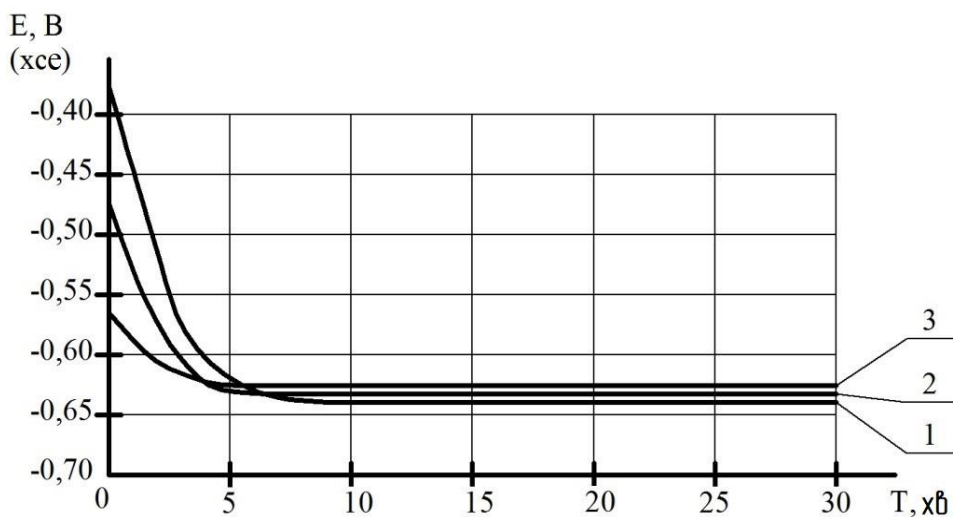


Рисунок 3.5 – Зміна стаціонарного потенціалу сталі Ст3 (1), сталі 45 (2), та сталі 65Г (3) у водному розчині комбікормів у часі (без аерації)

Для вивчення механізму корозії сталей у комбікормовій мішанці було знято анодні потенціодинамічні криві (рисунки 3.6, 3.7). Електродом порівняння був хлорсрібний електрод, допоміжним – спіраль із платинового дроту (діаметр 0,8 мм, маса 3,5 г).

З графіків на рисунках 3.6 і 3.7 видно, що на відміну від стаціонарних поляризаційних кривих, всі зразки не мають ділянок пасивації, тобто, метали постійно схильні до корозії. Процес має піттинговий характер, чому сприяють наявні в розчинах кормів хлориди та сульфати.

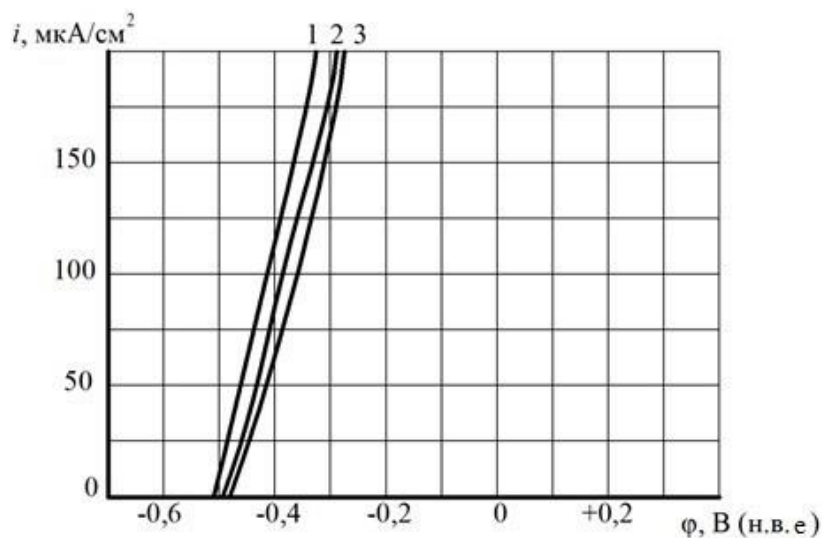


Рисунок 3.6 – Потенціодинамічні поляризаційні криві сталей у водному розчині комбікормів (без перемішування розчину): 1 – Ст3; 2 – Сталь 45; 3 – Сталь 65Г

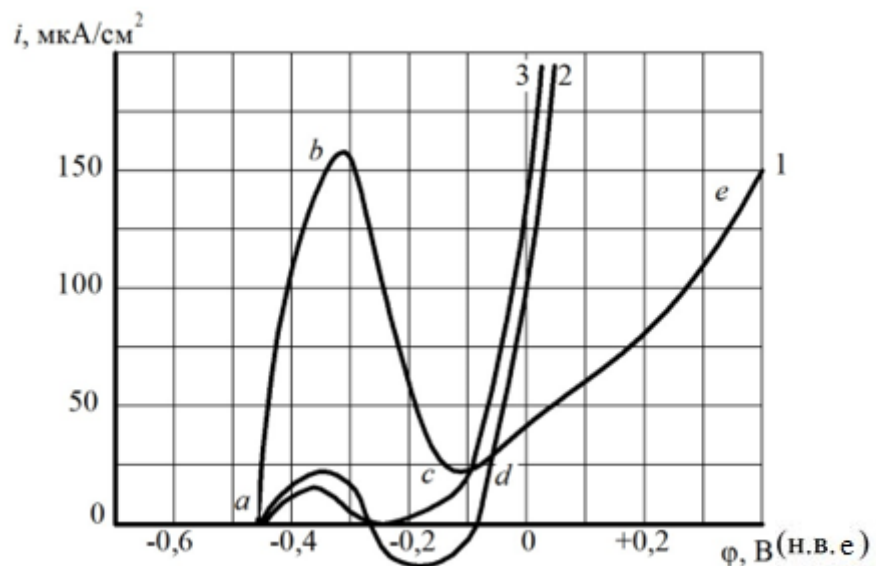


Рисунок 3.7 – Потенціодинамічні поляризаційні криві сталей у водному розчині комбікормів (з перемішуванням розчину):

1 - Ст3; 2 – Сталь 45; 3 - Сталь 65Г

Відсутність стадії пасивації чорних металів у розчині комбікормів може бути обумовлена тим, що швидкість локального розчинення металів (піттингоутворення) дещо перевищує швидкість формування пасивуючої плівки за рівнянням:

Рівноважний потенціал цієї реакції визначається за виразом:

$$\varphi = 0,047 - 0,0591 \text{ В}, \quad (3.27)$$

а при $\text{pH} = 7,5$

$$\varphi = -0,49 \text{ В}. \quad (3.28)$$

Амінокислоти, що входять до складу комбікормів, у разі неперемішування розчину не можуть надавати такого сильного впливу на піттингоутворення внаслідок їх обмеженої дифузії до кородуючої поверхні. У разі перемішування розчину доставка до поверхні металів речовин, що пасивують (роз-

чиненого кисню повітря, молекул води, амінокислот) полегшується. Це має позначатися і анодній поведінці досліджуваних металів.

При знятті потенціодинамічних поляризаційних кривих сталей виявляються такі ділянки:

a-b – ділянка активного розчинення поверхні зразків;

b-c - гальмування та зниження інтенсивності розчинення;

c-d – невелика ділянка пасивації;

d-e – вторинна активація.

Отже, амінокислоти, що містяться в комбікормових сумішах, є малоефективними інгібіторами корозії.

Адсорбція амінокислот на поверхні сталей ускладнює їх розчинення (низькі щільності струму в стадії активного розчинення) і перешкоджає також впровадженню активуючих аніонів, зокрема, хлор-іонів. Таким чином, адсорбція амінокислот різко зміщує потенціали піттингоутворення в позитивну сторону (приблизно 0,1 В). Помічено, що в області потенціалів пасивації на поверхні сталі Ст3 і сталі 45 формується інтерференційна (окисна) плівка блакитного кольору.

Таким чином, узагальнюючи отримані результати можна зробити висновок про те, що чорні метали в розчинах комбікормових мішанок схильні до активного розчинення з піттингоутворенням. Перемішування розчину сприяє частковому пасивуванню поверхні внаслідок полегшеної доставки до неї амінокислот, що адсорбуються.

3.8. Порівняльна оцінка захисних покриттів

Дослідженням піддавалися покриття із бітумних композицій. Вони наносилися вертикальними смугами завширшки по 100 і висотою 450 мм з внутрішньої сторони кузова мобільного кормороздавача за варіантами, дослідженими в лабораторних умовах.

Схема нанесення складів представлена на рис. 3.8.

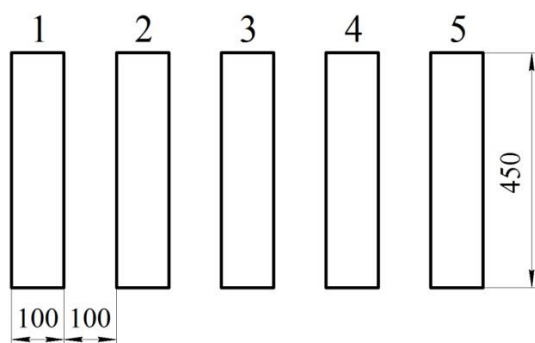


Рисунок 3.8 – Схема нанесення складів

На рисунку 3.8 показано п'ять варіантів покриттів: 1– бітумне покриття (контроль); 2, 3, 4, 5 – бітумне покриття з додаванням 5% по масі присадки АКОР-1, інгібованої олії НГ-203, відпрацьованого дизельного масла М-10Г2 та олігомеру Д-10ТМ відповідно.

Періодично візуально оцінювалися покриття за такими показниками згідно з даними таблиці 3.8 та 3.9.

- розтріскування, пухирці (до 5% за площею);
- розчинення та відшаровування (поверхнева сітка, видима неозброєним оком (2% за площею));
- поява вогнищ корозії (точки корозії діаметром до 2 мм, видима неозброєним оком, до 5 точок на 100 мм²).

Результати виробничих спостережень варіантів захисних покриттів наводяться за бальною системою, де оцінка дається за трьома окремими показниками:

- пухирці, розтріскування 5;
- відшаровування 2;
- поява вогнищ корозії 5 точок на 100 мм².

У таблиці 3.18 наведено показники граничного стану, після яких потрібно відновлення покриття, тобто, ремонтне фарбування. У ньому не враховано механічні ушкодження плівок захисних складів, так як завданням випробувань було визначення характеру зміни захисних та фізико-механічних властивостей покриттів.

Таблиця 3.18 – Строк служби плівок захисних складів, доба

Композиція	Оціночні показники		
	Пухирці	Відшарування	Корозія підкладки
Бітумно-бензиновий розчин (контроль)	144	240	216
Бітумно-бензиновий розчин + масло дизельне	192	264	288
Бітумно-бензиновий розчин + НГ-203А	264	288	288
Бітумно-бензиновий розчин + АКОР-1	288	312	312
Бітумно-бензиновий розчин + Д-10ТМ	312	336	360

Як основний показник оцінки стану покриття взяли початок їх відшарування.

За цим показником дані цієї таблиці показують:

- покриття з чистого бітумно-бензинового розчину можуть бути не більше 240 діб (контроль);
- покриття «бітумно-бензиновий розчин + масло дизельне» може бути не більше 264 діб (+10% до контролю);
- покриття «бітумно-бензиновий розчин + НГ-203А» може бути не більше 288 діб (+20% до контролю);
- покриття «бітумно-бензиновий розчин + АКОР-1» може бути не більше 312 діб (+30% до контролю);
- покриття «бітумно-бензиновий розчин + Д-10ТМ» може бути не більше 336 діб (+40% до контролю).

3.9. Висновки до розділу

1. Загальна та приватна методики досліджень корозії та захисту від неї машин та обладнання розроблені на загальних положеннях аналогічних робіт, розроблених у провідних інститутах.
2. Методика статистичної обробки отриманих результатів базується на кореляційному та регресійному аналізі. Залежності між змінними розраховували методом найменших квадратів, використавши критерій τ для оцінки приналежності членів варіаційного ряду до сукупності, враховували критерій Кохрена для оцінки однорідності експериментів, t - критерій Стьюдента, правила Романовського і F -критерій Фішера для визначення адекватності кінцевих рівнянь початковим.
3. Корозія сталі Ст3 за умов тваринницьких приміщень описується рівнянням криволінійної регресії $K = aT^b$. Середні корозійні втрати становлять, $\text{г/м}^2 \cdot \text{рік}$ в атмосфері свинарника – 480, корівника – 444, у вологому середовищі комбикормів – 260.
4. На кінетику корозії стали сильніше впливати сірчистий ангідрид і сірководень, що входять до складу атмосфери тваринницьких приміщень.
5. Фізико-механічні властивості бітумно-бензинових складів можна покращувати введенням у них пластизолу Д-10ТМ у кількості 5% за масою.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Коротка характеристика та аналіз діяльності базового господарства

Сільськогосподарський виробничий кооператив Агросвіт розташований у Любашівському районі Одеської області. Центральна ферма знаходиться в селі Сергіївка. Відстань до районного центру становить 3 км, а до обласного центру - 105 км. Директором господарства є Віктор Ляховецький. Основними напрямками діяльності сільськогосподарського підприємства є вирощування зернових та технічних культур.

Агросвіт входить до п'ятірки найбільших господарств області.

Поточна площа орних земель становить 8895,8 га. Компанія охоплює вісім сіл. Кількість орендарів - 1466. Середня площа земельних ділянок у власності становить 6,39 га. Загальна вартість орендованих земель становить 83 687,78 млн грн.

Агросвіт спеціалізується на диверсифікованому рослинництві, переважно на вирощуванні зернових, птахівництві та тваринництві; Агросвіт утримує 186 голови великої рогатої худоби, 2052 голови свиней, 24 голови овець та 79636 голів птиці.

У компанії працює 485 осіб. Приблизно 35% з них зайняті у тваринницькому секторі. До складу господарства входять два механічні цехи, одна майстерня, один автопарк, одна їдальня, один кормоцех, три ферми та дві птахофабрики.

Тваринництво - галузь сільського господарства, що займається розведенням сільськогосподарських тварин для виробництва тваринницьких продуктів. Науковою основою тваринництва є зоотехнія. Тваринництво посідає одне з перших місць за травмонебезпечністю в агропромисловому комплексі.

Фахівці цієї галузі повинні знати технологію проведення дезінфекції, дезінсекції, дезодорації, дератизації, дезактивації, а також усі правила роботи з тваринами, їхню психофізіологію та мотивацію поведінки [26, 27].

Ситуація з охороною праці на фермах задовільна.

Значна частина витрат компанії витрачається на спецодяг, взуття та засоби захисту. Вони надаються окремим працівникам для безперервного використання протягом періоду експлуатації або під час виконання конкретних завдань (наприклад, газового або електродугового зварювання) і не закріплюються за працівниками на постійній основі.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту здійснюється відповідно до журналу обліку видачі (повернення) спецодягу, спецвзуття та запобіжних засобів. Цей журнал ведеться у двох примірниках, один з яких зберігається в бухгалтерії, а другий - у керівника господарства, який видав ці засоби.

Коли обладнання зношується, його списують і відправляють на звалище. Господарства виділяють значні кошти на забезпечення працівників засобами індивідуального захисту та спеціальним одягом. Однак існують і такі проблеми:

- Несвоєчасне постачання спецодягу;
- Задля економії коштів закуповується дешевий, неякісний робочий одяг, що призводить до його швидкого зносу після закінчення терміну експлуатації; та
- Під час зварювання працівники використовують звичайний дріт замість спеціалізованого, що призводить до його перепалювання та стирання.

Самі працівники часто не носять засобів індивідуального захисту, не користуються респіраторами та рукавичками, що може призвести до травм. Гігієна працівників ремонтних майстерень є задовільною.

4.2. Аналіз стану ферми великої рогатої худоби

Ферма складається з основного та допоміжного приміщень для вирощування молодняку ВРХ, ветеринарного корпусу, кормоцеху та вигульно-годівельної зони (майданчика).

Також на фермі є інженерні комунікації (водопостачання, електро- та теплопостачання), силосні канали, майданчик для грубих кормів, навіси для зберігання обладнання та пункти технічного обслуговування.

Дороги на фермі асфальтовані. На території рівномірно розташовані майданчики для збору ґрунту та рідини.

Основні виробничі приміщення розташовані на ділянці двома меридіо-нально паралельними рядами (відхилення довгої осі будівель не більше 30°); враховані необхідні зоотехнічні та протипожежні розриви між будівлями відповідно до ДБН.

На в'їзді на територію ферми розташований ветеринарний контрольно-пропускний пункт на 90 осіб з дезінфекцією транспортних засобів. На інших чотирьох в'їздах встановлені дезінфекційні бар'єри.

В'їзд і пересування сторонніх осіб суворо заборонено.

Безпека праці на молочній фермі.

Під час роботи охолоджувача та пастеризатора необхідно регулярно контролювати роботу запобіжних клапанів. Трубопроводи подачі та відведення пари обладнані запірними клапанами, тому ризик ураження людей відсутній.

Холодильна установка експлуатується тільки в справному стані, а всі запірні клапани на нагнітальних лініях, за винятком запірного клапана компресора, заблоковані у відкритому положенні технічним персоналом холодильної установки. Балони з холодоагентом зберігаються в окремому спеціальному приміщенні без джерел тепла.

Запобіжні клапани на обладнанні та резервуарі налаштовані на початок відкриття при тиску не більше 1,8 МПа на стороні нагнітання і не більше 1,2 МПа на стороні всмоктування, а їх справність перевіряється двічі на рік. Всі

елементи обертового механізму обладнані захисними кожухами або огорожами із захисними пристроями на безпечній відстані від місця удару, що забезпечує безпеку роботи на молочній фермі.

Для запобігання ураження електричним струмом на молочній фермі виконано повторне заземлення, а всі електроустановки обладнані пристроєм захисту від пуску ПМЕ-223.

4.3. Шкідливі та небезпечні фактори у галузі тваринництва

Особливості виробничого процесу в тваринництві включають в себе залучення як тварин, так і людей, наявність кормів з різним фізико-хімічним складом, а також різних типів обладнання.

Тваринництво включає в себе безліч галузей, де працівники зайняті в схожих умовах. На них впливають такі фактори виробничого середовища, як:

- забруднення повітря робочої зони різними газами, пилом і мікроорганізмами;
- небезпека зараження захворюваннями від тварин;
- велике фізичне навантаження;
- поганий мікроклімат.

Повітря тваринницьких приміщень забруднюється газами (сірководнем, аміаком, альдегідом тощо) через розкладання органічних речовин. Неприємний запах може викликати у працівників нудоту та головний біль. Крім того, повітря запилюється під час приготування сінного борошна (подрібнене високоякісне сіно) та подрібнення коренеплодів. У такому пилу присутні кормові добавки - антибіотики, вітаміни, мікроелементи, пух, шерсть. Вони стають причиною алергічних захворювань.

У тваринництві нерідкі випадки зараження зоонозними інфекціями - бруцельозом, лептоспірозом, токсоплазмозом, сибірською виразкою, віспою корів тощо.

Незважаючи на механізацію сільського господарства, на багатьох підприємствах працівники все ще роблять більшість операцій вручну. Немеханізована праця доярок, скотарів, телятниць належить до важкої фізичної праці. У сукупності з вимушеним положенням тіла це призводить до профзахворювань - тендовагінітів, невритів ліктьового та серединного нервів, радикулітів. Поганий мікроклімат (підвищені та знижені температури, протяги) призводять до широкого поширення застудних захворювань.

Таблиця 4.1 - Шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища тваринницького комплексу

Фізичні фактори	Хімічні фактори	біологічні фактори	Психофізіологічні фактори
- рухомі машини та агрегати (мобільні кормороздавачі, автомобілі, трактори з причепами);	- токсичні та подразнювальні речовини (лікарські та мінеральні добавки в корми, дезінфікуючі та мийні речовини).	- тварини;	- фізичні перевантаження (операції з догляду за тваринами, що виконуються вручну);
- неогороджені рухомі частини машин, механізмів і обладнання (зубчасті, ремінні, ланцюгові передачі, карданні вали);		- патогенні мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності.	- нервово-психічні перевантаження (емоційні перевантаження під час перегонів і транспортування худоби)
- підвищений рівень шуму (під час дроблення кормів);			

- нестача природної та штучної освітленості робочої зони;			
- підвищений рівень статичної електрики;			
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі або підлоги.			

4.4. Заходи по зниженню дії небезпечних, шкідливих факторів

Для забезпечення безпеки працівників від небезпечних виробничих факторів проводять заходи щодо колективного захисту, які повністю або частково закривають доступ до зони, в якій діють небезпечні чинники, та унеможливають їхню дію в разі проникнення людини в простір, де вони виникають.

На всіх тваринницьких фермах від працівників вимагається ретельне дотримання особистої гігієни та правил техніки безпеки. Організацію і відповідальність за роботу з охорони праці на фермах і комплексах покладено на відповідних керівників. Наприклад, головний зооінженер проводить інструктаж тих, хто поступає на роботу, контролює виконання положень про охорону праці.

Головний ветеринарний лікар здійснює нагляд за ветеринарно-санітарним станом ферм, слідкує за дотриманням правил догляду за хворими тваринами, не допускаючи зараження обслуговуючого персоналу. Головний

інженер забезпечує дотримання правил техніки безпеки на механізмах і устаткуванні, що використовуються у тваринництві.

Персонал, що обслуговує тварин, допускають до роботи тільки після попереднього медичного обстеження, у подальшому вони проходять плановий профілактичний огляд. Для обслуговуючого персоналу виділяють спеціальне побутове приміщення, забезпечують їх спецодягом і взуттям.

Заходи з пожежної профілактики.

На підприємстві Агросвіт розроблено систему пожежовибухобезпеки відповідно до вимог нормативних правових актів. Вона включає:

1) визначено та обладнано місця для куріння;

Встановлено знаки із заборонами куріння у вибухо- та пожежонебезпечних зонах (у виробничих, складських приміщеннях і на території, де куріння заборонено);

2) ретельно продумані евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі.

3) у приміщенні ферм для робітників запарників кормів, щоб уникнути травм від опіків, робітники забезпечені рукавицями і захисними окулярами для очей;

4) встановлено порядок прибирання горючих відходів, пилу, зберігання промасленого спецодягу;

5) визначено порядок знеструмлення електрообладнання в разі пожежі та після закінчення робочого дня;

6) регламентовано: порядок пожежонебезпечних робіт; порядок огляду і закриття приміщень після закінчення роботи; дії працівників при виявленні пожежі;

7) приміщення, будівлі та споруди забезпечені первинними засобами пожежогасіння та пожежним інвентарем.

4.5. Висновок

Охорона праці у тваринництві являє собою комплекс підприємств, спрямованих на забезпечення безпеки. Збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Визначено шкідливі та небезпечні фактори при роботі на тваринницьких фермах, а також розроблено заходи по уникненню травмувань.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

5.1. Розрахунок економічного ефекту розроблених заходів

Розрахунок ведемо за укрупненим методом.

Загальний економічний ефект від розроблених заходів щодо захисту від корозії машин та обладнання тваринництва у загальному вигляді складається з чотирьох складових [28]:

$$E_{\Gamma} = E_{\kappa} + E_{\sigma} - E_{\text{зм}} + E_{\Gamma} \quad (5.1)$$

де E_{κ} – економія від зменшення втрат металів, грн;

E_{σ} – економія від виключення втрат продукції тварин через недотримання режиму годівлі, насамперед через порушення технологічного процесу, грн;

$E_{\text{зм}}$ – вартість захисних матеріалів, грн;

E_{Γ} – економія від збільшення терміну служби машин, грн.

Розрахунки проведені по свинарнику та корівнику молочного стада, використовуючи дані 2022 року по ТОВ «Агросвіт» Любашівського району Одеської області.

Вихідні дані для розрахунку загального економічного ефекту від розроблених заходів наведені в таблиці 5.1, звідки видно, що металофонд у загальному вигляді становить кг: по свинарнику – 12200, по корівнику – 15840.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунків

Найменування показника	Свинарник		Корівник	
	2021	2022	2021	2022
1	2	3	4	5
Середньорічне поголів'я ВРХ	-	-	702	713
Дійне поголів'я	-	-	448	470
Поголів'я свиней	1296	1365	-	-

Середньорічний надій на одну голову	-	-	4480	4560
Середньодобовий приріст ВРХ	-	-	563	670
Середньодобовий приріст свиней	390	445	-	-
Товарність продукції, %	95	95	90	91
Річна товарна продукція, ц	1510	1705	20240	21174
Середня реалізаційна вартість, грн/од.	10000	13000	600	800
Валовий дохід, грн				
Металофонд за приміщеннями:				
Огородження, кг	1200	1200	2000	2000
Автопоїлки, кг	1000	1000	1300	1300
Труби водопровідні, кг	600	600	840	840
Гноєзбиральні транспортери, кг	2100	2100	4500	4500
Устаткування кормоцеху, кг	7000	7000	7000	7000
Вентиляційні установки, кг	300	300	500	500
Пускоконтрольне обладнання, грн	5000	6500	5000	6500

Результати досліджень показали, що корозійні втрати сталі Ст3 становлять 16-17% від металофонду до впровадження результатів досліджень і трохи більше 1-2% після впровадження результатів досліджень. Ціну металу приймаємо в середньому на рівні 30 грн/кг. Тоді економія щодо зменшення втрат металів становитиме:

$$E_k = Q \cdot (n_c - n_n) \cdot C_m \cdot 0,01, \text{ грн.} \quad (5.2)$$

де Q - маса матеріалів в i -их об'єктах, кг;

n_c – інтенсивність корозійних втрат металу до запровадження результатів досліджень, %;

n_n – те саме, після впровадження результатів досліджень, %;

C_m - ціна металу, грн/кг.

Отже, прямий економічний ефект становитиме:

– по свинарнику:

$$E_{\kappa}^{cb} = 12200 \cdot (16,5 - 1,5) \cdot 30 \cdot 0,01 = 54900 \text{ грн} \quad (5.3)$$

– по корівнику:

$$E_{\kappa}^{kop} = 15840 \cdot (16,5 - 1,5) \cdot 30 \cdot 0,01 = 71280 \text{ грн} \quad (5.4)$$

Від збільшення терміну служби машин:

$$E_T = Q \cdot C_M \cdot \frac{T_{\phi} - T_{ам}}{T_{ам}}, \text{ грн} \quad (5.5)$$

де T_{ϕ} – фактичний термін служби металофонду після реалізації результатів досліджень, років;

$T_{ам}$ – амортизаційний термін служби металовиробів, років.

Отже, маємо:

$$E_T^{cb} = 12200 \cdot 30 \cdot \frac{7-5}{5} = 146400 \text{ грн} \quad (5.6)$$

$$E_T^{kop} = 15840 \cdot 30 \cdot \frac{7-5}{5} = 190080 \text{ грн} \quad (5.7)$$

Тоді загальна економія від захисту металовиробів становитиме:

$$E_c^{\kappa} = E_{\kappa} + E_T, \text{ грн} \quad (5.8)$$

$$E_c^{\kappa} = 54900 + 71280 + 146400 + 190080 = 462660 \text{ грн} \quad (5.9)$$

Сума непрямой економії обчислюється за виразом:

$$E_c^M = E_c^{c6} + E_c^{kop} \text{ грн,} \quad (5.10)$$

$$E_c^M = 495852,5 + 116480 = 612332,5 \text{ грн} \quad (5.11)$$

де E_c^{c6} , E_c^{kop} – економія від збереження продуктивності тварин у свинарниках-откормочниках і корівниках молочного стада.

Економія від виключення втрат продукції тварин:

$$E_c = M_c \cdot (n_n - n_c) \cdot D_p \cdot h_T \cdot \frac{1}{100} \cdot Ц_p^c \quad (5.12)$$

де M_c - середньорічне поголів'я тварин, голів;

n_n , n_c – середньодобовий приріст свиней за старою системою захисту від корозії металовиробів тваринницьких приміщень, кг/добу;

$D_p = 365$ днів – кількість днів на рік;

h_T – товарність продукції, %;

$Ц_p^c$ - реалізаційна вартість одиниці маси тварини, грн/кг.

Окремо за видами приміщень:

$$E_c^{c6} = 200 \cdot \frac{(445 - 390)}{1000} \cdot 365 \cdot 95 \cdot \frac{1}{100} \cdot 130 = 495852,5 \text{ грн} \quad (5.13)$$

Аналогічно по стаду великої рогатої худоби:

$$E_c^{kop} = 200 \cdot (4560 - 4480) \cdot 91 \cdot \frac{1}{100} \cdot 8 = 116480 \text{ грн} \quad (5.14)$$

Вартість захисних матеріалів $E_{зм}$ не можна враховувати, так як витрата їх відносно не значуща, також залишаємо на колишньому рівні витрати на використання захисних складів, як невелику величину, але обов'язкову.

Тоді річна економія складе, грн:

– по свинарнику на 200 голів:

$$E_p^{cb} = E_k^{cb} + E_c^{cb} + E_T^{cb} =$$

$$= 54900 + 495852,5 + 146400 = 697152,5 \text{ грн} \quad (5.15)$$

– по корівнику на 200 голів:

$$E_p^{kop} = E_k^{kop} + E_c^{kop} + E_T^{kop} =$$

$$= 71280 + 116480 + 190080 = 377840 \text{ грн} \quad (5.16)$$

Таблиця 5.2- Показники економічної ефективності

Назва показника	Показник	
	Свинарник	Корівник
Втрата сталі від корозії, %		
- До досліджень	16-17	16-17
- Після	1-2	1-2
Металофонд, кг	12200	15840
Середня вартість металу, грн, кг	30	30
Економія від зменшення втрат металів, грн	54900	71280
Економія від виключення втрат продукції тварин через недотримання режиму годівлі, насамперед через порушення технологічного процесу, грн	495852	116480
Економія від збільшення терміну служби машин, грн.	146400	190080
Тоді річна економія складе, грн	697152,5	377840

5.2. Висновки до розділу

1. Річна економія від впровадження результатів дослідження становила:

– по свинарнику на 200 голів 697 152,5 грн;

– по корівнику на 200 голів 377 840 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що основними факторами, що сприяють корозії деталей машин та технологічного обладнання ТВК, є підвищена вологість повітря (90-95% в осінньо-зимовий час), наявність в атмосфері приміщень значних концентрацій шкідливих складових: аміаку – до 41 мг/м³, вуглекислого газу – до 0,36%, сірководню до 9 мг/м³, сірчистого ангідриду до 9 мг/м³.

Основними способами захисту від корозії деталей машин та технологічного обладнання ТВК під час експлуатації є:

- раціональне розміщення, підтримання оптимальних кліматичних умов у приміщеннях;
- захист металевих поверхонь стійкими та ефективними покриттями та покращення їх фізико-механічних властивостей;
- своєчасне відновлення пошкоджених захисних покриттів із застосуванням модифікаторів іржі;
- регулярне очищення від технологічних забруднень та кормових залишків;
- дотримання правил зберігання та експлуатації.

Найбільш вдалим з вивчених способів протикорозійного захисту машин та обладнання ТВК є метод нанесення на метал захисних складів, оскільки цей метод є досить ефективним і доступним.

2. Виявлено, що найбільш корозійно-активними компонентами атмосфери приміщень, що впливають на корозію деталей машин та технологічного обладнання ТВК, є сірчистий ангідрид та сірководень, а у складі кормових залишків (комбікормів) – сірка та хлор. З переліку амінокислот, що входять до складу комбікормів, тільки лізин може проявляти незначну інгібуючу дію.

Показано, що деталі машин та обладнання тваринницьких приміщень схильні практично до всіх видів корозійних руйнувань, з яких найбільш небезпечними є щілинна та місцева корозія. Зазори розміром 0,5-1,5 мм є най-

більш небезпечними для машин та обладнання при експлуатації в умовах ТВК. Місцева корозія, маючи точковий характер руйнування, пронизує метал наскрізь та знижує механічну міцність деталі.

3. Розроблено склад для підвищення стійкості деталей машин та технологічного обладнання ТВК до впливу агресивних компонентів атмосфери приміщень та кормових залишків, який є бітумнобензиновим розчином з покращеними захисними властивостями за рахунок додавання олігомеру Д-10ТМ. Інгібіторний ефект розробленого складу пов'язаний із властивістю олігомеру Д-10ТМ змити електродний потенціал металу в область пасивації.

За результатами виробничих випробувань цей спосіб впроваджено у виробництво у ТОВ «Агросвіт» Любашівського району Одеської області.

4. Економічний ефект від застосування розробок у свинарнику на 200 голів становить 697152,5, грн/рік, а в корівнику на 200 голів – 377840 грн/рік.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корозія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org>
2. Що таке корозія і як захистити від неї? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ask.hilti.ua/article/shho-take-koroziya-i-yak-zaxistiti-vid-neyi/anbjwq>.
3. P. R. Roberge, “Handbook of Corrosion Engineering”, McGrawHill, 2012
H. Kaesche, “Corrosion of Metals: Physicochemical Principles and Current Problems”, Springer, 2003.
4. Гапанчук А.М. Технологія зберігання сільськогосподарських машин та шляхи її покращення / А.М. Гапанчук, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. Sp. z o.o. «Diamond trading tour», Warszawa. – 2017. – С. 50–55.
5. Калганков Є. В. Особливості фрактального аналізу поверхні руйнування гумових футерівок, що працюють в умовах абразивно-втомного зносу / Є. В. Калганков. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. - Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2017. – №133. – С. 66–74
6. Kalhankov, Ye.V. (2013), “Calculation of the durability of rubber linings of ball ore grinding mills, taking into account the aging of rubber”, Geo-Technical Mechanics, no. 113, pp. 181-202.
7. Kobets A.S., Dyrda V.I., Kalhankov Ye.V., Tsanidi I.M. and Chernii O.A. Abrasive fatigue wear rubber lining in the context of fractal analysis. Geo-Technical Mechanics. 2019, no. 144, pp. 103–110.
8. Капінус О.М. Проблеми та перспективи постановки на зберігання сільськогосподарської техніки / Капінус О.М. // Роль інновацій в трансформації образу сучасної науки: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2020. – С. 133–137.

9. Антикоровийний захист [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://ppu.biz.ua/index.php/nashi-tsiny/k2-categories/itemlist/category/100-antykoroziiyny-zakhyst>.

10. Кривохижа Є. М. Корозійні властивості засобів для санітарної обробки молочного обладнання / Є. М. Кривохижа. // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. – 2008. – №2. – С. 84–87.

11. Hou B. Introduction to a study on corrosion status and control strategies in China. In: Hou B, editor. Cost Corros. China. Beijing: Jointly Published with Science Press; 2019. pp. 1-89.

12. Проблема зберігання сільськогосподарської техніки [Електронний ресурс] / Я.Михайлович, О. Романюк, А. Рубець, А. Засулько // Пропозиція – Режим доступу до ресурсу: <http://propozitsiya.com/ua/problema-zberigannya-silskogospodarskoji-tehniki>.

13. Циценков, М.В. Розробка роботизованого кормороздавача для забезпечення збалансованого раціону годівлі великої рогатої худоби / М.В. Циценков, І.М. Довлатов // Агротехніка та енергозабезпечення. - 2022. - № 3 (36). - С. 59-68.

14. Дашков, В.Н. Защита животноводческого оборудования от коррозии / В.Н. Дашков, Н.К. Макеев, И.Н. Хилько. «Урожай», 1987. – 78 с.

15. Дашков, В.Н. Обоснование эксплуатационных методов повышения срока службы стационарного оборудования животноводческих ферм, подверженного коррозионному разрушению: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Дашков Владимир Николаевич. – Минск, 1983. – 223 с.

16. Воронцов, О.П. Способи зберігання та захисту від корозії сільськогосподарської техніки в умовах степової зони Української РСР: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Воронцов Анатолій Павлович. - Харків, 1986 р. - 127 с.

17. ДСТУ 3830-98. Корозія металів і сплавів. Терміни та визначення основних понять. Чинний від 2000-01-01. Вид. офіц. Київ, 2020. 12 с.

18. Павлов, В.С. Протикорозійний захист устаткування птахівничих комплексів :(На прим. клітинної батареї КБУ-3): дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Павлов Володимир Степанович; ГОСНІТІ. - М., 1994. - 173 с.

19. Рекомендації з розрахунку, проектування і застосування систем електротеплопостачання тваринницьких ферм і комплексів. - М.,1982. - 8 с.

20. Грунт-емаль по металу, спеціальні ЛКМ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://farba.co.ua/ua/p1358085436-gruntovka-020.html>.

21. Рязанов, В.С. Корозійно-електрохімічна поведінка Ст3 у водних розчинах комбікормів / В.С. Рязанов, Г.І. Яхваров, Ю.К. Волков // Захист металів. - 1982. - №2. - С. 235-237.

22. Калганков Є. В. Особливості фрактального аналізу поверхні руйнування гумових футерівок, що працюють в умовах абразивно-втомного зносу / Є. В. Калганков. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. - Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2017. – №133. – С. 66–74

23. Черній О. Дослідження безвідказності тракторів John Deere серії 8R в експлуатаційних умовах України. *Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. 2022. С. 117–120.

24. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В. – Дніпро: ДДАЕУ, 2021. – 75 с.

25. Калганков Є.В. Деякі проблеми гідроабразивно-втомного зносу деталей об'ємного гідроприводу мобільних машин / Є.В. Калганков // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2013. – №108. – С. 133-142.

26. Охорона праці у тваринництві: аналіз травматизму, заходи безпеки та характерні порушення під час перевірок [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://kr.dsp.gov.ua/index.php/5656-tv05-02-20>.

27. Основи охорони праці: / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний. - К.: Основа, 2006 — 448 с

28. Вініченко І.І. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства / І.І Вініченко, А.О. Сітковська. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.

29. Калганков Є.В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОС "Бакалавр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" і дипломних робіт ОС "Магістр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" / Калганков Є.В. – Д.: ДДАЕУ, 2021. – 36 с.39.

30. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

**ОБґРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ
АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ ОБЛАДНАННЯ
ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ**

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІ-1-22
Підпалій Володимир Сергійович

Керівник: доцент, к.т.н.
Толстенко Олександр Васильович

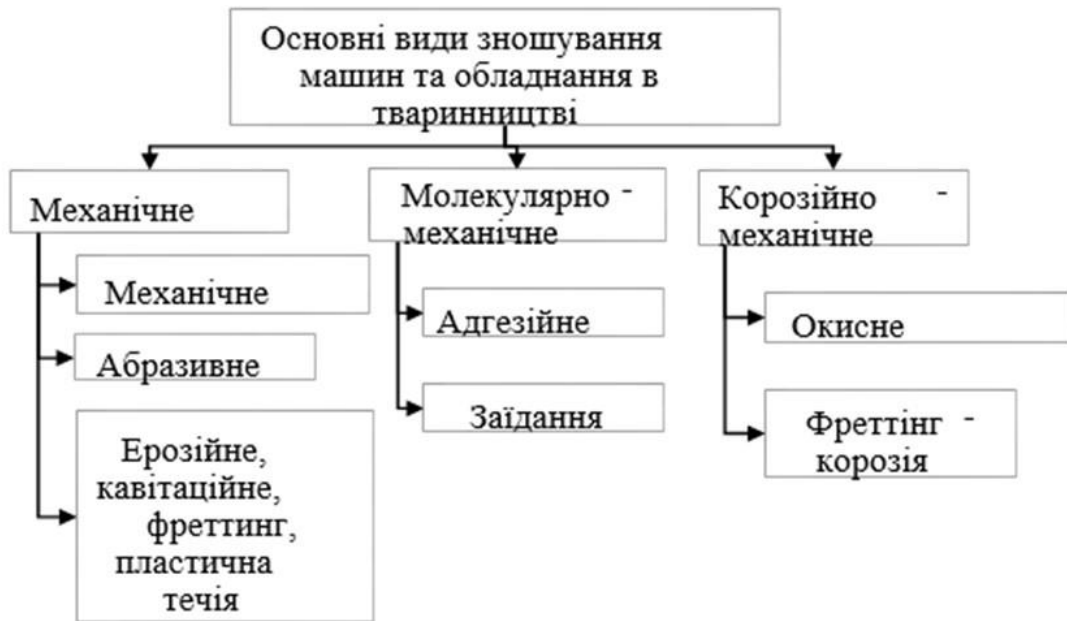
Дніпро-2023

МЕТА РОБОТИ

Підвищення корозійної стійкості деталей машин та технологічного обладнання тваринницьких комплексів

ЗАДАЧІ РОБОТИ

1. Проаналізувати фактори, що сприяють корозії деталей машин та технологічного обладнання ТВК, способи їх захисту під час експлуатації.
2. Виявити найбільш корозійно-активні компоненти атмосфери та кормових залишків, що впливають на корозію деталей машин та технологічного обладнання ТВК.
3. Розробити розчин для підвищення стійкості деталей машин та технологічного обладнання ТВК до впливу агресивних компонентів атмосфери приміщень та кормових решток.
4. Розробити засоби з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.
5. Визначити економічний ефект пропонованих розробок.





Заповнення
гноєзбирального каналу в
корівнику



Характер корозійного
зношування деталей
скребкового гноєзбирального
транспортера у свинарнику



Загальний вид корозійного
ураження поверхонь
контрольно-пускового
електроустаткування
корівника



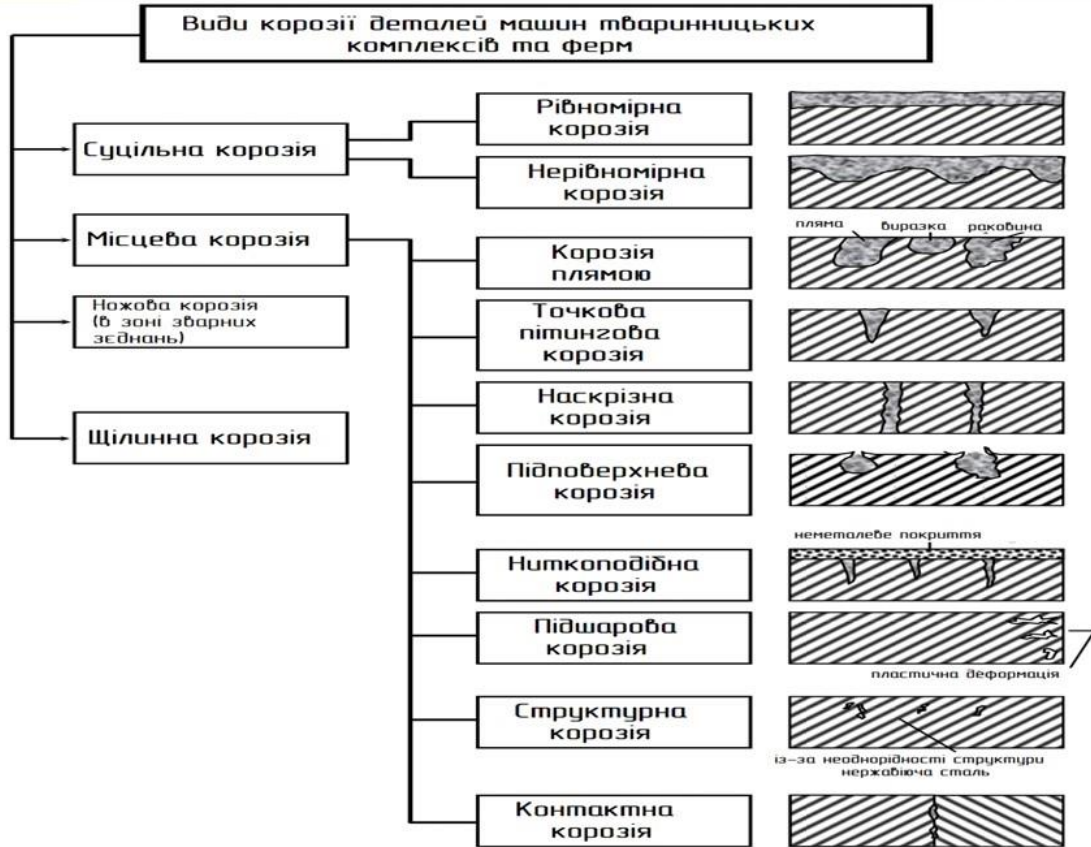
Корозія приводного
валу роздавача кормів



Корозія деталей
огорож свинарника



Корозійне ураження деталей
втулково-роликів ланцюгів
приводу кормороздавача





Розчини для моделювання атмосфери тваринницьких приміщень



Компоненти корозійного середовища, що моделюють атмосферу приміщень	Хімічне з'єднання
Сірководень	Водний розчин H_2S
Сірчистий ангідрид	Водний розчин Na_2SO_3
Вуглекислий газ	Водний розчин Na_2CO_3
Аміак	Аміачна вода NH_4OH

Схема зразка для випробувань

Обчислення корозійних втрат проводилося за виразом

$$K = \frac{M_1 - M_2}{P \cdot T} \cdot 10000 \cdot 8760, \text{ г/м}^2 \cdot \text{рік}$$

де M_1, M_2 – маса зразка до та після випробувань, г;

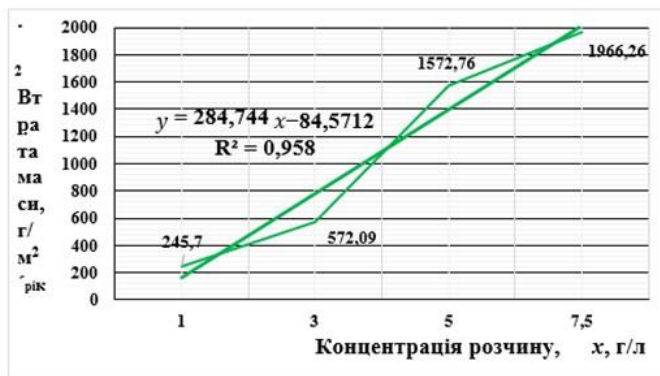
P – площа зразка, см^2 ;

T – тривалість експозиції, рік;

10000 – коефіцієнт переведення квадратного метра у квадратні сантиметри;

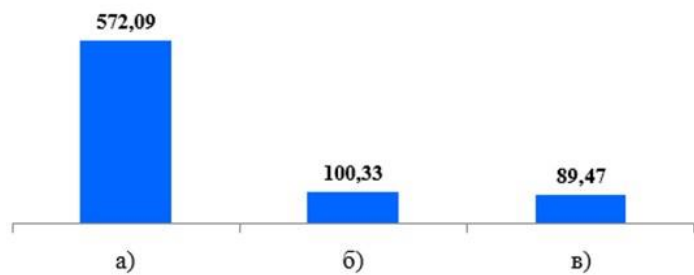
8760 – тривалість пори року в годинах (24×365).

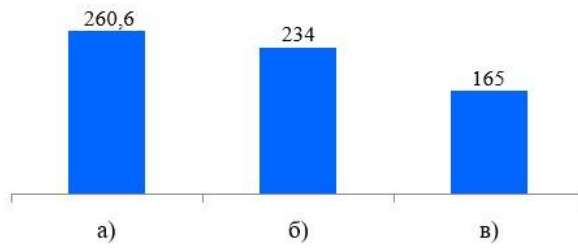
8 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



Характер залежності корозійних втрат сталі Ст3 від концентрації водного розчину натрію хлориду

Корозійні втрати сталі Ст3, г/м²·міс.: а) у 3%-му розчині NaCl; б) у середовищі, що імітує атмосферні умови свинарника; в) у середовищі, що імітує атмосферні умови корівника





Інтенсивність корозії металів у насичених розчинах комбікормів, г/м²·рік:

а) – сталь Ст3; б) - сталь 45; в) - сталь 65Г

Строк служби плівок захисних складів, діб

Композиція	Оціночні показники		
	Пухирці	Відшарування	Корозія підкладки
Бітумно-бензиновий розчин (контроль)	144	240	216
Бітумно-бензиновий розчин + масло дизельне	192	264	288
Бітумно-бензиновий розчин + НГ-203А	264	288	288
Бітумно-бензиновий розчин + АКОР-1	288	312	312
Бітумно-бензиновий розчин + Д-10ТМ	312	336	360

Фізичні фактори	Хімічні фактори	біологічні фактори	Психофізіологічні фактори
- рухомі машини та агрегати (мобільні кормороздавачі, автомобілі, трактори з причепами);	- токсичні та подразнювальні речовини (лікарські та мінеральні добавки в корми, дезінфікуючі та мийні речовини).	- тварини;	- фізичні перевантаження (операції з догляду за тваринами, що виконуються вручну);
- неогорожені рухомі частини машин, механізмів і обладнання (зубчасті, ремінні, ланцюгові передачі, карданні вали);		- патогенні мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності	- нервово-психічні перевантаження (емоційні перевантаження під час перегонів і транспортування худоби)
- підвищений рівень шуму (під час дроблення кормів);			
- нестача природної та штучної освітленості робочої зони;			
- підвищений рівень статичної електрики;			
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі або підлоги.			

Назва показника	Показник	
	Свинарник	Корівник
Втрата сталі від корозії, %		
-До досліджень	16-17	16-17
-Після	1-2	1-2
Металофонд, кг	12200	15840
Середня вартість металу, грн, кг	30	30
Економія від зменшення втрат металів, грн	54900	71280
Економія від виключення втрат продукції тварин через недотримання режиму годівлі, насамперед через порушення технологічного процесу, грн	495852	116480
Економія від збільшення терміну служби машин, грн.	146400	190080
Річна економія складе, грн	697152,5	377840

1. Встановлено, що основними факторами, що сприяють корозії деталей машин та технологічного обладнання ТВК, є підвищена вологість повітря (90-95% в осінньо-зимовий час), наявність в атмосфері приміщень значних концентрацій шкідливих складових: аміаку – до 41 мг/м³, вуглекислого газу - до 0,36%, сірководню до - 9 мг/м³, сірчистого ангідриду до 9 мг/м³.

Основними способами захисту від корозії деталей машин та технологічного обладнання ТВК під час експлуатації є:

- раціональне розміщення, підтримання оптимальних кліматичних умов у приміщеннях;
- захист металевих поверхонь стійкими та ефективними покриттями та покращення їх фізико-механічних властивостей;
- своєчасне відновлення пошкоджених захисних покриттів із застосуванням модифікаторів іржі;
- регулярне очищення від технологічних забруднень та кормових залишків;
 - дотримання правил зберігання та експлуатації.

Найбільш вдалим з вивчених способів протикорозійного захисту машин та обладнання ТВК є метод нанесення на метал захисних складів, оскільки цей метод є досить ефективним і доступним.

2. Виявлено, що найбільш корозійно-активними компонентами атмосфери приміщень, що впливають на корозію деталей машин та технологічного обладнання ТВК, є сірчистий ангідрид та сірководень, а у складі кормових залишків (комбікормів) – сірка та хлор. З переліку амінокислот, що входять до складу комбікормів, тільки лізин може проявляти незначну інгібуючу дію.

Показано, що деталі машин та обладнання тваринницьких приміщень схильні практично до всіх видів корозійних руйнувань, з яких найбільш небезпечними є щілинна та місцева корозія. Зазори розміром 0,5-1,5 мм є найбільш небезпечними для машин та обладнання при експлуатації в умовах ТВК. Місцева корозія, маючи точковий характер руйнування, пронизує метал наскрізь та знижує механічну міцність деталі.

2. Розроблено склад для підвищення стійкості деталей машин та технологічного обладнання ТВК до впливу агресивних компонентів атмосфери приміщень та кормових залишків, який є бітумнобензиновим розчином з покращеними захисними властивостями за рахунок додавання олігомеру Д-10ТМ. Інгібіторний ефект розробленого складу пов'язаний із властивістю олігомеру Д-10ТМ змити електродний потенціал металу в область пасивації.

За результатами виробничих випробувань цей спосіб впроваджено у виробництво у ТОВ «Агросвіт» Любашівського району Одеської області.

2. Економічний ефект від застосування розробок у свинарнику на 200 голів становить 697152,5, грн/рік, а в корівнику на 200 голів – 377840 грн/рік.

УДК 619.614.48

Підпай В.С.

*здобувач вищої освіти СВО Магістр,**ОПП Агроінженерія, ІТФ ДДАЕУ**Науковий керівник – Толстенко О.В.,**кандидат технічних наук, доцент*

АНТИКОРОЗИЙНИЙ ЗАХИСТ ОБЛАДНАННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ДОВГОВІЧНОСТІ

Корозія – це руйнування металів внаслідок хімічної чи електрохімічної їх взаємодії з корозійним середовищем [1]. Останнім часом під корозією розуміють складний фізико-хімічний процес: у основі лежить електрохімічне (а не хімічне, як вважали раніше) розчинення металів і сплавів [2]. Вона є одним із найбільш поширених та небезпечних видів руйнування металовиробів [2]. Втрати від корозії у всьому світі продовжують залишатися величезними. Вона сприяє невідновлюваній втраті металу, призводить до порушення технологічного процесу виробництва продукції через непрогнозований вихід з ладу тієї чи іншої деталі машини, найчастіше через зменшення міцності та підвищеного зносу внаслідок її корозійного руйнування, а, отже, і збільшення витрат на відновлення працездатності машин загалом.

У всіх сферах народного господарства, в тому числі і в агропромисловому комплексі (АПК), машини та обладнання експлуатуються в різних агресивних середовищах, до яких можна віднести атмосферні фактори у вигляді підвищеної відносної вологості повітря, роси, перепадів температури, сонячної радіації, наявності в повітрі атмосфери пилу та інших забруднень, а також технологічних середовищ та їх залишків на деталях виробів [3]. Їхня дія зникає ресурс виробів. У більшості випадків корозійне зношування перевищує величину механічного зносу від застосування машин за функціональним призначенням [3].

Відомо, що щорічні прямі втрати металів через корозію в Україні становлять до 12% від загальної маси металофонду, а вартість непрямих втрат

перевищує її вартість у 3-4 рази. У сільському господарстві вони становлять 10-12% від загального металофонду країни, а термін служби техніки порівняно з промисловістю та транспортом скорочується у 2,5-3 рази. Через корозійне руйнування відбувається до 33% відмов сільськогосподарських машин, на 40-55% зникається міцність вуглецевих сталей, в 2-4 рази збільшується знос сполучених деталей [3].

Вирішення питання захисту металів від корозії особливо важливе в умовах тваринницьких комплексів та ферм. Тут середовище найбільш агресивне: відносна вологість повітря (на рівні 65-80%, в холодну пору року доходить до 95% і вище з утворенням конденсату на поверхні металовиробів), підвищена концентрація аміаку, сірководню та вуглекислоти, перепади температури протягом доби, відсутність сонячних променів (сприяє розвитку мікроорганізмів та біологічної корозії), мала швидкість переміщення повітря, постійна наявність на поверхні кормопідготовчих та кормороздавальних машин технологічних залишків, неможливість регулярного очищення машин та обладнання від забруднень, потрапляння частинок екскрементів тварин та гноївки на поверхні виробів, наявність відкритої поверхні в автопоїтках та на підлозі.

У пливці вологи легко розчиняються різні забруднення з утворенням електролітів, що активізують процеси руйнування захисних та лакофарбових покриттів деталей, а також корозії металовиробів та зниження їхньої механічної міцності. У стиках та зазорах (різьбові з'єднання, місця з'єднання деталей тощо) прискорюються процеси щільної корозії.

Вищевикладене свідчить, що підвищення стійкості деталей машин та обладнання тваринницьких комплексів до руйнівного впливу агресивних компонентів атмосфери приміщень та технологічних залишків, а також поліпшення фізико-механічних властивостей захисних складів, що застосовуються, є актуальним завданням, вирішення якого гостро затребуване в АПК країни.

Для захисту від корозії кормопідготовчих та кормороздавальних машин та обладнання, а також водопровідної мережі у приміщеннях ТВК застосовують бітумні склади. Поліпшенню їх фізико-механічних властивостей надають великого значення. Однак, захисні плівки на їх основі при незначній товщині (0,2-1,2 мм) розтріскуються і служать не більше 0,8-1,5 року, оголюючи поверхню металу.

Висновок. Вирішення завдання вдосконалення протикорозійного захисту машин та обладнання тваринницьких комплексів дозволяє підвищити корозійну стійкість машин та обладнання до впливу агресивних компонентів атмосфери приміщення та технологічних залишків, а також покращити естетичні умови праці, що сприяє економії трудових та матеріальних витрат під час ремонту машин та обладнання.

Список використаних джерел

1. Корозія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org>

3. P. R. Roberge, "Handbook of Corrosion Engineering", McGrawHill, 2012 Н. Kaesche, "Corrosion of Metals: Physicochemical Principles and Current Problems", Springer, 2003.

Галанчук А.М. Технологія зберігання сільськогосподарських машин та шляхи її покращення / А.М. Галанчук, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. Sp. z o.o. «Diamond trading tour», Warszawa. – 2017. – С. 50–55.