

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 20 р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
Андрій ВОЙТІК
(підпис) (ініціали, прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

(освітній рівень)

тема роботи **«ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА
РЕЖИМІВ РОБОТИ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ УКЛАДАННЯ
ЗРОШУВАЧІВ В САДАХ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Задвернюк К.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.е.н., доцент, Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та
ініціали)

м. Умань – 2023 рік

РЕФЕРАТ

Задвернюк К.С. Обґрунтування параметрів та режимів роботи робочого органу для укладання зрошувачів в садах (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 50 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 7 рисунків, 1 таблиця, 18 джерел літератури).

У дипломній роботі здійснено огляд сучасного стану та перспектив розвитку існуючих способів та технічних засобів, параметрів та режимів їхньої роботи для зрошення сільськогосподарських культур. Проведено аналіз способів та технічних засобів для прокладання системи підґрунтового зрошення з застосуванням протифільтраційного екрану, що дозволяє зменшити вплив гравітаційного переносу вологи та підвищити дифузійний її перенос.

Мета роботи – зниження енергомісткості та підвищення продуктивності прокладання зрошувачів із протифільтраційним екраном для плодових насаджень шляхом оптимізації параметрів та режимів роботи робочого органу для виконання процесу.

Об'єкт дослідження – процес взаємодії з ґрунтом робочого органу для прокладання зрошувача з протифільтраційним екраном.

Предмет дослідження – взаємозв'язки параметрів та режимів роботи робочого органу для прокладання зрошувача з властивостями ґрунту.

Ключові слова: ПАРАМЕТРИ, РЕЖИМИ РОБОТИ, РОБОЧІ ОРГАНИ, ЗРОШУВАЧ, САДИ, ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ.....	9
1.1. Характеристика основних водно-фізичних властивостей ґрунтів.....	9
1.2. Аналіз способів і технологій поливу плодкових насаджень та виноградарств.....	11
1.3. Аналіз конструкцій техніки, технічних засобів та систем для зрошення.....	15
1.4. Мета та завдання дослідження.....	21
Висновки по розділу.....	21
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ УКЛАДАННЯ ЗРОШУВАЧІВ.....	23
2.1. Опис процесу укладання зрошувальної труби з протифільтраційним екраном.....	23
2.2. Аналіз процесу утворення кротовин для укладання зволожувача з протифільтраційним екраном.....	24
2.3. Геометричні параметри робочого органу для утворення кротовин.....	25
2.4. Аналіз витрат енергії на протягування труби зволожувача з протифільтраційним екраном.....	30
Висновки по розділу.....	32
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ УКЛАДАННЯ ЗРОШУВАЧІВ В САДАХ.....	33
3.1. Результати експериментальних досліджень тягових зусиль для легкосуглинкового ґрунту.....	33
3.2. Результати експериментальних досліджень тягових зусиль для середньосуглинкового ґрунту.....	36
Висновки по розділу.....	39
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	40
4.1. Організація умов та заходів з охорони праці в господарстві.....	40

4.2. Моделювання процесів виникнення травм при роботі на машино-тракторних агрегатах.....	42
Висновки по розділу.....	43
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	44
5.1. Вихідні дані для визначення техніко-економічної ефективності.....	44
5.2. Порівняльний аналіз пропонованого пристрою з базовою технологією..	45
Висновки по розділу.....	46
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49

ВСТУП

Зрошення є важливим агротехнічним прийомом, що сприяє кращому росту, підвищенню врожайності та економічної ефективності плодово-ягідних насаджень та виноградників. Але, тільки поставлене на наукову основу, зрошення у сукупності з іншими прийомами може впливати найбільш позитивно.

Існуючі зрошувальні системи, поряд із загальним позитивним ефектом, мають тенденцію негативного впливу на навколишнє середовище, що виявляється в нераціональному використанні водних ресурсів, низькому ККД, підвищенні рівня ґрунтових вод, вторинному засоленні ґрунтів та ін. Крім того, такі системи енергоємні та дорогі для землеробських господарств. В умовах зростаючого дефіциту водних та енергетичних ресурсів виникає необхідність в розробці нових локальних способів зрошення, що забезпечують рівномірність зволоження ґрунту, отримання високих врожаїв фруктів, при значному зниженні енергозатрат, експлуатаційних витрат та зрошувальної води.

Тому створення високопродуктивних промислових садів та впровадження у виробництво прогресивних способів її зрошення на основі розробки раціональних конструктивних параметрів і режимів роботи зрошувальних систем набуває особливу актуальність.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ

1.1. Характеристика основних водно-фізичних властивостей ґрунтів

Однією з умов отримання високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культур є створення оптимальних параметрів та режимів вологості в ґрунтовому профілі.

Закономірності формування режиму вологості ґрунту у значній мірі визначаються його гідрофізичними властивостями, які в свою чергу, залежать від гранулометричного складу, щільності, температури, порозності, вмісту органічної речовини. Це визначає з одного боку, неоднорідність ґрунтів за гідрофізичними параметрами, а з іншого – більш практичні можливості для моделювання та прогнозування гідромеліоративних ефектів різних агрозаходів та обґрунтування найбільш раціональних меліоративних технологій.

Водними (водно-фізичними, гідро-фізичними) властивостями називають сукупність властивостей ґрунту, які визначають поведінку ґрунтової води в його товщі. Найбільш важливими водними властивостями є: водоутримуюча здатність ґрунту, його вологоємність, водопідйомна здатність, потенціал ґрунтової вологи, водопроникність.

Водоутримуюча здатність – здатність ґрунту утримувати в ньому вологу від стікання під впливом сили тяжіння. Кількісною характеристикою водоутримуючої здатності ґрунту є його вологоємність. Вологоємність ґрунту – здатність поглинати та утримувати певну кількість води. В залежності від сил, що утримують воду в ґрунті, та умов її утримання розрізняють такі види вологоємності, які відповідають певним формам води: максимальну адсорбційну, максимальну молекулярну, капілярну, найменшу, або польову, і повну.

Водопроникність ґрунтів – здатність ґрунтів усмоктувати та пропускати через себе воду, яка надходить з поверхні. В процесі надходження води в ґрунт та подальшого пересування її можна виділити 2 етапи: 1) поглинання води

грунтом та проходження її від шару до шару у ненасиченому водою ґрунті; 2) фільтрацію води скрізь товщу насиченого водою ґрунту.

При цьому, перший етап являє собою усмоктування ґрунту та характеризується коефіцієнтом усмоктування. Другий етап – це сама фільтрація. Інтенсивність проходження води в ґрунтовій товщі, що насичена водою, характеризується коефіцієнтом фільтрації. У природних умовах чітко виділити окремі етапи водопроникності практично неможливо. Частіше при цьому проходить усмоктування води ґрунтом, фільтрація ж має місце тільки у випадку надходження великої кількості опадів, за умов зрошення великими нормами та за умов сніготанення. Межею між усмоктуванням ґрунтів і фільтрацією вважають момент встановлення постійної швидкості фільтрації.

Водопроникність ґрунтів знаходиться в тісній залежності від їхнього гранулометричного складу та хімічних властивостей ґрунтів, їхнього структурного стану, щільності, шпаруватості, вологості та тривалості зволоження.

Водопідйомна здатність ґрунтів – властивість ґрунту викликати висхідний потік води, що вміщується в ньому, за рахунок капілярних сил. Висота підйому води в ґрунтах та швидкість її пересування визначаються в основному гранулометричним та структурним складом ґрунтів, їхньою пористістю.

При підґрунтовому зрошенні, де вода надходить знизу, по закладеним у ґрунті трубам, зволоження активного шару ґрунту відбувається, в основному, капілярним та плівковим шляхом, тобто використовується всмоктувальна здатність ґрунту. Остання залежить від капілярних властивостей – чим більша капілярність ґрунту, чим менший діаметр його часточок, тим більша всмоктувальна здатність ґрунту за інших рівних умов. Однак, крім цих факторів, всмоктувальна здатність ґрунту в певний момент часу значно залежить від його вологості. Чим більша вологість ґрунту, тим менша, за інших рівних умов, його всмоктувальна здатність та навпаки.

Зміни всмоктувальної здатності ґрунту в залежності від вологості відбувається по деякій кривій, за думкою М.О. Муромцева [10], у звичайних координатах залежність носить гіперболічний характер, а у напівлогарифмічному масштабі, як відмічає І.І. Судніцин [16] – лінійний. Від сухого стану, приблизно, за подвійною гігроскопічністю і потому від капілярної вологості до повного насичення всисна здатність ґрунту зі збільшенням вологості зменшується повільніше, ніж на проміжку між подвійною гігроскопічністю та капілярною вологістю даного ґрунту.

1.2. Аналіз способів і технологій поливу плодових насаджень та виноградарства

У системі агротехнологічних прийомів при вирощуванні сільськогосподарських культур у посушливих умовах однією з найважливіших операцій є полив. На сьогодні існує велика різноманітність видів зрошення та поливних пристроїв для них.

Дослідженню процесу зрошення присвячені роботи Є.В. Акутневої, І.П. Айдарова, М.П. Мазепи, О.Д. Ахмедова, М.М. Багрова, Є.П. Борового, М.І. Ромащенко [1, 2] та інші.

Показниками якості поливу є виконання норми поливу, дисперсність краплі, інтенсивність поливу, рівномірність та своєчасність поливу.

Способи і техніка поливів повинні забезпечувати рівномірне зволоження ґрунту по площі та на задану глибину, механізацію робіт і високу продуктивність праці, а також економне витрачання води. У практиці зрошувального садівництва та виноградарства застосовують наземні способи поливу (по борознах, борознах-щідинах), дощування, підґрунтовий та краплинний.

Поверхневий полив за характером зволоження та умовами механізації проводиться напуском по стрічкам, майданчикам чи чекам із затопленням всієї поверхні ділянки (трави, зернові) або з подаванням води по борознах (просапні культури).

Дощування – це найбільш розповсюджений спосіб поливу. Застосовується в зонах нестійкого зволоження, при зрошенні ділянок зі складним рельєфом та водопроникними ґрунтами з близьким заляганням ґрунтових вод. Штучне дощування подібне до природного дощу невеликої інтенсивності, але достатньої тривалості, створює найкращі умови для росту рослин; зменшується випаровування внаслідок високої теплоємності води; температура навколоземного шару повітря знижується у спекотний час доби та підвищується у прохолодні нічні години [18].

Дощування найбільш широко застосовують на непохилених або мало похилених ділянках з ґрунтами середньої та високої водопроникності для поливу овочевих, технічних, зернових культур, садів, розсадників, луків в зоні недостатнього зволоження, де зрошення тільки доповнює природні опади в посушливі періоди [14].

Полив дощуванням широко застосовують на виноградниках багатьох країн світу. Він забезпечує рівномірне зволоження ґрунту по площі, підвищує продуктивність праці на поливі та зменшує затрати праці. В Україні дощування перспективне при зрошенні виноградників на схилах і на піщаних масивах.

Краплинне зрошення – термін, що об'єднує нові технології та технічні засоби поливу сільськогосподарських культур. Процес краплинного зрошення забезпечується при відносно невеликому тиску з деякими інтервалами та з малою інтенсивністю подачі води або подачі слабо концентрованих розчинів поживних речовин до коренів рослин над поверхнею ґрунту або безпосередньо в ґрунт.

Краплинне зрошення характеризується рядом технологічних особливостей, головними з яких є:

- локальний характер зволоження ґрунтів тільки в зоні розвитку основної маси кореневої системи;
- використання для налаштування водорозподільної системи краплинного зрошення інертних відносно навколишнього середовища матеріалів, в першу чергу полімерних [15].

При краплинному зрошенні з'являється можливість проводити обробіток ґрунту, роботи по боротьбі зі шкідниками та хворобами рослин безпосередньо під час поливу. Низька питома інтенсивність подачі води, а також локальний характер зволоження ґрунту робить краплинний спосіб поливу придатним для проведення зрошення на неvirівняних ділянках та крутих схилах, що важливо для зон із низьким рівнем водозабезпечення та пересіченим рельєфом місцевості [15].

Переваги краплинного зрошення: кореневий метод поливу; втрати вологи за рахунок випаровування менші, ніж при дощуванні або поверхневому зрошенні; вітер не впливає на розподіл вологи; не потребує ретельного планування поливної ділянки, запобігає поверхневому стоку навіть у складних топографічних умовах; дає можливість проведення сільськогосподарських робіт під час зрошення; можливість поливу малими поливними нормами та з короткими міжполивними періодами; не потребує створення високого тиску в напірних магістралях; при використанні баку-накопичувача поливна вода досягає оптимальної температури, що допомагає уникнути температурного шоку у рослин.

Недоліки краплинного зрошення: не припустиме для допоміжних технічних поливів; часта забрудненість крапельниць-водовипусків відкладенням солей та планктоном, що утворюються впродовж міжполивного інтервалу в трубопроводах-зволожувачах; висока вартість побудови систем краплинного зрошення, а також високі експлуатаційні витрати; нерівномірність розподілу по зрошуваній ділянці води; за недостатніх опадів необхідна додаткова поливна норма, частіш за все подавана дощуванням.

Підґрунтове зрошення. Систему підґрунтового зрошення класифікують за конструкцією зволожувачів та улаштуванню провідних елементів мережі, характеру роботи мережі в процесі поливу. Основний конструктивний елемент, що визначає особливості системи підґрунтового зрошення, – зволожувачі, конструкція та матеріал яких можуть впливати на характер та розподіл води та зволоження ґрунту [16].

Для улаштування труб-зволожувачів застосовують гончарні та керамічні труби, а в останній час – і полімерні. Підґрунтове зрошення базується на дії всмоктувальної сили ґрунту, тому його можна застосовувати на ґрунтах з добрими капілярними властивостями та водопроникним підґрунтям, і неможна – не піщаних, супіщаних, присадкових, галечникових та засолених [11].

За способом подавання води підґрунтові системи поділяють на вакуумні або адсорбційні з капілярним зволоженням (вода надходить до рослин завдяки всисним силам ґрунту); низького напору з капілярно-гравітаційним зволоженням (вода розподіляється по мережі самопливом) та напірні з гравітаційно-капілярним зволоженням (вода надходить в ґрунт при створенні штучного напору)[14].

При такому виді підґрунтового зрошення вода в трубах знаходиться під деяким напором, а характер її надходження буде залежати від конструкції зволожувачів. У тому випадку, якщо в трубах має місце зосереджений вихід води (отвір, щілина та ін.), то вода, що надійшла в ґрунт, пересувається в ньому головним чином під дією сили тяжіння та гідростатичного тиску. Якщо вихід води в ґрунт відбувається через пористу поверхню труб, то її подальше пересування в ґрунті носитиме переважно капілярний характер.

Аерозольний (дрібнодисперсний) полив застосовують в основному при вирощуванні посадкового матеріалу під плівкою та в теплицях. Цей спосіб оснований на покриванні рослин туманом, коли краплини води, опадаючи на листки рослин, не скочуються, а знаходяться на них до повного випаровування.

Аерозольне зрошення призначене для регулювання мікроклімату над полем. Доцільність застосування дрібнодисперсного (аерозольного) зрошення залежить від природно-кліматичних (клімат, рельєф, забезпеченість водою, якість зрошувальної води) та господарсько-економічних умов (склад та особливості сільськогосподарських культур, їхні фізіологічні потреби, умови вирощування, ресурсозабезпеченість).

Розробляються технології їхнього застосування для регенерації кореневої системи озимих культур після несприятливих умов зимування [8].

Таким чином, досліджуючи параметри систем підґрунтового зрошення можна досягти більш економного використання зрошувальної води, знизити вартість будівництва, витрати на експлуатацію, збільшити врожайність сільськогосподарських культур, тим самим підвищити економічну ефективність підґрунтового зрошення.

1.3. Аналіз конструкцій техніки, технічних засобів та систем для зрошення

Ефективність зрошення садів залежить не тільки від дотримання раціонального поливного режиму, але й від способу та техніки проведення поливу.

Суттєвим недоліком, що гальмує впровадження підґрунтового зрошення у виробництво, є слабка практична та теоретична розробка його прийомів, відсутність широкої експериментальної перевірки цього способу поливу.

Сучасні способи й техніка поливу повинні забезпечувати створення оптимальних умов для вирощування плодових культур; сприяти збереженню структури ґрунту; проведенню поливів з мінімальними витратами зрошувальної води на одиницю площі; отриманню високих урожаїв із доброю якістю плодів; перешкоджати виникненню водної ерозії; механізувати та автоматизувати процес поливу; регулювати в певному діапазоні водний, поживний та повітряний режими ґрунту та рослин, підвищувати ступінь надійності та коефіцієнт корисної дії зрошувальних систем; зменшувати енергетичні витрати [4].

У зв'язку з достатньо великим капіталовкладеннями на будівництво систем підґрунтового зрошення, необхідне подальше проведення досліджень, спрямованих на зменшення вартості цих систем та збільшення їхньої економічної ефективності шляхом удосконалення існуючих конструкцій систем підґрунтового зрошення та методів розрахунку режиму та техніки поливу.

Основний конструктивний елемент, що визначає особливості системи підґрунтового зрошення, – зволожувачі, конструкція й матеріал яких можуть

впливати на характер зволоження ґрунту та розмір витрат на будівництво. За способом налаштування підґрунтових зволожувачів розрізняють *підґрунтове зрошення по трубах*, виконаним із різних матеріалів (керамічні труби, пустотіла цегла, черепиця, дошки та ін.), та по так званим *кротовинам*, нарізання яких здійснюється спеціальними механізмами, шляхом видавлювання в ґрунті циліндричної або іншої форми порожнини [4].

Найбільше виробниче застосування знайшли трубчасті системи підґрунтового зрошення. Випробувано велику кількість різних видів труб – це гончарні та керамічні з виходом води у стиках, через отвори, щілини в стінках труб, бетонні, піщано-бітумні, із толю та ін.

В останній час переваги надаються трубам із полімерних матеріалів – поліетиленовим та поліхлорвініловим з виходом води через перфорації та щілини. Це пов'язане з тим, що будівництво системи підґрунтового зрошення при цьому значно дешевше, і вкладання труб може бути повністю механізоване. Гончарні труби достатньо міцні. Не підлягають корозії, мають незначну вартість, однак значна їхня маса, складність механізованого вкладання, розбивання при транспортуванні стримують виробниче впровадження систем підґрунтового зрошення з такими зволожувачами.

Поліетиленові ж труби мають малу масу, еластичність, високу механічну міцність та хімічну стійкість. Будівельні витрати за безтраншейного вкладання поліетиленових труб скорочуються на 60-80% [3]. Виконання різних перфорацій в таких трубах дозволяє зменшити замулення та заростання корінням рослин внутрішньої порожнини зволожувачів.

При використанні суцільнотягнутих труб в якості зволожувачів спростився процес будівництва ділянок підґрунтового зволоження, особливо із застосуванням безтраншейних трубоукладачів. Відпадає одна з самих трудомістких робіт – виконання стиків труб, немає небезпеки зміщення стиків у траншеї та виходу з ладу зволожувачів. І як наслідок – збільшується надійність в експлуатації ділянок підґрунтового зрошення.

Укладання труб в ґрунтах може здійснюватися траншейним, вузькотраншейним та безтраншейним способами.

Траншейний та вузькотраншейний способи укладання труб характеризуються значним об'ємом робіт, виносом мінерального ґрунту на денну поверхню та змішуванням останнього з гумусним шаром при засипці траншеї. Крім того, конструкція сучасних траншейних трубоукладачів характеризується наявністю значної кількості кінематичних зв'язків, що при роботі в умовах абразивного середовища призводить до частих поломок. Такі трубоукладачі втрачають працездатність на пластичних липких ґрунтах.

Глибину закладання трубчастих зволожувачів рекомендується витримувати в межах 0,45...0,5 м, тому що під час механізованого обробітку ґрунту можливе пошкодження останніх сільськогосподарським знаряддям і машинами.

Проектування та будівництво систем підґрунтового зрошення з трубчастими зволожувачами може здійснюватися за уклонів від 0,0001 до 0,001 та більших. Ділянки перед укладанням зволожувальної мережі повинні підлягати обов'язковому плануванню [2].

Тобто, застосування поліетиленових труб у меліоративній практиці сприяло розширенню та поглибленню робіт у галузі підґрунтового зрошення.

Підґрундове зрошення по кротовинам є найбільш дешевим і доступним. За цього способу поливу зволожувачі мають вигляд «земляних труб», що називаються штучними з добре вираженою капілярністю. Широке впровадження у виробництво такого зрошення стримується через короткий термін служби. Для зменшення проникнення води в глибокі шари ґрунту (особливо на ґрунтах з високою фільтрацією) та кращого розповсюдження її в горизонтальному напрямку на трубчастих системах підґрунтового зрошення встановлюють різні протифільтраційні екрани, виконані з поліетиленової плівки, руберойду, скловати та ін. [3].

Найкращі результати підґрунтового зрошення давало при вкладанні плівкового екрану на глибині 0,8м, на якому розміщували

поліетиленовий трубопровід малого діаметру через 3м. Відзначено, що плівковий екран шириною 2м обмежував накопичення зимово-весняної вологи у період дощів, тому поливи треба були починати раніше. Наявність фільтру з пошарово переробленого ґрунту (спочатку на екран потрапляють крупні фракції, потім середні та дрібні) створює сприятливі умови для бокового розподілу води вздовж стрічки шириною 2...4 м.

Ряд вчених [6, 8, 9, 17] підтвердили доцільність прокладання підземних комунікацій безтраншейним способом. Він позбавлює від недоліків, які властиві траншейному та вузькотраншейному способам та знижує собівартість будівництва на 12 % [3].

Основні переваги безтраншейного способу прокладання підземних комунікацій [9, 17]:

- висока робоча швидкість прокладання (до 5 км/год), а з нею й продуктивність праці;
- зменшення об'єму земляних робіт у 3-5 разів за рахунок суміщення процесів формування щілини, подачі і укладання труби та закриття щілини;
- збереження гумусного шару на поверхні ґрунту та, відповідно, мінімізація техногенного впливу на навколишнє середовище;
- можливість використання в зсувних ґрунтах, а також в ґрунтах з високим рівнем ґрунтових вод.

Відомі методи безтраншейного прокладання інженерних комунікацій – горизонтальне проходження в ґрунтах та протягування в утворену свердловину окремих модулів труб або гілок трубопроводів.

Проходження горизонтальних (похилених) свердловин, а також вертикальних стовбурів та протягування в них трубопроводів можуть проводитися такими методами: горизонтальне (похилене) спрямоване буріння (у тому числі шнекове), прокладання мікротунелів, ударно-імпульсне продавлювання, розкатка свердловин.

Розкатка свердловин – це безперервний процес утворення в ґрунті циліндричної порожнини шляхом деформації та ущільнення ґрунту розкатником (рис. 1.1) [11].



Рисунок 1.1 – Розкатник свердловин РТ-470 із закріпленою у хвостовій частині трубою для протягування в горизонтальну свердловину

Перевагою методу розкатки в порівнянні з горизонтальним (похиленим) спрямованим бурінням є відсутність необхідності використання пересувних насосних установок (для подачі води до бурового інструменту) або компресора (для подачі стисненого повітря до пневмопробійника). Крім того, при використанні розкатників повністю виключається просадка ґрунту на поверхні.

Саме на основі цього методу в сільському господарстві використовується підґрунтове зрошення по кротовинам, яке є найбільш дешевим та доступним.

Відомими є технічні рішення, спрямовані на розробку конструкцій робочих органів для здійснення багатоярусного розробляння ґрунту [9], що характеризується найменшою енергоємністю.

Також відомі ножові укладачі кабелю та труб [4], робота яких базується на принципі розрізання ґрунту.

Для прокладання пластмасових трубопроводів використовують укладачі на базі колісних та гусеничних тракторів. За типом базового шасі можна використовувати начіпні, напівнавісні та навісні трубоукладачі [1].

Так наприклад, трубоукладач STR 150 (рис. 1.2) (Австралія) укладає зрошувальні трубопроводи діаметром до 70 мм на глибину до 0,6 м.



а



б

Рисунок 1.2 – Трубоукладач STR 150: а – робоче обладнання трубоукладача; б – трубоукладач STR 150 у робочому положенні

Робоче обладнання включає в себе вертикальний розрізний ніж з незагостреною різальною кромкою та долотоподібний ніж, а також трубоспрямовуючий пристрій для подачі труб.

Трубоукладач Caterpillar (США) на базі гусеничного трактора Caterpillar D6H (рис. 1.3) виконаний у вигляді ножа-розпушувача з шарнірно закріпленим трубоспрямовуючим пристроєм для подачі трубопроводу діаметром до 70 мм [13]. Глибина укладання труб до 0,6 м.



а



б

Рисунок 1.3 – Трубоукладач Caterpillar D6H: а – робоче обладнання трубоукладача; б – трубоукладач Caterpillar D6H у робочому положенні

В укладачах труб КУ – 25 та КУ – 120 в якості робочого обладнання використовують долотоподібні ножі. Ці укладачі призначені для

безтраншейного укладання поліетиленових труб завтовшки 35-75 мм на глибину 1,2 м з одночасним прокладанням контрольної стрічки [14].

Тобто, робочі органи безтраншейних укладачів труб мають просту конструкцію, високу надійність і досить невисоку вартість. У порівнянні з траншейними їхня питома енергоємність на 15-20 %, а питома металоємність на 40-50 % менша [17], що суттєво збільшує можливості застосування безтраншейного способу укладання труб для зрошення.

1.4. Мета та завдання дослідження

Мета роботи: оптимізація параметрів та режимів роботи робочого органу для прокладання зрошувачів із протифільтраційним екраном для зрошення плодових насаджень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз сучасного стану та перспектив розвитку існуючих способів і технічних засобів для зрошення сільськогосподарських культур;
- виконати аналіз взаємодії робочого органу для утворення порожнини в ґрунті для безтраншейного укладання зрошувача з протифільтраційним екраном;
- виконати аналіз енергоємності процесу утворення порожнини в ґрунті та одночасного протягування труби зрошувача з протифільтраційним екраном;
- експериментально підтвердити адекватність отриманих теоретичних залежностей;
- здійснити техніко-економічне обґрунтування проекту.

Висновки по розділу

У результаті проведеного аналізу можна зробити висновок про те, що найбільш перспективним способом зрошення плодових насаджень та виноградників слід вважати підґрунтове зрошення.

Найбільш прийнятним для збереження та розповсюдження вологи за підґрунтового зрошення сільськогосподарських рослин є безтраншейний спосіб

укладання труб-зволжувачів, який базується на принципі вертикального заглиблення гнучких трубопроводів у ґрунт. При цьому для утворення кротовин використовують робочі органи різної геометричної форми та розмірів.

Однак розглянутий спосіб не дозволяє укласти протифільтраційний екран разом із зволожувачем. У зв'язку з цим, дослідження слід спрямувати на обґрунтування геометричних параметрів і режимів роботи робочого органу для утворення кротовини, розробку способу та технічного рішення безтраншейного укладання зволожувачів сумісно з протифільтраційним екраном.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ УКЛАДАННЯ ЗРОШУВАЧІВ

2.1. Опис процесу укладання зрошувальної труби з протифільтраційним екраном

В зоні витікання води зі зрошувача ґрунт отримує повне вологонасичення внаслідок інтенсивного надходження в нього зрошувальної води. Результатом цього є процес фільтрації, який супроводжується інтенсивним перенесенням води в нижні шари ґрунту. При цьому процес дифузійного переносу вологи від більш вологих ділянок до більш сухих зменшується. Це призводить до суттєвого зменшення зони зволоження в напрямку, перпендикулярному осі зрошувальної труби й паралельному поверхні поля. Для запобігання інтенсивного фільтраційного процесу в зоні витікання поливної води застосовується протифільтраційний екран, який дозволяє знизити фільтраційні процеси та збільшити зону витікання поливної води в напрямку, поперечному напрямку укладання зрошувальної труби й вирівняти зону витікання води між отворами зрошувача.

Схема такого укладання зрошувача наведена на рис. 2.1.

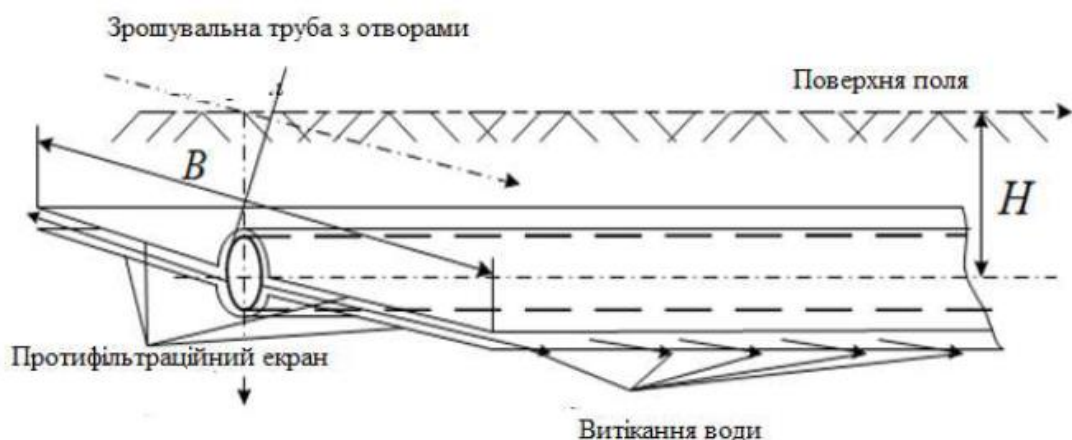


Рисунок 2.1 – Схема укладання зрошувальної труби з протифільтраційним
Екраном

2.2. Аналіз процесу утворення кротовин для укладання зволожувача з протифільтраційним екраном

У багатьох процесах, пов'язаних із зміною механічних властивостей ґрунту при будівництві іригаційних та інженерних споруджень, виникають задачі про утворення дрен в середині ґрунтового горизонту. При цьому використовують робочі органи різної геометричної форми та розмірів. Зокрема, для прокладання дренажних (зрошувальних) трубопроводів або кабелю методом протяжки виникає необхідність утворення порожнини (з метою зниження опору тертя протягування), в якій протягується комунікація. Тому, обґрунтування геометричних параметрів та режимів роботи робочого органу для утворення цієї порожнини є актуальною науковою задачею.

Аналізуючи стан досліджень взаємодії робочих органів із ґрунтом, слід відзначити існування двох складових даного питання. Перша відноситься до формалізації самого ґрунту, як середовища, на яке спрямована дія робочого органу, а інша складова відноситься до формалізації взаємодії самого робочого органу з ґрунтом і впливає із способу формалізації ґрунту та, отже, можливості самої схеми формалізації взаємодії.

Відносно першого питання слід відзначити, що за останнє десятиріччя суттєвих змін у формалізації ґрунту не відбулося. Тому, за формою представлення моделі побудови ґрунту всі роботи, що торкаються взаємодії з ним робочих органів, можна розділити на п'ять груп: 1) тверде тіло; 2) суцільне пружне середовище; 3) суцільне нестискуване сипуче середовище; 4) суцільне пружно-в'язко-пластичне середовище; 5) формалізація методами теорії подібності та розмірностей [5, 12]. Виходячи з цього, частіш за все використовують моделі, що більше нагадують взаємодію з абсолютно твердим тілом, або моделі що використовуються в класичній теорії механіки ґрунтів, які базуються на механіці сипучих середовищ [13]. Крім того, при побудові моделей взаємодії частіш за все використовують або одномірні моделі, або у кращому випадку плоскі рішення, які не завжди відображають реальний процес змін властивостей ґрунту під дією робочого органу [9].

При цьому слід відзначити, що щільність ґрунту під дією робочого органу змінюється в функції всіх шести компонент деформацій або напружень, що не можна відобразити у плоскій постановці задачі, а тим більше – в одномірній. Крім того, такі постановки задачі не дозволяють визначити всі три складових опору рухові робочого органу в ґрунті. Тому, вирішення задачі про взаємодію робочого органу з ґрунтом у трьохмірній постановці з встановленням взаємозв'язку геометричних параметрів і режимів роботи самого робочого органу зі зміною властивосте ґрунту, а також компонент тягового опору є актуальною задачею, яка потребує розв'язку.

Слід відзначити, що найбільш адекватним методом формалізації ґрунту, який можна використати для розв'язання задач про знаходження раціональних геометричних форм та режимів руху робочих органів, є метод, коли ґрунт можна представити у вигляді суцільного деформованого середовища з проявом таких властивостей, як пружність, в'язкість та пластичність [9].

При цьому при розв'язанні контактних задач взаємодії робочих органів із ґрунтом за такої формалізації найчастіше буває достатньо розв'язати задачу у пружній (мала швидкість руху робочого органу) або в'язко-пружній постановці. Такі розв'язки дозволяють використовувати аналітичні методи знаходження компонент деформацій, напружень, складових сил опору рухові робочого органу та визначати напрямки змін щільності ґрунту або навіть самі її зміни. Тобто, рішення задачі до настання пластичності або руйнування суцільності ґрунту дозволяє прогнозувати розвиток подальших процесів зміни її властивостей в залежності від геометричних параметрів та режимів руху робочого органу.

2.3. Геометричні параметри робочого органу для утворення кротовин

У самому загальному випадку геометричні параметри та режими роботи робочого органу можуть бути представлені у вигляді схеми, наведеної на рис. 2.2.

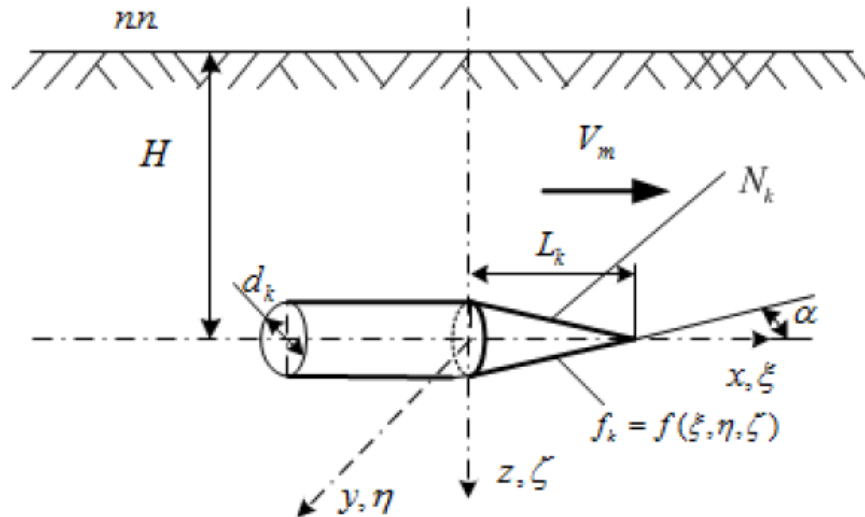


Рисунок 2.2 – Схема конусного робочого органу для утворення кротовини

Робочий орган представлений складеним тілом, що складається з конусної частини, яка переходить у циліндричну. Основна робоча частина, яка взаємодіє з ґрунтом, – це конусна частина. Робочий орган рухається в напрямку осі ox на глибині H від поверхні ґрунту зі швидкістю V_m .

Форма поверхні конуса в системі координат ξ, η, ζ , яка співпадає з системою координат ґрунту x, y, z , може бути представлена рівнянням для дійсного конуса в неявному вигляді:

$$f_k = -\frac{\xi^2}{a^2} + \frac{\eta^2}{b^2} + \frac{\zeta^2}{c^2} = 0 \quad (2.1)$$

Для випадку прямолінійної моделі та осьової симетрії відносно осі $o\xi$ коефіцієнти $a = b = r$, а коефіцієнт $c = 1/\tan\alpha$, де α – кут нахилу моделі до осі $o\xi$.

У цьому випадку, з урахуванням зміщення вістря конуса на величину L_k , рівняння конусу матиме вигляд:

$$-\frac{(L_k - \xi)^2}{r^2} + \frac{\eta^2 + \zeta^2}{a^2} = 0. \quad (2.2)$$

Рівняння координат поверхні конуса виражаться залежностями:

$$\xi = \frac{a^2 L_k \pm \sqrt{a^2 r^2 \zeta^2 + a^2 r^2 \eta^2}}{a^2}, \quad (2.3)$$

$$\eta = \pm \frac{\sqrt{a^2 L_k^2 - r^2 \zeta^2 - 2a^2 L_k \xi + a^2 \xi^2}}{r}, \quad (2.4)$$

$$\zeta = \pm \frac{\sqrt{a^2 L_k^2 - r^2 \eta^2 - 2a^2 L_k \xi + a^2 \xi^2}}{r}, \quad (2.5)$$

де r – радіус конуса біля основи.

Далі, якщо спроектувати швидкість поступального руху V_m на нормаль до поверхні конуса і далі цю нормальну складову спроектувати на осі координат $o\xi$, $o\eta$, $o\zeta$, то можна отримати компоненти швидкостей переміщень на осі координат у вигляді:

$$u_{k0} = V_m; v_{k0} = \frac{r^2 V_m \eta}{a^2 (L_k - \xi)}; w_{k0} = \frac{r^2 V_m \zeta}{a^2 (L_k - \xi)} \quad (2.6)$$

Ці вирази будуть вихідними для розв'язку контактної задачі взаємодії конуса з ґрунтом у кінематичній постановці.

Аналітичні рішення для контактних задач можливі лише в пружній або пружно-в'язкій постановці. Причому, ці рішення допускаються лише для випадку, коли при послідовних підстановках геометричних рівнянь у фізичні рівняння зв'язку напружень із деформаціями та подальшої підстановки отриманих компонент напружень у рівняння статички (динаміки) суцільного середовища будуть отримані рівняння еліптичного типу. У такому випадку рішення може бути знайдене за використання бігармонічних потенціальних функцій, які задовольняють умови на поверхні контакту тіла (система координат ξ, η, ζ) та середовища, з яким воно взаємодіє (система координат x, y, z), тобто при $x - \xi = 0$, $y - \eta = 0$, $z - \zeta = 0$ компоненти швидкостей (переміщень) дорівнюють їхнім початковим значенням.

Аналіз поздовжніх нормальних швидкостей деформацій ґрунту під дією конусного робочого органу свідчить про те, що зі збільшенням радіусу r основи конуса швидкість деформації зростає, при цьому зменшення гостроти конуса a призводить спочатку до зростання швидкості деформації до значення 0.03, а

подальше зменшення гостроти призводить до зменшення швидкості деформації, причому це виявляється більшою мірою при збільшенні радіуса основи.

Швидкість V_m руху конуса не робить істотного впливу на швидкість нормальної компоненти деформацій, в той час як винесення вістря конуса L_k наперед по осі від точки, в якій аналізується компонента деформації, призводить до зниження даної компоненти швидкості деформації.

Аналіз поперечних компонент нормальних швидкостей деформацій, ґрунту під дією конусного робочого органу свідчить про те, що зі збільшенням радіусу r основи конуса (аналогічно поздовжній компоненті) швидкість деформації зростає, при цьому зменшення гостроти конуса α призводить спочатку до зростання швидкості деформації до значення 0.03, а подальше зменшення гостроти призводить до зменшення швидкості деформації, причому це виявляється більшою мірою при збільшенні радіуса основи.

Швидкість V_m руху конуса не робить істотного впливу на швидкість нормальної компоненти деформацій за наявності виносу вістря конуса від перерізу, що розглядається. Винесення вістря конуса L_k наперед по осі від точки, в якій аналізується компонента деформації, призводить до суттєвого збільшення компонент поперечних швидкостей деформацій.

Переходячи до аналізу складових швидкостей деформацій зсуву в поздовжньо-поперечній та поздовжньо-вертикальній площинах, слід відзначити, що збільшення радіусу основи до $r = 0.03$ м спричинює зниження швидкостей цих деформацій у перерізі, що розглядається; подальше збільшення радіуса основи призводить до зростання швидкостей цих деформацій.

В той самий час, затуплення конуса спричинює зростання деформацій у поздовжньо-поперечній та поздовжньо-вертикальній площинах лише за великих значень радіуса основи конуса. Швидкості деформацій у поздовжньо-поперечній та поздовжньо-вертикальній площинах зростають як зі збільшенням швидкості V_m пересування конуса, так і зі збільшенням винесення L_k вістря по відношенню до перерізу, що розглядається.

Аналогічна картина характерна для швидкості деформації зсуву у поперечно-вертикальній площині.

Що стосується цієї швидкості в залежності від радіуса r основи конуса та його гостроти, яку характеризує величина a , то слід відзначити, що існує явно виражений максимум швидкості деформації, який залежить від співвідношень факторів r та a .

При розв'язанні задачі про взаємодію робочого органу для утворення кротовини з ґрунтом була прийнята модель ґрунту у вигляді в'язко-пружного середовища, яке може бути формалізоване моделлю Кельвіна-Фойгта.

Механічна модель такого середовища наведена на рис. 2.3.

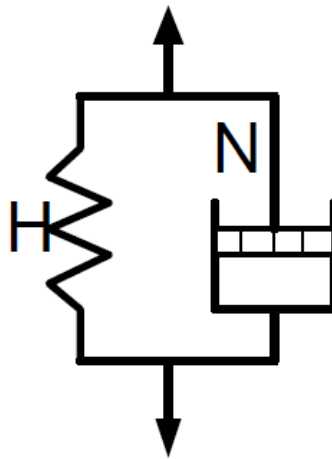


Рисунок 2.3 – Механічна модель в'язко-пружного середовища (ґрунту)

Згідно цієї моделі, внаслідок прикладення навантаження, відбувається в'язко-пружне деформування матеріалу, за якого зі збільшенням швидкості прикладення навантаження швидкість деформації знижується пропорційно коефіцієнту в'язкості. При виведенні рівнянь зв'язку напружень зі швидкостями деформування необхідно підсумувати девіаторні складові напружень пружного та в'язкого деформування.

Таким чином, аналізуючи залежності ущільнення ґрунту стінок утвореної кротовини та опір ґрунту пересуванню робочого органу, можна прийти до висновку, що для більшості ґрунтів за механічними характеристиками найбільш раціональними будуть такі геометричні параметри конусної частини робочого органу: загострення $a \approx 0.02$, радіус основи конуса $r \approx 1.1r_t$, де r_t – радіус труби зрошувача, при швидкості руху $V_m \approx 1$ м/с.

2.4. Аналіз витрат енергії на протягування труби зволожувача з протифільтраційним екраном

У процесі протягування зрошувача в утвореній робочим органом порожнині на границі контакту поверхні труби зрошувача зі стінкою кротовини виникають сили тертя. При цьому слід урахувувати, що тиск на стінки кротовини від дії сил тяжіння труби розподілений за певним законом, отже, сили тертя при розподіленому навантаженні повинні бути визначені як добуток коефіцієнта тертя та інтегральної функції сили, яка розподілена за довжиною перерізу нижньої частини труби (рис. 2.4).

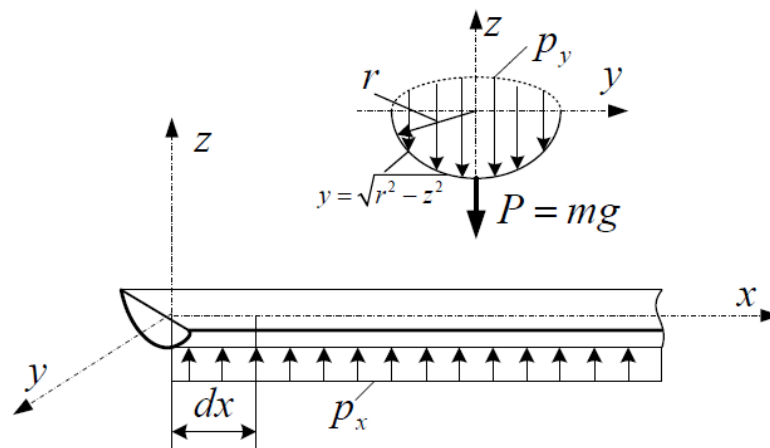


Рисунок 2.4 – Розподіл тиску труби зрошувача на дно утвореної кротовини

А з урахуванням сили, що розподілена за довжиною труби, – ще й як інтегральна функція отриманої сили тертя за поперечним перерізом труби.

Крива у поперечному перерізі yoz поверхні труби, яка стикається з дном кротовини, визначається функцією:

$$y = \sqrt{r^2 - z^2}; z = \sqrt{r^2 - y^2}, \quad (2.7)$$

де r – радіус труби та, відповідно, радіус кротовини.

Розподілена по перерізу труби сила може бути отримана на підставі прирівнювання зосередженої сили тяжіння, віднесеної до проекції перерізу на поперечну вісь, і криволінійного інтеграла першого роду, за яким визначається зосереджена сила від функції розподілу сили. Зв'язок зосередженої сили з розподіленою по перерізу може бути записаний у вигляді:

$$\left(\frac{P}{2r}\right) = \frac{d}{dy} \int_{-r}^r p_y \sqrt{1 + (z'[y])^2} dy, \text{ или } \left(\frac{P}{2r}\right) = p_y \sqrt{1 + (z'[y])^2}, \quad (2.8)$$

де $P = mg$ – сила ваги елементарної довжини труби, m – маса елементарної ділянки довжини труби, p_y – розподілена по перерізу труби сила, $z'[y]$ – похідна функції z за y .

В процесі підстановки, розв'язання рівняння має вигляд:

$$p_y = P / \left(2r \sqrt{r^2 / (r^2 - y^2)} \right). \quad (2.9)$$

Інтегрування виразу (2.9) по довжині нижньої частини кола труби та множення його на коефіцієнт зовнішнього тертя матеріалу труби об ґрунт, а також з урахуванням того, що $P = mg$, дає питому силу тертя елементарної ділянки труби dx :

$$F_m = tg[\psi] \int_{-r}^r mg / \left(2r \sqrt{r^2 / (r^2 - y^2)} \right) dy = \frac{g m \pi \sqrt{r^2} tg[\psi]}{4|r|}. \quad (2.10)$$

Інтегрування виразу (2.10) по довжині протягуваного зрошувача дає вирази зміни зусилля протягування в функції довжини трубопроводу x :

$$F_t = \int \frac{g m \pi \sqrt{r^2} tg[\psi]}{4|r|} dx = \frac{x g m \pi \sqrt{r^2} tg[\psi]}{4|r|} \quad (2.11)$$

Аналогічно одержанню залежності (2.11), може бути отримана залежність сил тертя при протягуванні протифільтраційного екрана. При цьому рішення спрощується через відсутність необхідності застосування криволінійного інтеграла першого роду, оскільки поверхня контакту є площиною.

Зусилля протягування екрана в функції довжини зрошувача буде мати вигляд:

$$F_{te} = \int g m_e tg[\psi_e] dx = x g m_e tg[\psi_e]. \quad (2.12)$$

Таким чином, аналізуючи залежності (2.11) та (2.12), можна зробити висновок про те, що на зусилля протягування зрошувальної труби та

протифільтраційного екрана не впливають їхні геометричні розміри, а впливає питома, віднесена до одиниці довжини, маса та збільшення опору протягування, яке прямо пропорційне довжині труби (екрана). Крім того, істотно впливає коефіцієнт зовнішнього тертя матеріалу труби (екрана) об ґрунт.

Висновки по розділу

На підставі проведеного аналізу динаміки контактної взаємодії робочого органу з ґрунтом встановлені компоненти нормальних і зсувних напружень ґрунту на поверхні контакту. Визначено напрямки й величини ущільнення ґрунту в залежності від його механічних властивостей, геометричних параметрів робочого органу та швидкості поступального переміщення.

Аналізуючи залежності ущільнення ґрунту стінок утвореної кротовини та опір ґрунту пересуванню робочого органу, можна прийти до висновку, що для більшості ґрунтів за механічними характеристиками найбільш раціональними будуть такі геометричні параметри конусної частини робочого органу: загострення $a \approx 0.02$, радіус основи конуса $r \approx 1.1r_t$, де r_t – радіус труби зрошувача, при швидкості руху $V_m \approx 1$ м/с.

Аналіз опору протягування зрошувальної труби та протифільтраційного екрана свідчить про те, що на зусилля протягування зрошувальної труби й екрану не впливають їхні геометричні розміри, а впливає питома, віднесена до одиниці довжини, маса й збільшення опору протягування, яке прямо пропорційне довжині труби (екрану). Крім того, істотно впливає коефіцієнт зовнішнього тертя матеріалу труби (екрану) об ґрунт.

РОЗДІЛ 3.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ УКЛАДАННЯ ЗРОШУВАЧІВ В САДАХ

3.1. Результати експериментальних досліджень тягових зусиль для легкосуглинкового ґрунту

Експериментальні дослідження з визначення складових тягового зусилля для визначення адекватності теоретичних досліджень і перевірки працездатності пристрою проводилися на ділянках легкосуглинкового та середньосуглинкового ґрунту.

Процес протягування зрошувальної труби з протифільтраційним екраном і фрагмент розкопки покладеної труби з екраном наведені на рис. 3.1 і 3.2.



Рисунок 3.1 – Початок протягування труби зрошувача разом із протифільтраційним екраном



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд укладеної труби зрошувача з протифільтраційним екраном

Результати обробки результатів динамометрування, проведені при експериментальних дослідженнях, показали адекватність отриманих теоретичних залежностей опору ґрунту переміщенню робочого органу за рівня значущості $\alpha = 0.25$ [18].

При проведенні експериментальних досліджень використовувався робочий орган із такими геометричними параметрами: $L_l = -B \cos[1/a]$, де $B=0.3$ – ширина одного леміша, м; $h = 0.8$ – висота леміша в зоні зіткнення з конусною частиною, м; $a = -2$ – коефіцієнт нахилу нормалі до поверхні леміша до осі ox , $b = 0.75$, $c = -1.5$ – коефіцієнти нахилу нормалі до поверхні леміша до осей oy, oz , відповідно. При цьому властивості ґрунту були такими: напруження початкового зсуву – $\tau_0 = 2000$ Па, коефіцієнт бокового розширення $\nu = 0.4$, щільність $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$, модуль в'язкості зсувних деформацій $\eta_l = 3.8 \cdot 10^4$ Пас, модуль пружності лінійних деформацій $E = 3.63 \cdot 10^7$ Па, кут зовнішнього тертя по поверхні леміша $\psi = \pi/4$.

У результаті проведення експерименту були отримані чисельні значення тягових зусиль. На підставі цього ми побудували осцилограми (рис. 3.3–3.6).

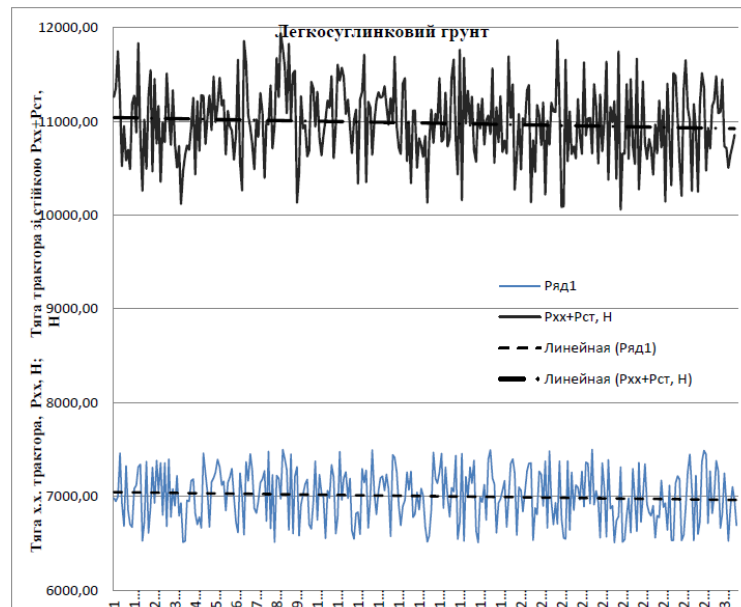


Рисунок 3.3 – Фрагмент характерного тягового опору:
 ряд 1 – тяговий опір холостого ходу буксированого трактора,
 2 – тяговий опір буксированого трактора зі стійкою кріплення
 робочого органу, ряди 3, 4 – лінійні апроксимації (ряд 1 і ряд 2)
 для легкоглинкового ґрунту

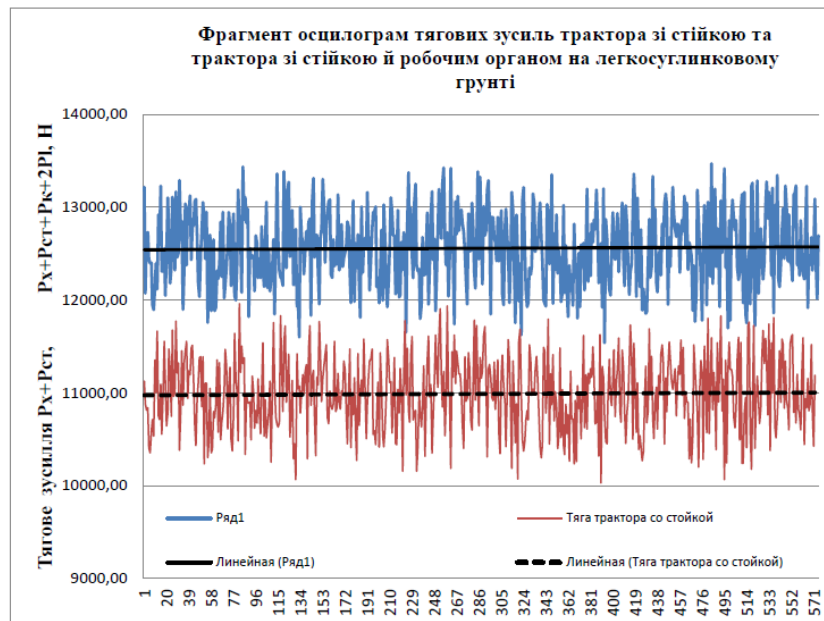


Рисунок 3.4 – Фрагмент характерного тягового опору робочого органу (конусна і лемішна частина): ряд 1 – тяговий опір холостого ходу буксированого трактора зі стійкою та робочим органом (конусна і лемішна частини), 2 – тяговий опір буксированого трактора зі стійкою кріплення робочого органу, ряди 3, 4 – лінійні апроксимації (ряд 1 і ряд 2) для легкосуглинкового ґрунту

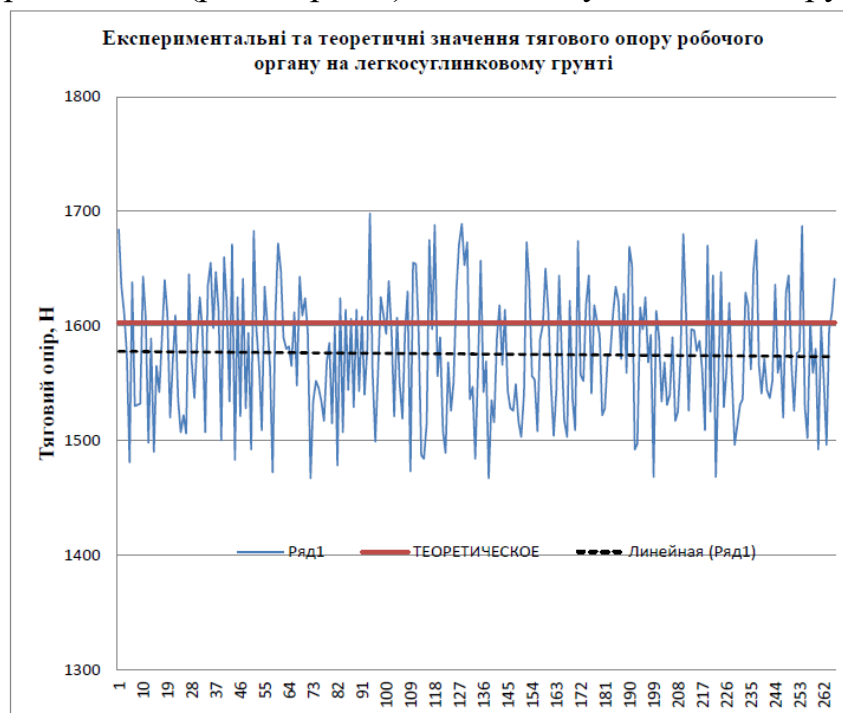


Рисунок 3.5 – Фрагмент характерного тягового опору робочого органу (конусна й лемішна частини): ряд 1 – тяговий опір робочого органу (конусна й лемішна частини), 2 – теоретичне значення тягового опору робочого органу (конусна й лемішна частини), ряд 3 – лінійна апроксимація (ряд 1) для легкосуглинкового ґрунту

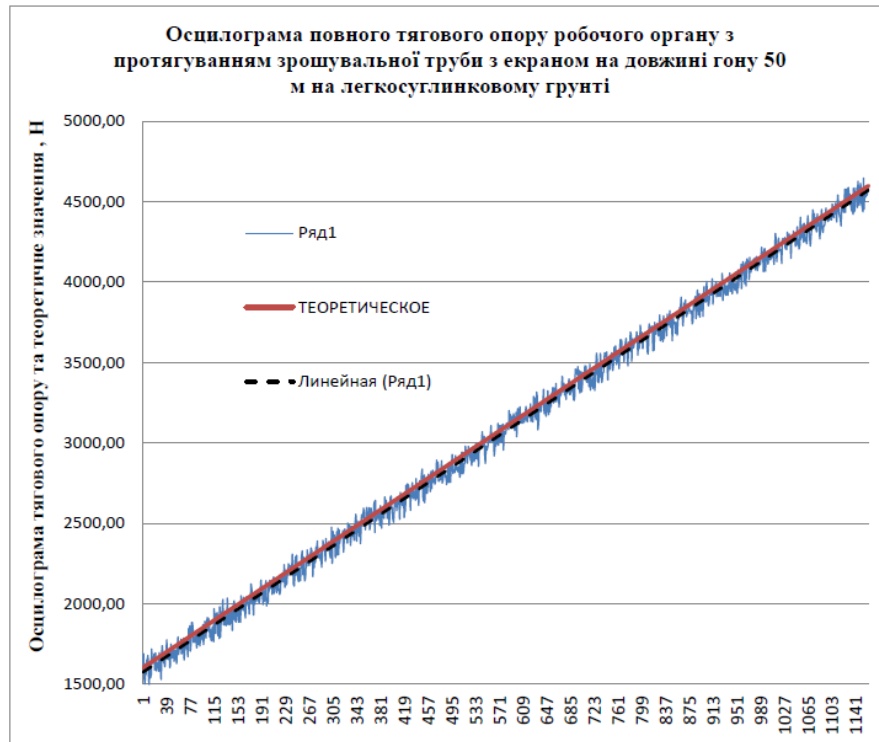


Рисунок 3.6 – Повний запис тягового опору робочого органу з протягуванням зрошувальної труби та протифільтраційного екрана на довжині гону 50 м: ряд 1 – осцилограма, ряд 2 – теоретичне значення опору, ряд 3 – лінійна апроксимація осцилограми 1 для легкосуглинкового ґрунту

Результати визначення зусиль протягування зрошувальної труби разом з протифільтраційним екраном, які знаходили з теоретичних залежностей зіставлялися з результатами повного зусилля протягування, за винятком опору перекочуванню трактора та опору руху стійки. Результати теоретичних досліджень адекватні за рівня значущості $\alpha = 0.25$.

3.2. Результати експериментальних досліджень тягових зусиль для середньосуглинкового ґрунту

В результаті проведення експерименту були отримані чисельні значення тягових зусиль для середньосуглинкового ґрунту. На підставі цього ми побудували осцилограми (рис. 3.7–3.10).

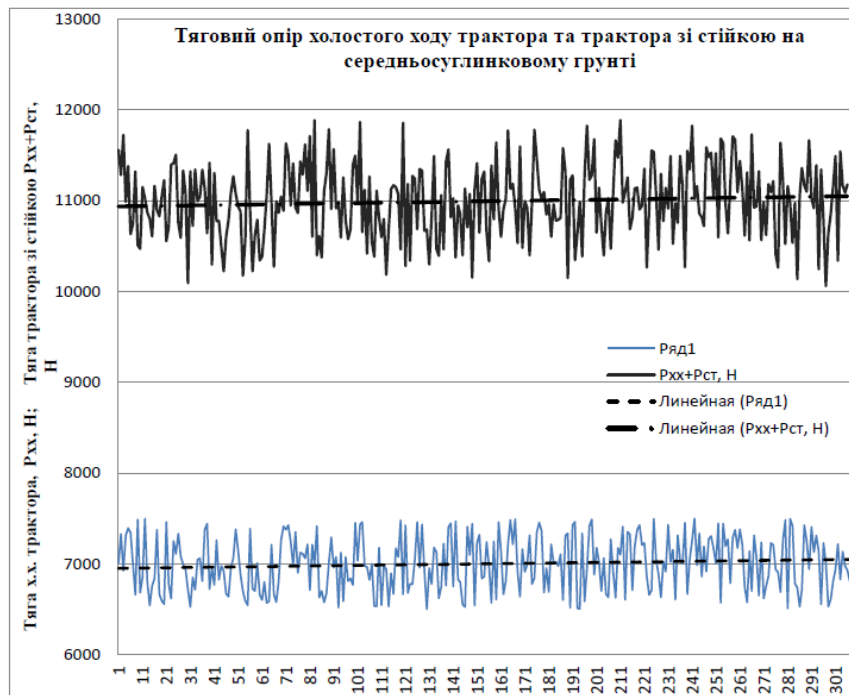


Рисунок 3.7 – Фрагмент характерного тягового опору:
 ряд 1 – тяговий опір холостого ходу буксированого трактора,
 2 – тяговий опір буксированого трактора зі стійкою кріплення
 робочого органу, ряди 3, 4 – лінійні апроксимації (ряд 1 і ряд 2)
 для середньосуглинкового ґрунту

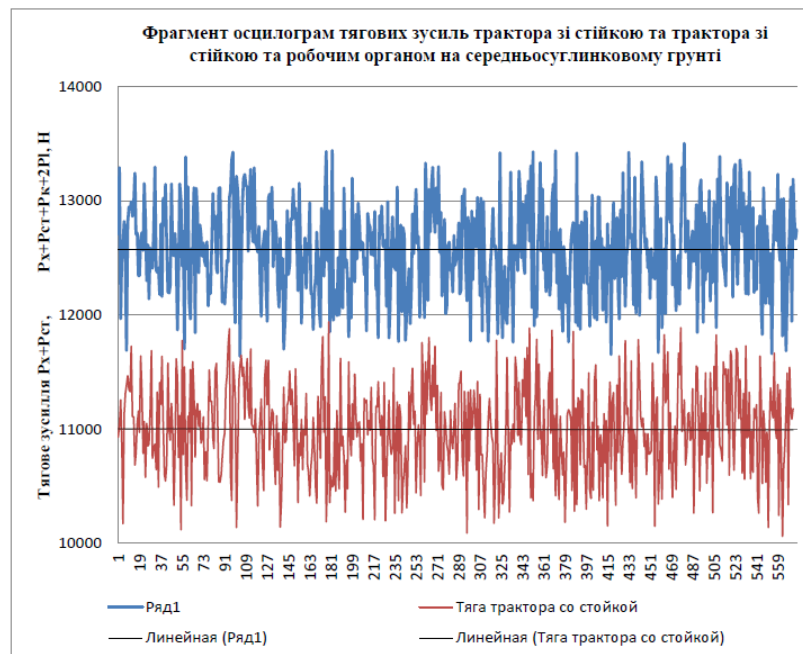


Рисунок 3.8 – Фрагмент характерного тягового опору робочого
 органу (конусна і лемішна частини): ряд 1 – тяговий опір
 холостого ходу буксированого трактора зі стійкою та робочим органом
 (конусна і лемішна частини), 2 – тяговий опір буксированого
 трактора зі стійкою кріплення робочого органу, ряди 3, 4 – лінійні
 апроксимації (ряд 1 і ряд 2) для середньосуглинкового ґрунту

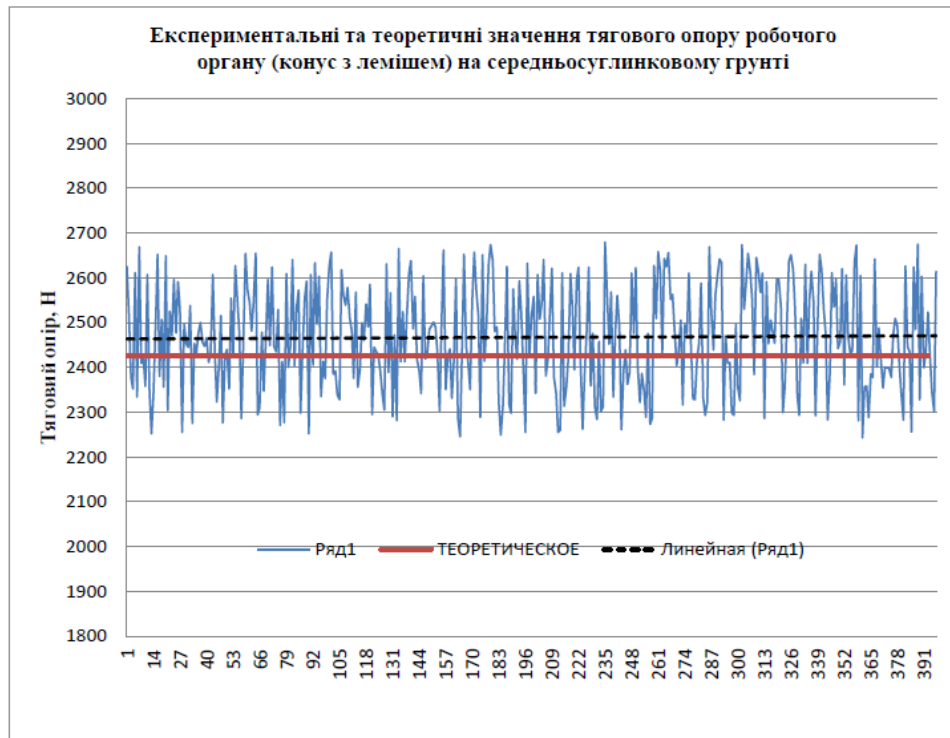


Рисунок 3.9 – Фрагмент характерного тягового опору робочого органу (конусна і лемішна частини): ряд 1 – тяговий опір робочого органу (конусна і лемішна частини), 2 – теоретичне значення тягового опору робочого органу (конусна і лемішна частини), ряд 3 – лінійна апроксимація осцилограми (ряд 1) для середньосуглинкового ґрунту

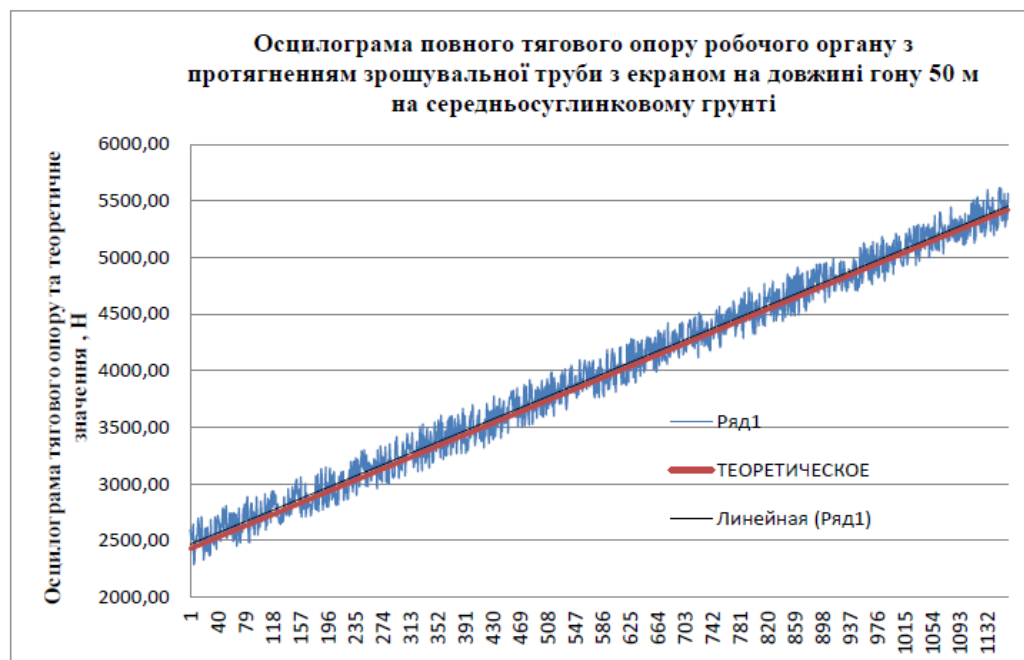


Рисунок 3.10 – Повний запис тягового опору робочого органу з протягненням зрошувальної труби та протифільтраційного екрана на довжині гону 50 м: ряд 1 – осцилограма, ряд 2 – теоретичне значення опору, ряд 3 – лінійна апроксимація осцилограми 1 для середньосуглинкового ґрунту

Обробка результатів динамометрування в експериментальних дослідженнях, проведених на середньосуглинковому ґрунті, показала адекватність отриманих теоретичних залежностей опору ґрунту переміщенню робочого органу за рівня значущості $\alpha = 0.25$.

При цьому використовувався робочий орган із такими геометричними параметрами: $L_l = -B \cos [1/a]$, де $B = 0.3$ – ширина одного леміша, м; $h = 0.8$ – висота леміша в зоні зіткнення з конусною частиною, м; $a = -2$ – коефіцієнт нахилу нормалі до поверхні леміша до осі ox , $b = 0.75$, $c = -1.5$ – коефіцієнти нахилу нормалі до поверхні леміша до осей oy, oz , відповідно. При цьому властивості ґрунту були такими: напруження початкового зсуву – $\tau_{02} = 4970$ Па, коефіцієнт бокового розширення – $\nu = 0.4$, щільність – $\rho = 1500$ кг/м³, модуль в'язкості зсувних деформацій – $\eta_2 = 45115$ Па с, модуль пружності лінійних деформацій – $E_2 = 7.02743 \cdot 10^7$ Па, кут зовнішнього тертя по поверхні леміша – $\psi = \pi/4$.

Результати визначення зусиль протягування зрошувальної труби разом з протифільтраційним екраном, які знаходили з теоретичних залежностей записаних в 2 розділі, зіставлялися з результатами повного зусилля протягування, за винятком опору перекочуванню трактора та опору руху стійки. Результати теоретичних досліджень адекватні за рівня значущості $\alpha = 0.25$.

Висновки по розділу

Із проведених експериментальних досліджень щодо тягових зусиль робочого органу на легкосуглинковому і середньосуглинковому ґрунтах можна зробити висновки, що результати визначення зусиль протягування зрошувальної труби разом з протифільтраційним екраном адекватні за рівня значущості $\alpha = 0.25$.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Організація умов та заходів з охорони праці в господарстві

Відповідно до Закону України “Про охорону праці” (далі – Закон) [5], дія якого поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, обов’язок створення на робочому місці в кожному структурному підрозділі умов праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечення додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці покладається на роботодавця.

З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, яка створюється суб’єктом господарювання і має передбачати підготовку, прийняття та реалізацію завдань щодо здійснення організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров’я та працездатності найманих працівників у процесі їх трудової діяльності.

Для цього роботодавець створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов’язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання.

До обов’язків роботодавця з охорони праці входить забезпечення фінансування та організація проведення попереднього та періодичного медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, щорічного обов’язкового медичного огляду осіб віком до 21 року. Складання переліків професій і посад, згідно з якими працівники повинні проходити обов’язкові попередні і періодичні медичні огляди, покладається на службу охорони праці підприємства.

На підприємствах на основі Типового положення, з урахуванням специфіки сільськогосподарського виробництва та вимог нормативно-правових актів з охорони праці, розробляються і затверджуються відповідні положення підприємств про навчання з питань охорони праці, а також формуються плани-графіки проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці, з якими мають бути ознайомлені працівники.

Працівники та посадові особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці, не допускаються до роботи. Для деяких видів робіт, так званих робіт з підвищеною небезпекою, потрібне спеціальне навчання та щорічна перевірка знань з охорони праці. Перелік робіт з підвищеною небезпекою для конкретного сільськогосподарського підприємства затверджується роботодавцем на підставі наказу. До таких робіт у господарстві відносять:

- роботи, пов'язані з виробництвом, зберіганням, транспортуванням та застосуванням агрохімікатів, пестицидів, гербіцидів;
- управління тракторами і самохідним технологічним устаткуванням;
- роботи з обслуговування і ремонту машин;
- роботи з розвантаження, складання і зберігання продукції.

На роботах зі шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, працівникам сільського господарства видаються безоплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту (відповідно до Типових норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам господарства), а також миючі та знешкоджувальні засоби

Статтею 19 Закону України «Про охорону праці» [5] передбачено наступне:

- фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм,

спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачається, поряд з іншими джерелами фінансування, визначеними законодавством, у державному і місцевих бюджетах.

- для підприємств, незалежно від форм власності, або фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, витрати на охорону праці становлять не менше 0,5 відсотка від фонду оплати праці за попередній рік.

4.2. Моделювання процесів виникнення травм при роботі на машино-тракторних агрегатах

При використанні методу логічного моделювання можна спрогнозувати будь-яку травматичну ситуації і, таким чином, вжити заходів до її попередження. В першу чергу це завдання покладається на керівників виробничих підрозділів або спеціалістів. При цьому, проведення заходів прогнозування виробничого травматизму дозволить керівникам уникнути відповідальності за нещасні випадки, що можуть статися з їхніми підлеглими.

Провівши аналіз побудованої логічної моделі технологічного процесу дає можливість знайти первинну подію, з якої починається утворення небезпечної ситуації. Також, логічні моделі дають можливість виявити причетність окремих осіб до виникнення небажаних подій й ступінь вини самого потерпілого. Метод логічного моделювання є більш наглядним для процесу не тільки навчання, але й виховання в працівниках безпечної поведінки.

Під час побудови логіко-імітаційних схем використовують сукупність небезпечних подій, пов'язаних між собою причинно-наслідковими зв'язками, які в процесі діяльності можуть призвести до виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій. Головним елементом логічної моделі є поняття про небезпечну ситуацію (НС) – тобто випадкове явище, що передуює виникненню травм, аварій, катастроф. [12]

При роботі з машино-тракторними агрегатами логіко-імітаційна модель виникнення небезпечних ситуацій буде мати вигляд:

НУ – НД – НС – (А;Т)

У процесі роботи були забиті робочі органи машини (НУ), робітник намагається усунути недолік в умовах машини, що працює, (НД), це призводить до забивання руки (НС) та травмування (Т) робітника.

Висновки по розділу

Таким чином, в розділі наведені заходи з охорони праці в господарстві та наведено моделювання виробничих небезпек при роботі з машино-тракторними агрегатами. Визначено, що при проведенні моделювання травмонебезпечних ситуацій можна уникнути травм та небезпечних ситуацій при виконанні будь-якого виду сільськогосподарських робіт.

РОЗДІЛ 5.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1. Вихідні дані для визначення техніко-економічної ефективності

Для визначення витрат енергії для безтраншейного прокладання зрошувальної труби з протифільтраційним екраном була визначена робота прокладання для ділянки довжиною 50 м за результатами тензометрування робочого органу та витрат енергії на протягування стійки робочого органу й перекочування трактора по полю.

Для порівняння обрані два варіанти укладання зрошувальної труби з протифільтраційним екраном: традиційне будівництво зрошувальної системи (базова технологія) та з використанням розробленого пристрою.

Традиційне будівництво зрошувальної системи складається з послідовних операцій:

- відривання траншеї на глибину укладання зрошувача з плануванням поверхні дна траншеї, при цьому ширина відритої траншеї повинна дещо перевищувати ширину укладання протифільтраційного екрана;
- укладання нижньої протифільтраційної плівки екрана;
- укладання зрошувальної труби;
- накриття цієї труби верхньою частиною протифільтраційної плівки;
- закриття траншеї ґрунтом.

Другий варіант – з використанням розробленого пристрою, – передбачає виконання наступних операцій:

- агрегування пристрою з тяговим енергозасобом;
- закріплення труби зрошувача до пристрою;
- закріплення двох частин плівок протифільтраційного екрана до пристрою;
- утворення порожнини на глибині закладання зрошувача;
- протягування в ґрунті системи зрошувальної труби з частинами протифільтраційного екрана безтраншейним способом.

5.2. Порівняльний аналіз пропонованого пристрою з базовою технологією

Для порівняння енергетичних витрат застосування двох способів приймались однакові умови за механічним складом ґрунту, а саме легкосуглинковий та середньосуглинковий ґрунт.

Розрахунки проведені за методикою [3]

Умови проведення порівнянь та показники витрат енергії та палива для двох варіантів наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняльний аналіз способів укладання зрошувальної труби з протифільтраційним екраном за витратами енергії та палива

№ п/п	Назва показника	Базова машина – екскаватор ковшовий ЕО 2621	Агрегат з пропонованим пристроєм – трактор ДТ 75м + пристрій
1	Глибина укладання зрошувальної труби (глибина траншеї), м	0,5	0,5
2	Ширина екрана (ширина траншеї), м	0,6	0,6
3	Довжина зрошувальної труби, м	50	50
4	Швидкість проходження, м/с	0,02	1
5	Питома витрата палива двигуном енергозасоба, г/кВт с	0,062	0,070
6	Модуль пружності ґрунту, Па (легкосугл./середньосугл.)	$3,63 \cdot 10^7 / 7,00 \cdot 10^7$	$3,63 \cdot 10^7 / 7,00 \cdot 10^7$
7	Модуль в'язкості ґрунту, Па с (легкосугл./середньосугл.)	$3,8 \cdot 10^4 / 4,5 \cdot 10^4$	$3,8 \cdot 10^4 / 4,5 \cdot 10^4$
8	Щільність ґрунту, кг/м ³ (легкосугл./середньосугл.)	1250/ 1400	1250/ 1400
9	Витрата енергії, кДж (легкосугл./середньосугл.)		$243 \cdot 10^3 / 344 \cdot 10^3$
10	Максимальна споживана потужність, кВт (легкосугл./середньосугл.)		48,6/ 68,85
11	Витрата палива на укладання 50 м зрошувача, кг (легкосугл./середньосугл.)	4,65	1,150/ 1,630
12	Різниця за витратами палива (легкосугл./середньосугл.)		75 % / 65 %

Аналіз таблиці дає підстави зробити висновок, що ефективність використання запропонованого пристрою у порівнянні з традиційним укладанням зрошувальної системи з використанням екскаватора, в залежності від властивостей ґрунту, складає 65 – 75 % лише за економією палива.

Висновки по розділу

Таким чином, із вище викладеного ми визначили, що ефективність використання запропонованого пристрою у порівнянні з традиційним укладанням зрошувальної системи з використанням екскаватора, в залежності від властивостей ґрунту, складає 65–75 % за економією палива.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі здійснено аналіз оптимальних способів укладання підґрунтових зрошувальних систем. Це дозволило розробити раціональне технічне рішення для їх створення. Вирішено задачі, пов'язані зі знаходженням раціональних параметрів та режимів роботи робочого органу для безтраншейного укладання зрошувальної труби разом із протифільтраційним екраном.

На основі проведеного аналізу підґрунтового поливу можна зробити висновок про те, що зрошувачі для багаторічних плодових насаджень можуть укладатися з кроком до 2 метрів на глибину близько 0,5 метра.

Результати вивчення закономірностей пересування вологи в ґрунті за підґрунтового зрошення дозволяють зробити висновок про те, що найбільше поширення вологи в перпендикулярному напрямку від осі зрошувача забезпечуватиметься за рахунок дифузійного переносу вологи за мінімально можливих процесів фільтрації, які можливі при повному вологонасиченні. Це зумовлює необхідність використання протифільтраційного екрана.

Аналіз способів укладання підґрунтових зрошувальних систем із протифільтраційним екраном дозволив зробити висновок про відсутність технічних засобів для виконання такої операції безтраншейним способом.

Найбільш адекватним, з точки зору формалізації взаємодії робочого органу для безтраншейного укладання зрошувальної труби разом із протифільтраційним екраном, є подання ґрунту як квазісуцільного ізотропного середовища з властивостями пружності та в'язкості.

На основі вирішення контактної задачі взаємодії конусної частини робочого органу визначено раціональні геометричні параметри, завдяки яким у максимальній мірі ущільнюються стінки утворюваної порожнини та забезпечується мінімум опору ґрунту його переміщенню. Так, для більшості ґрунтів за механічними характеристиками найбільш раціональними будуть такі геометричні параметри конусної частини робочого органу: загострення $a \approx 0.02$,

радіус основи конуса $r \approx 1.1r_t$, де r_t – радіус труби зрошувача, швидкість руху $V_m \approx 1$ м/с.

Співставлення отриманих теоретичних залежностей опору переміщенню робочого органу в ґрунті та опорів протягуванню зрошувальної труби разом із протифільтраційним екраном із результатами експериментальних досліджень на двох типах ґрунтів дозволяє судити про адекватність теоретичних результатів на статистичному рівні значущості $\alpha = 0.25$.

Ефективність використання запропонованого пристрою у порівнянні з традиційним укладанням зрошувальної системи з використанням екскаватора в залежності від властивостей ґрунту складає 65 – 75 % за економією палива

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айдаров О.П., Алексашенко О.О. Теоретические и экспериментальные исследования влагопереноса при внутрипочвенном и капельном орошении. Оптимизация процессов комплексного мелиоративного регулирования: Зб. наук. пр., 1985. С. 3-12.
2. Акутнєва О.В. Применение внутрипочвенного орошения в плодоводстве. International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. 2014. Issue: 10. Vol. 18. Published: 30.10.2014.
3. Артем'єва З.Н., Нєврова З.Н. Техничко-економическая оценка строительства пластмассового дренажа бестраншейным способом. Зб. наук. пр. Сев.НІПГіМ-Л. 1982. С. 145-151.
4. Багров М.Н., Кружилін І.О. Прогрессивная технология орошения сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1980. С. 20-42.
5. Закон України «Про охорону праці». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.
6. Качинський М.О. Влияние тракторной обработки на физические свойства почвы. Праці Держ. Ґрунт. Ін-та, окремий відбиток із вип. №1, 1927. С. 32-38.
7. Кравець С.В., Каслін М.Д., Руднєв В.К., Супонєв В.М. Машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций. Харків: ООО «Фавор», 2008. 256 с. 71
8. Кравець С.В., Нечидюк О.О. Аналитический метод определения продольного профиля режущей части двухступенчатого грунторазрабатывающего органа. Горн., строит., дор. и мелиорат. машины: Респ. міжвід. наук.-техн. зб. Київ : Техніка, 1991. Вип. 44. С. 39-45.
9. Кравець С.В., Романовський О.Л., Васильчук О.Ю. Раціональні параметри ножових бестраншейних укладачів. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха. 2014. Вип. 99. Том 1. С. 194-203.
10. Муромцев М.О. Использование тензиометров в гидрофизике почв. Д.: Гідрометеовидат, 1979. С. 19-10.

11. Новые способы орошения садов и виноградников. В.І. Водяницький, П.В. Ключко, А.Д. Ляний та ін.; за ред. В.І. Водяницького. Київ : Урожай, 1987. 216 с.
12. Прокопенко Е.В., Лісовий І.О., Лісова Т.С. Моделювання виробничих небезпек та зменшення їх шкідливого впливу під час проведення механізованих робіт. Зб. наук. праць УНУС. Умань, 2015. С. 79-86.
13. Проспект фірми «GOUCH ENGINEERING». – Режим доступу: <http://fieldchief.co.nz>
14. Проспект фірми «Михнєвський ремонтно – механічний завод». – Режим доступу: <http://www.cdminfo.ru>
15. Ромащенко М.І., Доценко В.І., Онопрієнко Д.М., Шевелєв О.І. Системи краплинного зрошення: навчальний посібник. Дніпропетровськ, 2007. 175 с.
16. Судніцин І.І. Закономерности передвижения почвенной влаги. М.: Наука, 1964. С. 64-116.
17. Супонев В.М. Определение параметров рабочего оборудования трубозаглубителей. Энергосбережение. Энергоаудит. Общегосударственный научно-производительный информационный журнал. Харків: СВЕКО, 2006. Вип. 10. С. 23-30.
18. Шумаков Б.Б., Алексащенко О.О., Гостіщев Д.П. Методика расчета элементов техники и режима внутрипочвенного орошения. Гидротехника и мелиорация. 1985. № 8. С. 41-43.