

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний
Кафедра загальнотехнічних дисциплін

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів
робочих органів фрезерних агрегатів»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 6
Солод Артур Володимирович
Керівник: Ковальчук С. Б.
Рецензент: Горбенко О. В.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Актуальність теми. Продовольча безпека країни визначається в повній мірі врожайністю сільськогосподарських культур, на яку істотно впливає якість підготовки ґрунту під реалізацію різних технологій обробки і вирощування. Однією з таких технологій є фрезерування, здійснюване спеціальними ґрунтообробними машинами, серед яких найбільшого поширення набули самохідні малогабаритні ґрунтообробні фрези (СМГФ).

Фрезерування забезпечує високу якість роботи за такими технологічними показниками, як розпушування (подрібнення), вирівнювання поверхні ґрунту, перемішування її з мінеральними добривами. Однак, внаслідок того, що ґрунт неоднорідний як за складом, так і по фізико-механічним властивостям, виникає нерівномірність завантаженості двигуна фрези, порушується її курсова стійкість, підвищується енергоємність фрезерування і в кінцевому підсумку погіршується якість обробки ґрунту.

Отже, необхідно розробляти і використовувати такі фрези, які могли б адаптуватися до цих несприятливих факторів. Однак, як показали дослідження, більшість використовуваних сьогодні СМГФ є одно режимними і не можуть забезпечити необхідний режим обробки ґрунту, що негативно позначається на ефективності їх функціонування в різних умовах.

У зв'язку з цим дослідження, спрямовані на вирішення проблеми адаптації СМГФ до зміни властивостей і стану оброблюваного ґрунту, є дуже актуальними.

Мета дослідження. Зниження енергоємності та підвищення продуктивності самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези за рахунок адаптації режимів її роботи до мінливих властивостей оброблюваного ґрунту.

Об'єкт дослідження. Функціонування самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з безперервним моніторингом твердості оброблюваного ґрунту.

Предмет дослідження. Конструктивно-технологічні та енергетичні параметри самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези.

Методика досліджень. Методологія і методи дослідження передбачали теоретичні дослідження робочих гіпотез, їх експериментальну перевірку в реальних умовах експлуатації та економічну ефективність результатів роботи.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні технологічних параметрів обробки гільз циліндрів.

Теоретична та практична значущість полягає в знаходженні характеристик і властивостей оброблюваного ґрунту при різній глибині його обробки за умови забезпечення курсової стійкості фрези; пропонується конструкція самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з можливістю адаптації режимів її роботи і з високою ефективністю функціонування.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Область використання малогабаритних ґрунтообробних машин і аналіз технологічних процесів обробки ґрунту

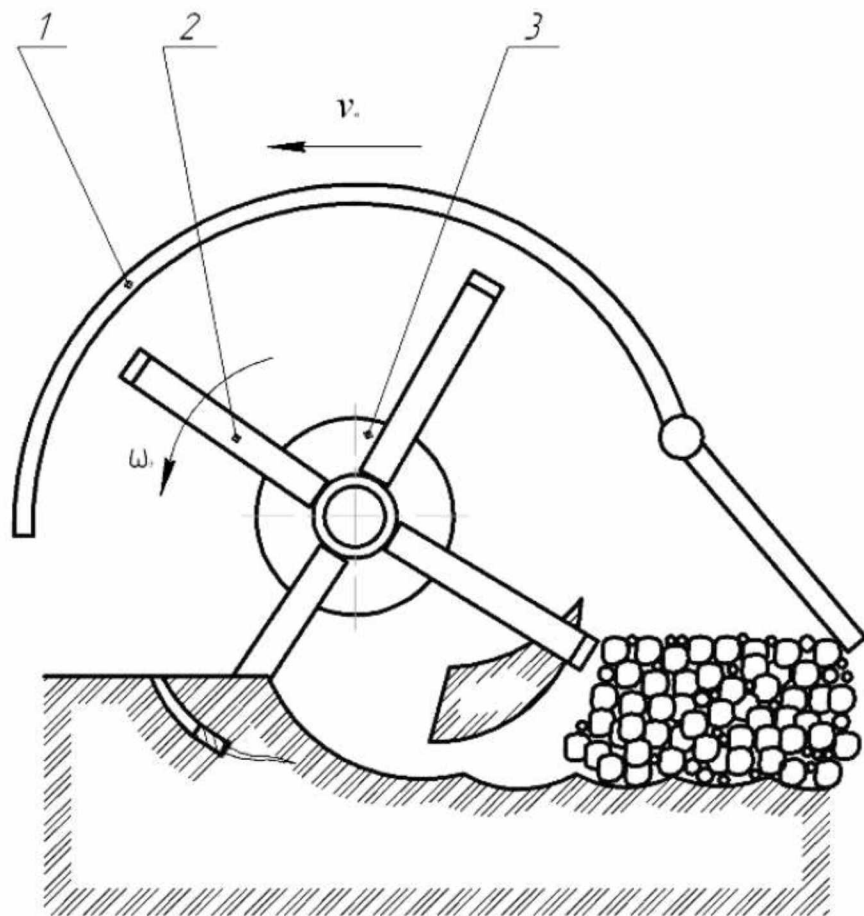
Під малогабаритною ґрунтообробною машиною (МГМ) розуміють ґрунтообробну машину, що має примусовий (від власного двигуна) привід обертових робочих органів та керовану за допомогою людини [2].

МГМ широко використовують для фрезерування ґрунту в особистих підсобних, фермерських, тепличних господарствах, а також в умовах обмеження ділянок місцевості. Вони застосовуються [3, 4] для знищення бур'янів, рівномірного перемішування добрив з ґрунтом, створення дрібно грудкуватої будови розпушеного шару. Фрезерна обробка за рахунок якісного кришення і перемішування генетичних горизонтів забезпечує велику водопроникність ґрунту, підвищує її мікробіологічну активність і інтенсивність «дихання», створює глибинні запаси вологи. Фрезерування сприяє посиленню в ґрунті процесів нітрифікації, створюючи сприятливі умови для мінерального живлення вирощуваних культур.

Власне технологічний процес різання ґрунту робочими органами фрезерних машин полягає у відділенні від масиву ґрунтової стружки і відкиданні її в сторону обертання фрезбарабана, як це показано на рис. 1.1.

Ротаційні МГМ є основними машинами для виконання ряду технологічних операцій. З рекомендацій на базові машинні технологічні операції в рослинництві [4, 5] нами були обрані за вихідні вимоги щодо застосування фрезерних ґрунтообробних машин ті, які не можна забезпечити іншими машинами зі збереженням високої якості обробки ґрунту. Ми згрупували їх за основними блокам, розширивши їх зміст, з урахуванням різноманітності технологічних операцій. Найбільш важливими для нас є ті

розділи вимог, які визначають технологічні, конструктивні та кінематичні параметри ротаційних ґрунтообробних машин (ГМ) і робочих органів, які є вихідними по їх розробці та вдосконаленню.



1 – захисний кожух, 2 – Г-подібні лапки, 3 – фрезерний барабан, ω_0 – кутова швидкість фрезерного барабана, v_n – поступальна швидкість руху фрези

Рисунок 1.1 – Технологічний процес різання ґрунту фрезерними робочими органами

Нами було розглянуто зміст наступних, найбільш близьких до нашого дослідження, базових машинних технологічних операцій з використанням ротаційних ГМ [5,6]:

- 1) передпосівне фрезерування ґрунту;

- 2) поєднання пошарового розпушування та передпосівного фрезерування ґрунту з подрібненням рослинних залишків, вирівнювання і ущільнення ґрунту;
- 3) фрезерна обробка задернілих ґрунтів кормових угідь;
- 4) формування (нарізка) гряд під посадку картоплі;
- 5) міжрядний обробіток гребневих посадок картоплі активними робочими органами.

Технологічні операції зі схемами їх реалізації представлені в табл.1. 1. Всі ці операції застосовані для малогабаритних ґрунтообробних машин. У нашому випадку найбільш кращою буде операція «Передпосівне фрезерування ґрунту», так як при її реалізації якісно готується ґрунт під посів дрібнонасієних культур (овочевих і трав), включаючи ділянки з закритим ґрунтом.

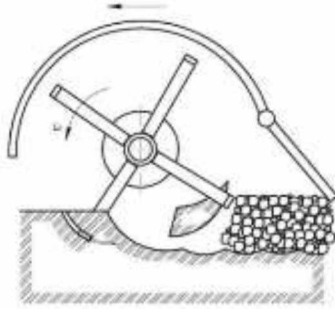
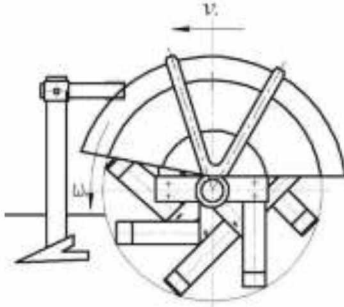
1.2. Аналіз існуючих конструкцій малогабаритних ґрунтообробних машин

Перші дослідження фрезерних ґрунтообробних машин відносяться до 20-х років минулого століття. Найбільш глибокі дослідження таких машин і фрезерної обробки лучно-болотних ґрунтів проводив, починаючи з 1925 р, професор А. Д. Далін [7].

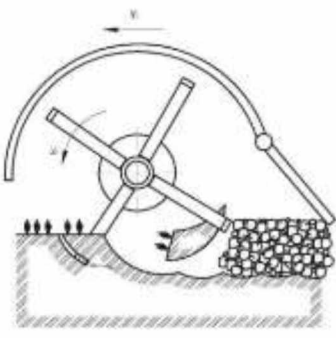
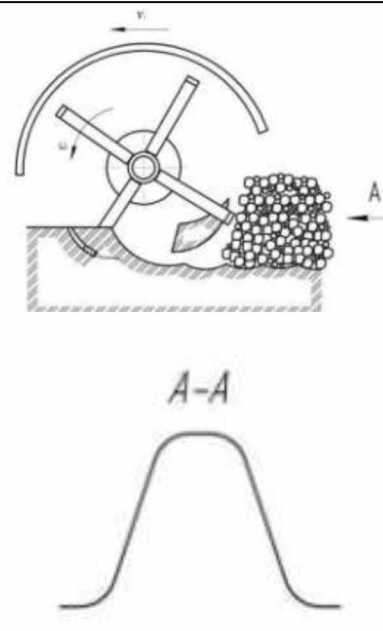
Велика інтенсивність роботи деталей і вузлів фрезерної машини, високі швидкості взаємодії з ґрунтом, прагнення до зниження енергоємності і металоємності фрез зажадали від дослідників розробки більш точних методів розрахунку робочих органів і елементів трансмісії з урахуванням не тільки статичних, але і динамічних навантажень.

Досвід застосування таких машин показав, що фрезерна обробка є незамінною на передпосівній підготовці ґрунту під овочеві культури, льон, картопля, в садах, на важких і глибистих фонах, на міжрядній обробці з малими захисними зонами.

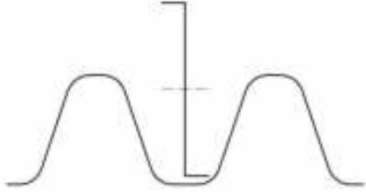
Таблиця 1.1 – Технологічні операції

№ з/п	Назва	Схема	Опис операції	Параметри обробки
1	2	3	4	5
1	Передпосівне фрезерування ґрунту		<p>Підготовка під посів дрібнонасінних культур (овочевих і трави), рису і культур рисової сівозміни, а також зернових і просапних культур на зрошуваних і богарних землях, а також в закритих ґрунтах. Передпосівне фрезерування ґрунту проводиться на поливних картах, розділених валиками на чеки (ділянки) площею 1 - 5 га, на ґрунтах різного механічного складу, в теплицях. Валики мають ширину біля основи 3 - 3,5 м, по верху - близько 0,3 м і висоту 0,4 - 0,5 м. Технологічний процес може здійснюватися також на безвідвально розпушеному ґрунті, безвідвального і відвального зябу. Наявність на полі ділянок рослинних залишків не допускається</p>	<p>$\rho \leq 2,5$ МПа, $\varphi \leq 22\%$ і наявності рослинних залишків довжиною до 40 см в кількості до 1 т/га. При відсутності на поверхні поля рослинних залишків $\varphi \leq 26\%$. До $K_{зрб.}$ не повинна перевищувати половини глибини фрезерування</p>
2	Посадання пошарового розпушування та передпосівного фрезерування ґрунту		<p>Призначена для суміщення основної та фрезерної передпосівної обробки важких ґрунтів, в тому числі з подрібненням крупностеблових поживних залишків просапних попередників, під посів озимих зернових та інших культур. Рекомендується також для обробки ґрунту під озимі після зернобобових, стерньових і глибистого зябу під ярові і просапні культури, що не розпушеному ґрунту під поживні і по укісні посіви. Рекомендується для всіх зон, крім угідь, засмічених камінням і надмірно зволжених</p>	<p>$\rho \leq 4$ МПа, $\varphi \leq 22\%$ і наявності на поверхні поля до 3 т/га рослинних залишків довжиною до 30 см. При відсутності на поверхні поля рослинних залишків $\varphi \leq 25\%$. До $K_{зрб.}$ повинна бути менше глибини фрезерування (6 - 8 см)</p>

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
3	Фрезерна обробка задернілих ґрунтів кормових угідь		<p>Подрібнення дернини і кришення ґрунтових фракцій, перемішування, закладення шматків дернини в оброблюваному шарі ґрунту. Прискорюють мінералізацію органічної речовини дернини. Застосовується на осушених задернілих мінеральних і торфових ґрунтах різного механічного складу і ступеня задерніння, вільних від каменів і деревно-чагарникової рослинності, з наявністю рослинних і земляних купин висотою до 30 см і окремих деревних включень найбільшим розміром до 5 см. Вона проводиться як по необробленому, так і по попередньо обробленому фону, а також в комбінації з іншими видами обробок: фрезерування з глибоким розпушуванням і коткуванням ґрунту</p>	<p>$\rho \leq 4$ МПа, ϕ в межах 10-70%, ухил місцевості не більше 8°</p>
4	Формування (нарізка) гряд під посадку картоплі		<p>Призначена для предпосадкового маркування поля і створення умов для обробки картоплі на перезволожених ґрунтах</p>	<p>Агротехнічні вимоги на посадку картоплі</p>

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
5	Міжрядний обробіток гребневих посадок картоплі активними робочими органами		Міжрядний обробіток гребневих посадок картоплі активними робочими органами призначена для знищення бур'янів, розпушування ґрунту, полного формування гребенів заданих параметрів і щільності. Виконується в технологіях з міжряддями 70, 75 і 90 см. Вона проводиться як в досходовий, так і післясходовий періоди. Терміни проведення післясходових обробок визначаються станом ґрунту і рослин. Ухил поля не повинен перевищувати в поперечному напрямку 4°, в поздовжньому - 7°. Висота культурних рослин при проведенні післясходової обробки не повинна перевищувати 5 см	Не допускається наявність на посадках великих (більше 100 мм) металевих предметів і каменів

Порівняльний аналіз конструкцій і якості роботи вітчизняних фрезерних культиваторів, випуск яких почався тільки в 1978 р, і зарубіжних машин, що мають більш ніж півстолітню історію створення, показує, що за основними агротехнічними показниками (якості кришення ґрунту, ступеня підрізання бур'янів, вирівняні дна і поверхні поля, продуктивності, здатності працювати в важких ґрунтово-кліматичних умовах вітчизняні машини не поступаються, а в деяких випадках і перевершують зарубіжні зразки. Ця обставина пояснюється досить високими агротехнічними вимогами, що пред'являються вітчизняним замовником до фрезерної обробки, відпрацьованістю конструкцій робочих органів і технологічних режимів роботи, а також оволодінням досвідом застосування машин в господарствах.

У 1985 - 1988 рр. в ПО «Київтрактородеталь» була створена модель ротаційної борони з вертикальними робочими органами (культиватор

фрезерний з вертикальним розташуванням робочих органів) КВФ-4. Машина була призначена для передпосівної підготовки полів після основного обробітку ґрунту, виконуваної плугами, а також плоскорізами і чизель при відсутності на поверхні грубостебельних рослинних залишків.

По ряду показників технічного рівня (питомої матеріалоемності, розрахованої як відношення маси машин до ширини захоплення, питомої оперативної трудомісткості технічного обслуговування і напрацювання на відмову) вітчизняні фрези дещо поступаються зарубіжним. З одного боку, це обумовлено більш важкими умовами експлуатації вітчизняних машин, а з іншого – недостатнім використанням сучасних матеріалів і виробів (низьколегованих сталей, замкнутих профілів, самостопорні кріплення, надійних запобіжних пристроїв, комплектуючих виробів високого технічного рівня, зносостійких матеріалів, відсутністю достатньої кількості стендового обладнання, що дозволяє за допомогою прискорених стендових випробувань оптимізувати параметри несучих систем і приводу машин).

Досліджуючи робочі органи трьох типів (ріжучі, кришильні і полільні) У. Гальвітц і Л. Брейтфус [8] встановили, що підресорені ножі S-подібної форми менш енергоємні ніж прямі ножі, В. Адамс [8] прийшов до висновку, що на величину потужності фрезерування, в значній мірі впливає окружна швидкість леза робочих органів. Німецькі вчені В. Зоні і Р. Тіль [9] досліджували п'ятнадцять типів робочих органів фрез і геометрію проникнення ріжучого інструменту, в залежності від кутової швидкості барабана і швидкості поступального руху агрегату. Вони експериментально довели схему розташування робочих органів на фрезбарабані з метою отримання стабільності величини моменту опору. Деякі питання кінематики фрези і вплив форми робочих органів на величину енергії, що витрачається були досліджені С. Гавелесом [10].

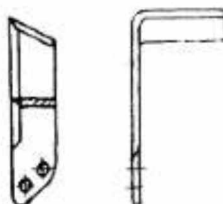
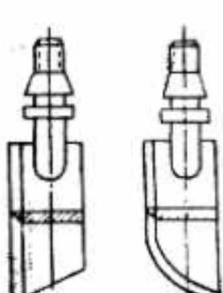
Значний інтерес представляють теоретичні та експериментальні дослідження процесу фрезерування ґрунту, проведені німецьким вченим В. Муршем, англійцем С. Вольфе, японським вченим Мацуо і польським

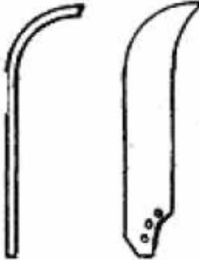
дослідником Г. Бернацьким [11]. Узагальнюючи дослідження зарубіжних вчених, доктор Г. Бернацький в своїй роботі зазначає, що в західних країнах основну увагу при проектуванні ротаційних машин звертали на зниження загальної ваги і підвищення потужності трактора. У зв'язку з цим розширилося застосування фрез для поверхневої обробки ґрунту і в той же час почалися роботи над створенням інших ротаційних машин, які б забезпечували продуктивність близьку до продуктивності плуга [12].

Найбільшого поширення на передпосівній обробці в країнах Західної Європи отримала фреза «Ротаватор» англійської фірми «Howard», яка випускає понад 10 її модифікацій для різного призначення чотирма серіями в залежності від потужності трактора і типу ґрунту.

Основні типи робочих органів ґрунтообробних фрез представлені в табл. 1.2 [13].

Таблиця 1.2 – Основні типи робочих органів ґрунтообробних фрез

№ з/п	Назва	Схема	Опис	Призначення
1	2	3	4	5
1	Г-подібний ніж		Складається з стійки, ріжучої у вертикальній площині, і пластини, загнутої під кутом 90° до стійки. Ніж може мати верхню чи нижню заточку.	Для обробки просапних культур
2	Прямі ножі		Складається з пластини, що має односторонню або двосторонню заточку ріжучої кромки.	Для скарифікації лугової дернини і перелогових земель з невеликими кущами і корінням на глибину до 13-15 см

1	2	3	4	5
3	Т-подібний ніж		Схожі з стрілчастими лапами культиваторів, але відрізняються від них розмірами стійки і шириною захвату	Для розпушування мінеральних ґрунтів
4	Польовий гачок		Робочою частиною служить двохгранний клин, встановлений під кутом до траєкторії руху ножа з розрахунком, щоб опір різанню був мінімальним.	Для розпушування мінеральних ґрунтів
5	S- подібний ніж		Підпружинена стойка з загостреним кінцем	Для роботи на ґрунтах, засмічених дрібними каменями і корінням
6	Односторонній вигнутий ніж		Відхилення стійки ножа назад від радіального напрямку беруть не менше 30°, щоб при обробці відбувалося різання з ковзанням.	Для обробки болотних і задернілих лугових ґрунтів, для знищення дернини (подрібнення) і перемішування органічних залишків ґрунту.
	Двосторонній вигнутий ніж		Односторонні ножі можуть бути ліво- і правосторонні. Зстановлюються на фрезбарабани топеремінно, що усуває осьові зусилля, що виникають від загинів.	

Німецька фірма «Kuhn» також виробляє широкий спектр ґрунтообробних фрез, призначених для різних умов роботи серії EL і DK, з горизонтальним розташуванням фрезбарабана і серії HR з вертикальним розташуванням фрезбарабана.

В даний час виробництвом приводних ґрунтообробних знарядь займаються близько 60 фірм 20 країн світу. Найбільша кількість фірм-виробників фрез знаходиться в Європі (Великобританії, Італії, Франції, Німеччині та Нідерландах). Так, наприклад, в Німеччині налічується 20 фірм, що випускають приводну ґрунтообробну техніку (в тому числі німецькі фірми та філії інших західних фірм), а в Великобританії таких фірм 26. Тільки ці дві країни мають розробки близько 870 моделей приводних машин. Серед зарубіжних фірм, що випускають ґрунтообробні ротаційні машини, найбільш популярні на ринку сільськогосподарської техніки наступні: «Gaspardo», «Pecorado», «Forigo», «Kuhn», «Maschio».

Широко відома фірма «Krone» (Німеччина) розробила новий фрезерний культиватор «Turborotor», призначений для основної і передпосівної підготовки під посів зернових (як ярих, так і озимих) культур, важких за механічним складом і пересохлих ґрунтів, староорних і лугових ґрунтів [14].

Італійська фірма «Celli» рекламує фрезу, що випускається в трьох модифікаціях із захватом від 1,55 до 3,05 м. Фреза обладнана лопаткоподібними робочими органами, встановленими на косих квадратних фланцях фрезбарабана.

Італійська фірма «Maschio» в даний час стала однією з провідних європейських фірм з виробництва приводних культиваторів. У ній розроблено 59 моделей польових («Cobra», «SuperCobra») і садових фрез з горизонтальними валами, 18 моделей ротаційних борін з вертикальними робочими органами і десять моделей просапних фрезерних культиваторів [13].

Фірма «Rabewerk» (Німеччина) розробила сімейство фрезерних культиваторів для ріпаку, буряків, кукурудзи та інших культур з горизонтальною віссю обертання робочих органів серій R, LR і SR; сімейство ротаційних борін з вертикальними ножами серій MKE, PKE і skE.

Фірма «Bush Hog» (США) створила три модифікації фрезерних культиваторів (HAM, HTS і RTH), призначених для обробки фруктових і овочевих плантацій. Моделі відрізняються від традиційних конструкцій великим діаметром фрезбарабана, що обумовлює глибину обробки 15-20 см.

На рим. 1.2 представлені деякі з перерахованих конструкцій самохідних малогабаритних ґрунтообробних фрез.

Практично всі закордонні зразки мають багатошвидкісні редуктори, гідравлічну і механічну навіску для сівалки, центральні редуктори, додатковий вихід вала для приводу додаткових знарядь; машини (за бажанням замовника) можуть оснащуватися трьома - чотирма видами котків.

Аналіз науково-технічної та патентної інформації по приводним ґрунтообробним машинам дозволяє зробити наступні основні висновки:

1) областю застосування машин з приводом від ВВП трактора є важкі за механічним складом ґрунти;



Рисунок 1.2 (початок) – конструкції СМГФ



б)



г)



д)



е)



ж)



з)

а, б, в, г – переміщуються за рахунок роботи фрези;
 д, е, ж, з – переміщуються за рахунок ходових коліс
 Рисунок 1.2 (закінчення) – Конструкції СМГФ

- 2) зона недостатнього і надмірного зволоження;
- 3) підготовка полів під інтенсивні технології обробітку зернових і просапних культур, а також картоплі;
- 4) в поєднанні з сівалками для складання комбінованих агрегатів, в більшості випадків для зернових культур.

Розглянемо класифікацію СМГФ.

За призначенням вони поділяються на групи: 1) для суцільного обробітку ґрунту; 2) для міжрядної обробки ґрунту; 3) для нарізки гребенів; 4) комбіновані.

За типом приводу фрезерного барабана фрези можна розділити на наступні групи: 1) з ланцюговим приводом (багато просапні фрези); 2) з клинопасовим приводом; 3) з зубчастим приводом; 4) з черв'ячним приводом; 5) з гідроприводом і електроприводом.

По розташуванню фрезерного барабана щодо напрямлення поступального руху сільськогосподарської машини вони поділяються на такі групи: 1) ґрунтові з горизонтальною віссю обертання фрезерного барабана, перпендикулярній до напрямку поступального руху фрези; 2) з вертикальною віссю обертання фрезерного барабана; 3) ґрунтові з фрезерним барабаном, розташованим під кутом до напрямку поступального руху фрези.

Фрези з вертикальною віссю обертання мають більш стійкий динамічний режим різання, ніж фрези з горизонтально-розташованою віссю обертання.

При цьому ударне навантаження на ніж значно знижується. Барабан може обертатися «зверху-вниз» (напрямок обертання його збігається з напрямком обертання коліс трактора) і «знизу-верх» (в горизонтально встановлених фрезах, по ходу годинникової стрілки, або, навпаки, в вертикально встановлених фрезах). У другому випадку навантаження на фрезу розподіляється більш рівномірно (це обумовлено характером зміни товщини стружки, обмеженою двома сусідніми трохойдами).

За способом агрегування з джерелом механічної енергії ґрунтообробні фрези поділяються на: причіпні, навісні і самохідні (малогабаритні моторизовані).

По виду використовуваних робочих органів фрези можуть бути найрізноманітнішими. Для обробки просапних культур застосовуються Г-подібні ножі, які складаються зі стійки, ріжучої у вертикальній площині і пластини загнутої під кутом 90° до стійки. Форма пластини аналогічна культиваторної односторонньої плоскоріжучої лапи має конструктивні елементи – кут різання α , кут заточки β і ін. Ножі можуть мати верхню чи нижню заточку.

Для скарифікації лугової дернини, обробки нових і перелогових земель з невеликими кущами і корінням на глибину до 13-15 см застосовуються прямі ножі. Вони характеризуються невеликою витратою енергії на різання хорошим самоочищенням від рослинних залишків та слабо вираженим розпушуванням ґрунту. Ґрунтова стружка на 85 - 90% утворюється різанням і на 10 - 15% розривом і сколюванням. Якщо ніж встановлений під деяким кутом до напрямку руху, то переважають деформації сколювання і розриву ґрунту. На твердих мінеральних ґрунтах застосовують прямі ножі, на задернілих і торф'яних – ножі з криволінійними лезами.

1.3. Аналіз факторів, що впливають на стабільність протікання технологічних процесів обробки ґрунту

Ґрунтообробні фрези незалежно від виду і призначення, являють собою сільськогосподарську машину, що працює в умовах безперервно мінливих впливів, обумовлених численними факторами, основними з яких є режим навантаження, стан оброблюваного середовища і погодно-кліматичні умови. Помітний вплив на роботу ГФ надає також наявність рослинних залишків та твердих включень в ґрунті. Основний вплив перерахованих факторів позначається на стабільності протікання роботи ротаційних машин, що в

свою чергу впливає на якість обробки ґрунту і поява різних додаткових навантажень в конструкції фрези.

Ці навантаження можна поділити на два види: перший вид відповідає режиму усталеного руху машин, який займає весь час роботи фрези. Він супроводжується закономірностями як цілком певного характеру, так і випадковими факторами. Виникаючі при цьому в конструкції фрези навантаження можуть бути з випадковим чергуванням амплітуд різної величини і з вираженою закономірністю такого чергування. Такий вид навантажень характерний для більшості ГФ.

Другий вид – короткочасні, що виникають тільки в періоди несталого руху, пуску (розгону), гальмування (вибігу), а також при перевантаженні, в тому числі і в результаті спрацьовування запобіжних муфт.

У зв'язку з цим на стадії розробки машини, а також при її експлуатації необхідно вирішувати питання зниження або обліку впливу обох видів перерахованих динамічних навантажень. Для цього необхідно виявити і проаналізувати чинники, що викликають їх виникнення.

На рис. 1.4 представлена узагальнена класифікація чинників [14, 15].

В якості основної класифікаційної ознаки нами була обрана їх керованість. Проте ми вважаємо за необхідне, додатково включити в число керованих факторів силові, показники потужності та енергетичні фактори, так як вони також впливають на виникнення динамічних навантажень.

До керованих відносяться ті фактори, на які можна впливати як на стадії розробки машини, так і при її експлуатації – це режимні та конструктивні.

До некерованих відносяться такі чинники на які не можна впливати і які викликані об'єктивними факторами: зміною стану і властивостей ґрунту (щільність, твердість, вологість і т.д.) і погодно-кліматичними умовами, крім того, до них можна віднести також додаткові параметри, що характеризують роботу фрези в конкретних умовах (коефіцієнти об'ємного зминання – q і відкидання – $K_{від}$), а також наявність рослинних залишків.



Рисунок 1.4 – Класифікація факторів, що спричиняють виникнення динамічних навантажень

У свою чергу до режимних відносяться ті фактори, які викликають динамічні навантаження в результаті зміни параметрів визначають режим роботи машини: кінематичний параметр λ – відношення окружної швидкості фрезерного барабана V_o до поступальної швидкості руху машини V , геометричні (подача на ніж – S , ширина захвату полиці ножа – ϵ , глибина обробки – a , радіус фрезбарабана – r і кут різання – β) і силлові (горизонтальна – R_x і вертикальна – R_y складові сили різання).

До конструктивних відносяться ті фактори, в результаті особливостей конструкції яких з'являються додаткові динамічні навантаження, це тип робочих органів (фрезерний барабан), кінематична схема приводу, наявність запобіжної муфти, а також умови відрізання ножем ґрунтової стружки.

Зазначені фактори, як окремо, так і спільно, в тій чи іншій мірі, впливають на величину динамічних навантажень. Крім цього, необхідно відзначити, що всі вони призводять до нестабільності протікання технологічного процесу фрезерування ґрунту, що характеризується такими параметрами, як: «нишпорення», «крен», «тангаж», сформульованої в роботі [16].

Нишпорення – втрата курсової стійкості, тобто відхилення від прямолінійного руху. До нишпорення призводить нерівномірна завантаженість фрезерного барабана.

Крен – порушення стійкого становища в горизонтальній площині. До нього призводить високо розташований центр ваги агрегату, крутильні коливання в приводі агрегату, а також виникає із запуском і гальмуванням двигуна гіроскопічний ефект.

Тангаж – порушення стійкості у вертикальній площині, тобто позовжнє хитання. Такий вид порушення стійкості характерний при виштовхуванні фрезбарабана з ґрунту, внаслідок зміни величини крутного моменту в приводі ГФ.

Та все це обумовлює необхідність забезпечення стабілізації перебігу технологічного процесу фрезерування ґрунту. Для цього необхідно оптимізувати режими роботи ротаційної машини.

У зв'язку з цим розробка, дослідження та вдосконалення засобів для регулювання режимів роботи робочих органів і ходової частини ГФ, є актуальною проблемою і має важливе значення для вітчизняного сільськогосподарського машинобудування зокрема, і народного господарства в цілому.

Рішення сформульованої проблеми підвищення стійкості протікання технологічного процесу обробки ґрунту фрезерної машини на наш погляд можна забезпечити за рахунок попереднього вибору і підтримки найбільш оптимального режиму її роботи.

Висновки, мета і задачі дослідження

1. На підставі аналізу існуючих конструкцій малогабаритних ґрунтообробних машин була розроблена їх класифікація, в якій в якості класифікаційних ознак обрано такі ознаки: 1) призначення; 2) конструкція приводу фрезерного барабана; 3) розташування осі фрезерного барабана щодо напрямлення поступального руху; 4) напрямок обертання фрезерного барабана; 5) спосіб агрегування з джерелом механічної енергії; 6) вид використовуваних робочих органів фрезерного барабана; 7) можливість адаптивного регулювання режимів роботи, що дозволяють здійснювати синтез нових машин і виділити недоліки існуючих.

2. Виконаний аналіз відомих досліджень з фрезерування ґрунту дозволив встановити, що основним чинником, що визначає її якість обробки є керованість режиму роботи, для забезпечення якої необхідно в ґрунтообробних машинах передбачити таку.

3. Аналіз існуючих конструкцій ґрунтообробних фрез як вітчизняних, так і зарубіжних показав, що в більшості з них відсутня можливість регулювання режимів роботи, а в яких і є, то здійснюється тільки вручну, що створює незручність, знижує продуктивність і не забезпечує необхідної якості обробки ґрунту.

Для досягнення сформульованої вище мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Розробити метод адаптації режиму роботи малогабаритної ґрунтообробної фрези до мінливих властивостей ґрунту і пристрій для його реалізації, що забезпечують підвищення її продуктивності та зниження енергоємності при дотриманні стійкості її ходу і необхідної якості обробки ґрунту.

2. Отримати математичні моделі руху самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези.

3. Експериментально встановити залежності силових факторів, що діють на фрезу зі сканером твердості ґрунту від конструктивних параметрів, технологічних режимів роботи і властивостей ґрунту.

4. Визначити техніко-економічні показники роботи зразка в реальних умовах.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Мета і завдання експериментальних досліджень

Метою проведення експериментальних досліджень режимів роботи СМГФА було встановлення оптимальних режимів роботи фрези з додатково вбудованим в її конструкцію сканером твердості ґрунту (СТГ), в залежності від твердості ґрунту, глибини її обробки і подачі на ніж. Для досягнення сформульованої мети вирішувалися основна і допоміжні завдання.

Основним завданням було отримання теоретико-емпіричних умов забезпечення курсової стійкості фрези, з урахуванням підштовхуючої сили F_x , сили різання сканера f_{piz} , що виштовхує зусилля F_z і крутного моменту $M_{кр}$ наведених до приводного валу фрезбарабана, а також розрахунку енергоємності фрезерування ґрунту в залежності від подачі на ніж і твердості ґрунту.

До допоміжних завдань експериментального дослідження ставилися:

- 1) розробка методики планування експерименту по дослідженню СМГФА;
- 2) розробка програми досліджень СМГФА;
- 3) організація та проведення попередньої серії експериментів СМГФА;
- 4) модернізація експериментально-вимірювального комплексу;
- 5) розробка методики обробки експериментальних даних по дослідженню СМГФА і їх аналіз;
- 6) виготовлення дослідного зразка запропонованої конструкції СМГФА для проведення дослідів в польових умовах;
- 7) обґрунтування принципу роботи і пристрою блоку управління режимами роботи СМГФА.

2.2. Методика дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту

Вологість ґрунту є одним з основних показників, що характеризують стан ґрунту і впливають на технологічний процес її обробки. Під цим параметром розуміють кількість води, укладеної в одиниці об'єму ґрунту, виражена у відсотках. Вона залежить від багатьох чинників: метеорологічних умов, рівня ґрунтових вод, механічного складу ґрунту, характеру рослинності і т. д. При польових дослідженнях розрізняють п'ять ступенів вологості ґрунтів:

1) сухий ґрунт пилить, присутність вологи в ньому на дотик не відчувається, що не холодить руку, вологість ґрунту близька до гігроскопічної (вологість в повітряно-сухому стані);

2) зволожений ґрунт холодить руку, не порошить, при підсиханні трохи світлішає;

3) вологий ґрунт – на дотик явно відчувається волога; ґрунт зволожує фільтрувальний папір, при підсиханні значно світлішає і зберігає форму, надану ґрунту при стисканні рукою;

4) сирий ґрунт при стисканні в руці перетворюється на тістоподібну масу, а вода змочує руку, але не сочиться між пальцями;

5) мокрий ґрунт – при стисканні в руці з ґрунту виділяється вода, яка сочиться між пальцями; ґрунтова маса виявляє плинність [18].

В ході нашого експерименту вологість визначалася за загальноприйнятою методикою [19].

Для визначення вологості ґрунту використовувалися: бюкси, бур, сухоповітряна шафа ШСВЛ-80 «Касимов», ваги ВЛКТ-2 і ґрунтовий електровологомір.

Для вимірювання вологості ґрунту в грантовому каналі використовувався метод гарячої сушки, для чого проби витримувалися в сушильній шафі при температурі 105°C і зважувалися як до сушки, так і після. При цьому розрахунок вологості проводили за відомою формулою:

$$w = \frac{m_g - m_c}{m_c} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де m_g і m_c – маса проби ґрунту до сушки і після сушіння, кг.

При поведінці експерименту з СМГФА в польових умовах застосовувався вологомір. Отримані дані заносилися в журнал спостережень і піддавали аналітичним розрахункам і статистичній обробці.

Вологість ґрунту за час проведення експериментів змінювалася в межах 18 ... 21%.

Під твердістю ґрунту розуміють її властивість чинити опір стисненню і розклинюванню в природному складанні. У багатьох дослідженнях сільськогосподарських машин і технологічних процесів, вона виступає в якості інтегрального показника фізико-механічних властивостей ґрунту.

Визначення твердості в наших дослідженнях проводилося згідно зі стандартною методикою [20], для чого використовувався твердомір Ревякіна.

Вимірювання проводилися на глибину до 0,25 м в п'ятикратній повторності, в точках розміщених по прямій лінії на типовому майданчику з кроком в один метр. Експериментальні твердограми заносилися в журнал спостережень і піддавалися статистичній обробці.

Отримані в ході експерименту твердограми, також використовувалися для визначення коефіцієнта об'ємного зминання q (Н/м³), який характеризує опір ґрунту впровадження протягом першої фази деформації ґрунту, коли зусилля впровадження циліндричного наконечника твердоміра прямо пропорційно глибині.

Коефіцієнт тертя f , як коефіцієнт пропорційності в аналітичній залежності сили тертя від нормального тиску, – важлива технологічна характеристика ґрунту. Для його визначення розроблено велику кількість різних приладів. Так як коефіцієнт тертя є одним з параметрів, що входять в залежності для розрахунку енерговитрат обробки ґрунту, то цим приладом проводилося вимірювання його значення під час проведення лабораторних

експериментів. Коефіцієнт тертя ковзання ґрунту в каналі по поверхні робочого органу визначали перед кожною серією експериментів.

Під якістю кришення ґрунту розуміють деякий максимально ефективний розмір грудки ґрунту полігону їх розподілу за розмірами.

Якість подрібнення ґрунту є найважливішим показником обробки ґрунту, так як від нього залежить переважний розмір ґрунтових агрегатів, що в свою чергу впливає на розподіл вологи ґрунту [20]. Цей показник ми визначали за стандартною методикою [21], для чого використовували наступне обладнання: ящик для взяття проб ґрунту, набір сит і ваги ВЛКТ-500.

У відповідність з методикою подрібнення ґрунту визначали по пробами, що відбираються в чотирьох точках ділянки (дві по ходу руху агрегату, дві назад) з майданчиків $0,25 \text{ м}^2$ на глибину обробки не раніше, ніж через годину після проходу агрегату. Відібрані проби розділяли за допомогою спеціального набору решіт з діаметрами отворів, відповідними розмірами фракції ґрунту на наступні групи фракцій за розмірами: до 1 мм; від 1 до 5 мм; від 5 до 10 мм; від 10 до 25 мм; від 25 до 50 мм; більше 50 мм.

Отримані дані заносилися в журнал спостережень, за якими здійснювалася оцінка якості кришення ґрунту шляхом підрахунку процентного вмісту ваги ґрунтових агрегатів, за такою формулою:

$$П_{Ki} = \frac{m_i}{m} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де m_i і m – маса i -ї фракції в пробі і загальна маса проби, кг.

Далі визначали коефіцієнти кришення K_{kp} , розпушування K_p і розпилення K_e ґрунту за формулою:

$$K_{kp(p:e)} = \frac{m_{<50(<10;<1)}}{m} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

де $m_{<50 (<10; <1)}$ – маса частинок ґрунту розміром відповідно менше 50 мм, від 1 до 10 мм, менше 1 мм.

Найбільш сприятливим варіантом, є варіант з СМГФ з адаптивним регулюванням режиму різання і підтриманням технологічного процесу обробки ґрунту. Він може бути реалізований в конструкції машини зі спостережним приводом, для чого потрібне введення додаткового двигуна для незалежного приводу ходових коліс і блоку управління зі спостережним пристроєм. Останнє дозволяє реагувати на зміну щільності ґрунту і за допомогою блоку управління забезпечувати управління частотою обертання валу додаткового електродвигуна. У цьому випадку регулювання режимів роботи здійснюється без втручання оператора. Недоліком даного способу є відносна складність конструкції.

Найбільш оптимальним способом регулювання режимів роботи в мінливих умовах зовнішнього середовища (тип і фізико-механічні властивості ґрунту, наявність сторонніх включень і ін.) є спосіб, заснований на використанні приводу з адаптивним регулюванням і підтримкою необхідного режиму роботи ґрунтообробної фрези. Цей спосіб реалізується в ГФ, за рахунок установки окремого двигуна. Розглянемо конструкцію цієї фрези докладніше (рис. 2.2).

Ґрунтообробна фреза містить редуктор 8 приводу ходових коліс 5 і робочих органів 6, що виконує одночасно роль рами, на якій жорстко закріплені електричний двигун 2 приводу робочих органів 6, органи управління 7, електродвигун 3 приводу ходових коліс. На редукторі 8 закріплений також блок 1 управління зі зворотним зв'язком, що дозволяє регулювати частоту обертання валу електродвигуна 3. Блок управління 1 пов'язаний за допомогою зворотного зв'язку зі сканером щільності ґрунту, конструктивно виконаним у вигляді живцевого ножа 4, який відстежує зміну щільності оброблюваного ґрунту і передає сигнал на блок управління.

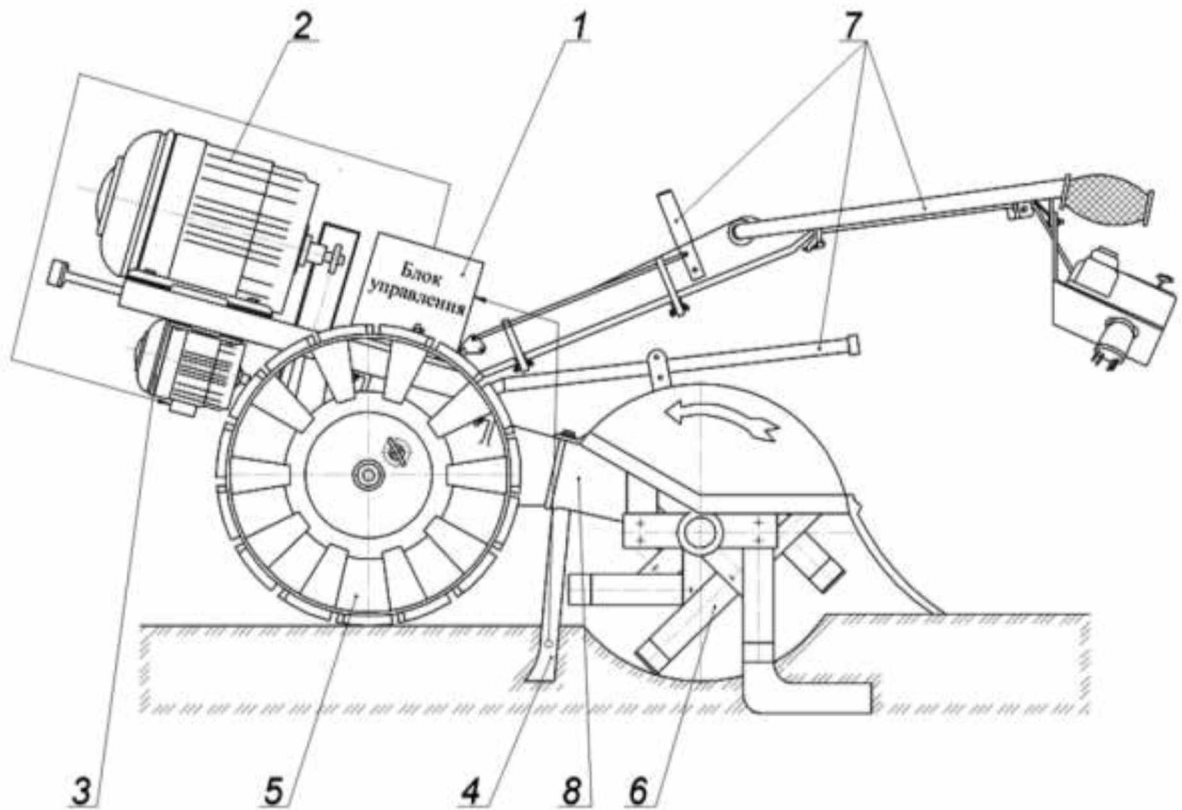


Рисунок 2.2 – Схема електричного способу: 1 – блок управління зі зворотним зв'язком; 2 – електродвигун приводу робочих органів; 3 – електродвигун приводу ходових коліс; 4 – сканер твердості ґрунту; 5 – ходові колеса; 6 – робочі органи; 7 – органи управління; 8 – редуктор.

Запропонована конструкція працює наступним чином. Пристрій підводять до краю оброблюваної ділянки. При цьому кабель живлення повинен бути розташований з боку бічного краю оброблюваної ділянки. Живлення підводиться паралельно на обидва електродвигуна 2 і 3, але живлення електродвигуна 3 здійснюється через блок управління 1 частоти обертання його вала. Спочатку вмикають електродвигун 2 приводу робочих органів 6, потім електродвигун 3 приводу ходових коліс 5.

Одночасно з початком руху ґрунтообробної електрофрези відбувається заглиблення живцевого ножа 4 і ґрунтообробних робочих органів 2.

У міру руху фрези сканер твердості ґрунту 4 відстежує зміну щільності ґрунту. При русі на ущільнених ділянках відбувається відхилення сканера 4 від свого початкового положення і, за допомогою наклеєних на його

поверхню чутливих елементів (дротові тензорезистори, наклеєні за напівмостовою схемою), подається сигнал на блок управління 1, який змінює частоту обертання валу електродвигуна 3 приводу ходових коліс 5. При русі фрези по більш ущільненому ґрунті зменшується його поступальна швидкість, тим самим зменшуючи подачу на робочі органи 6, що дозволяє якісно розпушувати і кришити ґрунти і навпаки, – при русі фрези на ділянці з більш низькою щільністю, ця швидкість збільшується, забезпечуючи зростання продуктивності, зі збереженням необхідної якості обробки.

2.4. Організація проведення польових випробувань і опис обладнання

Для проведення польових випробувань був виготовлений дослідний зразок СМГФА з адаптивним регулюванням режимів роботи на базі ґрунтообробної фрези ФС-0,85, загальний вигляд якої показаний на рис. 2.3.

Польові випробування дослідного зразка СМГФА проводилися з метою визначення енергетичних показників його роботи (потужності на валу двигуна P_d) і агротехнічних показників поверхневого обробітку ґрунту, а також техніко-економічних показників при різних режимах і порівняння їх з відповідними параметрами роботи як базової конструкції ґрунтообробної фрези ФС- 0,85.

Під час польових випробувань ми вимірювали потужності на валах основного і додаткового двигунів ΣP_d , за допомогою виміру електроенергії за допомогою електричного лічильника ЦЕ6807Б1М-1А; проводили аналіз агротехнічної оцінки згідно вищенаведеної методики; визначали коефіцієнт буксування шляхом порівняння теоретичної швидкості руху з фактичною.

В ході польових випробувань постійно вимірювалася твердість ґрунту, сигнал від якого передавався на блок управління тягою асинхронного двигуна, що дозволяє адаптивно регулювати режими роботи СМГФА (поступальну швидкість фрези) в залежності від умов оброблюваного

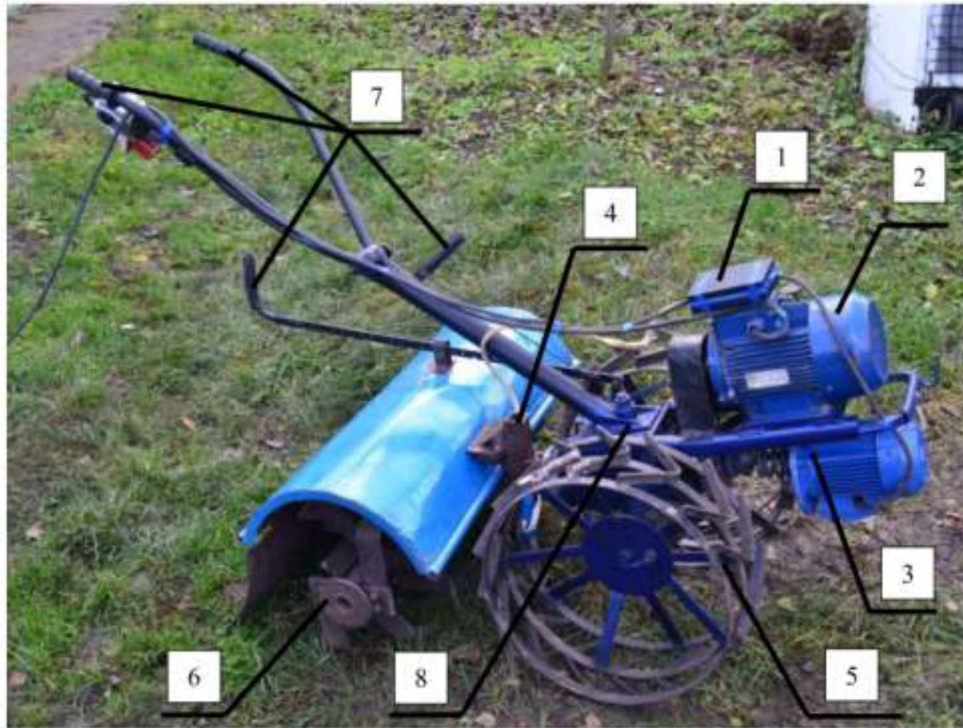


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд дослідного зразка СМГФА: 1 – блок управління зі зворотним зв'язком; 2 – електродвигун приводу робочих органів; 3 – електродвигун приводу ходових коліс; 4 – сканер твердості ґрунту; 5 – ходові колеса; 6 – робочі органи; 7 – органи управління; 8– редуктор

середовища. Структурна схема пристрою цього блоку зображена на рис. 2.4. Він заснований на базі мікроконтролера, який дозволяє реалізувати систему управління асинхронним двигуном [21] і є досить багатофункціональним.

При цьому багатофункціональність визначається виконуваною програмою на мікроконтролері. Представлений блок керування асинхронним двигуном реалізований в реальній конструкції і складається з декількох частин.

Випрямляч, на який подається напруга мережі в 220В, призначений для живлення всього пристрою. На виході випрямляча маємо імпульси напруги частотою 100 Гц. Ця напруга надходить на фільтр, що згладжує пульсації напруги і живить всі наступні пристрої [8, 23].

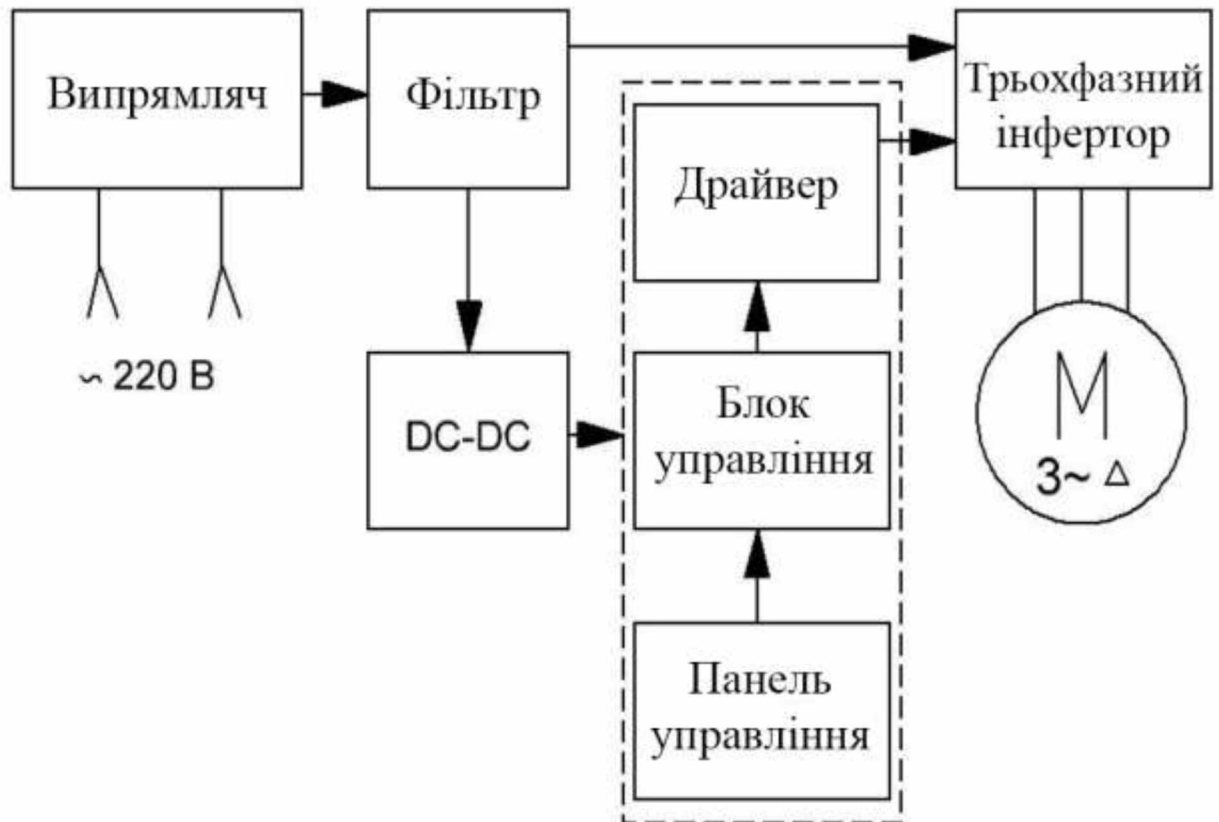


Рисунок 2.4 – Структурна схема блоку управління асинхронним двигуном

Живлення трифазного інвертора здійснюється випрямленою і відфільтрованою напругою 310 В, яка безпосередньо подається на плечі напівмоста трифазного інвертора.

Перед проведенням польових випробувань проводилася оцінка фізико-механічних властивостей ґрунту на контрольних ділянках шляхом визначення вологості, твердості, коефіцієнтів об'ємного зминання і тертя ґрунту по вищевикладеним методикам.

Проведення польових випробувань дослідного зразка СМГФА здійснювалося на різних подачах, величина, яких адаптивно змінювалася зі зміною твердості ґрунту. Обробка ґрунту на контрольній ділянці проводилася на глибинах 0,06м, 0,13 м і 0,20м, після чого проводилися оцінка якості

кришення ґрунту за відомою методикою, і енергетична оцінка ефективності функціонування випробуваної СМГФА за вищеописаною методикою.

Отримані в ході польових випробувань результати, фіксувалися в журналах і піддавалися подальшій статистичній обробці.

Висновки

1. Для проведення лабораторних досліджень фрезерних робочих органів СМГФА і встановлення силових залежностей (F_x , F_z , $f_{рез}$, $M_{кр}$) проведена модернізація експериментального візка.

2. Для проведення польових випробувань на базі самохідної ґрунтообробної фрези ФС-0,85 був виготовлений дослідний зразок СМГФА з розробкою і включенням в її конструкцію сканера визначення твердості ґрунту і блоку управління, який дозволяє змінювати режими роботи в залежності від умов оброблюваного середовища і реєструвати необхідні параметри для визначення енергоємності.

3. Для проведення польових випробувань на базі самохідної ґрунтообробної фрези ФС-0,85 була розроблена програма проведення польових випробувань запропонованої конструкції СМГФА.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Особливості кінематики і динаміки роботи самохідних грунтообробних малогабаритних фрез

Технологічний процес обробки ґрунту ротаційними ґрунтообробними машинами досить докладно описаний в роботах багатьох дослідників [5, 10, 21, 24, 25]. Пропонована нами конструкція машини відрізняється тим, що необхідні технологічні режими вибираються адаптивно в залежності від умов обробки ґрунту, для чого в її пристрій додатково включені сканер твердості ґрунту, блок управління режимами роботи і електричний двигун для приводу ходових коліс. Кінематика роботи фрезерних робочих органів досить докладно була досліджена, тому в даному розділі зосередимося на їх динамічному аналізі, з огляду на ту обставину, що в нашій роботі додається сила різання $f_{рез}$ сканера, яка буде впливати на умови стійкості роботи самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з адаптивним регулюванням режимів роботи (СМГФА).

При виконанні технологічного процесу обробки ґрунту СМГФА переміщається за рахунок сили зчеплення ходових коліс з ґрунтом. При цьому потужність основного двигуна витрачається на подолання моменту опору різання ґрунту ножами на фрезбарабани, а потужність двигуна приводу ходових коліс – на подолання опорів при перекочування ходових коліс, на тертя опорного полозка об ґрунт і зусилля різання сканера визначення твердості ґрунту, крім того, частина потужності втрачається в трансмісії.

Розглянемо більш докладно систему сил, що діють на СМГФА при обробці ґрунту (рис. 3.1).

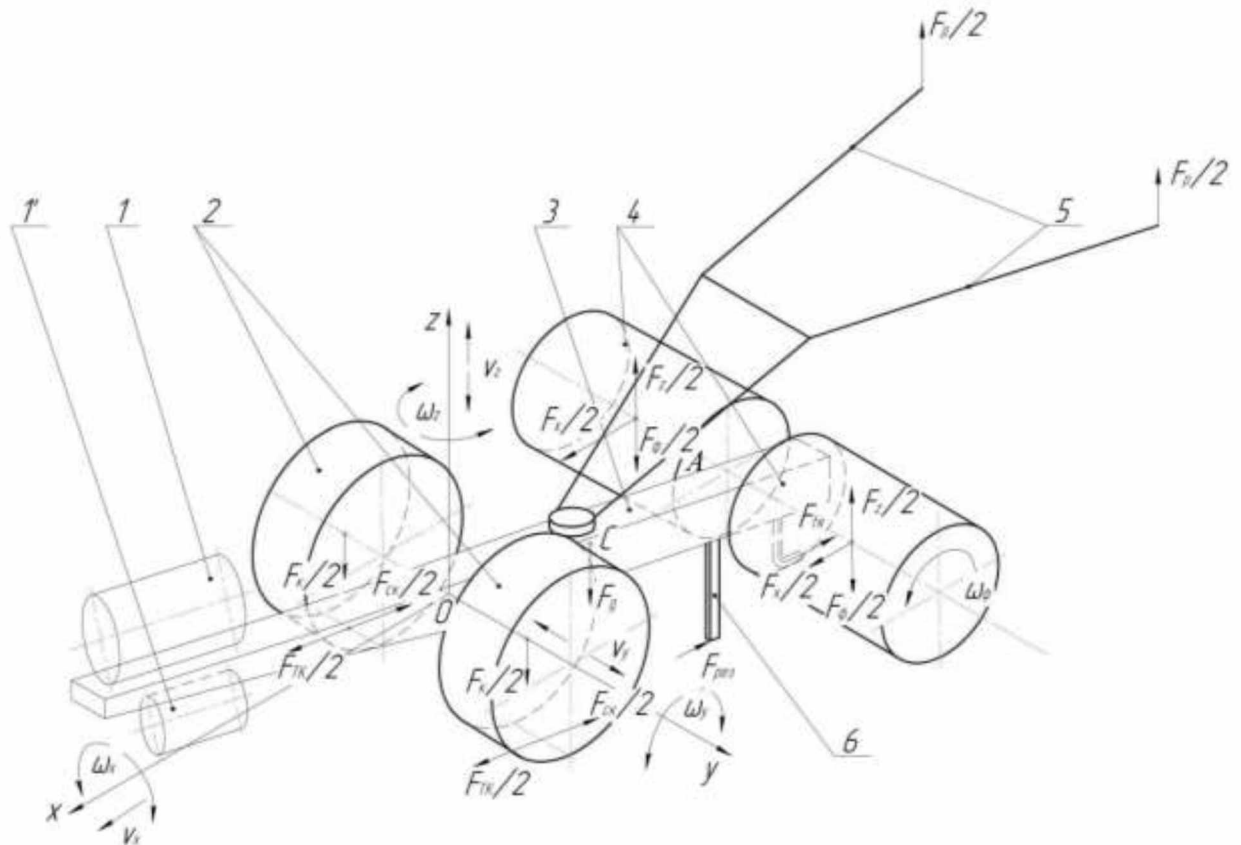


Рисунок 3.1 – Схема СМГФА: 1 – основний двигун; 1' – додатковий двигун; 2 – ходові колеса; 3 – рама (редуктор); 4 – фрезбарабани; 5 – органи управління; 6 – сканер визначення твердості ґрунту; Ox – вісь бічного гойдання (крену); Oy – вісь поздовжнього гойдання (тангажу); Oz – вісь нишпорення

При переміщенні фрези по ґрунті між ходовими колесами і ґрунтом виникає сила тяги $F_{тк}$, яка спрямована на подолання сили опору перекочування ходових коліс $F_{ск}$ і на подолання сили тертя $F_{fа}$ опорного полозка з ґрунтом, а також виникає зусилля різання $f_{рез}$ на сканері визначення твердості ґрунту. Для управління фрезою оператор прикладає до органів управління зусилля F_p , при цьому під час виконання технологічної операції по обробці ґрунту СМГФА приймаємо значення сили F_p рівною нулю. Прийmemo також при аналізі курсової стійкості СМГФ поверхню ґрунту рівною і горизонтальною.

3.2. Динамічний аналіз роботи ґрунтообробної фрези з адаптивним регулюванням режимів роботи

Розглянемо динамічні особливості роботи СМГФА, з урахуванням системи сил, прикладених до фрези (рис. 3.1), для чого складемо її кінематичну схему (рис. 3.2). На цій схемі представлені основні ланки та механізми фрези: 1 – вал основного двигуна; 2 – вал приводу робочих органів; 3 – вал робочих органів; 1' – вал додаткового двигуна; 2' – вал приводу ходових коліс; 3' – вал ходових коліс, а також показані сканер твердості ґрунту, блок управління режимами роботи фрези і їх взаємодія.

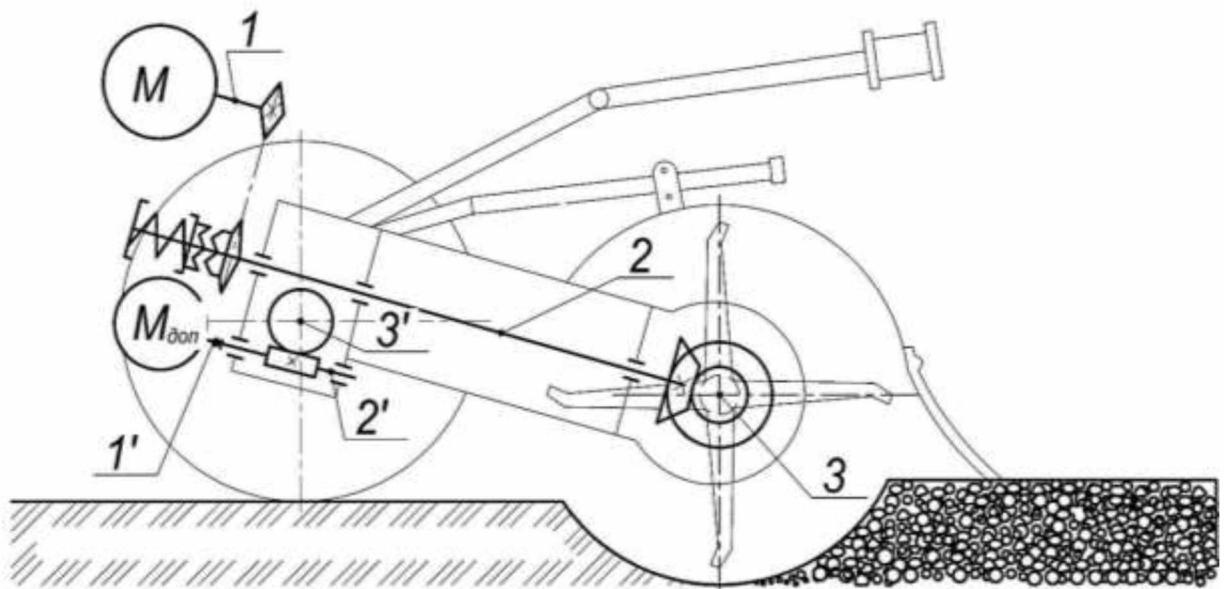


Рисунок 3.2 – Кінематична схема ґрунтообробної фрези: 1 – вал основного двигуна; 2 – вал приводу робочих органів; 3 – вал робочих органів; 1' – вал додаткового двигуна; 2' – вал приводу ходових коліс; 3' – вал ходових коліс

Опишемо системою нелінійних диференціальних рівнянь рух основних вихідних ланок СМГФА відповідно до рівнянням Лагранжа-Даламбера [6]:

$$\begin{cases} J_1 \dot{\omega}_1 + B_1 \omega_1^2 + M_1 + \frac{M_{12}}{i_{12} \eta_{12}} = M_0 \\ J_2 \dot{\omega}_2 + B_2 \omega_2^2 + M_2 + \frac{M_{23}}{i_{23} \eta_{23}} = M_{12}, \\ J_3 \dot{\omega}_3 + B_3 \omega_3^2 + M_3 + F(t) = M_{23} \end{cases} \quad (3.1)$$

де $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – кутові швидкості вала основного двигуна (1), вала привода (2) і вала робочих органів (3);

J_1, J_2, J_3 – відповідні приведені моменти інерції валів в зборі;

B_1, B_2, B_3 – коефіцієнти, що враховують відповідні повітряні опори;

$M_0 = A_0 - \frac{D_0}{C_0 - \omega}$ – крутний момент по механічній (редукторній)

характеристиці основного двигуна;

M_1, M_2, M_3 – моменти сил шкідливого тертя на валах;

$F(t)$ – зовнішнє навантаження;

A_i, D_i, C_i – постійні величини, що визначають активні моменти, що розвиваються ланцюговою передачею або основним двигуном.

Аналогічну систему рівнянь складемо для фрезерного барабана:

$$\begin{cases} J'_1 \dot{\omega}'_1 + B'_1 \omega'^2_1 + M'_1 + \frac{M'_{12}}{i'_{12} \eta'_{12}} = M'_0 \\ J'_2 \dot{\omega}'_2 + B'_2 \omega'^2_2 + M'_2 + \frac{M'_{23}}{i'_{23} \eta'_{23}} = M'_{12}, \\ J'_3 \dot{\omega}'_3 + B'_3 \omega'^2_3 + M'_3 + F'(t) = M'_{23} \end{cases} \quad (3.2)$$

де $\omega'_1, \omega'_2, \omega'_3$ – кутові швидкості вала додаткового двигуна (1), вала привода ходових коліс (2) і вала коліс (3);

J'_1, J'_2, J'_3 – відповідні моменти інерції;

B'_1, B'_2, B'_3 – коефіцієнти, що враховують відповідні повітряні опори;

$M'_0 = A_0 - \frac{D_0}{C_0 - \omega'}$ – крутний момент по механічній (редукторній)

характеристиці додаткового двигуна;

M'_1, M'_2, M'_3 – моменти сил шкідливого тертя на валах n ;

$F'(t)$ – зовнішнє навантаження;

A'_i, D'_i, C'_i – постійні величини, що визначають активні моменти, що розвиваються додатковим двигуном.

Швидкість руху малогабаритного ґрунтообробного агрегату визначається твердістю ґрунту ρ . Чим вище твердість, тим менше повинна бути швидкість поступального переміщення фрези, для забезпечення якісної обробки ґрунту. Збільшення зовнішнього навантаження F' на фрезбарабані, для забезпечення необхідної якості обробки ґрунту, має супроводжуватися зменшенням кутової швидкості ґрунтообробної фрези або зменшенням кутової швидкості ходових коліс ω_3 (зниженням поступальної швидкості фрези), це призведе до зменшення сили F' . При цьому ω_3 збільшиться, оскільки потужність асинхронного двигуна (в нашому випадку АИР90 L2) під час роботи постійна. Якість обробки ґрунту збережеться.

На рисунку 3.3 представлена отримана експериментальним шляхом графічна залежність швидкості СМГМА від твердості ґрунту при заданій кутовій швидкості фрезбарабана. Ця залежність апроксимується наступним математичним виразом: $\rho = 0,001v^4 - 0,0277v^3 + 0,2911v^2 - 1,3927v + 2,8278$.

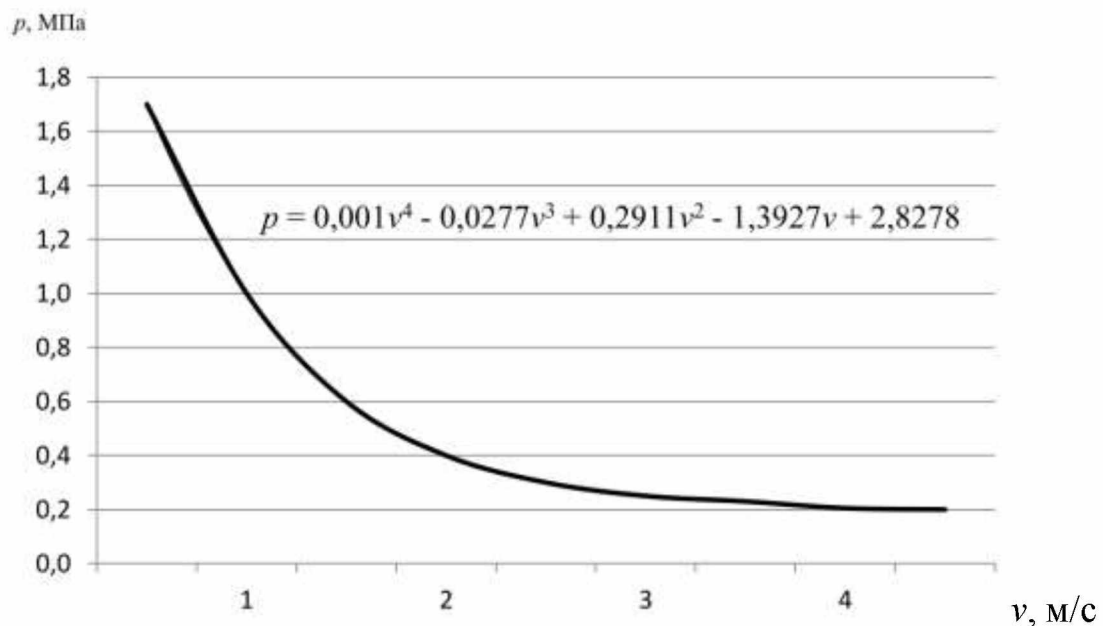


Рисунок 3.3 – Залежність кутової швидкості вала ходових коліс від твердості ґрунту

Таким чином, при зміні твердості ґрунту p для збереження необхідної якості обробки необхідно змінити кутову швидкість коліс ω_3 . Це досягається за рахунок зміни частоти обертання валу додаткового двигуна. Цей процес займає деякий час, відбувається запізнювання зміни режиму роботи, що необхідно враховувати як в розрахунках, так і при реалізації конструкції машини.

3.3. Аналіз балансу споживаної потужності самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з адаптивним регулюванням режиму роботи

При роботі СМГФА з прямим обертанням фрезбарабана в разі усталеного режиму обробки ґрунту у вираз для визначення необхідної потужності P [25, 26] необхідно додатково включити потужність, затрачену на різання ґрунту сканером, і тоді загальна потужність буде виражена такою залежністю:

$$P = P_p + P_{отб} + P_{пер} + P_{под} + P_{фя} + P_{тр} + P_{рез}, \quad (3.3)$$

де P_p – потужність на різання ґрунту, кВт;

$P_{отб}$ – потужність на відкидання ґрунту, кВт;

$P_{пер}$ – потужність на перекочування ходових коліс, кВт;

$P_{под}$ – потужність на подолання опору підштовхувального зусилля F_x , кВт;

$P_{фя}$ – потужність на подолання опору переміщенню полозка по ґрунту, кВт;

$P_{тр}$ – потужність на подолання сил опору в механізмах приводу фрезбарабанами і ходових коліс, кВт;

$P_{рез}$ – потужність на подолання сил різання сканера в ґрунті, кВт.

Складові правої частини рівняння можна розбити на три групи, що об'єднуються загальними ознаками, а саме: 1) потужність, яка витрачається на фрезерування ґрунту P_ϕ (потужність на валу фрезбарабана); 2) потужність,

яка витрачається на створення сили тяги на ходових колесах з ґрунтом P_m (потужність на валу цих коліс); 3) потужність, яка витрачається на подолання сил опору в механізмах приводу фрез барабанів і ходових коліс P_{mp} .

На підставі цього можна записати:

$$P_{\phi} = P_P + P_{omb}; \quad (3.4)$$

$$P_m = P_{nep} + P_{nod} + P_{fa} + P_{рез}. \quad (3.5)$$

Тоді вираз (3.3) прийме спрощений вид:

$$P = P_{\phi} + P_m + P_{mp}. \quad (3.6)$$

Дослідниками [5, 23] отримані залежності для визначення величин складових, що входять в праву частину рівняння (3.6), однак з їх допомогою неможливо знайти значення складової P_{ϕ} через відсутність достовірних значень коефіцієнтів, що входять в формулу для її визначення.

Точне визначення потужності на фрезерування ґрунту можливо лише на основі безпосереднього вимірювання енергетичних параметрів фрезбарабану в реальних умовах – в залежності від властивостей ґрунту, глибини обробки, режиму роботи і ширини захоплення фрези, форми робочих органів і кутів заточки їх лез. Для визначення потужності P_{ϕ} можна скористатися відомою залежністю [26]:

$$P_{\phi} = M_{кр} \omega_{\phi} 10^{-3}. \quad (3.7)$$

В даному випадку значення крутного моменту $M_{кр}$ (Н·м) на валу фрезбарабана можна визначити експериментально, безпосередньо виміряти датчиком крутного моменту.

Виражаючи кутову швидкість фрезбарабана ω_{ϕ} (рад/с) через частоту обертання n_{ϕ} (хв⁻¹), тобто $\omega_{\phi} = \frac{\pi n_{\phi}}{30}$, вираз (3.7) набуде вигляду:

$$P_{\phi} = \frac{M_{кр} n_{\phi}}{9550}. \quad (3.8)$$

Далі розглянемо аналіз складових необхідної потужності, а саме P_m і P_{mp} з урахуванням специфіки конструкції та особливостей роботи СМГФА

(машина має пряме обертання фрезбарабана, переміщається по рівній поверхні поля і до складу конструкції включений сканер ґрунту).

У загальному вигляді, потужність P_t буде визначатися залежністю:

$$P_m = M_{крк} \omega_k \cdot 10^{-3}. \quad (3.9)$$

де $M_{крк}$ – крутний момент на валу ходових коліс, Н·м;

ω_k – кутова швидкість ходових коліс, рад/с.

Висловлюючи кутову швидкість ω_k через поступальну швидкість руху машини v_n , залежність (3.9) набуде вигляду:

$$P_m = \frac{2M_{крк} v_n \cdot 10^{-3}}{D_k}. \quad (3.10)$$

З урахуванням діючих на СМГФА сил (див. рис. 3.3) для крутного моменту $M_{крк}$ отримаємо наступну розрахункову залежність:

$$M_{крк} = \left(F_{fя} + F_{ск} - F_x + F_{рез} \right) \frac{D_k}{2}. \quad (3.11)$$

Враховуючи (3.1) і (3.2) при $\frac{l_1}{l_n \sin \left[\arccos \left(\frac{D_k - D_\phi + 2h}{2l_n} \right) \right]} = K_1$ та

необхідні перетворення залежність (3.11) набуває наступного виду:

$$M_{крк} = \left[f \left(F_g K_1 + F_z \right) + \sqrt[3]{\frac{F_g^4 (1 - K_1)^4}{q D_k^2 b_k}} - F_x + F_{рез} \right] \frac{D_k}{2}. \quad (3.12)$$

Тоді після підстановки (3.12) в (3.10) одержимо:

$$P_m = \left[f \left(K_1 F_g - F_z \right) + \sqrt[3]{\frac{F_g^4 (1 - K_1)^4}{q D_k^2 b_k}} - F_x + F_{рез} \right] v_n \cdot 10^{-3}. \quad (3.13)$$

Потужність, що витрачається на подолання сил опору в механізмах приводу фрезбарабанів і ходових коліс P_{mp} можна визначити за формулою [26]:

$$P_{mp} = (1 - \eta_o) (P_\phi + P_m), \quad (3.14)$$

де η_o – загальний ККД передавальної частини приводу СМГФА.

З огляду на двопоточну компоновку передавальної частини приводу СМГФА, а саме приводу фрезбарabanів і ходових коліс [26] значення η_o визначиться за формулою:

$$\eta_o = \frac{\frac{P_\phi + P_m}{\eta_{o\phi}} + \frac{P_m}{\eta_{ок}}}{\frac{P_\phi}{\eta_{o\phi}} + \frac{P_m}{\eta_{ок}}}, \quad (3.15)$$

де $\eta_{o\phi}$ і $\eta_{ок}$ – відповідно загальні ККД окремих потоків потужності приводу фрезбарabanів і ходових коліс.

Таким чином, підставляючи залежності і зробивши необхідні перетворення, отримаємо формулу для розрахунку необхідної потужності для нормального функціонування СМГФА:

$$P = (2 - \eta_o) \left\{ \frac{M_{кр} n_\phi}{9550} + \left[f(K_1 F_g - F_z) + \sqrt[3]{\frac{F_g^4 (1 - K_1)^4}{q D_k^2 b_k}} - F_x + F_{рез} \right] v_n \cdot 10^{-3} \right\} \quad (3.16)$$

Отримані рівняння відображають залежність загальної потужності, споживаної СМГФА і сканером твердості ґрунту і питомої енергоємності, і враховують умови протікання технологічної операції по обробці ґрунту, фізико-механічні властивості ґрунту і конструктивні особливості машин.

3.4. Аналіз енергоємності процесу фрезерування ґрунту самохідною малогабаритною ґрунтообробною фрезою з адаптивним регулюванням режиму роботи в польових умовах

З метою отримання необхідних даних для техніко-економічної оцінки і перевірки теоретичних положень нами проводилася енергетична оцінка дослідного зразка СМГФА шляхом її порівняння з базовою конструкцією СМГФ ФС-0,85. На рис. 3.4 представлені залежності потужності на фрезерування ґрунту P від подачі на ніж S при твердості ґрунту 0,75 МПа, що характеризують умови відкритого ґрунту підприємства.

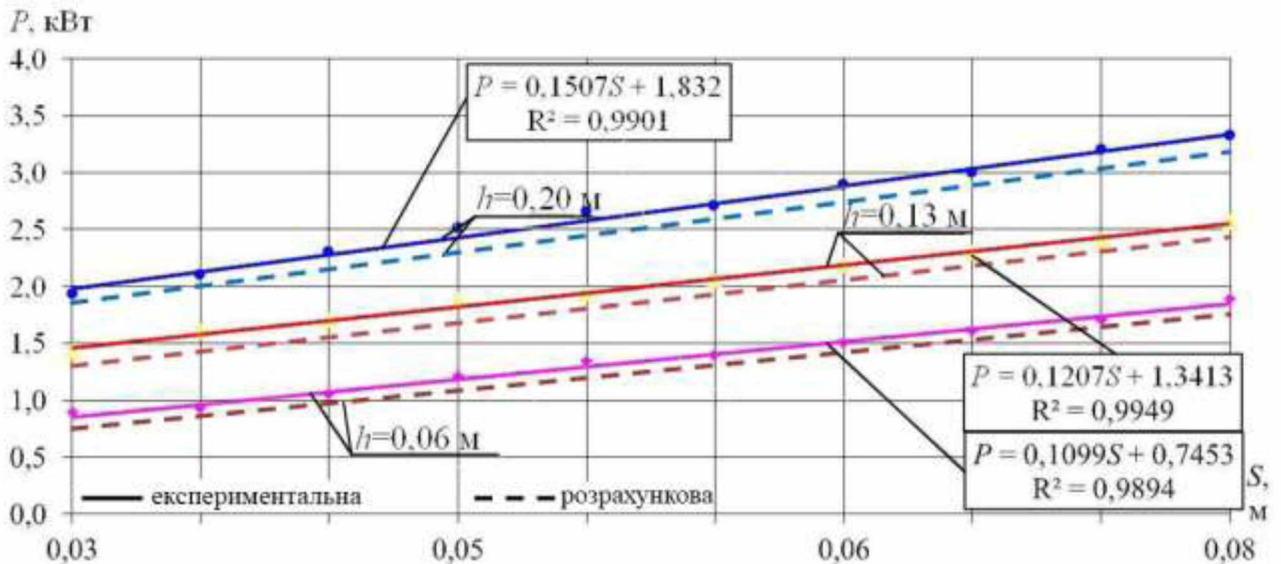


Рисунок 3.4 – Залежності потужності на фрезерування ґрунту P від подачі на ніж S

Аналіз залежностей необхідної потужності на фрезерування ґрунту показує, що зі збільшенням подачі відбувається зростання потужності, тобто для умов відкритого ґрунту при $h = 0,06$ м і зростанні подачі з 0,03 до 0,074 м потужність збільшується в 2,1 рази з 0,89 до 1,89 кВт; при $h = 0,13$ м в 1,8 рази з 1,43 до 2,57 кВт; при $h = 0,20$ м в 1,7 рази з 1,93 до 3,32 кВт. Збільшення потужності відбувається по яскраво вираженим лінійним залежностям. Інтенсивність наростання потужності нижче інтенсивності росту подачі на ніж в 1,2 рази при $h = 0,06$ м; в 1,4 рази при $h = 0,13$ м; в 1,5 рази при $h = 0,20$ м.

Бачимо, що інтенсивність росту потужності і подачі відрізняються, що пояснюється тим що, на великих подачах менше витрачається потужності на перемішування ґрунту, крім цього, також спостерігається збільшення підштовхувальної сили, що додатково веде до зниження потужності на перекочування машини. Такий характер зміни потужності підтверджується раніше проведеними дослідженнями [11,22].

Для порівняльної оцінки витрат потужності побудуємо графічні експериментальні розрахункові залежності питомої енергоємності в

залежності від подачі на ніж, для аналогічних умов при трьох глибинах обробки (рис. 3.5).

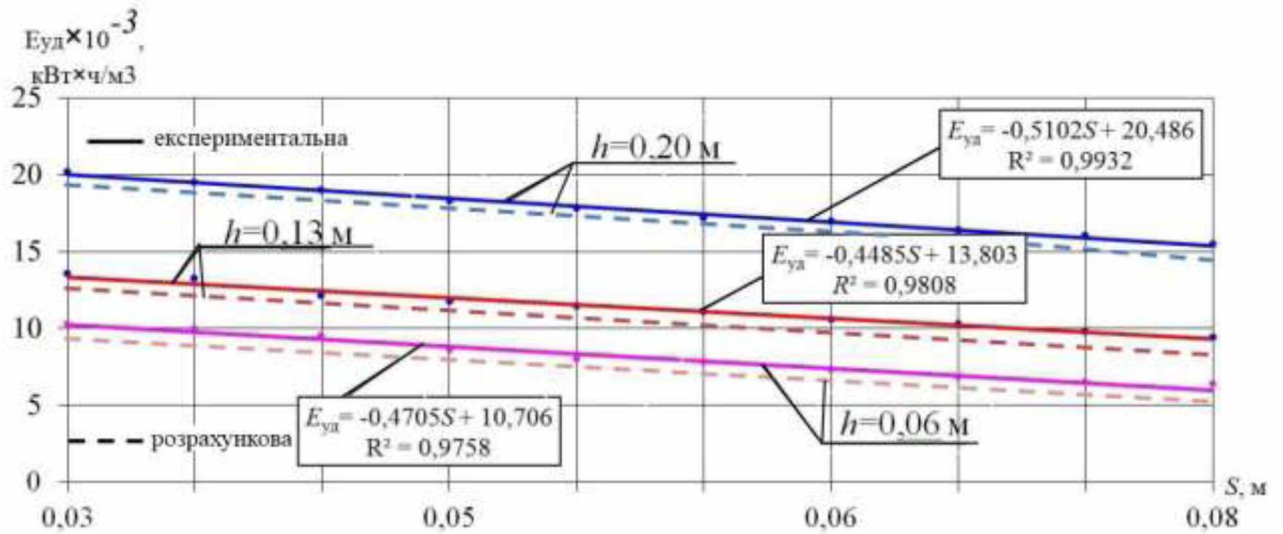


Рисунок 3.5 – Залежності питомої енергоємності фрезерування $E_{уд}$ від подачі на ніж S

Аналіз цих залежностей S (рис. 3.5) показує, що енергоємність знижується також за лінійним залежностям. При глибині обробки $h = 0,06$ м, зі збільшенням подачі від 0,03 до 0,074 м енергоємність знижується з $10,28 \cdot 10^{-3}$ до $6,35 \cdot 10^{-3}$ кВт·год./м³, що становить $3,393 \cdot 10^{-3}$ кВт·год./м³ або 38%; при $h = 0,13$ м – з $13,55 \cdot 10^{-3}$ до $9,43 \cdot 10^{-3}$ кВт·год./м³, що становить $4,12 \cdot 10^{-3}$ кВт·год./м³ або 30%; при $h = 0,20$ м – з $20,15 \cdot 10^{-3}$ до $15,47 \cdot 10^{-3}$ кВт·год./м³, що становить $4,68 \cdot 10^{-3}$ кВт·год./м³ або 23%.

Такий характер зміни енергоємності, а також наведені величини її зниження в процентному обчисленні підтверджуються також раніше проведеними дослідженнями, але отримані значення енергоємності в даних дослідженнях, значно нижче, ніж в дослідженнях інших авторів.

3.5. Аналіз агротехнічної оцінки польових випробувань

Аналіз агротехнічної оцінки польових випробувань дослідного зразка СМГФА на контрольних ділянках відкритого ґрунту при твердості ґрунту

0,75 МПа в діапазоні подач від 0,03 до 0,74 м, проводили згідно із зазначеною методикою.

Умови проведення польових випробувань і результати агротехнічної оцінки наведені в таблиці А.1 - А.3 (додаток А). На підставі отриманих даних була побудована нормована гістограма агрегатного складу ґрунту (рис. 3.6), а на рис. 3.7 представлена динаміка зміни коефіцієнтів характеризують якість обробки ґрунту у вигляді окремих графічних залежностей.

Аналіз гістограм рис. 3.6 показує, що ґрунт складається в основному з агротехнічно цінних фракцій розміром від 1 до 10 мм і характеризуються коефіцієнтом розпушування. Обсяг даних фракцій становить на різних подачах і глибинах обробки більше 50% від загального його значення, що згідно з даними багатьох дослідників [25] дозволяє говорити про досить високу якість обробки ґрунту.

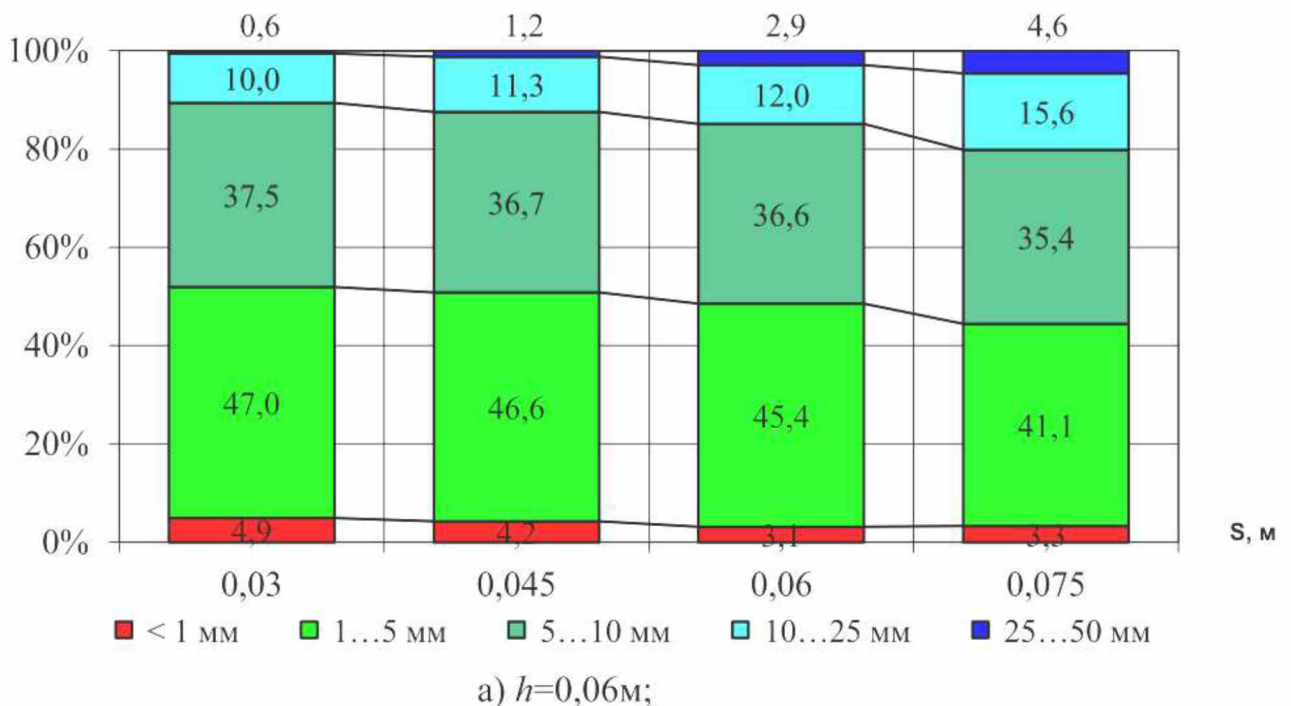


Рисунок 3.6 (початок) – Агрегатний склад обробітку ґрунту в залежності від подачі на ніж S при різних глибинах обробки ($h = 0,06\text{м}$; $0,13\text{м}$; $0,20\text{м}$.)

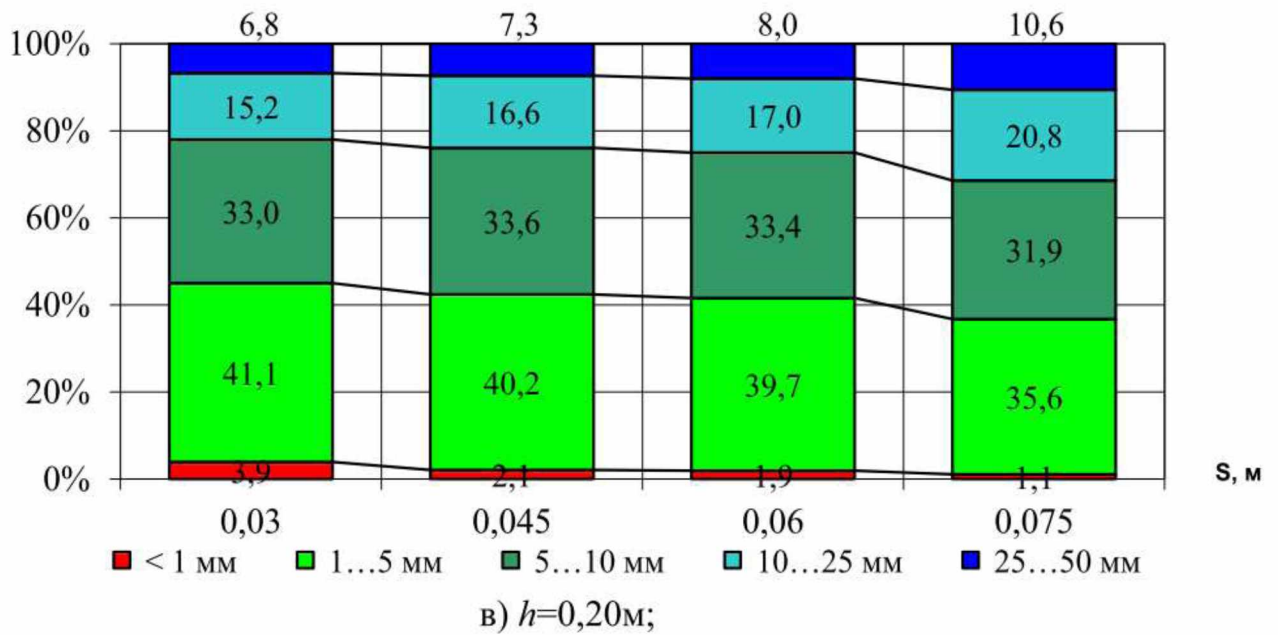
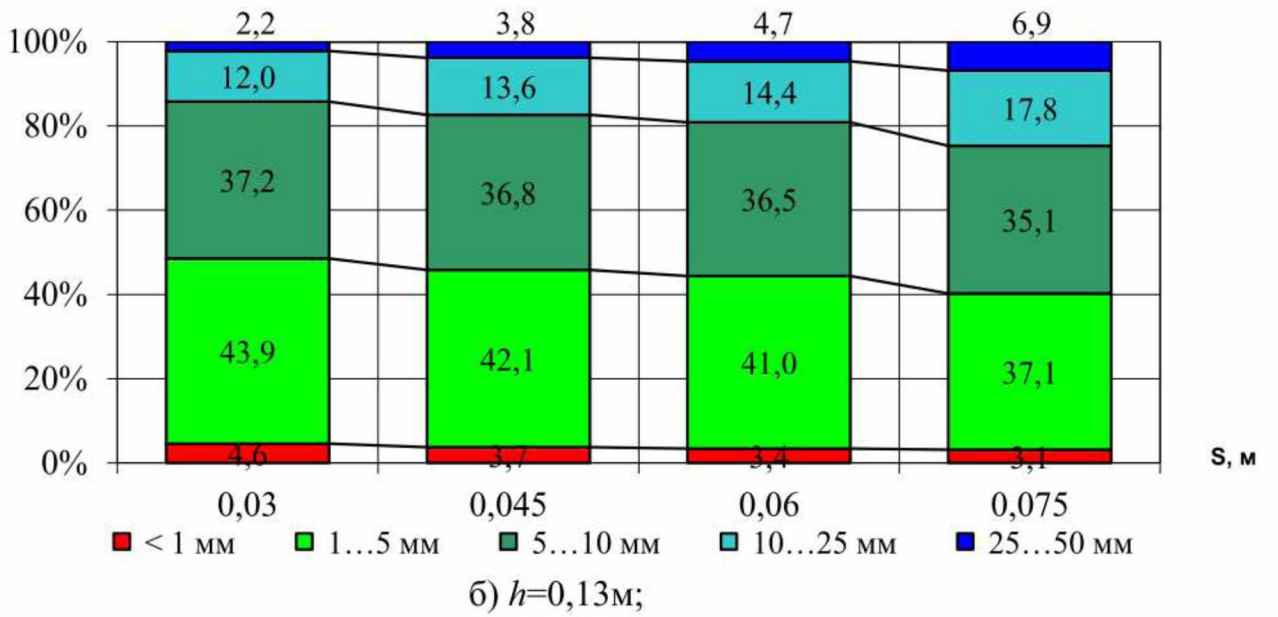


Рисунок 3.6 (закінчення) – Агрегатний склад обробітку ґрунту в залежності від подачі на ніж S при різних глибинах обробки ($h = 0,06\text{м}$; $0,13\text{м}$; $0,20\text{м}$)

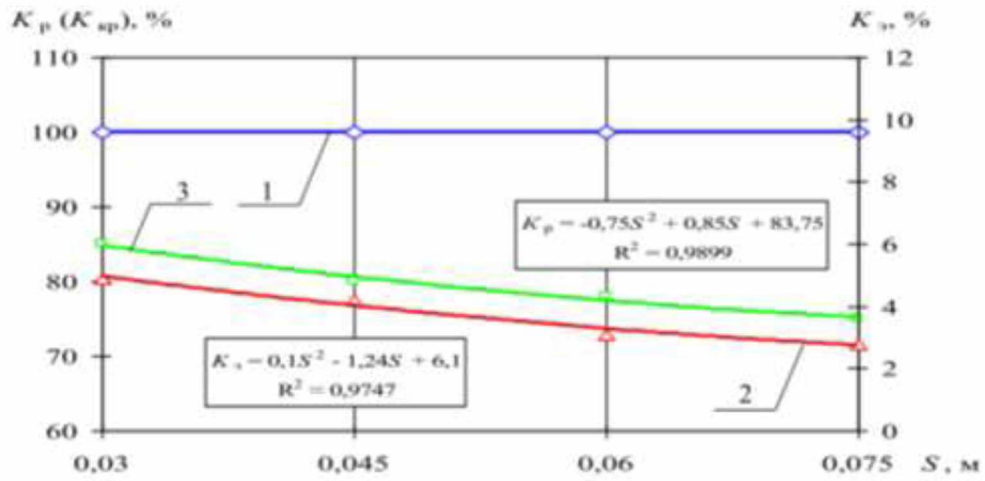
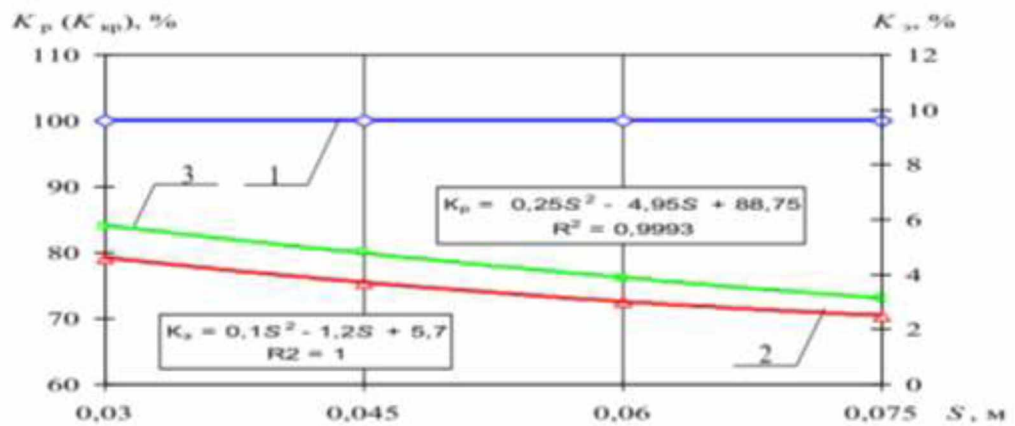
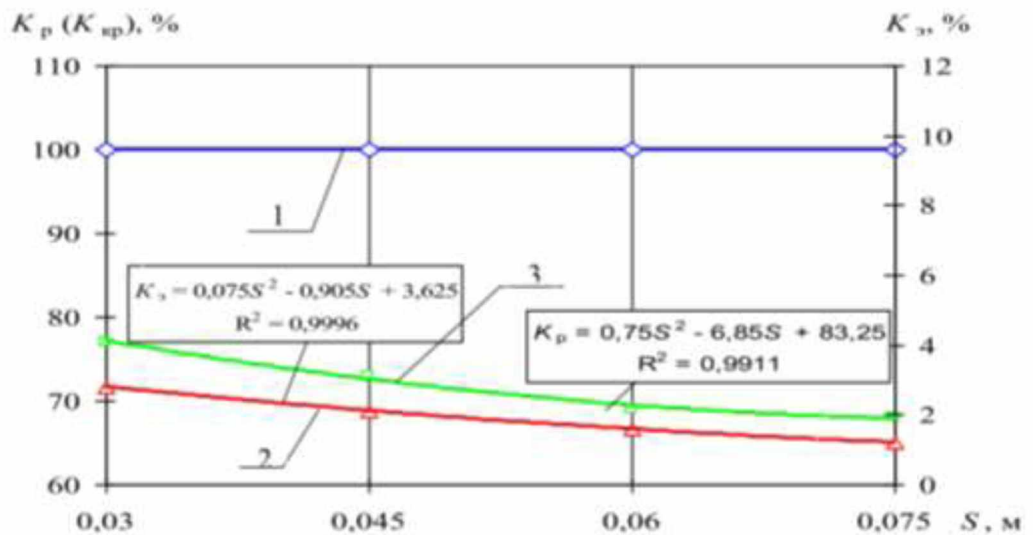
а) $h=0,06$ м;б) $h=0,13$ м;в) $h=0,20$ м;

Рисунок 3.7 – Якісні показники обробітку ґрунту: 1 – залежність коефіцієнта кришення ґрунту $K_{кр}$; 2 – залежність коефіцієнта розпилення ґрунту K_e ; 3 – залежність коефіцієнта розпушування ґрунту K_p

Одним з інтегральних показників якості обробки є коефіцієнт кришення ґрунту, який характеризує наявність в ній фракцій розміром до 50 мм і обсяг яких відповідно до вимог стандарту [16] не повинен бути менше 85%. У проведених польових випробуваннях величина коефіцієнта розпушування склала на всіх подачах 100%, що також підтверджує високу якість обробки ґрунту фрезерними робочими органами.

Крім цього необхідно відзначити, що зі збільшенням подачі з 0,03 до 0,075 м спостерігається зниження ерозійно-небезпечних частинок ґрунту, що характеризуються коефіцієнтом розпилення, при якому обсяг частинок розміром менше 1 мм не повинен перевищувати 5%. Зменшення ерозійно-небезпечних частинок сприятливо позначається на стійкості обробленого ґрунту до можливої його ерозії.

Таким чином, результати аналізу агротехнічної оцінки підтверджують досить високий рівень якості обробки ґрунту досвідченим зразком СМГФА у всьому діапазоні допустимих подач від 0,03 до 0,075 м при твердості ґрунту 0,75 МПа.

Висновки

1. Розглянуто основні питання динаміки і курсової стійкості самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з адаптивним регулюванням режиму роботи, з урахуванням особливостей її конструкції з урахуванням кінематики та динаміки роботи робочих органів.

2. Здійснено динамічний аналіз роботи самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з адаптивним регулюванням режимів роботи, що дозволив виділити і розглянути окремо перехідний процес, описуваний зміною частоти обертання коліс, трьома експонентами.

3. Отримано рівняння для розрахунку потрібної потужності і питомої енергоємності при виконанні технологічної операції по обробці ґрунту з урахуванням технологічних параметрів, властивостей ґрунту і

конструктивних особливостей самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з адаптивним регулюванням режимів роботи.

4. В ході проведення польових випробувань для умов відкритого ґрунту проведена агротехнічна оцінка обробки ґрунту. В результаті було встановлено, що після обробки ґрунту з подачами від 0,03 до 0,74 м вона складається в основному з агротехнічно цінних фракцій розміром від 1 до 10 мм. Обсяг даних фракцій становить на різних подачах і глибинах обробки більше 50% від загального його значення, що не знижує якість обробки ґрунту.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза

Екологічна експертиза в Україні – вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання й відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах.

Об'єкти, суб'єкти, види екологічної експертизи висвітленні у законі України «Про екологічну експертизу» (9.02.1995р.).

Екологічна експертиза може бути державна, громадська та інша.

Державна екологічна експертиза проводиться експертними підрозділами чи спеціально створюваними комісіями спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів та його органів на місцях на основі принципів законності, наукової обґрунтованості, комплексності, незалежності, гласності та довгострокового прогнозування.

Для участі в проведенні державної екологічної експертизи можуть залучатися відповідні органи державного управління України, представники науково-дослідних, проектно-конструкторських, інших установ та організацій, вищих навчальних закладів, громадськості, експерти міжнародних організацій.

Висновок державної екологічної експертизи після затвердження спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів є обов'язковим для виконання.

Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування всіх програм і проектів.

Реалізація програм, проектів і рішень без позитивного висновку державної екологічної експертизи забороняється.

Громадська екологічна експертиза здійснюється незалежними групами спеціалістів з ініціативи громадських об'єднань, а також місцевих органів влади за рахунок їх власних коштів або на громадських засадах.

Громадська екологічна експертиза проводиться незалежно від державної екологічної експертизи.

Висновки громадської екологічної експертизи можуть враховуватися органами, які здійснюють державну екологічну експертизу, а також органами, що заінтересовані у реалізації проектних рішень або експлуатують відповідний об'єкт.

Інші екологічні експертизи можуть здійснюватися за ініціативою заінтересованих юридичних і фізичних осіб на договірній основі із спеціалізованими еколого-експертними органами і формуваннями.

Завданням екологічної експертизи є:

а) визначення екологічної безпеки господарювання та іншої діяльності, яка може нині або в майбутньому прямо або посередньо негативно вплинути на стан навколишнього середовища;

б) встановлення відповідності передпроектних, передпланових, проектних та інших рішень вимогам законодавства про охорону навколишнього середовища;

в) оцінка повноти й обґрунтованості передбачуваних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення, яка здійснюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища разом із Міністерством охорони здоров'я України.

4.2. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я,

працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

При нанесенні антифрикційних покриттів на гільзи робітник має справу з різноманітними металообробними верстатами.

Основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні гільз і нанесенні покриттів повинні мати огорожувальні пристрої - кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри (суцільні та сітчасті).

Крім того застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву третьових деталей, появі гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через задалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

У конструктивній розробці даного дипломного проекту запропоновано пристосування для нанесення зносостійких покриттів на внутрішню поверхню гільз циліндрів двигунів фрикційним способом. Характерною особливістю є використання різноманітних хімічних речовин (ПАВ (поверхнево-активні речовини), порошкоподібні мінеральні і органічні солі антифрикційних металів, водорозчинні ЗОР (змащуючо-охолоджуючі рідини), гліцерин, органічні кислоти та ін.).

Робота з такими речовинами створює небезпеку отруєнь, опіків та професійних захворювань. Вдихання шкідливих речовин призводить до ураження верхніх дихальних шляхів і загальнотоксичного впливу. Попадання кислот і лугів на шкіру може викликати подразнення або опік. Тому необхідно працювати в спеціальній захисній формі.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиціонери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;

- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;

- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

У розділі охорони праці дипломного проекту представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки

За основні чинники, що визначають економічну ефективність, були обрані зниження витрат праці і вартості механізованих робіт за рахунок підвищення продуктивності СМГФА.

При аналізі економічної ефективності показники роботи дослідного зразка СМГФА порівнювали з показниками базової фрези ФС-0,85, за умови їх експлуатації в закритому ґрунті.

У табл. 4.2 представлені вихідні техніко-економічні показники цих машин, які використовуються в розрахунку за 2018 рік.

Таблиця 4.2 – Дані для розрахунку техніко-економічних показників

Показник	Порівнювані машини	
	СМГФ ФС-0,85	Дослідний зразок СМГФА
Робоча ширина, м	0,85	0,85
Робоча швидкість фрези, км/год.	1	від 1 до3
Коефіцієнт використання часу зміни	0,75	0,75
Балансова вартість машини, грн.	25 000	-
Число обслуговуючого персоналу	1	1
Час зміни, год.	7	7
Річна завантаження, га	5	5
Годинна оплата праці обслуговуючого персоналу, грн. / люд.-год.	110	110

Визначаємо вартість дослідного зразка СМГФА за формулою (додатковий індекс «баз» – базовий агрегат; індекс «досл» – досвідчений):

$$B_{\text{досл}} = B_{\text{баз}} + B, \quad (4.1)$$

де $B_{\text{баз}}$ – ринкова вартість базового варіанту фрези ФС-0,85, грн;

$B_{баз} = 25000$ грн.;

B – вартість блоку управління, грн.;

З аналізу джерел [28], з урахуванням вартості комплектуючих, що входять в конструкцію регулювання режимів, і з урахуванням монтажних робіт приймає $B = 3200$ грн.

$$B_{досл} = 25000 + 3200 = 28200 \text{ грн.}$$

Годинна продуктивність базового варіанту фрези ФС-0,85 при експлуатації у відкритому ґрунті, га/год.:

$$W_{год}^{баз} = 0,1Bv_n, \quad (4.2)$$

де B – ширина захвату, м; $B = 0,85$ м;

v_n – робоча швидкість руху, км/год.; $v_n = 1$ км/год.

$$W_{год}^{баз} = 0,1 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,085 \text{ га/год.}$$

Змінна продуктивність, га/змінa:

$$W_{змінa} = W_{год} \cdot \tau_{зм} \cdot \kappa_{зм}, \quad (4.3)$$

де $\tau_{зм}$ – час зміни, год.; $\tau_{зм} = 7$ год.;

$\kappa_{зм}$ – коефіцієнт використання часу зміни; $\kappa_{зм} = 0,75$.

Після підстановки числових значень отримаємо:

$$W_{змінa}^{баз} = 0,085 \cdot 7 \cdot 0,75 = 0,45 \text{ га/змінa};$$

$$W_{змінa 0,06}^{досл} = 0,17 \cdot 7 \cdot 0,75 = 0,89 \text{ га/змінa};$$

$$W_{змінa 0,13}^{досл} = 0,25 \cdot 7 \cdot 0,75 = 1,31 \text{ га/змінa};$$

$$W_{змінa 0,20}^{досл} = 0,23 \cdot 7 \cdot 0,75 = 1,2 \text{ га/змінa};$$

Витрати праці на одиницю роботи, люд.-год./га:

$$T_i = \frac{z}{W_{змінa}}, \quad (4.4)$$

де z – кількість обслуговуючого персоналу, $z = 1$.

$$T^{баз} = \frac{1}{0,45} = 2,22 \text{ люд.-год./га}$$

$$T_{0,06}^{докл} = \frac{1}{0,89} = 1,12 \text{ люд.-год./га}$$

$$T_{0,13}^{докл} = \frac{1}{1,31} = 0,76 \text{ люд.-год./га}$$

$$T_{0,20}^{докл} = \frac{1}{1,2} = 0,83 \text{ люд.-год./га}$$

Собівартість механізованих робіт, грн./га:

$$И = (З + E + C + R + A)(1 + K), \quad (4.5)$$

де $З$ – витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./га;

E – витрати на електроенергію, грн./га;

C – витрати на мастильні матеріали, грн./га;

R – витрати на технічне обслуговування і ремонт, грн./га;

A – відрахування на амортизацію, грн./га;

K – коефіцієнт інших прямих витрат, $K = 0,1$.

Річний наведений економічний ефект від експлуатації дослідної СМГФА, грн.:

$$E_p = (И^{баз} - И^{докл})W_p. \quad (4.6)$$

Капітальні вкладення по машині в грн. на одиницю напрацювання, грн./га:

$$K = \frac{B}{W_p}. \quad (4.7)$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років:

$$T_\phi = \frac{B^{докл} - B^{баз}}{E_p}. \quad (4.8)$$

Результати розрахунків зведемо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Показники економічної ефективності СМГФ в залежності від умов експлуатації на порівняних обсягах роботи

Показник	Машина				
	СМГФ ФС-0,85	Дослідний зразок СМГФА			
		Глибина обробки, м			
		0,06	0,13	0,20	
Вартість агрегату, грн.	25000	28200			
Робоча швидкість, км/год.	1,0	1,75	2,1	2,0	
Годинна продуктивність, га/год.	0,085	0,17	0,25	0,23	
Змінна продуктивність, га/год.	0,45	0,89	1,31	1,2	
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1			
Трудомісткість робіт, год./га	2,22	1,12	0,76	0,83	
Зниження затрат праці, %	-	49,5	65,8	62,5	
Річний економічний ефект, грн.	-	16087	13565	12025	
Термін окупності, років		0,20	0,23	0,27	

Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована конструкція самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з можливістю адаптації режимів її роботи і з високою ефективністю функціонування є безпечною для навколишнього середовища.

Виконано аналіз умов виникнення і розвитку травм і аварій, для їх усунення запропоновані наступні заходи: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

Річний економічний ефект від впровадження запропонованого способу обробки ґрунту складе 16087 грн. – при $h = 0,06$ м; 13565 грн. – при $h = 0,13$ м; 12025 грн. – при $h = 0,20$ м.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розглянуто основні питання динаміки і курсової стійкості самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з адаптивним регулюванням режиму роботи, з урахуванням особливостей її конструкції з урахуванням кінематики та динаміки роботи робочих органів.

2. Здійснено динамічний аналіз роботи самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з адаптивним регулюванням режимів роботи, що дозволив виділити і розглянути окремо перехідний процес, описуваний зміною частоти обертання коліс, трьома експонентами.

3. Отримано рівняння для розрахунку потрібної потужності і питомої енергоємності при виконанні технологічної операції по обробці ґрунту з урахуванням технологічних параметрів, властивостей ґрунту і конструктивних особливостей самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези з адаптивним регулюванням режимів роботи.

4. В ході проведення польових випробувань для умов відкритого ґрунту проведена агротехнічна оцінка обробки ґрунту. В результаті було встановлено, що після обробки ґрунту з подачами від 0,03 до 0,74 м віна складається в основному з агротехнічно цінних фракцій розміром від 1 до 10 мм. Обсяг даних фракцій становить на різних подачах і глибинах обробки більше 50% від загального його значення, що не знижує якість обробки ґрунту.

5. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого способу обробки ґрунту складе 16087 грн. – при $h = 0,06$ м; 13565 грн. – при $h = 0,13$ м; 12025 грн. – при $h = 0,20$ м.