

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

АДАМЧУК ОЛЕГ ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 631.333

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ
УДОСКОНАЛЕНОГО ВІДЦЕНТРОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНА
МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

05.05.11 – машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

13 – механічна інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня **кандидата технічних наук**

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ О.В. Адамчук

Науковий керівник: Булгаков В.М., академік НААН, доктор технічних
наук, професор, професор кафедри механіки Національного університету
біоресурсів і природокористування України

Вінниця – 2021

АНОТАЦІЯ

Адамчук О.В. Обґрунтування параметрів та режимів роботи удосконаленого відцентрового робочого органа машин для внесення мінеральних добрив. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва (13 – механічна інженерія). – Вінницький національний аграрний університет, Вінниця 2021.

Дисертацію присвячено вирішенню актуальної проблеми підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив шляхом збільшення їх робочої ширини захвату.

У науковій роботі розроблено математичні моделі, які описують закономірності розгону частинок мінеральних добрив відцентровим розсівним робочим органом, який має нахилену вісь обертання, з урахуванням параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив та кожного з чотирьох секторів зазначеного робочого органа, в який може здійснюватись подача мінеральних добрив. На основі зазначених моделей отримано залежності для визначення поточного значення відносної швидкості руху добрив вздовж лопаток відцентрового розсівного робочого органа та її значення в момент сходження добрив.

У результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що машина, яка обладнана таким робочим органом, забезпечує внесення гранульованих добрив з робочою шириною захвату до 39 м, при цьому нерівномірність їх внесення на робочій ширині захвату не перевищуватиме $\pm 20\%$ і за напрямом руху агрегата $\pm 10\%$, що задовольняє агротехнічні вимоги на машини для внесення мінеральних добрив.

На основі узагальнення отриманих результатів досліджень розроблено і в умовах агропромислового виробництва проведено апробацію рекомендацій щодо вибору конструктивної схеми, параметрів та режимів роботи

запропонованого відцентрового розсівного робочого органа. При цьому було досягнуто: збільшення робочої ширини захвату у 1,95 раза, зменшення сумарних прямих експлуатаційних затрат на 33,22 грн/га та приведених експлуатаційних затрат на 41,04 грн/га.

Річний економічний ефект від використання машини для внесення мінеральних добрив і вапна МРД–8, обладнаної ТОН, становить 150764,54 грн.

Результати науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, які були виконані як самим дисертантом, так і за його участі, використані Дослідним конструкторсько-технологічним бюро Інституту механізації та електрифікації сільського господарства при розробленні і виготовленні на замовлення підприємств України дослідних партій машин для внесення твердих мінеральних добрив МРД–5 і МРД-8.

Розробка дисертанта машина МРД-5 була відзначена золотою медаллю ХХ Міжнародної виставки-ярмарку “Агро-2008” в номінації: За розробку та виробництво машин для розсівання мінеральних добрив МРД-5, а універсальна машина для розсівання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна, співатором якої є дисертант, стала переможницею Всеукраїнського конкурсу “Винахід – 2007” у номінації “Кращий винахід у галузі агропромисловий комплексу”.

ТОВ “Укрсільгоспмаш” (м. Біла Церква Київської області) з використанням результатів досліджень дисертанта створило сімейство машин для розкидання мінеральних добрив РН–0,8, РН–1 та РП–2,1, які з 2015 року виробляє серійно.

Ключові слова: внесення добрив, продуктивність, відцентровий робочий орган, математичне моделювання, експериментальні дослідження, ефективність.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Адамчук О.В. Машина з пневматичною висівною системою для внесення туків. *Механізація сільськогосподарського виробництва*: зб. наук. пр. Нац. аграрн. у-ту. К., 2002. Т. XI. С. 285 – 288.

2. Адамчук О.В. Обґрунтування параметрів конусних розсіювачів багатоканальної пневматичної машини для розсіювання мінеральних добрив. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2004. Вип. 88. С. 179 – 186.

3. Адамчук О.В. Підвищення ефективності роботи машин для розсіювання мінеральних добрив. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2005. Вип. 89. С. 207 – 212.

4. Адамчук О.В. Дослідження розгону мінеральних добрив відцентровим розсівальним органом з похилою віссю обертання. *Техніко – технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*: зб. наук. пр. Укр НДПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2005. Вип. 8 (22), кн. 2. С. 228 – 236.

5. Адамчук О.В. Теоретичне дослідження процесу розгону добрива по поверхні відцентрового розсіювального органу з похилою віссю обертання. *Науковий вісник Нац. аграрного у – ту. К.*, 2006. №101. С. 79 – 86.

6. Адамчук О.В. Дослідження процесу руху частинки добрива по поверхні відцентрового розсівального органа з похилою віссю обертання. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2006. Вип. 90. С. 263 – 279.

7. Адамчук В., Адамчук О., Сікун А. Теоретичне обґрунтування складових удосконаленого способу внесення хіммеліорантів. *Техніко – технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій*

для сільського господарства України: зб. наук. пр. Укр НДПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке 2008. Вип. 12 (26). С. 255 – 261. (Здобувачем обгрунтовано доцільність установки додаткових відцентрових розсівачів в штангових шнекових пристосуваннях до машин для внесення хіммеліорантів).

8. Адамчук В.В., Адамчук О.В. Теоретичне дослідження нового способу внесення хіммеліорантів. *Вісник аграрної науки: спецвипуск*. 2010. Спеціальний випуск. С. 25 – 30. (Здобувачем отримано математичні залежності, які описують роботу додаткового тукорозсівного робочого органа).

9. Адамчук О.В. Розкидачі твердих міндобрив. *The Ukrainian Farmer*. 2011. № 1. С. 94 – 95.

10. Адамчук О.В., Тихоненко В.В. Машина для розсівання твердих мінеральних добрив. *Аграрна наука – виробництву*. 2012. №3. С. 27. (Здобувач обгрунтував конструктивно-технологічну схему машини і параметри тукорозсівного робочого органа).

11. Адамчук О.В. Теория разгона удобрений рассеивающим рабочим органом центробежного типа. *Научни трудове Русенски университет*. Болгария. 2013. Т. 52, серия 1.1. С. 22 – 30.

12. Адамчук В.В., Адамчук О.В. Машини для внесення твердих міндобрив. *The Ukrainian Farmer*. 2013. № 3. С. 144 – 146. (Здобувачем обгрунтовані машини для внесення мінеральних добрив основними дозами).

13. Адамчук О.В. Теоретичне дослідження розгону добрив дисковим відцентровим розсівальним робочим органом з похилою віссю обертання та радіально установленими лопатками. *Механізація та електрифікація сільського господарства: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ"*. Глеваха, 2013. Вип. 97, Т. 1. С. 58 – 68.

14. Адамчук В.В., Адамчук О.В., Кудря В.О. та ін. Модульно-адаптивний технічний пристрій до розкидачів для внесення дефекату та пташиного посліду. *Аграрна наука – виробництву*. 2013. №2. С. 28. (Здобувач

обґрунтував параметри і режими роботи дискових відцентрових робочих органів).

15. Адамчук О.В., Герук С.М., Лінник М.К. Машина для внесення твердих органічних добрив. *Аграрна наука – виробництву*. 2013. №3. С. 31. *(Здобувач обґрунтував параметри і режими роботи розкидальних барабанів).*

16. Адамчук О.В. Теоретическое исследование разгона удобрений центробежным рассеивающим рабочим органом с наклонной осью вращения. *Žemės ūkio inžinerija: Mokslinis žurnalas Aleksandro Stulginskio universitetas*. Lietuva. 2013, Issue 45(2), P. 6 – 19.

17. Адамчук О.В. Теорія розгону добрив відцентровим розсіювальним робочим органом з похилою віссю обертання. *Механізація та електрифікація сільського господарства: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ"*. Глеваха, 2014. Вип. 99. Т. 1. С. 150 – 166.

18. Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Адамчук О.В., Захарова Т.Н. Математическая модель движения материальной точки по плоской кривой. *Праці Таврійського держ. агротехнологічного ун – ту*. Мелітополь, 2014. Вип. 14, т. 2. С. 3 – 15. *(Здобувач приймав участь у розробленні математичної моделі і виконав дослідження руху матеріальної точки з використанням зазначеної моделі).*

19. Булгаков В.М., Адамчук О.В. Теоретичне дослідження відцентрового розкидача мінеральних добрив. *Вісник аграрної науки*. 2016. №12. С. 51 – 57. *(Здобувач розробив математичні моделі і дослідив роботу відцентрового розкидача мінеральних добрив).*

20. Bulgakov V., Ivanovs S. Adamchuk O. Theoretical investigations of mineral fertilizer distribution by means of inclined centrifugal tool. *Proceeding of 6th International conference on Trends in agricultural engineering, 7th – 9th Sept. 2016, Prague, Czech Republic, 2016. № I. P. 109 – 116. (Здобувач розробив математичні моделі, які описують розгон мінеральних добрив відцентровим тукорозсівним робочим органом з нахиленою віссю).*

21. Адамчук О.В. Результати теоретичного дослідження відцентрового розсіювального робочого органа розкидача мінеральних добрив. *Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК*: матер. міжнар. наук.-практ. конф., 14-25 квітня 2016 року. ТДАТУ. Мелітополь, 2016. С. 128-130.

22. Адамчук О.В. Теоретичне дослідження руху матеріальної частинки мінерального добрива по лопатці відцентрового розкидального органа. Збірник тез доповідей XIX Міжн. Конф. науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «*Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн*», 20-22 березня 2019 р.: НУБіП. К., 2019. С. 87- 89.

23. Адамчук О.В. Підвищення робочої ширини захвату машин для розсівання мінеральних добрив. *Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві*: матеріали XXVII Міжн. наук.-техн. конф. та XIX Всеукр. конф.-семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії, 19-20 червня 2019 р.: ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2019. С. 25 – 27.

24. Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk O., Janusz Nowak. Research of descent of mineral fertiliser particle from disc inclined at angle to horizon. *Proceedings 19th International Scientific Conference "Engineering for rural development"*, May 20-22, 2020: Jelgava, Latvia, 2020. Vol. 19. P. 390 – 398. (Здобувач розробив математичні моделі і з їх використанням дослідив сходження).

25. Булгаков В. М., Адамчук О. В. Методика експериментальних досліджень технологічного процесу внесення мінеральних добрив машинами, обладнаними ТОН. *Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК*: збірник тез доповідей VIII-ї Міжнародної наукової конференції в рамках роботи XXXII Міжнародної агропромислової виставки «АГРО 2020», 11-14 серпня 2020 року. НУПіБ. К., 2020. С. 131-133. (Здобувач розробив експериментальну установку, методика проведення експериментальних досліджень і провів дослідження).

26. Булгаков В.М., Адамчук О.В., Кувачов В.П. Експериментальні дослідження процесу внесення мінеральних добрив новим відцентровим робочим органом. *Вібрації в техніці та технології*. 2020. №3(98). С. 5-14. *(Здобувач розробив експериментальну установку, методику проведення експериментальних досліджень і провів дослідження)*.

27. Булгаков В.М., Адамчук О.В., Кувачов В.П. Експериментальні дослідження нерівномірності розподілу мінеральних добрив за напрямом їх розсівання. *Інженерія природокористування*. 2020. №2(16). С. 60-68. *(Здобувач розробив експериментальну установку, методику проведення експериментальних досліджень і провів дослідження)*.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

28. Пневматична машина для внесення мінеральних добрив: пат. на винахід 62013 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; О.В. Адамчук (Україна). №2001063889; заявл. 15.12.2003; опубл. 2003, Бюл. №12. Пневматична машина для розсіювання мінеральних добрив: пат. 74690 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040301677; заявл. 09.03.2004; опубл. 2006, Бюл. №1.

29. Однодискова машина відцентрового типу для внесення мінеральних добрив: деклар. пат. на винахід 62160 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; О.В. Адамчук (Україна). № 2002129659; заяв. 03.12. 2002; опубл. 2003, Бюл. №12.

30. Універсальна машина для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна: деклар. пат. на винахід 63703 Україна: МКВ А 01 С 15/00, А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко О.В. Адамчук, ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №203065040; заяв. 02.06.2003; опубл. 2004, Бюл. №1. *(Здобувач розробив схему одночасної установки кількох робочих органів на машині та конструкцію жолоба технологічної місткості)*.

31. Пневматична машина для розсіювання мінеральних добрив: пат. на

винахід 74690 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040301677; заявл. 09.03.2004; опубл. 2006, Бюл. №1.

32. Привід дозувального пристрою машини для розсіювання мінеральних добрив: пат. на винахід 74911 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, В.В. Тихоненко, О.В. Адамчук, О.І. Кирилов; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №2004010695; заявл. 30.01.2004; опубл. 2006, Бюл. №2. *(Здобувач розробив конструкційну схему привода).*

33. Машина для розсіювання двох і більше видів мінеральних добрив: деклар. пат. на кор. мод. 12794 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040907876; заявл. 28.09.2004; опубл. 2006, Бюл. №3. *(Здобувач розробив систему контролю рівнів мінеральних добрив у відсіках технологічної місткості).*

34. Самоскидний причіп для транспортування і перевантаження мінеральних добрив в начіпні машини для їх розсіювання: пат. на винахід 76226 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040503749; заявл. 19.05.2004; опубл. 2006, Бюл. №7. *(Здобувач розробив схему перевантаження добрив з причепа в машину для їх розсіювання).*

35. Відцентровий апарат для розсіювання сипких матеріалів: пат. на винахід 76327 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040907879; заявл. 28.09.2004; опубл. 2006, Бюл. №7. *(Здобувач розробив механізм кріплення диска відцентрового апарата).*

36. Відцентровий розсівальний апарат: пат. на винахід 76362 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20041210681; заявл. 24.12.2004; опубл. 2006, Бюл. №7. *(Здобувач розробив конструкцію лопатки розсівального апарата).*

37. Відцентровий розсіювальний апарат: пат. на винахід 76501 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040402856; заявл. 20.04.2004; опубл. 2006, Бюл. №8.

38. Машина відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив: пат. на винахід 77024 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040503788; заявл. 19.05.2004; опубл. 2006, Бюл. №10.

39. Привід живильника машини для розсівання мінеральних добрив: пат. на винахід 77522 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20041109578; заявл. 22.11.2004; опубл. 2006, Бюл. №1. *(Здобувач розробив конструктивну схему привода).*

40. Стенд для визначення кутів поперечної та поздовжньої стійкості сільськогосподарських машин: пат. 121686 Україна: МКВ G 01 М 17/000/ М.Н. Савенко, В.І. Дешко, О.В. Адамчук, О.С. Кустов, В.А. Вольський; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №201804229; заявл. 17.04.2018; опубл. 2020, Бюл. №13. *(Здобувач розробив конструктивну схему стенда).*

ANNOTATION

Adamchuk O.V. Substantiation of parameters and modes of operation of the advanced centrifugal working body of machines for application of mineral fertilizers. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.05.11 – machines and means of mechanization of agricultural production (13 – mechanical engineering). – Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, 2021.

The dissertation is devoted to the decision of an actual problem of increase of productivity of machines for introduction of mineral fertilizers by increase of their working width of capture.

The scientific work develops mathematical models that describe the patterns of acceleration of mineral fertilizer particles by centrifugal screening body taking into account the parameters and modes of its operation, physical and mechanical properties of mineral fertilizers and each of the four sectors of the working body to which mineral fertilizers can be supplied. Based on these models, the dependences

for determining the current value of the relative velocity of the fertilizer along the blades of the centrifugal screening body and its value at the time of ascent of the fertilizer are obtained.

As a result of theoretical and experimental studies it is established that the machine, which is equipped with an advanced centrifugal screening body, provides the application of granular fertilizers with a working width of up to 39 m, while their uneven application on the working width will not exceed $\pm 20\%$ and direction the unit will not exceed $\pm 10\%$, which satisfies the agronomic requirements for machines for applying mineral fertilizers.

On the basis of generalization of the received results of researches there were developed and in the conditions of agroindustrial production there was conducted the approbation of recommendations on the choice of constructive scheme, parameters and operation modes of the improved centrifugal sifting working body of the machines for mineral fertilizers application. Thus, it has been reached: increase in working width of capture in 1,95 times; reduction of total direct operational expenses on 33,22 UAH / ha; reduction of the resulted operational expenses on 41,04 UAH / ha.

The annual economic effect from the use of the machine for application of mineral fertilizers and lime MVU-8, equipped with TON, is UAH 150,764.54.

Key words: fertilizer application, productivity, centrifugal working body, mathematical modeling, experimental research, efficiency.

LIST OF PUBLISHED PAPERS ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION

Scientific works in which the main scientific results of the dissertation are published:

1. Adamchuk O.V. A machine with a pneumatic seeding system for applying fertilizers. *Mechanization of agricultural production*. 2002. T. XI. P. 285 - 288.
2. Adamchuk O.V. Substantiation of parameters of cone diffusers of multi-channel pneumatic machine for scattering of mineral fertilizers. *Mechanization and electrification of agriculture*. 2004. Pub. 88. P. 179 - 186.
3. Adamchuk O.V. Improving the efficiency of machines for spreading mineral fertilizers. *Mechanization and electrification of agriculture*. 2005. Pub. 89. P. 207 - 212.
4. Adamchuk O.V. Research of acceleration of mineral fertilizers by centrifugal sieving body with inclined axis of rotation. *Technical - technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine*. 2005. Pub. 8 (22), b. 2. P. 228 – 236.
5. Adamchuk O.V. Theoretical study of the fertilizer acceleration process on the surface of a centrifugal scattering element with an inclined axis of rotation. *Scientific Bulletin of the National agrarian university*. 2006. №101. P. 79 – 86.
6. Adamchuk O.V. Research of the process of fertilizer particle motion on the surface of a centrifugal scattering body with an inclined axis of rotation. *Mechanization and electrification of agriculture*. 2006. Pub. 90. P. 263 – 279.
7. Adamchuk V., Adamchuk O., Sikun A. Theoretical justification of components of the improved method of application of chemeliorants. *Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine*. 2008. Pub. 12 (26). P. 255 – 261. (*The applicant substantiated the feasibility of installing additional centrifugal diffusers in rod screw devices for machines for the application of chemical ameliorants*).

8. Adamchuk V.V., Adamchuk O.V. Theoretical study of a new method of application of chemical ameliorants. *Bulletin of Agricultural Science: special issue*. 2010. P. 25 – 30. (The applicant obtained mathematical dependencies that describe the work of an additional fertilizer working body).
9. Adamchuk O.V. Spreaders of solid fertilizers. *The Ukrainian Farmer*. 2011. № 1. P. 94 – 95.
10. Adamchuk O.V., Tikhonenko V.V. Machine for scattering of solid mineral fertilizers. *Agricultural science - production*. 2012. №3. P. 27. (The applicant substantiated the structural and technological scheme of the machine and the parameters of the fertilizer working body).
11. Adamchuk O.V. The theory of fertilizer dispersal by a centrifugal type working device. *Scientific papers University of Ruse*. Bulgaria. 2013. T. 52, series 1.1. P. 22 – 30.
12. Adamchuk V.V., Adamchuk O.V. Machines for applying solid mineral fertilizers. *The Ukrainian Farmer*. 2013. № 3. P. 144 – 146. (The applicant substantiated machines for applying mineral fertilizers in basic doses).
13. Adamchuk O.V. Theoretical study of fertilizer dispersal by disk centrifugal scattering working body with inclined axis of rotation and radially mounted blades. *Mechanization and electrification of agriculture*. 2013. Pub. 97, T. 1. P. 58 – 68.
14. Adamchuk V.V., Adamchuk O.V., Kudrya V.O. etc. Modular-adaptive technical device for spreaders for defecation and bird droppings. *Agricultural science - production*. 2013. №2. P. 28. (The applicant substantiated the parameters and modes of operation of disk centrifugal working bodies).
15. Adamchuk O.V., Geruk S.M., Linnik M.K. Machine for applying solid organic fertilizers. *Agricultural science - production* 2013. №3. P. 31. (The applicant substantiated the parameters and modes of operation of the spreading drums).
16. Adamchuk O.V. Theoretical study of fertilizer dispersal by centrifugal scattering working body with an inclined axis of rotation. *Žemės ūkio inžinerija*:

Mokslinis žurnalas Aleksandro Stulginskio universitetas. Lietuva. 2013, Issue 45(2), P. 6 – 19.

17. Adamchuk O.V. Theory of fertilizer dispersal by centrifugal scattering working body with inclined axis of rotation. *Mechanization and electrification of agriculture*. 2014. Pub. 99. T. 1. P. 150 – 166.

18. Bulgakov V.M., Pilipaka S.F., Adamchuk O.V., Zakhsrova T.N. and others. A mathematical model of the motion of a material point along a flat curve. *Works of the Tavriya state. agrotechnological university*. 2014. Pub. 14, т. 2. P. 3 – 15. *(The applicant participated in the development of a mathematical model and performed a study of the motion of a material point using this model)*.

19. Bulgakov V.M., Adamchuk O.V. Theoretical study of a centrifugal spreader of mineral fertilizers. *Bulletin of Agricultural Science*. 2016. №12. P. 51 – 57.

20. Bulgakov V., Ivanovs S. Adamchuk O. Theoretical investigations of mineral fertilizer distribution by means of inclined centrifugal tool. *Proceeding of 6th International conference on Trends in agricultural engineering, 7th – 9th Sept. 2016, Prague, Czech Republic, 2016. № I. P. 109 – 116. (The applicant has developed mathematical models that describe the acceleration of mineral fertilizers by a centrifugal fertilizer working body with an inclined axis)*.

21. Adamchuk O.V. The results of the theoretical study of the centrifugal scattering working body of the mineral fertilizer spreader. Problems and prospects of sustainable development of agro-industrial complex: mater. international scientific-practical conf., April 14-25, 2016. TSAU. Melitopol, 2016. P. 128-130.

22. Adamchuk O.V. Theoretical study of the movement of a material particle of mineral fertilizer on the blade of a centrifugal spreading body. Collection of abstracts of the XIX International Conf. research and teaching staff, researchers and graduate students "Problems and prospects for the development of technical and bioenergy systems of nature: construction and design", March 20-22, 2019: NUBiP. K., 2019. P. 87-89.

23. Adamchuk O.V. Increasing the working width of the machine for spreading mineral fertilizers. *Technical progress in agricultural production: materials XXVII Int. scientific and technical conf. and XIX All-Ukrainian. conference-seminar of graduate students, doctoral students and applicants in the field of agricultural engineering, June 19-20, 2019: NSC "IAEE". Glevakha, 2019. P. 25 – 27.*

24. Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk O., Janusz Nowak. Research of descent of mineral fertiliser particle from disc inclined at angle to horizon. *Proceedings 19th International Scientific Conference "Engineering for rural development"*, May 20-22, 2020. Jelgava, Latvia, 2020. Vol. 19. P. 390-398. *(The applicant developed mathematical models and with their use investigated the ascent of mineral fertilizers from the centrifugal fertilizer working body).*

25. Bulgakov V.M., Adamchuk O.V.. Methods of experimental research of the technological process of mineral fertilizers application by machines equipped with tons. *Innovative support of organic production in the agro-industrial complex: a collection of abstracts of the VIII International Scientific Conference in the framework of the XXXII International Agro-Industrial Exhibition "AGRO 2020"*, August 11-14, 2020. NUBiP. K., 2020. P. 131-133. *(The applicant has developed an experimental setup, methods of conducting experimental research and conducted research).*

26. Bulgakov V.M., Adamchuk O.V., Kuvachov V.P. Experimental studies of the process of applying mineral fertilizers by a new centrifugal working body. *Vibrations in engineering and technology*. 2020. №3 (98). Pp. 5-14. *(The applicant has developed an experimental setup, methods of experimental research and conducted research).*

27. Bulgakov V.M., Adamchuk O.V., Kuvachov V.P. B. Experimental studies of the uneven distribution of mineral fertilizers in the direction of their scattering. *Environmental engineering*. 2020. №2 (16). Pp. 60-68. *(The applicant has developed an experimental setup, methods of experimental research and conducted research).*

Papers that additionally reflect the scientific results of the dissertation:

28. Pneumatic machine for mineral fertilizers: UA Pat. 62013 Ukraine: ICI A 01 C 17/00/ O.V. Adamchuk; O.V. Adamchuk (Ukraine). №2001063889 appl. 15.12.2003; publ. 2003, Bull. №12.

29. Single-disc centrifugal machine for mineral fertilizers: UA dec. pat. 62160 Ukraine; ICI A 01 C 17/00/ O.V. Adamchuk; O.V. Adamchuk (Ukraine). № 2002129659; appl. 03.12.2002 publ. 2003, Bull. №12.

30. Universal machine for sifting and loading of mineral fertilizers, chemical ameliorants and grain: UA dec.pat 63703 Ukraine ; ICI A 01 C 15/00, A 01 C 17/00/ O.V. Adamchuk; O.V. Adamchuk, NSC “IAEE” (Ukraine). № 203065040; appl. 02.06.2003 publ. 2004, Bull. №1.

31. Pneumatic machine for mineral fertilizers: UA Pat. 74690 Ukraine: ICI A 01 C 17/00/ O.V. Adamchuk; NSC “IAEE” (Ukraine). № 20040301677 appl. 09.03.2004 ; publ. 2006, Bull. №1

32. The drive of the dosing device of the machine for scattering of mineral fertilizers: UA Pat. 74911 Ukraine: ICI A 01 C 17/00/ V.V. Adamchuk, V.K. Moiseenko, V.V. Tikhonenko, O.V. Adamchuk, O.I. Kirilov; NSC “IAEE” (Ukraine). №2004010695; appl 30.01.2004; publ. 2006, Bull. №2. *(The applicant has developed a structural scheme of the drive).*

33. Machine for scattering two or more types of mineral fertilizers: UA dec. un. mod. pat. 12794 Ukraine; ICI A 01 C 17/00/ V.V. Adamchuk, V.K. Moiseenko, O.V. Adamchuk; NSC “IAEE” (Ukraine) №20040907876 appl. 28.09.2004 publ. 2006, Bull. №3 *(The applicant has developed a system of control of mineral fertilizer levels in the compartments of technological capacity).*

34. Dump trailer for transportation and reloading of mineral fertilizers in trailed machines for their scattering: UA Pat. 76226 Ukraine: ICI A 01 C 17/00/ V.V. Adamchuk, V.K. Moiseenko, O.V. Adamchuk; NSC “IAEE” (Ukraine). №20040503749 appl 19.05.2004 publ. 2006, Bull. №7. *(The applicant has developed a scheme for reloading fertilizers from the trailer into the machine for*

their sifting).

35. Centrifugal apparatus for scattering bulk materials: UA Pat. 76327 Ukraine: ICI A 01 C 17/00/ V.V. Adamchuk, V.K. Moiseenko, O.V. Adamchuk; NSC "IAEE" (Ukraine). №20040907879 appl 28.09.2004 publ. 2006, Bull. №7 (*The applicant has developed a mechanism for attaching the disk of the centrifugal apparatus).*

36. Centrifugal scattering apparatus: UA Pat. 76362 Ukraine: ICI A 01 C 17/00/ V.V. Adamchuk, V.K. Moiseenko, O.V. Adamchuk; NSC "IAEE" (Ukraine). № 20041210681 appl 24.12.2004 publ. 2006, Bull. №7

37. Centrifugal scattering apparatus: UA Pat. 76501 Ukraine: ICI A 01 C 17/00/ O.V. Adamchuk; NSC "IAEE" (Ukraine). №20040402856 appl. 20.04.2004 publ. 2006, Bull. №8.

38. Centrifugal type machine for spreading mineral fertilizers: UA Pat. 77024 Ukraine; ICI A 01 C 17/00/ O.V. Adamchuk; NSC "IAEE" (Ukraine). №20040503788 appl. 19.05.2004 publ. 2006, Bull. №10

39. Feeder drive of the machine for scattering of mineral fertilizers: UA Pat. 77522 Ukraine; ICI A 01 C 17/00/ V.V. Adamchuk, V.K. Moiseenko, O.V. Adamchuk; NSC "IAEE" (Ukraine) №200401109578 appl. 22.11.2004 publ. 2006, Bull. №1 (*The applicant has developed a constructive scheme of the drive).*

40. Stand for determining the angles of transverse and longitudinal stability of agricultural machinery: US Pat. 121686 Ukraine: MKV G 01 M 17/000 / M.N. Savenko, V.I. Deshko, O.V. Adamchuk, O.S. Kustov, V.A. Volsky; NSC "IMESG" (Ukraine). №201804229; declared 04/17/2018; publ. 2020, Bull. №13. (*The applicant has developed a constructive scheme of the stand).*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	20
ВСТУП.....	21
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	28
1.1 Технології і способи внесення мінеральних добрив.....	28
1.2 Технологічні схеми внесення мінеральних добрив.....	29
1.3 Основні агрономічні вимоги до внесення мінеральних добрив.....	30
1.4 Аналіз тенденцій створення технічних засобів для внесення мінеральних добрив.....	31
1.5 Аналіз досліджень процесу внесення мінеральних добрив.....	53
Задачі досліджень.....	62
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОГО ТУКОРОЗСІВНОГО РОБОЧОГО ОРГАНА З НАХИЛЕНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ.....	65
2.1. Теорія розгону частинки мінеральних добрив тукорозсівним робочим органом.....	65
2.2. Комп'ютерний аналіз розгону частинки мінеральних добрив тукорозсівним робочим органом.....	89
2.2.1. Аналіз відносного руху частинки мінеральних добрив по лопатці тукорозсівного робочого органа.....	90
2.2.2. Аналіз абсолютного руху частинки мінеральних добрив в тукорозсівному робочому органі.....	100
2.2.3. Дослідження дальності розсівання мінеральних добрив тукорозсівним робочим органом.....	107
Висновки за розділом.....	109
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	112
3.1 Завдання експериментальних досліджень.....	112
3.2 Програма експериментальних досліджень.....	112

3.3	Методика визначення фізико-механічних властивостей мінеральних добрив.....	113
3.4	Експериментальна установка та машина для внесення мінеральних добрив і вапна, обладнана тукорозсівними робочими органами.....	114
3.5	Методика експериментальних досліджень характеру і нерівномірності розсівання мінеральних добрив.....	119
3.6	Методика оброблення результатів експериментальних досліджень.....	127
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....		130
4.1	Фізико-механічні властивості мінеральних добрив.....	130
4.2	Розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання	131
4.3	Розподіл нітроамофоски за напрямком її розсівання.....	142
4.4	Розподіл селітри аміачної за напрямком її розсівання.....	148
4.5	Дослідження нерівномірності розподілу мінеральних добрив за напрямком їх розсівання.....	154
4.6	Дальність розсівання мінеральних добрив.....	158
4.7	Робоча ширина захвату машини для внесення мінеральних добрив....	159
	Висновки за розділом.....	162
РОЗДІЛ 5 ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА, ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРБКИ.....		165
5.1	Результати виробничої перевірки розробки.....	165
5.2	Розрахунок показників економічної ефективності розробки.....	167
5.3	Впровадження результатів досліджень.....	173
	Висновки за розділом.....	176
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОКИ.....		178
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		177
ДОДАТКИ.....		196

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

F_B – відцентрова сила, Н;

F_k – сила інерції Кориоліса, Н;

F_r – результуюча сила, Н;

f_f – коефіцієнт тертя частинки добрива по поверхні лопатки;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

L – шлях, який пройшла частинка добрива вздовж лопатки, м;

m – маса частинки добрива, кг;

P_n – складова сили тяжіння частинки добрива, яка діє по нормалі до днища лопатки, Н;

P_{tn} – проекція складової сили тяжіння частинки добрива P_t на нормаль, Н.

$P_{\tau\tau}$ – проекція складової сили ваги частинки добрива P_t , Н;

R – радіус тукорозсівного робочого органа, м;

r – відстань від центра обертання тукорозсівного робочого органа до поточного положення частинки добрива на лопатці, м;

r_o – радіус подачі частинки добрива на тукорозсівний робочий орган, м;

t – час руху частинки добрива вздовж лопатки, с;

V_{BC} – відносна швидкість руху частинки добрива, м/с;

V_{NC} – переносна швидкість руху частинки добрива, м/с.

ω – кутова швидкість ТРОН, с⁻¹;

α – кут між віссю обертання ТРОН і вертикальною площиною, град.

ВСТУП

Актуальність теми. У парку машин для внесення мінеральних добрив провідних країн світу домінують машини, обладнані відцентровими розсівними робочими органами. Розробники нових моделей машин, на етапі їх створення, прагнуть шляхом відповідного конструктивного виконання робочих органів забезпечити підвищення продуктивності машин на операції внесення мінеральних добрив.

Продуктивність машин для внесення мінеральних добрив залежить від їх робочої ширини захвату, робочої швидкості агрегата та коефіцієнта використання змінного часу. Потенційні резерви підвищення зазначеної продуктивності шляхом збільшення як робочої швидкості агрегата, так і коефіцієнта використання змінного часу вже вичерпані. Підвищення продуктивності машин можливе лише шляхом збільшення робочої ширини захвату, але воно теж має обмеження щодо збільшення частоти обертання тукорозсівних робочих органів та висоти їх установки над поверхнею ґрунту. У зв'язку з цим підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив шляхом збільшення робочої ширини захвату є актуальною проблемою, яка потребує вирішення з проведенням необхідних наукових досліджень.

Базуючись на викладеному, нескладно зробити висновок про те, що існує *народногосподарська задача*, суть якої полягає у відносно низькій продуктивності машин для внесення мінеральних добрив, а, відповідно, і їх низькій техніко-економічній ефективності.

Це призводить до необхідності вирішення *науково-технічної задачі* з підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив і зменшення питомих витрат на виконання цієї технологічної операції.

Робоча гіпотеза полягає в тому, що спрямування переносної швидкості мінеральних добрив у момент їх сходження з відцентрового тукорозсівного робочого органа під кутом до горизонтальної площини шляхом установки осі зазначеного робочого органа з нахилом до вертикалі забезпечить збільшення

дальності розсівання добрив, а, відповідно, і збільшення робочої ширини захвату та продуктивності машин для внесення мінеральних добрив.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, що склали основу дисертаційної роботи, виконувались у Національному науковому центрі “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства” Національної академії аграрних наук України відповідно завданням II рівня 40.01-048/01 Ф “Розробити та дослідити раціональні просторові математичні моделі і на їх базі сформувані наукові основи нових і удосконалених способів дозування і розподілу мінеральних добрив та хіммеліорантів” (ДР № 0107U012425, 2010 р.), 33.0100.44П “Розробити технологічний процес забезпечення зернових культур елементами живлення на базі нових і удосконалених технічних засобів” (ДР № 0114U002050, 2015 р.)

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив шляхом збільшення їх робочої ширини захвату.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні **задачі**:

- теоретичним шляхом дослідити процес розгону добрив тукорозсівним робочим органом з нахиленою віссю обертання (ТРОН);
- теоретичним шляхом дослідити вплив кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини на дальність розсівання частинок добрив;
- з використанням результатів теоретичних досліджень обґрунтувати раціональні параметри та режими роботи ТРОН;
- експериментальним шляхом підтвердити основні результати теоретичних досліджень;
- експериментальним шляхом дослідити вплив кута установки диска ТРОН на робочу ширину захвату машини для внесення мінеральних добрив;
- провести оцінку експериментального зразка машини для внесення мінеральних добрив, обладнаної ТРОН, в умовах агропромислового виробництва;

- визначити економічну ефективність машини для внесення мінеральних добрив, обладнаної ТРОН.

Об'єкт дослідження – технологічна операція внесення мінеральних добрив з використанням машини, обладнаної запропонованим ТРОН.

Предмет дослідження – закономірності впливу конструктивних параметрів та режимів роботи запропонованого ТРОН машини для внесення мінеральних добрив на її техніко-експлуатаційні показники.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії механізмів і машин.

Експериментальні дослідження проведено з використанням розроблених методик та чинних державних стандартів, регресійного аналізу, статистичних методів опрацювання результатів досліджень, стандартного та спеціально створеного експериментального обладнання.

Розрахунки виконували із застосуванням наступних програмних пакетів “MATLAB 6.5”, “Microsoft Office Excel 2007”, Statistica 8.0, Mathcad.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що:

– вперше отримані математичні моделі, які описують закономірності розгону частинок мінеральних добрив відцентровим розсівним робочим органом з нахиленою віссю обертання за врахування параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивості мінеральних добрив та кожного з чотирьох секторів диска зазначеного робочого органа, в який може здійснюватись подача мінеральних добрив, що дає можливість проаналізувати робочий процес відцентрового розсівного робочого органа з нахиленою віссю обертання;

– вперше теоретичним шляхом отримано залежності для визначення відносної швидкості руху добрив уздовж лопаток відцентрового розсівного робочого органа з нахиленою віссю обертання і її значень у момент сходження добрив із зазначеного робочого органа;

– набула подальшого розвитку методика експериментально визначення основних характеристик розсівання мінеральних добрив відцентровим розсівним робочим органом з нахиленою віссю обертання, що дає можливість дослідити нерівномірність розподілу добрив за напрямком їх розсівання;

– отримала подальший розвиток методика визначення параметрів та режимів роботи відцентрового розсівного робочого органа, а саме: з нахиленою віссю обертання, що дає можливість за врахування вихідних умов досягати збільшення продуктивності машин та зменшення прямих експлуатаційних витрат на операції внесення мінеральних добрив.

Практичне значення одержаних результатів.

Отримані дисертантом результати досліджень були використані при створенні технічних рішень, реалізованих у нових технічних засобах для внесення мінеральних добрив, які захищені сімома патентами України на винаходи №№ 74911 (Додаток В), 76226 (Додаток Г), 76327 (Додаток Д), 76362 (Додаток Е), 76501 (Додаток Є), 77024 (Додаток Ж), 77522 (Додаток З). Окрім того, на одне технічне рішення отримано деклараційний патент на корисну модель №№ 12794 (Додаток И), а на інші два технічних рішення отримано деклараційні патенти на винахід 62160 (Додаток І), 63703 (Додаток Ї).

Результати науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт використані Дослідним конструкторсько-технологічним бюро Інституту механізації та електрифікації сільського господарства при розробленні і виготовленні на замовлення підприємств України дослідних партій машин для внесення твердих мінеральних добрив МРД-5 та МРД-8.

За практичними рекомендаціями, які приведені у висновках дисертаційної роботи, наукових публікаціях і патентах на винаходи і корисні моделі автора роботи ТОВ “Укрсільгоспмаш” (м. Біла Церква) розроблено сімейство машин для розкидання мінеральних добрив РН-0,8, РН-1 та РП-2,1, які з 2015 року виробляються серійно.

Результати досліджень передані ТОВ “Оріхівсільмаш” для проведення модернізації машин для внесення мінеральних добрив, які воно виробляє.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем самостійно, зокрема виконано аналіз шляхів підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив. З врахуванням рівня і тенденцій розвитку техніки та результатів досліджень вітчизняних і закордонних вчених він обґрунтував раціональний підхід до вирішення проблеми підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив за рахунок збільшення їх робочої ширини захвату шляхом спрямування переносної швидкості добрив, які сходять з тукорозсівного робочого органа, під кутом до горизонту. Обґрунтував конструкційну схему удосконаленого відцентрового розсівного робочого органа. Розробив математичні моделі, що описують закономірності розгону частинок мінеральних добрив відцентровим розсівним робочим органом, який має нахилену вісь обертання, з врахуванням параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив та кожного з чотирьох секторів зазначеного робочого органа, в який може здійснюватись подача мінеральних добрив. На основі зазначених моделей отримано залежності для визначення поточного значення відносної швидкості руху добрив уздовж лопаток відцентрового розсівного робочого органа і її значення в момент сходження добрив. Проаналізував вплив параметрів і режимів роботи тукорозсівного робочого органа на значення відносної і абсолютної швидкостей сходження добрив із зазначеного робочого органа. Дослідив також їх вплив на дальність розсівання добрив. Основні результати теоретичних досліджень підтвердив експериментальним шляхом. Визначив закономірності розподілу різних видів добрив за напрямком їх розсівання. Дослідив вплив параметрів тукорозсівного робочого органа на нерівномірність внесення добрив на робочій ширині захвату, за напрямком руху агрегата, а також на продуктивність машини. Здобувачем проведена перевірка машини, обладнаної удосконаленими відцентровими робочими органами, в умовах виробництва. Зроблена техніко-економічна оцінка використання зазначеної машини.

Окрім того, здобувачем розроблена низка технічних рішень, спрямованих на створення нових технічних засобів для внесення мінеральних добрив та їх робочих органів, які захищені патентами України на винаходи.

Загальна частка участі в опублікованих у співавторстві працях становить більше 75%, а в охоронно-правових документах - більше 60%.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень, що містяться в дисертації, доповідались і одержали позитивну оцінку на: Міжнар. наук.-практ. конф. “*Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК*”, 14-25 квітня 2016 р., ТДАТУ, м. Мелітополь; *Proceeding of 6th International conference on Trends in agricultural engineering*, 7th – 9th Sept., 2016, Prague, Czech Republic; XIX Міжнародній конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: Конструювання та дизайн», 20-22 березня 2019 р., НУБіП, м. Київ; XXVII Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та XIX Всеукраїнській конференції-семінарі аспірантів, докторантів і здобувачів у галузі аграрної інженерії, 19-20 червня 2019 р., ННЦ “ІМЕСГ”, смт. Глеваха; *Proceedings 19th International Scientific Conference “Engineering for rural development”*, May 20-22, 2020. Jelgava; VIII-й Міжнародній науковій конференції в рамках роботи XXXII Міжнародної агропромислової виставки «АГРО 2020», 11-14 серпня 2020 р., НУПіБ, м. Київ.

Універсальна машина для розсівання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна, на яку отримано деклараційний патент на винахід № 63703, співатором якого є дисертант, стала переможницею Всеукраїнського конкурсу “Винахід – 2007” у номінації “Кращий винахід у галузі агропромисловий комплексу” (м. Київ, 2007). ННЦ “ІМЕСГ” за машину для внесення мінеральних добрив МРД–5, розроблену за результатами проведеного дисертантом дослідження, був нагороджений золотою медаллю XX Міжнародної виставки-ярмарку “Агро-2008” в номінації: За розробку та

виробництво машин для розсівання мінеральних добрив МРД-5 (м. Київ, 2008).

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертації викладені у 40 опублікованих працях, у тому числі в 17 фахових статтях, із них 9 одноосібно, 2 - у наукових закордонних виданнях, 6 – у матеріалах наукових конференцій та у 13 описах до патентів України на винаходи і корисні моделі.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 148 найменувань та додатків. Зміст дисертації викладено на 226 сторінках, містить 67 рисунків та 6 таблиць.

РОЗДІЛ І

СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Технології і способи внесення мінеральних добрив

Удобрення польових сільськогосподарських культур здійснюють за технологіями основного, припосівного внесення, підживлення та внесення добрив у запас [15, 45, 85]. Зазначені технології різняться строками, способами та дозами внесення добрив, а також їх видами.

Способи внесення добрив класифікують за характером розміщення гранул відносно поверхні ґрунту на: поверхневий, коли гранули добрив розподіляють на поверхню ґрунту, і внутрішньогрунтовий, коли гранули вносять у ґрунт на певну глибину. За характером взаємного розміщення гранул добрив способи їх внесення розділяють на суцільний (екранний) і локальний (стрічковий) [15, 23, 81, 82, 94, 99]. Локальний спосіб внесення добрив агрохіміки визнають таким, що забезпечує максимальну віддачу від застосування мінеральних добрив [23, 37, 102, 112].

Технологію основного удобрення ґрунту застосовують для забезпечення рослин основною часткою азотних, фосфорних і калійних добрив. Ця технологія застосовується перед основним обробітком ґрунту з використанням поверхневого суцільного способу внесення добрив або добрива вносять одночасно з обробітком ґрунту на основі використання внутрішньогрунтового локального або екранного способу їх внесення. Необхідно відмітити, що технологія основного удобрення ґрунту на базі локального способу внесення добрив одночасно із сівбою сільськогосподарських культур отримала розповсюдження в скандинавських країнах, а зараз набуває застосування і в інших країнах [23, 70, 98]. Однак спосіб поверхневого суцільного внесення добрив є домінуючим у світовій практиці як за основного удобрення ґрунту, так і підживлення зернових культур [14, 92, 124, 127].

Технологію припосівного внесення добрив застосовують для забезпечення рослин елементами живлення на початковому етапі їх розвитку. Реалізується вона на основі використання внутрішньогрунтового локального способу внесення, як правило, комплексних видів добрив.

Технологія підживлення рослин проводиться азотними видами добрив на етапі інтенсивного їх росту.

Технологія внесення добрив в запас може реалізовуватись з використанням одного із відомих способів. Однак зазначена технологія на знайшла практичного застосування у сільському господарстві.

Необхідно відмітити, що традиційні технології внесення мінеральних добрив передбачають їх внесення з постійною дозою у межах одного поля. На сучасному етапі вченими широко ведуться дослідження щодо розроблення технології диференційованого внесення добрив стосовно окремих ділянок поля, тобто змінними дозами, на основі результатів попередніх аналізів щодо вмісту поживних речовин у ґрунті [3, 7, 11, 34, 58, 95]. Стримуючим фактором створення необхідних технічних засобів для реалізації технології диференційованого внесення мінеральних добрив є відсутність засобів дистанційного визначення вмісту поживних речовин у ґрунті. Традиційні методи є трудомісткими і непридатними для практичного використання.

1.2 Технологічні схеми внесення мінеральних добрив

У сільському господарстві вже довгий час використовують прямоточну, перевантажувальну та перевалочну технологічні схеми внесення мінеральних добрив [51].

Прямоточна технологічна схема внесення мінеральних добрив є самою простою із відомих схем. Її реалізація потребує найменшої номенклатури технічних засобів у порівнянні з іншими технологічними схемами. За її застосування добрива в умовах складу завантажують у технологічні місткості машин для їх внесення, які транспортують добрива до поля, а після ці ж

машини виконують операцію їх внесення. Як правило, за цієї технологічної схеми використовують машини з об'ємом технологічною місткістю більше 5 м³. Особливо ефективним є використання машин для внесення добрив, які агрегуються з автомобілями [3, 51, 92, 136].

Перевантажувальна технологічна схема внесення мінеральних добрив відрізняється від названої перевантажувальної тим, що для транспортування добрив від сховища до удобрюваного поля використовуються спеціальні технічні засоби (завантажувачів), які доставлені добрива перевантажують в умовах поля в технологічні місткості машин для їх внесення. За використання цієї технологічної схеми забезпечується найвища продуктивність польових агрегатів на операції внесення добрив [3, 92].

За перевалочної технологічної схеми добрива від сховища транспортними засобами доставляють до підготовленого у полі майданчика і вивантажуються на ньому. З майданчика добрива навантажувачами завантажують у технологічні місткості машин для їх внесення, які після цього виконують операцію внесення добрив. З підвищенням технічної забезпеченості господарств, збільшенням обсягів застосування мінеральних добрив, а також зростанням ціни на них перевалочна технологічна схема внесення мінеральних добрив не застосовується.

1.3 Основні агрономічні вимоги до внесення мінеральних добрив

Загальновідомо, що дози внесення мінеральних добрив і нерівномірність їх розподілу на поверхні ґрунту машинами, які їх розсівають, впливають не тільки на урожайність сільськогосподарських культур, але і на якість вирощеного врожаю. Дослідження з цього напрямку проводились як представниками вітчизняної, так і зарубіжної агрономічної науки. Встановлено, що зменшення нерівномірності внесення добрив з $\pm 30\%$ до $\pm 15\%$ призводить до зменшення втрат врожаю з 8,6-22,4% до 0,6-1,1% [93, 107, 123].

Можна припустити, що чим з меншою нерівномірністю машини вносять добрива, тим буде більший ефект від їх застосування. Однак реалії створення нових машин показують, що зменшення нерівномірності внесення добрив призводить до необхідності створення більш складних і вищих за ціною технічних засобів, наприклад, машин зі штанговими робочими органами. Враховуючи вплив нерівномірності внесення добрив на урожайність сільськогосподарських культур і економічну доцільність ускладнення конструкції машин для їх внесення з метою підвищення якості розподілення добрив на площі поля, на сучасному етапі агрономічною наукою прийнято: допустима нерівномірність внесення добрив та хімічних меліорантів, масова доля води в яких і гранулометричний склад яких відповідають технічним умовам, на робочій ширині захвату не повинна перевищувати $\pm 20 \%$, а за напрямом руху агрегата – $\pm 10 \%$. Названі показники нерівномірності внесення мінеральних добрив та хімічних меліорантів і фактичних доз їх внесення повинні забезпечуватись на полях, схил яких не перевищує 8° .

Конструкція машин повинна забезпечувати незалежність дози внесення мінеральних добрив від робочої швидкості агрегата, а також безступеневе її регулювання у межах :

- 50-150 кг/га - за підживлення сільськогосподарських культур азотними добривами;
- 100-1000 кг/га - за внесення мінеральних добрив основними дозами;
- 1000-10000 кг/га – за внесення хімічних меліорантів.

1.4 Аналіз тенденцій створення технічних засобів

для внесення мінеральних добрив

Тенденції створення технічних засобів для внесення мінеральних добрив формуються не тільки завдяки новим здобуткам інженерної науки, але на них мають вагомий вплив нові досягнення агрономічної науки,

організаційно-господарські форми ведення сільського господарства, номенклатура сільськогосподарських культур, які доцільно вирощувати тощо.

Перші технічні засоби для внесення мінеральних добрив отримали свій розвиток на початку минулого століття від комбінованих зернотукових сівалок, які здійснювали припосівне внесення добрив внутрішньогрунтовим способом стрічками [64].

З метою збільшення урожайності сільськогосподарських культур агрономічна наука рекомендувала збільшити дози застосування мінеральних добрив у порівнянні з припосівним їх внесенням. У зв'язку з цим появилась необхідність механізувати операцію основного внесення добрив, яке рекомендувалось проводити перед основним обробітком ґрунту. За таких умов були створені ящикові тукові сівалки, які вносили добрива на поверхню ґрунту. За конструкційним принципом побудови вони були дуже схожі на зернові сівалки. Особливістю їх конструкції була наявність туковисівних апаратів і відсутність загортаючих робочих органів [29, 65, 74]. Було створено багато туковисівних апаратів [64, 65, 74], їх удосконалення має місце і в наш час [31].

По мірі збільшення обсягів застосування добрив, а, відповідно, і доз їх внесення, тукові сівалки перестали задовольняти сільське господарство за показником продуктивності. Причина була у тому, що вони мали невелику ширину захвату (до 6 м), обмежений об'єм ящика для оперативного запасу добрив, завантаження якого складно механізувати (рис. 1.1) [138].



Рис. 1.1. Загальний вигляд тукової сівалки фірми “Gandy Company”
(США)

Окрім того, за умови збільшення вологості добрив надійність роботи туковисівних апаратів знижується [71]. Тому ящикові сівалки знайшли обмежене застосування.

Суттєвого збільшення продуктивності на операції внесення мінеральних добрив досягли після створення машин для внесення мінеральних добрив, які називали розкидачами мінеральних добрив. Особливістю їх конструкції є наявність компактної технологічної місткості для створення оперативного запасу добрив. У донній частині зазначеної місткості розташований дозатор, під ним закріплений тукорозсівний робочий орган (ТРО), обладнаний приводом, який, як правило, з'єднаний з валом відбору потужності мобільного енергозасобу (рис.1.2) [135].

В процесі роботи машини, добрива, завантаженні у технологічну місткість, під дією сили гравітації поступають до дозатора. У відповідності до установленної дози внесення добрив дозатор спрямовує їх на ТРО. Добрива захоплюються робочими елементами ТРО і розподілюються ним по поверхні ґрунту.



Рис. 1.2. Загальний вигляд машини для внесення мінеральних добрив ЕК-301 фірми “Amazonen-Werke” (ФРН), обладнаної тукорозсівним робочим органом (ТРО): 1 – ТРО; 2 - технологічна місткість

Недоліком цих машин є: зміна дози внесення добрив у процесі руху агрегата вздовж гону при зміні його робочої швидкості, необхідність частих завантажень в умовах внесення добрив високими дозами, непридатність вносити вапно, обов'язковість вносити добрива тільки за перевантажувальною технологічною схемою.

Указані недоліки були усунуті при створенні машин для внесення мінеральних добрив кузовного типу (рис.1.3) [1, 65, 90, 97, 108, 123, 130, 135, 136, 137].



Рис. 1.3. Загальний вигляд машини для внесення мінеральних добрив ZG-B 7001 фірми “Amazonen-Werke”(ФРН), обладнаної двома ТРО:

1 – притискний ролик; 2 – ходове колесо; 3 – ТРО; 4 – технологічна місткість

Конструкція машин такого типу включає раму 3, установлену на опорних колесах 4 (рис.1.4). На рамі закріплена технологічна місткість 1, в її донній частині розташований живильник 2. Вивантажувальний кінець живильника проходить через вивантажувальне вікно 11 технологічної місткості 1, яке обладнане заслінкою 10 для регулювання висоти випускної щілини. Під вивантажувальним кінцем живильника 2 установлений тукоспрямувач 9, нижчеякого закріплений привод 6, на якому установлений ТРО 7. Над ТРО за тукоспрямувачем встановлений туковідбивач 8.

Живильник 2 кінематично з'єднаний з одним з опорних коліс 4, а ТРО – з валом відбору потужності трактора.

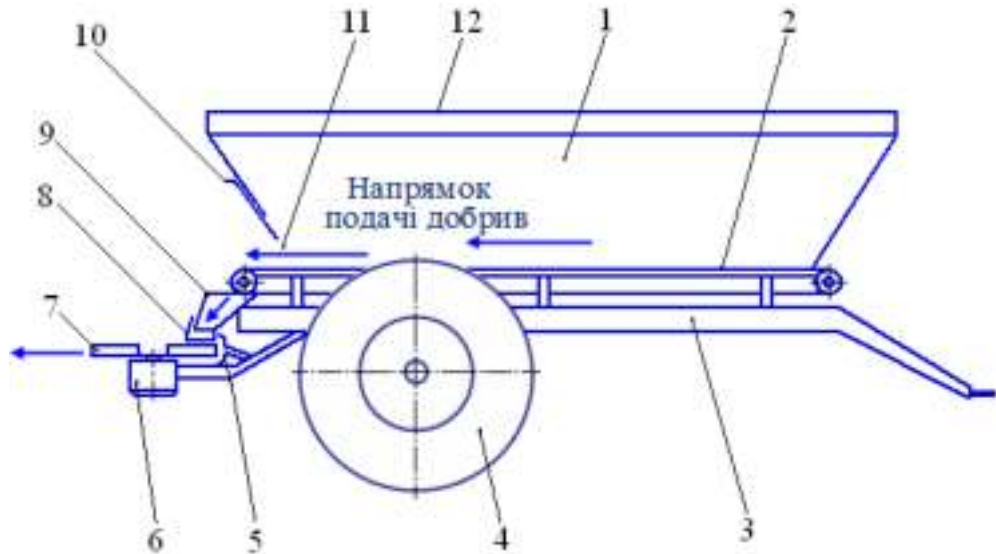


Рис.1.4. Схема машини кузовного типу для внесення мінеральних добрив:
 1 - технологічна місткість, 2 – живильник, 3- рама, 4 – колесо, 5 – кронштейн,
 6 – привод, 7 - ТРО, 8 – туковідбивач, 9 – тукоспрямувач, 10 – заслінка,
 11 – вивантажувальне вікно, 12 – завантажувальне вікно

Робота машини відбувається таким чином. Коли агрегат рухається вздовж гону, опорне колесо 4 машини, обертаючись, приводить у рух живильник 2, який подає добриво з технологічної місткості 1 до вивантажувального вікна 11. Завдяки тому, що заслінка 10 установлена на певній висоті над живильником 2, утворюючи випускную щілину, то живильник 2 виносить з технологічної місткості 1 шар добрива не по всій висоті вивантажувального вікна 11, а тільки через випускную щілину. Під дією гравітаційної сили добриво надходить на тукоспрямувач 9, який формує концентрований потік і спрямовує його на ТРО 7. Окремі частинки добрива, які відрикошетили від ТРО, що перебуває в обертальному русі, потрапляють на туковідбивач, який спрямовує їх назад на ТРО, який, обертаючись, попередньо розганяє добриво. Зійшовши з лопаток ТРОН, завдяки отриманому запасу кінетичної енергії добриво розподіляється по поверхні ґрунту на ширині внесення.

Базуючись на викладеному, нескладно прийти до висновку, що робоча ширина захвату, а, відповідно, і продуктивність машин для внесення мінеральних добрив, в основному, залежать від типу ТРО, його параметрів та режимів роботи.

Відомі ТРО машин для внесення твердих мінеральних добрив на поверхню ґрунту за способом їх дії на зазначені добрива, завдяки якому здійснюється їх рух від централізованої технологічної місткості до поверхні ґрунту, можна класифікувати на дві основних групи: транспортуючі та кидальні.

Транспортуючі ТРО здійснюють переміщення добрив від технологічної місткості на робочу ширину захвату вздовж одного або кількох каналів, відповідно обладнаних одним або кількома транспортуючими механізмами. В якості транспортуючого механізму може бути використаний будь-який з відомих конвеєрів для транспортування сипких матеріалів. У машин, які обладнані ТРО транспортуючого типу, робоча ширина захвату практично дорівнює їх конструкційній ширині. Тому ТРО транспортуючого типу ще називають штанговими [75, 76, 136, 139].

За конструктивно-технологічною ознакою транспортуючі ТРО можна класифікувати на пневматичні і механічні [9, 13, 32, 50, 54, 83, 84,].

Пневматичні ТРО здійснюють переміщення добрив від централізованої технологічної місткості на робочу ширину захвату стисненим потоком повітря. Вони можуть мати як багатоканальні, так і одноканальні форми конструкційного виконання. Пневматичні ТРО з одноканальною формою виконання були використані НДКТІМсільгоспмаш (м. Запоріжжя) при створенні дослідних зразків машин для внесення хімічних меліорантів [68]. Однак такі машини мали складну форму конструкційного виконання, а їх вартість була високою. Окрім того, вони мали низьку надійність технологічного процесу.

Типовими представниками машин для внесення мінеральних добрив, обладнаних пневматичними багатоканальними ТРО, є машини сімейств “Tive”

(рис. 1.5) [120, 131] і “Usta-Matic” (рис. 1.6) шведських фірм відповідно “Skurup-verken” і “Usta-Mackiner” [122, 132].

Конструкція ТРО машин сімейств “Tive” і “Usta-Matic” включає джерело стисненого повітря (вентилятор або компресор), з яким з’єднані канали-трубопроводи, що виконують роль каналів для транспортування добрив, а також ежекторні живильники для введення добрив у канали-трубопроводи.



Рис. 1.5. Загальний вигляд машини для внесення мінеральних добрив “Tive”, яка обладнана двома багатоканальними пневматичними ТРО транспортуючого типу



Рис. 1.6. Загальний вигляд машини для внесення мінеральних добрив “Usta-Matic”, яка обладнана двома багатоканальними пневматичними ТРО транспортуючого типу

Кінці усіх каналів-трубопроводів обладнані додатковими тукорозсівачами, що установлені з постійним кроком вздовж робочої ширини захвату машини.

Працюють зазначені ТРО наступним чином. Повітряний потік, створений вентилятором, по каналах-трубопроводах надходить до ежекторних живильників. Добрива у відповідності до заданої дози внесення із централізованої технологічної місткості подаються катушковими (або стрічковими) туковисівними апаратами також до ежекторних живильників. У зазначених живильниках добрива змішуються з повітрям, утворюючи аеросуміш, яка рухається вздовж каналів-трубопроводів до тукорозсівачів. Після досягнення поверхні тукорозсівачів гранули добрив відбиваються від неї і розподіляються на поверхні ґрунту суцільним екраном уздовж робочої ширини захвату.

Особливістю конструкційного виконання тукорозсівачів ТРО машин “Tive” є наявність в його конструкції пасивної відбивної пластини. Такі тукорозсівачі мають невелику зону розсівання добрив, що призводить до необхідності установлення їх з відносно малим кроком (від 0,3 м до 1,0 м) на робочій ширині захвату. Зазначений недолік призводить до необхідності використовувати велику кількість каналів-трубопроводів та катушкових туковисівних апаратів, що ускладнює конструкцію машини.

Вказаних недоліків не мають пневматичні багатоканальні ТРО машин “Usta-Matic”. Тукорозсівачі, які виконані у вигляді крильчастих пластин, закріплених на осях, що установлені з можливістю обертання під дією аеросуміші з частотою більше ніж 35 c^{-1} (рис. 1.7). Наведена конструкційна форма виконання тукорозсівачів забезпечує можливість збільшення кроку їх установки до 1,5 м.

Для стабільного транспортування гранульованих добрив у режимі польоту вздовж каналів-трубопроводів швидкість повітряного потоку повинна бути більшою ніж 22 м/с [54]. Тому спільним недоліком наведених пневматичних багатоканальних ТРО, який знижує агрономічну ефективність

внесення гранульованих добрив, є інтенсивне руйнування їх гранул, що має місце як при ударах добрив по поверхні колін каналів-трубопроводів, так і по поверхні тукорозсівачів.

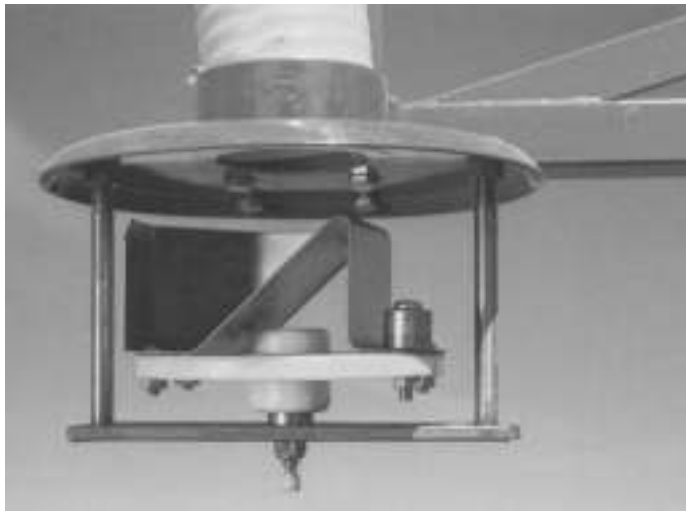


Рис. 1.7. Загальний вигляд тукорозсівача пневматичного ТРО машини “Usta-Matic”

Окрім того, недоліками пневматичних ТРО є високі питомі енерговитрати і низька технологічна надійність роботи на внесенні дрібнокристалічних видів добрив, механічних сумішей добрив та хімічних меліорантів. Машини, обладнані багатоканальними пневматичними ТРО транспортуючого типу, мають відносно невелику робочу ширину захвату і велику вартість.

У зв'язку з цим машини з багатоканальними пневматичними ТРО транспортуючого типу використовуються лише для внесення висококонцентрованих гранульованих видів мінеральних добрив, які вносяться відносно невисокими дозами (до 500 кг/га) як сумісно з сівбою сільськогосподарських культур, так і при їх підживленні. Зазначені ТРО досліджувались і в нашій країні [5, 9, 32, 89]. Вони установлювались на технічних засобах вітчизняного виробництва, наприклад, на машинах РУМ-5-03, ПШ-21,6 і на агрегаті АВМ-8 [16, 32, 50, 89]. Позитивною властивістю

наведених технічних засобів було те, що вони забезпечували внесення добрив на робочій ширині захвату з нерівномірністю до $\pm 15\%$.

Механічні ТРО транспортуючого типу здійснюють переміщення мінеральних добрив від централізованої технологічної місткості на робочу ширину захвату шляхом механічної дії їх робочих елементів на зазначені добрива. Такі ТРО характеризуються меншими питомими енерговитратами у порівнянні з пневматичними ТРО. Спільною особливістю всіх транспортуючих механічних ТРО є наявність в їх конструкціях механічних конвеєрів безперервної дії, в кожухах яких з постійним кроком установлені туковисівні апарати. За конструкційною ознакою механічні ТРО можна розділити на: вібраційні, стрічкові, скребкові та шнекові.

У конструкції вібраційних ТРО для транспортування добрив від централізованої технологічної місткості на робочу ширину захвату використовуються два вібруючі горизонтальні конвеєри, в днищах яких виконані висівні отвори, обладнані регульовальними заслінками. Технологічну схему однієї з машин, обладнаної вібраційним ТРО, розробили у попередні роки в УНДІМЕСГ (рис. 1.8) [83, 84, 143].

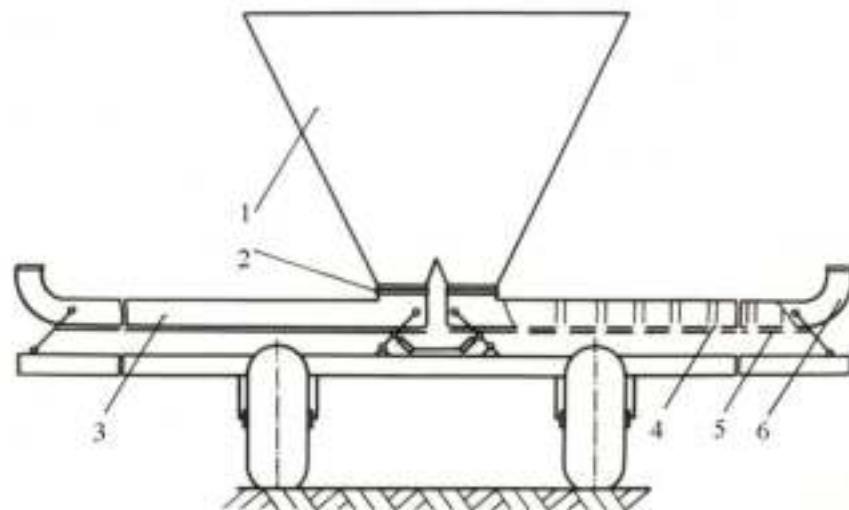


Рис. 1.8. Схема машини для внесення добрив, яка обладнана двома вібраційним ТРО: 1 - технологічна місткість; 2 - гнучкий рукав; 3 - канал; 4 – висівний отвір; 5 - заслінка; 6 - вигнута ділянка каналу

У процесі роботи вібраційного ТРО добрива із технологічної місткості 1 надходять через гнучкі рукави 2 у канали 3 і за рахунок вібраційної дії транспортуються до їх периферійних кінців. У процесі транспортування добрива висіваються через висівні отвори 4. Частка добрив, яка не пройшла через висівні отвори 4, переміщається по вигнутій ділянці каналу 6 до певного рівня у вертикальній площині, створюючи “киплячий” шар. Висота зазначеної ділянки вибирається більше тієї максимальної величини, на яку можуть піднятися добрива під дією вібрації.

Суттєвим недоліком вібраційних ТРО є відносно мала робоча ширина захвату (6-8 м). Вони непридатні до внесення дрібнокристалічних добрив і хімічних меліорантів. Окрім того, вібрація від ТРО передається на конструкційні елементи машини, що призводить до зменшення строку її експлуатації. На показники якості внесення добрив вібраційними ТРО негативний вплив мають як нерівності мікрорельєфу поля, так і його схили.

Конструкція стрічкових ТРО може мати як закриту [125], так і відкриту [148] технологічну схему подачі добрива. Практичне застосування знайшли машини із закритою технологічною схемою подачі добрива. ТРО таких машин включає два стрічкові конвеєри, які обладнані безкінечними гладкими стрічками, а висів добрив з їх кожухів здійснюється через висівні щілини, що виконані у бокових стінках. Найбільш розповсюдженими машинами для внесення мінеральних добрив, в конструкції яких застосовується стрічковий ТРО, стали машини моделі “Kuhnmann 413” німецької фірми “Kuhnmann” (рис. 1.9) [125].

В процесі роботи стрічкових ТРО добрива, які поступили з технологічної місткості у канали, підхоплюються безкінечними стрічками і транспортуються ними вздовж каналів до периферійних їх кінців. При транспортуванні добрив стрічками основна їх частка висівається через щілини бокових стінок кожухів. Для підвищення надійності технологічного процесу один край безкінечної стрічки може обладнуватись пальцями, що закріплені з певним кроком і проходять крізь висівну щілину.



Рис. 1.9. Загальний вид машини для внесення добрив “Kuxmann 413”, яка обладнана двома стрічковими ТРО транспортуючого типу

До недоліків стрічкових ТРО необхідно віднести складність їх конструкції, необхідність виготовлення спеціальної стрічки та забезпечення надійного ущільнення між нею і боковими стінками кожуха, швидкий знос стрічки у зв'язку з інтенсивним тертям нерухомих добрив, що постійно знаходяться у кожусі, а також налипання добрив, особливо їх пилоподібних фракцій, на барабани. Окрім того, має місце неконтрольоване винесення і висівання пилоподібних фракцій добрив, які утворюються внаслідок тертя добрив об стрічку, через щілину між нижньою крайкою торцевої стінки каналу і верхньою поверхнею стрічки. У зв'язку з наведеними недоліками стрічкові РО не знайшли широкого застосування в конструкціях машин для внесення мінеральних добрив.

Скробкові ТРО за конструкцією близькі до стрічкових, вони можуть мати відкриту [142] або замкнуту [119] технологічну схему подачі добрива, але у зв'язку з низкою недоліків, які їм притаманні, скрбкові ТРО не знайшли практичного застосування.

Більш широке застосування у порівнянні з стрічковими ТРО мають шнекові ТРО (рис. 1.10). Їх конструкційне виконання базується на

використанні конструкційних елементів гвинтових конвеєрів, в днищах кожухів яких виконані висівні отвори [13, 17]. Шнекові ТРО використовуються у технічних засобах, які виробляє значна кількість провідних світових виробників машин для внесення мінеральних добрив та хімічних меліорантів.

Найбільш широко вони представлені у машинах німецької фірми “Amazonen-Werke”, наприклад, у моделях “ZG-5000”, “ZG-8000” та французької фірми “Nodet Gougis” у моделі DE-325 [75, 76, 135, 139].

У процесі роботи шнекового ТРО добрива, які поступили з технологічної місткості, захоплюються витками гвинта і транспортуються вздовж кожуха до периферійного його кінця. При цьому основна частка добрив висівається з кожуха через висівні отвори, а незначна їх частка у вигляді залишків подається гвинтом до випускного вікна, яке розташоване на периферійному кінці кожуха, і висівається з нього на поверхню ґрунту.



Рис. 1.10. Загальний вигляд машини для внесення мінеральних добрив, обладнаної ТРО шнекового типу DE-325 фірми “Nodet Gougis” (Франція)

Загальними недоліками всіх шнекових ТРО є пульсуючий характер подачі добрив гвинтом над висівними отворами та періодичне забивання

зазначених отворів добривами на внесенні їх малими дозами (100-300 кг/га). У зв'язку з цим шнекові ТРО знайшли застосування тільки на машинах для внесення мінеральних добрив та вапна як змінний ТРО для внесення вапна, яке вносять, як правило, дозами у межах 2-10 т/га.

Всі машини, обладнані ТРО транспортуючого типу, потенційно здатні задовольнити агрономічні вимоги до внесення мінеральних добрив. Вони більш адаптовані до роботи в умовах вітру. Перспективним є їх застосування у технологіях точного землеробства. Однак, не дивлячись на те, що транспортуючі ТРО були взяті до застосування провідними виробниками машин для внесення добрив та хімічних меліорантів ще у сімдесятих роках минулого століття, частка машин, обладнаних транспортуючими ТРО, на світовому ринку складає кілька відсотків від загальної номенклатури. Це можна пояснити тим, що ціна таких машин відносно висока, а їх змінна продуктивність - низька, машини складні в експлуатації, особливо в умовах застосування прямої схеми внесення добрив.

У зв'язку з цим розробники нової техніки зосередилися, в основному, на створенні ТРО кидального типу.

Кидальні ТРО отримали свою назву завдяки тому, що, в процесі їх роботи, частинки добрива, попередньо захоплені робочими елементами ТРО і розігнані ними до певної швидкості, кидальним способом спрямовуються вздовж робочої ширини захвату машини. В залежності від розмірів технологічної місткості, типу живильника та призначення машини вона може бути обладнаною одним або двома ТРО. Машини, які обладнані кидальними ТРО, мають робочу ширину захвату у 10-20 разів більшу ніж їх конструкційна ширина. Враховуючи переваги машин, обладнаних ТРО кидального типу, хімічна промисловість в кінці минулого століття значно поліпшила фізико-механічні властивості мінеральних добрив [30, 67, 106], що сприяло домінуванню зазначених машин на ринку техніки.

За конструкційно-технологічною ознакою кидальні ТРО можна розділити на конвеєрні і відцентрові.

Конвеєрні ТРО кидального типу аналогічно до транспортуючих механічних ТРО базуються на використанні в їх конструкції конвеєрів. Особливість конструкції зазначених ТРО полягає у використанні коротких конвеєрів, які здійснюють тільки розгін частинок добрив. Більшість відомих механічних конвеєрів забезпечують відносно низьку швидкість сходження добрив з їх робочих елементів. У зв'язку з цим розробники нової техніки обмежились спробами застосування тільки скребкових і стрічкових конвеєрів. Однак перші не отримали розвитку, а другі відомі лише за результатами дослідно-конструкторських робіт.

Стрічковий ТРО був розроблений і досліджений у Німеччині [128]. У процесі його роботи добрива, що надійшли з централізованої технологічної місткості, захоплює безкінечна гнучка стрічка. При транспортуванні добрива у межах ТРО швидкість його руху зростає і досягає лінійної швидкості стрічки. З ТРО добриво спрямовується вліво або вправо відносно напрямку руху агрегата, тобто вздовж робочої ширини захвату. Після сходження з ТРО добриво, завдяки отриманому запасу кінетичної енергії, концентрованим струменем рухається в атмосферному повітрі над поверхнею ґрунту. Під дією сили тяжіння відбувається його висівання на ґрунт вузькою смугою, яка розташована перпендикулярно до напрямку руху агрегата. Стрічкові ТРО кидального типу мають ті ж недоліки, як і стрічкові ТРО транспортуючого типу. Окрім того, вони через бокове розсівання добрива здійснюють його розподіл вузькою смугою тільки в одну сторону від напрямку руху агрегата, що призводить до зменшення робочої ширини захвату машини. При одночасному застосуванні на машині двох ТРО, проблемним стає перекриття зон внесення добрив по осі руху агрегата.

Відцентрові ТРО мають широке розмаїття форм їх конструкційного виконання, які можна розділити на барабанні, маятникові, роторні і дискові. Особливість їх роботи полягає у тому, що розгін добрива вони здійснюють відцентровим способом.

Барабанні ТРО (рис. 1.12) знайшли застосування тільки у машині DR-617, яку виготовляє французька фірма “Nodet Gougis” [126, 147].

У процесі роботи барабанних ТРО добриво, яке подано валиком 5 з технологічної місткості, надходить до двох барабанів 1, що здійснюють обертальний рух. Зазначені барабани захоплюють добриво і розганяють його до певної швидкості. Після сходження з барабанів добриво рухається вздовж направляючої 2, з якої воно надходить у канали 3, які спрямовують його у вигляді окремих потоків під різними кутами до горизонту, утворюючи віяло розсівання. Барабанні ТРО мають відносно складну і матеріаломістку конструкцію, інтенсивно руйнують гранули добрив, при цьому має місце низька якість внесення добрив на поверхню ґрунту.

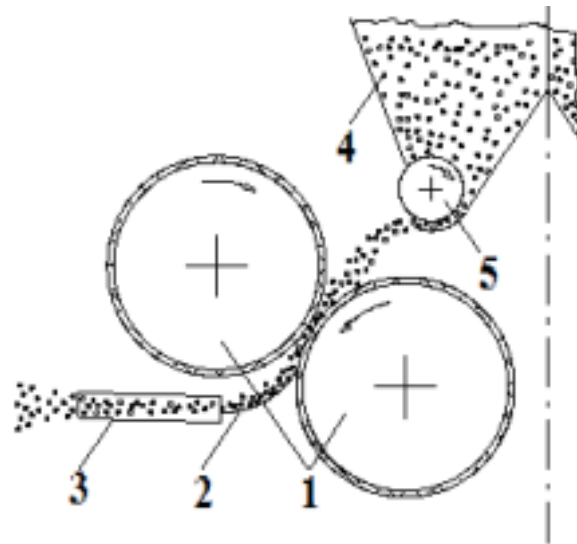


Рис. 1.12. Схема барабанного ТРО:

1 - барабан; 2- направляюча; 3- канал; 4- технологічна місткість; 5-валик

Маятникові ТРО знайшли застосування у машинах для внесення добрив голландської фірми “Vicon”, наприклад, вони застосовуються в моделі PS-3512/5002 (рис. 1.13) [21, 141].

Конструкція зазначених ТРО включає трубу 4, що має конічну або циліндричну форму виконання. Зазначена труба установлена горизонтально чи під кутом до горизонту, на ній нерухомо закріплено тукоспрямовувач 2 у

вигляді воронки. На вертикальному валу закріплений колінчастий патрубок, утворений тукоспрямовувачем і трубою. Вал і патрубок установлені співвісно.

У процесі роботи ТРО колінчастий патрубок приводиться у зворотно-обертальний рух. При цьому зазначена труба здійснює коливання, подібно до маятника, у горизонтальній площині з частотою до 600 коливань за хвилину, а тукоспрямовувач лише повертається навколо вертикальної осі. Добриво після надходження у колінчастий патрубок під дією відцентрової сили розганяється, а потім сходить з нього, утворюючи віяло розсівання. Рух частинок добрива від ТРО до поверхні ґрунту відбувається завдяки попередньо отриманому запасу кінетичної енергії.

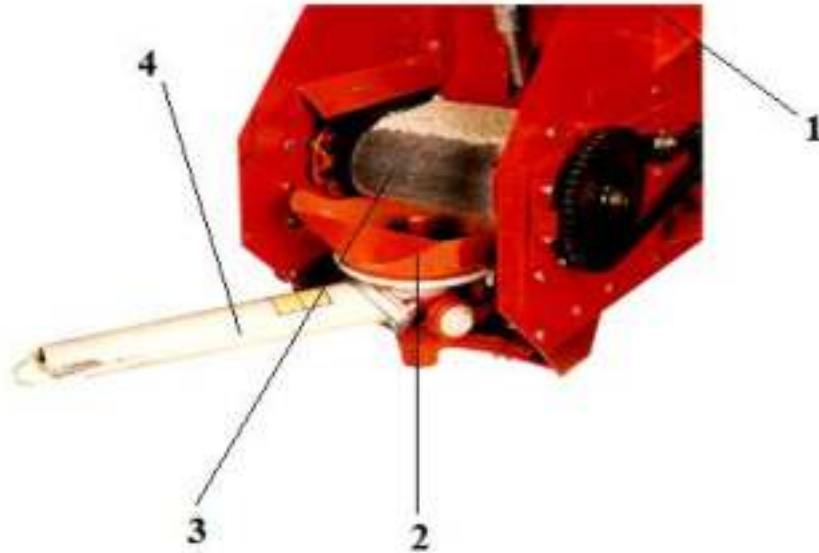


Рис. 1.13. Фрагмент загального вигляду машини для внесення добрив PS-3512/5002, яка обладнана маятниковим ТРО: 1 - технологічна місткість, 2 – тукоспрямовувач, 3 – живильник, 4 -труба

Маятникові ТРО знайшли обмежене застосування у зв'язку з наявністю відносно великого динамічного навантаження на привод, що має місце через високочастотне коливання колінчастого патрубка. Окрім того, вони мають низьку технологічну надійність за внесення дрібнокристалічних видів добрив та хімічних меліорантів.

Роторні ТРО розганяють добриво лопатками, що закріплені на горизонтальному валу, який установлений з можливістю обертання навколо власної осі і з'єднаний з механізмом привода. Для поліпшення якості внесення добрива лопатки закріплюють відносно вала під різними кутами. Наведені ТРО розсівають добрива вузькою смугою, яка розташована перпендикулярно до напрямку руху агрегата, аналогічно як це має місце у стрічкових ТРО конвеєрного типу.

Роторні ТРО знайшли дуже обмежене застосування, наприклад, у нашій країні вони застосовувались у машині СТТ-10 (рис. 1.14), яка мала два ТРО. Серійно цю машину виробляв Тернопільський комбайновий завод [19, 111].

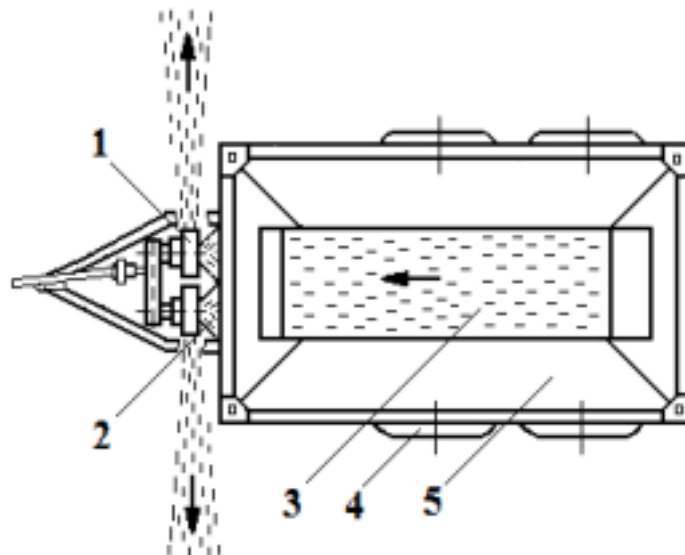


Рис. 1.14. Технологічна схема машини для внесення мінеральних добрив СТТ-10, яка обладнана двома роторними ТРО: 1 - роторний ТРО; 2 - тукоспрямувач; 3 - живильник; 4 - ходова система; 5 - технологічна місткість

Недоліком роторного ТРО була складність регулювання взаємного перекриття смуг висівання добрив кожним з двох ТРО у центрі робочої ширини захвату машини. Ця складність мала місце як при зміні виду добрива, так і дози його внесення. Машина надійно забезпечувала внесення тільки

гранульованих видів добрив, вона не забезпечувала виконання технологічного процесу на внесенні їх дрібнокристалічних видів та хімічних меліорантів.

Більше 90 % машин для внесення мінеральних добрив та хімічних меліорантів, які пропонуються на ринках провідних країн світу, обладнані дисковими відцентровими ТРО [127].

Конструкція дискових ТРО включає диск, на верхній поверхні якого встановлені лопатки (рис. 1.15) [118, 134, 135, 140]. Зазначений диск закріплений на вертикальному валу, який установлений з можливістю обертання у горизонтальній площині і з'єднаний з механізмом привода.

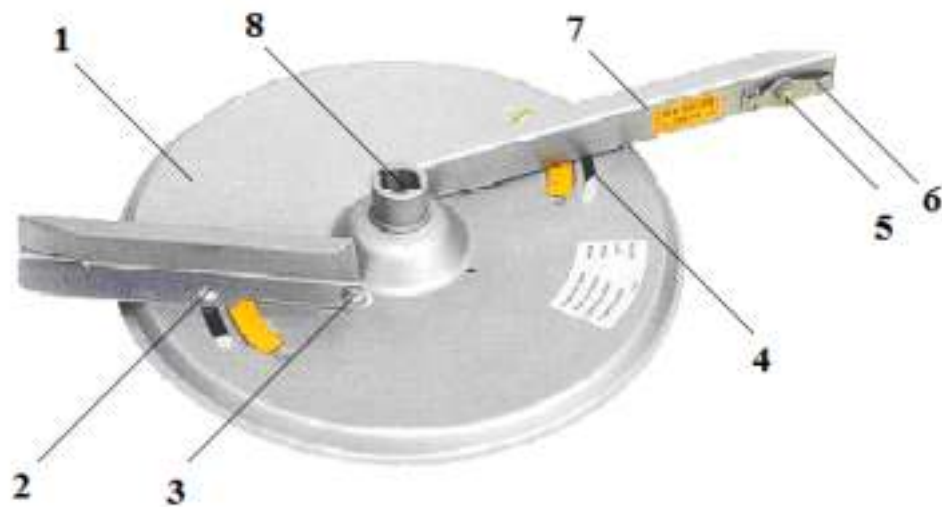


Рис. 1.15. Відцентровий ТРО виробництва фірм “Amazonen-Werke”:

1 - диск; 2 - фіксатор положення лопатки; 3 - вісь повороту лопатки; 4 – паз;
5 - вісь козирка; 6 - направляючий козирок; 7 - лопатка; 8 - маточина

Робочий процес такого ТРО полягає у тому, що добрива, які надійшли із технологічної місткості, спочатку захоплюються лопатками і втягуються у обертальний рух, рухаючись вздовж лопаток під дією відцентрової сили у напрямі периферії диска ТРО. Досягши кінців лопаток, добрива сходять з них з певною швидкістю. Завдяки отриманому запасу кінетичної енергії частинки добрив долають аеродинамічний опір атмосферного повітря, рухаючись від ТРО, з утворенням віяла розсівання вздовж робочої ширини захвату. Під дією

сили тяжіння добрива досягають поверхні ґрунту, утворюючи на ній суцільний екран.

На початкових етапах створення машин у їх конструкціях застосовували ТРО, диски яких мали плоску форму. Для забезпечення необхідних показників призначення важливу роль відігравав вибір параметрів та режимів роботи ТРО.

Діаметр диска відцентрових ТРО розробники відомих моделей машин для внесення добрив та хімічних меліорантів збільшили до 800 мм, а частоту обертання - до 1000 хв^{-1} . Однак цей шлях має відповідні обмеження, наприклад, збільшення діаметра диска обмежується компоновальною схемою машини, а частоти обертання - міцністю гранул мінеральних добрив [6, 10].

Для зменшення руйнування гранул мінеральних добрив на машинах польського виробництва лопатки ТРО покривають гумою, а японські конструктори створили ТРО, в якого лопатки були виготовлені з гуми. Однак ці конструктивні рішення не дали бажаного результату.

У зв'язку з цим для збільшення робочої ширини захвату машин та поліпшення якості внесення добрив був створений ТРО, в якого диск мав форму конуса, спрямованого вершиною вниз (рис. 1.16) [104]. Завдяки таким конструкційним рішенням виконання диска було досягнуто зростання робочої ширини захвату машини без збільшення його діаметра та частоти обертання. ТРО з конусним диском застосовувався на машині вітчизняного виробництва МВУ-5 [44].

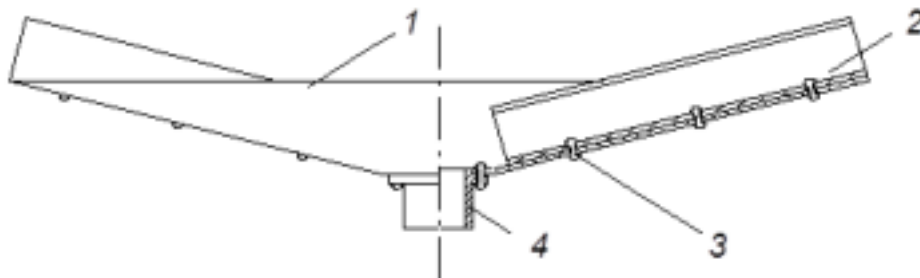


Рис. 1.16 Схема відцентрового ТРО з диском конічної форми:

1 - конусний диск; 2 - лопатка; 3 – заклепка; 4 - маточина

Недоліком таких ТРО є складність виготовлення конусного диска у порівнянні з плоским. У зв'язку з цим був створений ТРО, у якого диск мав плоску форму, а обичайка - конусну (рис. 1.17) [103]. Однак це конструкційне рішення не забезпечило суттєвого ефекту у порівнянні з конусним диском.

ТРО, який поєднував позитивні властивості плоского і конусного дисків, був створений в ННЦ "ІМЕСГ" (рис. 1.18) [145]. У цьому ТРО кут нахилу лопаток регулюється як до площини горизонтального диска у вертикальній площині, так і до радіуса диска у горизонтальній площині.

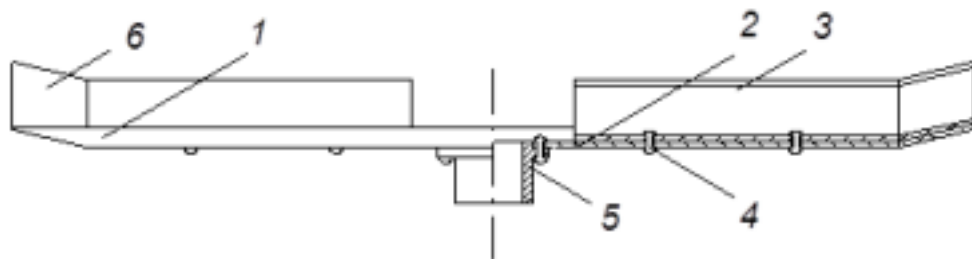


Рис. 1.17. Схема відцентрового ТРО з плоским диском, який обладнаний конусною обичайкою: 1 - конусна обичайка; 2 - плоский диск; 3 – лопатка; 4 – заклепка; 5 - маточина; 6 - подовжувач лопатки

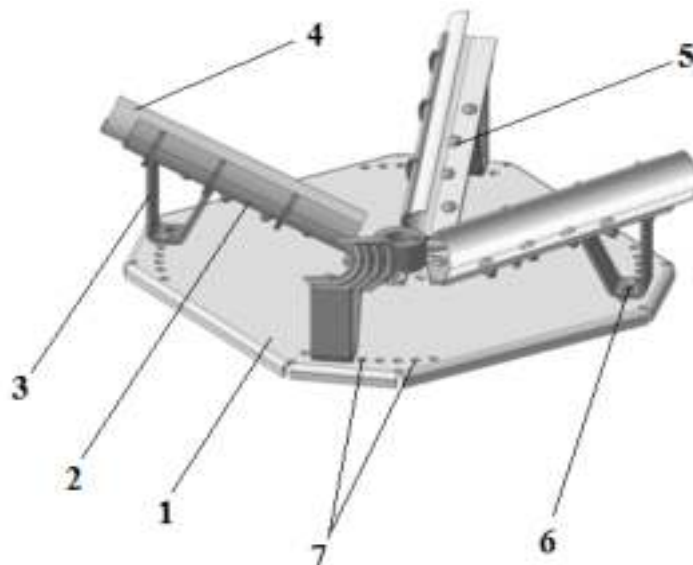


Рис. 1.18. Загальний вигляд відцентрового ТРО конструкції ННЦ "ІМЕСГ": 1 – плоский диск; 2 – тримач; 3 – кронштейн; 4 – лопатка; 5 – заклепка; 6 – фіксатор положення кронштейна; 7 – отвори

Наведеної конструкції ТРО з кутом установки лопаток до площини горизонтального диска 35° застосовується на машині МРД-4, яку виробляє ВАТ “Ковельсьільмаш” за технічною документацією ННЦ “ІМЕСГ” (рис. 1.19) [8].

Була низка спроб щодо збільшення робочої ширини захвату машини шляхом удосконалення ТРО. Наприклад, обладнання ТРО активними лопатками [49], пневматичними соплами тощо [22, 52, 78]. Однак у зв'язку з суттєвим ускладненням конструкції такі ТРО не знайшли практичного застосування. Також проводились розробки щодо удосконалення лопатки шляхом загострення її верхньої крайки з метою зменшення вибивання гранул з потоку, який поступає на ТРО [6, 114, 115]. Зазначене технічне рішення позитивно впливає на якість внесення мінеральних добрив.



Рис. 1.19. Загальний вигляд машини для розсівання мінеральних добрив МРД-4

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що домінуючими на сучасних машинах для внесення мінеральних добрив та хіммеліорантів як вітчизняного виробництва, наприклад, ВАТ “Хмільниксьільмаш”, ВАТ “Ковельсьільмаш”, ТОВ “Оріхівсьільмаш” та інш., так і зарубіжного виробництва, наприклад, “Amazonen-Werke”, “Rauch” (Німеччина), “Kuhn”, “Nodet Gougis” (Франція), “Vicon” (Голландія), “Titan” (Польща) тощо, є відцентрові дискові ТРО.

1.5 Аналіз досліджень процесу внесення мінеральних добрив

Теоретичними і експериментальними дослідженнями відцентрових дискових ТРО займалась велика кількість як вітчизняних, так і закордонних вчених. Вони вивчали вплив конструкційних форм виконання дисків, лопаток та інших елементів конструкції ТРО, параметрів та режимів їх роботи, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив, умов роботи машин на їх робочу ширину захвату, зокрема дальність розсівання, нерівномірність внесення добрив тощо.

У попередні роки вченими було встановлено, що лопатки ТРО, захоплюючи добриво, здійснюють ударну дію, в результаті чого має місце руйнування їх гранул і утворення пилоподібних фракцій [10, 61, 66, 91]. Необхідно мати на увазі, що при високих частотах обертання ТРО утворюється значна маса пилоподібної фракції, яка кидальним способом розсівається на значно меншу відстань ніж гранули. Тому лінійна швидкість лопаток у зоні надходження добрив на ТРО не повинна перевищувати 10 м/с на внесенні азотних видів добрив і 25 м/с - на внесенні фосфорних і калійних їх видів [10]. Базуючись на цьому, нескладно зробити висновок, що має місце обмеження кінематичних режимів роботи ТРО.

Окрім того, також було встановлено, що максимальне значення кута між вектором абсолютної швидкості сходження добрив з ТРО з вертикальною віссю обертання, загальний вид якого наведений на рис.1.17, і горизонтальною площиною в залежності від виду добрив знаходяться в межах 11,9-15,7° і вони досягаються за установки лопаток під кутом до плоского горизонтального диска в межах 35-40° [6]. Отже, наступне збільшення робочої ширини захвату машин шляхом збільшення кута між лопаткою і горизонтальною площиною не дасть бажаного результату.

Окремі дослідники вивчали можливість збільшення робочої ширини захвату машини шляхом обладнання її додатковим транспортуючим робочим органом у вигляді вертикального конвеєра висотою 2,5-3,0 м, зверху на якому

був закріплений ТРО. За таким принципом була створена машина “FFV 606” шведської фірми “FFV” [129]. Аналогічні конструкції досліджувались і іншими вченими [121, 144, 146]. Однак бажаного результату не було досягнуто і такий підхід у створенні техніки для внесення добрив не знайшов застосування.

Найбільш вагомими і різноманітними є результати досліджень з визначення швидкості сходження добрив з ТРО. Наприклад, Василенко П.М. теоретично дослідив рух частинки добрива вздовж лопатки, яка була прямолінійною і закріпленою на верхній площині плоского диска ТРО. У своїх дослідженнях він розглянув радіальний варіант установки лопатки і варіант з нахилом до радіуса диска за напрямком його обертання навколо вертикальної осі [24]. У наступній своїй праці [26] він ці дослідження розширив, розглянувши і варіанти, в яких лопатки встановлені з нахилом до радіуса ТРО як за напрямком його обертання, так і проти нього. У результаті були отримані залежності, які дозволили отримати рівняння для визначення відносної швидкості руху добрива вздовж лопатки ТРО:

$$v_e = \left(\frac{f_l g}{\omega^2} - r_0 \frac{\cos(\psi_0 \pm \varphi)}{\cos \varphi} \right) \left[\frac{\lambda_{1\Gamma} \lambda_{2\Gamma}}{\lambda_{2\Gamma} - \lambda_{1\Gamma}} \left(e^{\lambda_{1\Gamma} t_l} - e^{\lambda_{2\Gamma} t_l} \right) \right]. \quad (1.1)$$

де f_l - коефіцієнт тертя добрива по лопатці;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

ω - кутова швидкість ТРО, с⁻¹;

r_0 - радіус подачі добрива на ТРО, м;

ψ_0 - кут між проекціями радіуса r_0 і бокової стінки лопатки на горизонтальну площину, град.;

φ - кут тертя добрива по лопатці, град.;

t_l - поточне значення руху частинки добрива вздовж лопатки, с;

$$\lambda_{1\Gamma} = \omega \left(-f_l + \sqrt{1 + f_l^2} \right), \quad \lambda_{2\Gamma} = \omega \left(-f_l - \sqrt{1 + f_l^2} \right).$$

Окрім того, Василенко П.М. отримав залежність для визначення кута розгону добрива ТРО, тобто кута, на який повернеться диск ТРО від моменту надходження на нього частинки добрива до моменту її сходження:

$$\beta_p = 57,3\omega t_{\text{лс}}, \quad (1.2)$$

де β_p - кут розгону добрив ТРО, град.

Пиуновский И.И. досліджував режим роботи ТРО в наступній послідовності: спочатку частинка добрива надходить на поверхню диска, розганяється нею, а після ще додатково розганяється лопаткою. Такий режим роботи ТРО є нераціональним, тому отримані результати не мають практичного значення.

Кушилкин Б.А. спростив рівняння, отримані Василенком П.М., зокрема в праці [63] шляхом виключення членів рівняння, які мають відносно малу величину, була отримана зручна залежність для визначення часу руху частинки добрив вздовж лопатки:

$$t_{\text{лс}} = \frac{1}{\omega(\sqrt{f_{\text{л}}^2 + 1} - f_{\text{л}})} \left\{ \ln [R(\cos \alpha_{\text{л}} - f_{\text{л}} \sin \alpha_{\text{л}})] - \right. \\ \left. - \ln \left[\frac{f_{\text{л}} + \sqrt{f_{\text{л}}^2 + 1}}{2\sqrt{f_{\text{л}}^2 + 1}} \left(\sqrt{r_0^2 - R^2 \sin^2 \alpha_{\text{л}}} - f_{\text{л}} R \sin \alpha_{\text{л}} \right) \right] \right\}, \quad (1.3)$$

де R - радіус диска ТРО, м;

$\alpha_{\text{л}}$ - кут між проекціями радіуса R і бокової стінки лопатки на горизонтальну площину, град.

ТРО, в якого диск мав конусну форму, а лопатки були встановлені радіально, досліджував Кийслер М.А. [56]. Він отримав спрощене рівняння для визначення швидкості руху добрив вздовж лопатки:

$$v_g = A_g \omega r, \quad (1.4)$$

$$\text{де } A_g = \left(1 - \frac{\text{tg}(\alpha_d + \varphi)}{k} \right) \left(\sqrt{\text{tg}^2 \varphi - \text{tg} \varphi \text{tg} \alpha_d + 1 - \text{tg} \varphi} \right), \quad k = \frac{\omega^2 r}{g},$$

r - поточне значення відстані від частинки добрива до осі ТРО, м;

α_{∂} - кут між твірною конусного диска ТРО і горизонтальною площиною, град.

Недоліком рівняння (1.4) є те, що воно не враховує залежність відносної швидкості частинки від радіуса її подачі на диск ТРО.

Для вирішення більш складної задачі щодо отримання диференціального рівняння руху частинки мінеральних добрив вздовж лопатки ТРО, яка встановлена на конусному диску з нахилом до його радіуса за напрямом обертання ТРО, Хоменко М.С. в праці [105] склав таке рівняння:

$$m \frac{dL_{\text{л}}}{d^2t_{\text{л}}} = m\omega^2 r \cos \psi - mg \sin \alpha_{\partial} - f_{\text{л}} mg \cos \alpha_{\partial} - f_{\text{л}} \left(2m\omega \frac{dL_{\text{л}}}{dt_{\text{л}}} - m\omega^2 r \sin \psi \right). \quad (1.5)$$

Однак у зв'язку з некоректністю запису окремих складових рівняння (1.5), отримане рішення недоцільно використовувати у дослідженнях.

Задачу розгону частинки для часткових варіантів конструктивних форм виконання ТРО розв'язав Назаров С.И. [79, 80], але і отримані ним результати досліджень мають недоліки, що робить їх неадекватними реальному процесу розгону добрив.

Дослідження Василенка П.М. знайшли свій розвиток у працях Адамчука В.В. [6], який отримав систему узагальнених рівнянь для визначення часу руху частинки добрив вздовж лопатки і її відносної швидкості сходження для загального випадку конструкційного виконання ТРО, в якого лопатка встановлена під кутом як до горизонтальної поверхні диска, так і до його радіуса:

$$\left\{ \begin{array}{l} R \cos \alpha_{\text{л}} - r_0 \cos \left[\arcsin \left(\frac{R}{r_0} \sin \alpha_{\text{л}} \right) \right] = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \times \\ \times \left[\left(\pm \omega R \sin \alpha_{\text{л}} \cos^2 \alpha_{\text{л}\partial} - \lambda_2 \Omega \right) e^{\lambda_1 t_{\text{лс}}} - \left(\pm \omega R \sin \alpha_{\text{л}} \cos^2 \alpha_{\text{л}\partial} - \lambda_1 \Omega \right) e^{\lambda_2 t_{\text{лс}}} \right] + \Omega, \\ v_{\text{вс}} = \frac{1}{(\lambda_2 - \lambda_1) \cos \alpha_{\text{л}\partial}} \times \\ \times \left[\left(\pm \omega R \sin \alpha_{\text{л}} \cos^2 \alpha_{\text{л}\partial} - \lambda_2 \Omega \right) \lambda_1 e^{\lambda_1 t_{\text{лс}}} - \left(\pm \omega R \sin \alpha_{\text{л}} \cos^2 \alpha_{\text{л}\partial} - \lambda_1 \Omega \right) \lambda_2 e^{\lambda_2 t_{\text{лс}}} \right], \end{array} \right. \quad (1.6)$$

де $v_{\text{вс}}$ - відносна швидкість частинки у момент її сходження з ТРО, м/с;

$$\lambda_1 = \omega \cos \alpha_{\text{ло}} \left(-f_{\text{л}} + \sqrt{f_{\text{л}}^2 - f_{\text{л}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{ло}} + 1} \right), \quad \lambda_2 = \omega \cos \alpha_{\text{ло}} \left(-f_{\text{л}} - \sqrt{f_{\text{л}}^2 - f_{\text{л}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{ло}} + 1} \right).$$

$$\Omega = \frac{1}{1 - f_{\text{л}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{ло}}} \left[\frac{g(f_{\text{л}} + \operatorname{tg} \alpha_{\text{ло}})}{\omega^2} \pm \frac{f_{\text{л}} R \sin \alpha_{\text{л}}}{\cos \alpha_{\text{ло}}} \right] - r_0 \cos \left[\arcsin \left(\frac{R}{r_0} \sin \alpha_{\text{л}} \right) \right].$$

Підсумовуюче викладене, можна зробити висновок: на даний час відомі теоретичні дослідження, в результаті яких отримані узагальнені рівняння для визначення часу руху частинки добрив вздовж лопатки і її відносної швидкості сходження з ТРО для загального випадку конструкційного виконання ТРО з вертикальною віссю обертання, в якого лопатки встановлена під кутом як до горизонтальної поверхні диска, так і до радіуса ТРО за напрямом його обертання або проти нього.

Результати досліджень з визначення абсолютної швидкості сходження частинки добрива з ТРО для окремого варіанта його конструкційного виконання знайшли відображення в праці Назаров С.И. [80] у вигляді рівняння:

$$v_{ac} = \sqrt{v_{\text{вс}}^2 + v_{\text{нс}}^2 + 2v_{\text{вс}}v_{\text{нс}} \sin \alpha_{\text{л}}}, \quad (1.7)$$

де v_{ac} - абсолютна швидкість сходження частинки добрива з ТРО (без врахування робочої швидкості агрегата), м/с;

$v_{\text{вс}}$ - відносна швидкість частинки добрива у момент її сходження з ТРО, м/с;

$v_{\text{нс}}$ - переносна швидкість частинки добрива у момент її сходження з ТРО, м/с.

Для загальної форми конструкційного виконання ТРО рівняння для визначення абсолютної швидкості частинки v_{ac} наводить Докучаев А.А. в праці [48]:

$$v_{ac} = \sqrt{v_{\text{вс}}^2 + v_{\text{нс}}^2 \pm 2v_{\text{вс}}v_{\text{нс}} \sin \alpha_{\text{л}}}. \quad (1.8)$$

Довгий час дослідники ТРО, які включають конусний диск, припускали, що кут між вектором швидкості v_{ac} і горизонтальною площиною дорівнює

куту між твірною конуса і горизонтальною площиною [79, 43]. Кийслер М.А. отримав рівняння для визначення цього кута при певних спрощеннях [56], але повне рішення першим отримав Докучаев А.А. і навів його у своїй праці [48]:

$$\alpha_{ac} = \arcsin \frac{v_{ec} \sin \alpha_{л2}}{v_{ac}}, \quad (1.9)$$

де $\alpha_{л2}$ - кут між лопаткою і горизонтальною площиною, град.

Вивченням впливу висоти установки ТРО над поверхнею поля на дальність розсівання добрив та нерівномірність їх розподілу на поверхні ґрунту вивчали Грищенко Ф.В., Валиев А.В., Пиуновский И.И., Скользаев В.А., Черноволов В.А. [43, 86, 96]. За результатами їх досліджень можна зробити висновок, що збільшення висоти установки ТРО над поверхнею поля несуттєво впливає на зростання дальності розсівання добрива. Зазначену висоту доцільно вибирати в межах 0,4 – 0,8 м.

Теоретичними дослідженнями з визначення дальності розсівання частинок добрива ТРО займались багато вчених [24, 55, 57, 86, 110, 113]. Однак у зв'язку з тим, що їх рішення були отримані за певних спрощень, то отримані ними рівняння не знайшли практичного застосування.

Довгий час визначення дальності розсівання добрив здійснювали за методикою, яку розробив Волков В.А. [35]. Записавши диференціальні рівняння руху частинки добрива в повітряному середовищі, враховуючи силу аеродинамічного опору і напрям вектору її абсолютної швидкості на окремих ділянках траєкторії, після проведення певних перетворень та інтегрування він для двох частин траєкторії руху частинки отримав такі рівняння:

$$t_p = t_{не} + t_{нн} = \frac{1}{\sqrt{k_y} a_a C_a} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{k_y} v_{ac} \sin \alpha_{ac}}{C_a} + \frac{1}{\sqrt{k_y} a_a C_a} \operatorname{Arsh} \frac{\sqrt{k_y} v_{ac} \sin \alpha_{ac}}{C_a}, \quad (1.10)$$

$$L_{\partial} = X_{\max} = \frac{1}{k_x a_a} \ln \left[\frac{k_x v_{ac} \cos \alpha_{ac}}{\sqrt{k_y} C_a} \times \right]$$

$$\times \left(\operatorname{arctg} \frac{\sqrt{k_y} v_{ac} \sin \alpha_{ac}}{C_a} + \operatorname{Arsh} \frac{\sqrt{k_y} v_{ac} \sin \alpha_{ac}}{C_a} \right) + 1 \Big], \quad (1.11)$$

$$\text{де } a_a = \frac{\lambda_a}{m}; \quad \lambda_a = C_x S_q \frac{\rho_n}{2}; \quad C_a^2 = \frac{mg}{\lambda_a};$$

$t_{не}$ - час польоту частинки добрива від ТРО до максимальної висоти її траєкторії руху над поверхнею поля, с;

$t_{нн}$ - час польоту добрива з максимальної висоти її траєкторії руху до поверхні поля, с;

X - проекція траєкторії руху частинки на вісь координат ОХ, м;

C_x - коефіцієнт лобового опору частинки добрива відповідної форми;

S_q - площа поперечного перерізу частинки добрива, перпендикулярного до напрямку її руху, м²;

ρ_n - щільність повітряного середовища, в якому рухаються частинки добрива, кг/м³.

Базуючись на методичних підходах Волкова В.А. за певних спрощень були отримані рішення, які мали зручну форму для практичного використання [46, 47, 79], але вони давали значну похибку і тому з появою ЕОМ необхідність у них відпала.

У процесі роботи машин для розсівання добрив на частинки, які зійшли з ТРО і рухаються до поверхні ґрунту, може діяти вітер. Багатьма дослідниками робилась спроба теоретичним шляхом отримати математичні залежності, які описують траєкторію руху попередньо розігнаної частинки технологічного матеріалу в повітряному середовищі з урахуванням її швидкісних характеристик, фізико-механічних властивостей та дії неї вітру. Найбільш повно результати досліджень руху частинки матеріалу в рухомому повітряному середовищі наведено в працях [25, 62]. Зокрема, в праці [25] Василенко П.М. дав систему рівнянь руху частинки у проекціях на осі

координат для загального випадку її руху:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{ax} = -k_c \frac{[(v_x - v_{cx})^c + (v_y - v_{cy})^c + (v_z - v_{cz})^c](v_x - v_{cx})}{\sqrt{(v_x - v_{cx})^2 + (v_y - v_{cy})^2 + (v_z - v_{cz})^2}}, \\ F_{ay} = -k_c \frac{[(v_x - v_{cx})^c + (v_y - v_{cy})^c + (v_z - v_{cz})^c](v_y - v_{cy})}{\sqrt{(v_x - v_{cx})^2 + (v_y - v_{cy})^2 + (v_z - v_{cz})^2}}, \\ F_{az} = -k_c \frac{[(v_x - v_{cx})^c + (v_y - v_{cy})^c + (v_z - v_{cz})^c](v_z - v_{cz})}{\sqrt{(v_x - v_{cx})^2 + (v_y - v_{cy})^2 + (v_z - v_{cz})^2}}, \end{array} \right. \quad (1.12)$$

де F_{ax}, F_{ay}, F_{az} - відповідно проекції сили аеродинамічного опору F_a на

осі координат OX, OY, OZ, H;

k_c - коефіцієнт, що характеризує парусність частинки добрива, пропорційний її відносній швидкості в степені c , $m^{1-c} \times c^{c-2}$;

c - показник степені;

v_x, v_y, v_z - відповідно проекції швидкості руху частинки добрива v на осі координат OX, OY, OZ, м/с;

v_{cx}, v_{cy}, v_{cz} - відповідно проекції швидкості руху середовища v_c на осі координат OX, OY, OZ, м/с.

Наведені рішення були розвинуті і уточнені Адамчуком В.В. у вигляді диференціальних рівнянь руху частинки мінеральних добрив стосовно загального випадку її руху, тобто з врахуванням швидкісних характеристик частинки добрив, які попередньо були розігнані ТРО і зійшли з нього, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив з урахуванням швидкості супроводжуючого повітряного струменя, якщо такий застосовується, а також швидкості повітряного середовища (вітру) і його напрямку відносно вектора абсолютної швидкості сходження частинки мінеральних добрив з ТРО [2, 18]:

$$\left\{ \begin{aligned}
\frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{g}{v_{\text{н}}^c} \left(v_n \sin \alpha_n \sin \beta_n \pm v_c \sin \gamma_c \sin \varphi_c - \frac{dx}{dt} \right) \times \\
&\times \left[\left(v_n \sin \alpha_n \sin \beta_n \pm v_c \sin \gamma_c \sin \varphi_c - \frac{dx}{dt} \right)^2 + \right. \\
&+ \left(v_n \sin \alpha_n \cos \beta_n \pm v_c \sin \gamma_c \cos \varphi_c - \frac{dy}{dt} \right)^2 + \\
&\left. + \left(v_n \cos \alpha_n \pm v_c \cos \gamma_c - \frac{dz}{dt} \right)^2 \right]^{\frac{c-1}{2}}, \\
\frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{g}{v_{\text{н}}^c} \left(v_n \sin \alpha_n \cos \beta_n \pm v_c \sin \gamma_c \cos \varphi_c - \frac{dy}{dt} \right) \times \\
&\times \left[\left(v_n \sin \alpha_n \sin \beta_n \pm v_c \sin \gamma_c \sin \varphi_c - \frac{dx}{dt} \right)^2 + \right. \\
&+ \left(v_n \sin \alpha_n \cos \beta_n \pm v_c \sin \gamma_c \cos \varphi_c - \frac{dy}{dt} \right)^2 + \\
&\left. + \left(v_n \cos \alpha_n \pm v_c \cos \gamma_c - \frac{dz}{dt} \right)^2 \right]^{\frac{c-1}{2}}, \\
\frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{g}{v_{\text{н}}^c} \left(v_n \cos \alpha_n \pm v_c \cos \gamma_c - \frac{dz}{dt} \right) \times \\
&\times \left[\left(v_n \sin \alpha_n \sin \beta_n \pm v_c \sin \gamma_c \sin \varphi_c - \frac{dx}{dt} \right)^2 + \right. \\
&+ \left(v_n \sin \alpha_n \cos \beta_n \pm v_c \sin \gamma_c \cos \varphi_c - \frac{dy}{dt} \right)^2 + \\
&\left. + \left(v_n \cos \alpha_n \pm v_c \cos \gamma_c - \frac{dz}{dt} \right)^2 \right]^{\frac{c-1}{2}} - g.
\end{aligned} \right. \quad (1.13)$$

Базуючись на викладеному, можна зробити висновок: відомі результати теоретичних досліджень для визначення дальності розсівання окремо взятої частинки мінерального добрива в умовах як безвітряної погоди, так і вітру. Стосовно визначення дальності розсівання потоку добрива у вигляді віяла розсівання, то такі результати досліджень вчені отримували стосовно конкретних ТРО тільки експериментальним шляхом.

Нерівномірність внесення добрив на робочій ширині захвату більшість вчених вивчали експериментальним шляхом для конкретних ТРО. Необхідно відмітити, що окремі з них розробили засади для моделювання розсівання

добрив, а саме: Кушилкін Б.А., Морин І.В., Полонецкий С.Д., Переверзев В.Д., Тыльный С.А, Якимов Ю.И., Якубаускас В.И. [63, 77, 87, 100, 116, 117]. Однак отримані ними моделі розроблені з низкою припущень, що зробило проблемним їх практичне застосування. Зазначені недоліки були усунуті при розроблені імітаційної моделі процесу розсівання мінеральних добрив, використання якої передбачає проведення окремих експериментальних досліджень [133].

Задачі досліджень

Продуктивність машин для внесення мінеральних добрив та хімічних меліорантів, як відомо, залежить від їх робочої ширини захвату, робочої швидкості агрегата та коефіцієнта використання змінного часу. У зв'язку з тим, що можливість підвищення продуктивності шляхом збільшення як робочої швидкості агрегата, так і коефіцієнта використання змінного часу вже практично вичерпана, то резервом її підвищення залишилось тільки збільшення робочої ширини захвату. Робоча ширина захвату машин, в свою чергу, залежить від абсолютної швидкості сходження мінеральних добрив з ТРО та кута між її вектором та горизонтальною площиною, а також висоти установки ТРО над поверхнею поля. Аналізуючи можливі шляхи створення нових ТРО з метою збільшення дальності розсівання добрив, а, відповідно, і робочої ширини захвату, необхідно відмітити таке:

- фізико-механічні властивості мінеральних добрив, які поставляє на вітчизняний ринок як українська, так і закордонна хімічна промисловість, протягом останніх десятиліть залишаються майже незмінними. Перехід хімічної промисловості на виробництво добрив підвищеної якості вимагає переоснащення виробництв, що є досить затратним заходом. Тому можна прогнозувати, що найближчим десятиліттям фізико-механічні властивості мінеральних добрив, наприклад, розміри гранул та їх міцність, коефіцієнт тертя добрив по поверхні лопатки, які впливають на дальність їх розсівання, істотно не зміняться;

- виконання лопаток з включенням елементів, наприклад, полімерних, по поверхні яких добрива мають відносно малий коефіцієнт тертя, що буде сприяти підвищенню абсолютної швидкості сходження добрива з ТРО, вже використовуються при створенні нової техніки ;

- підвищення абсолютної швидкості сходження добрива з ТРО шляхом збільшення його зовнішнього діаметра практично неможливе, адже як зазначалось раніше, цей шлях вже вичерпаний і наступне збільшення діаметра ТРО обмежене конструктивно-компонувальними схемами машин;

- підвищення абсолютної швидкості сходження добрив з ТРО шляхом збільшення частоти його обертання практично теж неможливе. У попередні роки вченими ННЦ "ІМЕСГ" було встановлено, що лопатки ТРО, захоплюючи добриво здійснюють ударну дію, в результаті чого має місце руйнування їх гранул і утворення пилоподібних фракцій. Необхідно мати на увазі, що при високих частотах обертання диска ТРО утворюється значна маса пилоподібної фракції, яка кидальним способом розсівається на значно меншу відстань ніж гранули;

- збільшення кута між вектором абсолютної швидкості сходження добрива з ТРО та горизонтальною площиною у відомих ТРО з вертикальною віссю обертання шляхом збільшення кута установки лопаток до горизонтальної площини теж вже вичерпано;

- збільшення висоти установки ТРО над поверхнею поля не суттєво впливає на збільшення робочої ширини захвату. Окрім того, висота установки ТРО обмежена положенням днища технологічної місткості.

Аналізуючи викладене, можна стверджувати, що при створенні нових моделей машин для внесення твердих мінеральних добрив, які обладнані відцентровими дисковими ТРО, збільшення робочої ширини захвату є актуальною проблемою, яка потребує вирішення з проведенням необхідних наукових досліджень.

У зв'язку з викладеним, метою даної роботи є підвищення продуктивності машин для внесення твердих мінеральних добрив шляхом збільшення їх робочої ширини захвату.

У відомих відцентрових ТРО з вертикальною віссю обертання збільшення кута сходження добрива до горизонту формується тільки за рахунок зростання відносної швидкості, тобто швидкості, з якою добриво рухається вздовж їх лопаток. В той же час левову частку абсолютної швидкості сходження добрив з ТРО становить переносна швидкість. Наведене дає підставу сформулювати таку робочу гіпотезу: спрямування переносної швидкості добрив під кутом до горизонту шляхом установки осі ТРО з нахилом до вертикалі (ТРОН) забезпечить збільшення дальності розсівання добрива, а, відповідно, і збільшення робочої ширини захвату та продуктивності машин.

Для досягнення поставленої мети і перевірки робочої гіпотези були визначені такі задачі досліджень:

- теоретичним шляхом дослідити процес розгону добрив ТРОН,
- теоретичним шляхом дослідити вплив кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини на дальність розсівання частинок добрив;
- з використанням результатів теоретичних досліджень обґрунтувати раціональні параметри та режими роботи ТРОН;
- експериментальним шляхом підтвердити основні результати теоретичних досліджень;
- експериментальним шляхом дослідити вплив кута установки диска ТРОН на робочу ширину захвату машини для внесення мінеральних добрив;
- провести оцінку експериментального зразка машини для внесення мінеральних добрив, обладнаної ТРОН, в умовах агропромислового виробництва;
- визначити економічну ефективність машини для внесення мінеральних добрив, обладнаної ТРОН.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОГО ТУКОРОЗСІВНОГО РОБОЧОГО ОРГАНА З НАХИЛЕНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ

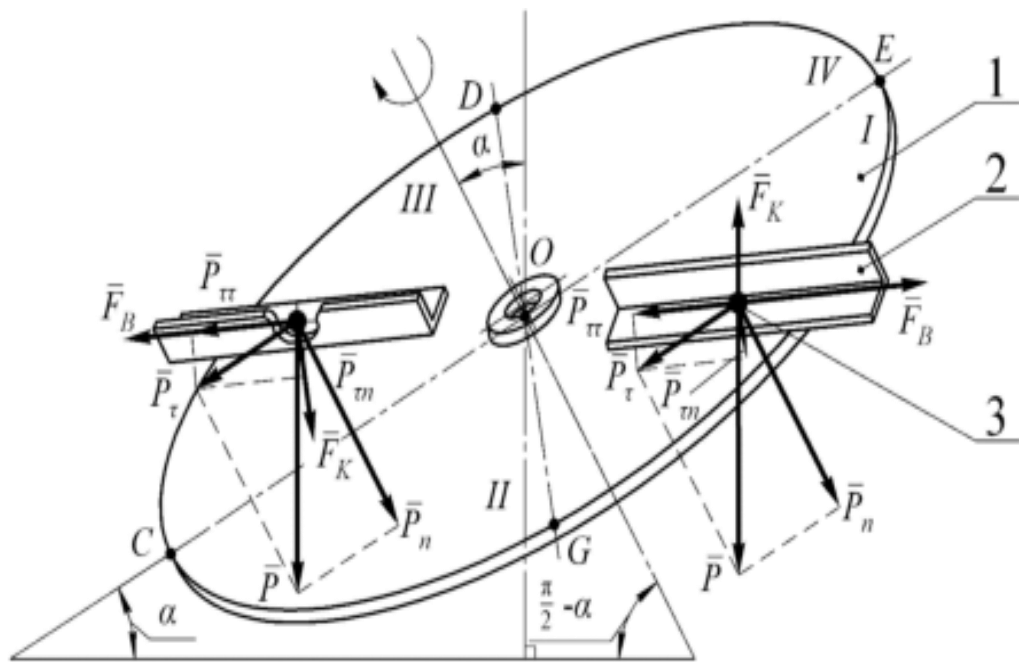
2.1 Теорія розгону частинки мінеральних добрив тукорозсівним робочим органом

Розроблена нами конструкція тукорозсівного робочого органа з нахиленою віссю обертання (ТРОН) включає кінематично з'єднаний з механізмом привода в обертальний рух плоский диск з радіально встановленими на його робочій поверхні лопатками. При цьому вісь обертання ТРОН розташована під кутом α до горизонтальної площини.

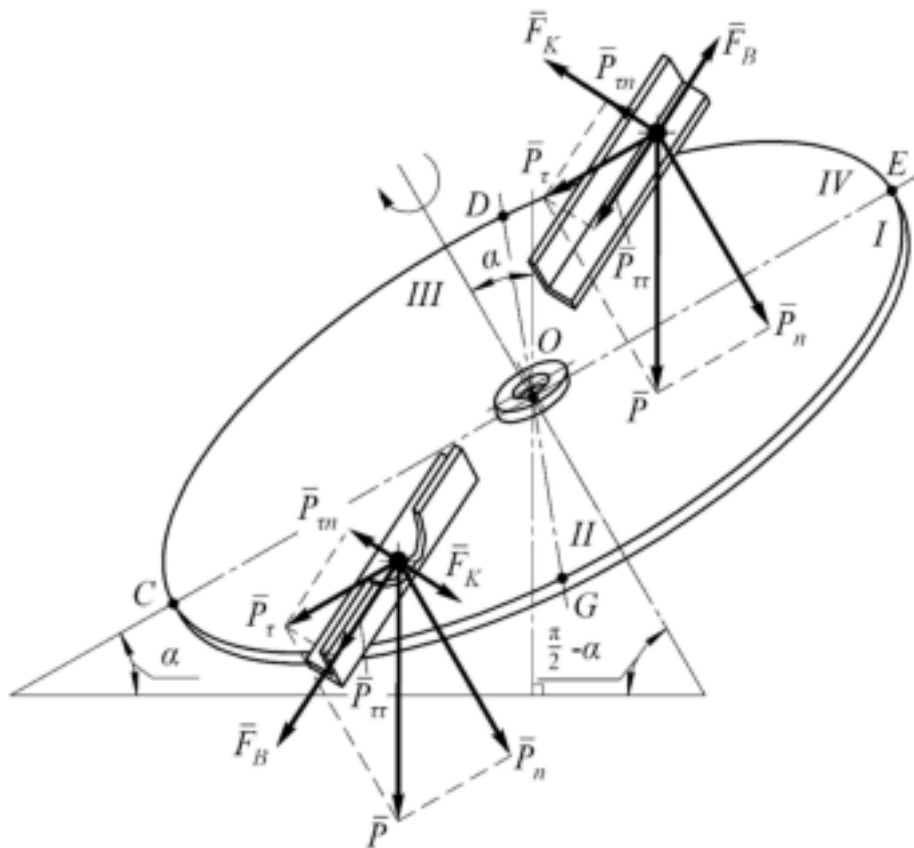
Для такого ТРОН побудуємо розрахункову математичну модель руху матеріальної частинки уздовж його радіально розміщеної лопатки. Перш за все, складемо еквівалентну схему, на якій покажемо матеріальну частинку, що рухається уздовж лопатки нахиленого диска, і покажемо діючі на неї сили (рис. 2.1). При цьому точка M – початкове положення частинки добрива на лопатці, точка S – поточне положення частинки добрива на лопатці, точка O – центр обертання ТРОН.

Далі, для спрощення аналітичного вирішення даного завдання приймаємо наступні припущення:

- коефіцієнт тертя частинок добрив по поверхні лопатки має постійне значення;
- характер руху кожної частинки добрив однаковий і відповідає характеру руху всієї маси добрив уздовж лопатки;
- частинка добрив рухається уздовж лопатки по відрізку, який є загальним для вертикальної стінки лопатки і її днища, без кочення;
- товщиною лопатки і діаметром частинки добрив нехтуємо.



а



б

Рис. 2.1. Еквівалентна схема руху частинки добрив вздовж лопатки ТРОН, диск якого нахилений під кутом α до горизонтальної площини:

$a, б$ – відповідно частинка добрив рухається вздовж лопатки в межах секторів диска I, III і II, IV; 1 – диск; 2 – лопатка; 3 – частинка добрив

Вельми істотною відмінністю розсівання частинок мінеральних добрив ТРОН, у порівнянні з ТРО, є те, що мають місце істотні відмінності у розташуванні векторів, прикладених до частинки добрив сил, в залежності від того, в яке місце нахиленого диска подаються і захоплюються лопатками мінеральні добрива: в верхню частину нахиленого диска або в його нижню частину, в праву від осі обертання або в ліву частину. Цю обставину також необхідно врахувати при аналітичному вирішенні даного завдання.

Запишемо спочатку рівняння для визначення швидкості сходження частинки добрив з ТРОН V_{GO} . Вона буде дорівнювати:

$$V_{GO} = \sqrt{V_{BC}^2 + V_{NC}^2}, \quad (2.1)$$

де V_{BC} – відносна швидкість руху частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН, м/с;

V_{NC} – переносна швидкість руху частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН, м/с.

При цьому переносна швидкість V_{NC} руху частинки добрив в момент її сходження з ТРОН може бути визначена з використанням такої залежності:

$$V_{NC} = \omega R, \quad (2.2)$$

де ω – кутова швидкість ТРОН, c^{-1} ;

R – радіус ТРОН, м.

Для визначення V_{GO} необхідно, перш за все, мати залежність для визначення відносної швидкості V_{BC} . У зв'язку з тим, що проекція складової сили тяжіння частинки добрив на відрізок AB в процесі її руху вздовж лопатки змінює напрямок вектора, доцільно розділити ТРОН на сектори таким чином, щоб напрямок вектора в процесі її руху в межах кожного сектора не змінювався. Виконавши це, отримуємо чотири рівних між собою сектори: EOG – I; GOC – II; COD – III; DOE – IV (рис. 2.2).

Відрізки EC і DG є взаємноперпендикулярними діаметрами плоского диска, а відрізок EC утворює з горизонтальною площиною кут α .

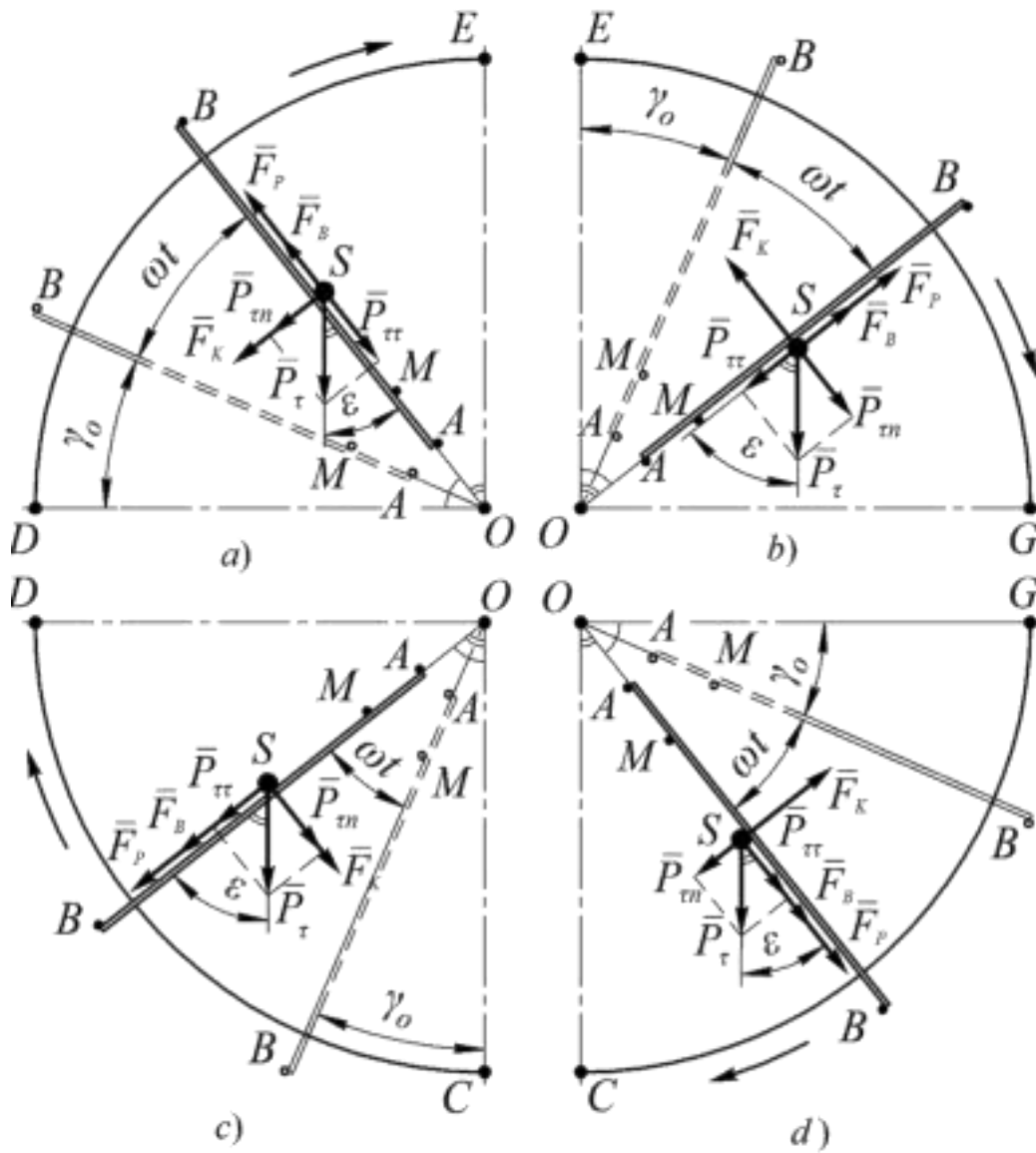


Рис. 2.2. Схема визначення результуючої сили, під дією якої частинка добрив рухається вздовж лопатки ТРОН: а), б), с), д) – відповідно частинка добрив рухається вздовж лопатки в межах секторів IV, I, II і III

Визначимо значення сил, які діють на частинку добрив M , і запишемо рівняння для визначення результуючої сили F_r , під дією якої дана частинка буде рухатися вздовж лопатки (рис. 2.1, 2.2). Оскільки рух частинки мінеральних добрив здійснюється прямолінійно вздовж поверхні лопатки, то запишемо дане рівняння у вигляді проекції на умовну вісь, що лежить на перетині поверхні вертикальної стінки лопатки з поверхнею диска:

$$F_r = F_B \pm P_{\tau\tau} - f_f F_k - f_f P_n - f_f P_{\tau n}, \quad (2.3)$$

де F_r – результуюча сила, Н;

f_f – коефіцієнт тертя частинки добрив M по поверхні лопатки;

F_B – відцентрова сила, Н;

$P_{\tau\tau}$ – проекція складової сили тяжіння частинки добрив P_τ на відрізок AB , Н; F_k – сила інерції Коріоліса, Н;

P_n – складова сили тяжіння частинки добрив, яка діє по нормалі до днища лопатки, Н;

$P_{\tau n}$ – проекція складової сили тяжіння частинки добрив P_τ на нормаль до відрізка AB , Н.

Визначимо значення прикладених до частинки M сил, що є складовими рівняння (2.3).

Результуюча сила, під дією якої частинка добрива M рухається вздовж лопатки, визначається таким чином:

$$F_r = m \frac{d^2 L}{dt^2}, \quad (2.4)$$

де m – маса частинки добрив, кг;

L – шлях, який пройшла частинка добрив вздовж лопатки, м;

t – час руху частинки добрив вздовж лопатки, с.

Відцентрова сила визначається за допомогою такого виразу:

$$F_B = mr\omega^2, \quad (2.5)$$

де r – відстань від центра обертання ТРОН до поточного положення частинки добрив на лопатці, м;

ω – кутова швидкість ТРОН, s^{-1} .

Проекція складової сили тяжіння частинки добрив P_τ на відрізок AB визначається таким чином:

$$P_{\tau\tau} = P_\tau \cos \varepsilon, \quad (2.6)$$

де ε – кут між складовою силою тяжіння P_τ та її проекцією на відрізок AB , град.

Складова сили тяжіння частинки добрив, яка діє вздовж поверхні диска паралельно відрізьку EC , буде визначатися за таким виразом:

$$P_{\tau} = P \sin \alpha, \quad (2.7)$$

де α – кут між віссю обертання ТРОН і вертикальною площиною, град.

Сила тяжіння частинки добрив дорівнюватиме:

$$P = mg, \quad (2.8)$$

де g – прискорення вільного падіння, m/c^2 .

Сила інерції Коріоліса визначається за таким виразом:

$$F_k = 2m\omega \frac{dL}{dt}. \quad (2.9)$$

Складова сили тяжіння частинки добрив, яка діє по нормалі до днища лопатки, має такий вигляд:

$$P_n = P \cos \alpha. \quad (2.10)$$

Проекція складової сили тяжіння частинки добрива P_{τ} на нормаль до відрізьку AB буде дорівнювати:

$$P_{\tau n} = P_{\tau} \sin \varepsilon. \quad (2.11)$$

Слід зазначити, якщо частинка мінеральних добрив надходить на поверхню ТРОН в межах сектора I або IV, то у рівнянні (2.3) перед силою $P_{\tau\tau}$ необхідно ставити знак “–”, а якщо в межах сектора II або III, то необхідно перед даною силою ставити знак “+”.

Підставивши значення сил з рівнянь (2.4) – (2.11) в рівняння (2.3), отримаємо диференціальне рівняння руху частинки добрив вздовж лопатки ТРОН, диск якого нахилений під кутом α до горизонтальної площини:

$$m \frac{d^2 L}{dt^2} = mr\omega^2 \pm mg \sin \alpha \cdot \cos \varepsilon - f_f \left(2m\omega \frac{dL}{dt} + mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \cdot \sin \varepsilon \right). \quad (2.12)$$

Як видно з рис. 2.2, в залежності від того, в якому секторі буде відбувається подача частинки добрив на поверхню ТРОН, значення кута ε між складовою вектора сили тяжіння \bar{P}_{τ} і її проекцією на відрізок AB будуть різні. Значення даного кута визначаються за такими виразами:

$\varepsilon = \gamma_o + \omega t$ – на випадок, якщо частинка добрив надходить на лопатку
ТРОН в межах сектора I,

де γ_o – кут, утворений відрізками OE та OB , у момент контакту частинки
добрив з лопаткою, град;

$\varepsilon = \frac{\pi}{2} - (\gamma_o + \omega t)$ – на випадок, якщо частинка добрив надходить на
лопатку ТРОН в межах сектора II,

де γ_o – кут, утворений відрізками OG і OB , в момент контакту частинки
добрив з лопаткою, град;

$\varepsilon = \gamma_o + \omega t$ – на випадок, якщо частинка добрив надходить на лопатку
ТРОН в межах сектора III,

де γ_o – кут, утворений відрізками OC і OB , в момент контакту частинки
добрив з лопаткою, град;

$\varepsilon = \frac{\pi}{2} - (\gamma_o + \omega t)$ – на випадок, якщо частинка добрив надходить на
лопатку ТРОН в межах сектора IV,

де γ_o – кут, утворений відрізками OD і OB , в момент контакту частинки
добрив з лопаткою, град.

Далі запишемо рівняння для визначення відстані r від центра
обертання ТРОН до поточного положення частинки S добрив на лопатці.
Воно визначається за допомогою такого виразу:

$$r = r_o + L, \quad (2.13)$$

де r_o – радіус подачі частинки добрив на ТРОН, м.

Підставивши у вираз (2.12) значення відстані r і провівши низку
перетворень, отримаємо:

$$\frac{d^2L}{dt^2} = \omega^2 r_o + \omega^2 L \pm g \sin \alpha \cdot \cos \varepsilon - 2f_f \omega \frac{dL}{dt} - f_f g \cos \alpha - f_f g \sin \alpha \cdot \sin \varepsilon. \quad (2.14)$$

Розглянемо випадок, коли частинка добрив надходить на поверхню
ТРОН в межах сектора II (GOC). Тоді рівняння (2.14) матиме вигляд:

$$\frac{d^2L}{dt^2} + 2f_f\omega\frac{dL}{dt} - \omega^2L = (\omega^2r_o - f_fg\cos\alpha) +$$

$$+g\sin\alpha \cdot \sin(\gamma_o + \omega t) - f_fg\sin\alpha \cdot \cos(\gamma_o + \omega t). \quad (2.15)$$

Таким чином, отримано лінійне диференціальне рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами і правою частиною.

Розв'яжемо отримане диференціальне рівняння (2.15).

Знайдемо спочатку загальний розв'язок однорідного диференціального рівняння (без правої частини) наступного вигляду:

$$\frac{d^2L}{dt^2} + 2f_f\omega\frac{dL}{dt} - \omega^2L = 0. \quad (2.16)$$

Його характеристичне рівняння матиме такий вигляд:

$$\lambda^2 + 2f_f\omega\lambda - \omega^2 = 0. \quad (2.17)$$

Визначимо корені даного квадратного рівняння:

$$\lambda_{1,2} = \omega(\pm\sqrt{f_f^2 + 1} - f_f).$$

Таким чином, його корені будуть відповідно дорівнювати:

$$\lambda_1 = \omega(\sqrt{f_f^2 + 1} - f_f),$$

$$\lambda_2 = \omega(-\sqrt{f_f^2 + 1} - f_f). \quad (2.18)$$

Запишемо загальний розв'язок \bar{L} рівняння (2.15) без правої частини:

$$\bar{L} = C_1e^{\lambda_1 t} + C_2e^{\lambda_2 t}, \quad (2.19)$$

де C_1 і C_2 – довільні сталі.

Знайдемо далі частинний розв'язок L^* рівняння (2.15).

Введемо наступні позначення:

$$\omega^2r_o - f_fg\cos\alpha = K \quad \text{і} \quad g\sin\alpha = U. \quad (2.20)$$

Тоді права частина диференціального рівняння (2.15) з урахуванням прийнятих позначень матиме такий вигляд:

$$K + U\sin(\gamma_o + \omega t) - f_fU\cos(\gamma_o + \omega t). \quad (2.21)$$

У даному випадку частинний розв'язок неоднорідного рівняння шукаємо в наступному вигляді:

$$L^* = W \sin(\gamma_o + \omega t) + Z \cos(\gamma_o + \omega t) + I, \quad (2.22)$$

де W , Z і I – невідомі коефіцієнти.

Для визначення невідомих коефіцієнтів продиференціюємо два рази частинний розв'язок (2.22):

$$\frac{dL^*}{dt} = \omega W \cos(\gamma_o + \omega t) - \omega Z \sin(\gamma_o + \omega t), \quad (2.23)$$

$$\frac{d^2L^*}{dt^2} = -\omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t). \quad (2.24)$$

Отримані вирази (2.22), (2.23) і (2.24) підставимо у рівняння (2.15):

$$\begin{aligned} & -\omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t) + \\ & + 2f_f \omega [\omega W \cos(\gamma_o + \omega t) - \omega Z \sin(\gamma_o + \omega t)] - \\ & - \omega^2 [W \sin(\gamma_o + \omega t) + Z \cos(\gamma_o + \omega t) + I] = \\ & = K + U \sin(\gamma_o + \omega t) - f_f U \cos(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.25)$$

Провівши необхідні перетворення виразу (2.25), отримаємо:

$$\begin{aligned} & -\omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t) + \\ & + 2f_f \omega^2 W \cos(\gamma_o + \omega t) - 2f_f \omega^2 Z \sin(\gamma_o + \omega t) - \\ & - \omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t) - \omega^2 I = \\ & = K + U \sin(\gamma_o + \omega t) - f_f U \cos(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.26)$$

Прирівняємо далі коефіцієнти при однакових тригонометричних функціях:

$$\left. \begin{aligned} -\omega^2 W - 2f_f \omega^2 Z - \omega^2 W &= U, \\ -\omega^2 Z + 2f_f \omega^2 W - \omega^2 Z &= -f_f U, \\ -\omega^2 I &= K, \end{aligned} \right\} \quad (2.27)$$

або

$$\left. \begin{aligned} -2\omega^2 W - 2f_f \omega^2 Z &= U, \\ -2\omega^2 Z + 2f_f \omega^2 W &= -f_f U, \\ -\omega^2 I &= K. \end{aligned} \right\} \quad (2.28)$$

З отриманої системи лінійних рівнянь (2.28) щодо невідомих W , Z і I знаходимо значення цих невідомих коефіцієнтів:

$$\begin{aligned} I &= -\frac{K}{\omega^2}, \\ Z &= 0, \\ W &= -\frac{U}{2\omega^2}. \end{aligned} \quad (2.29)$$

Підставляючи значення отриманих коефіцієнтів (2.29) у вираз (2.22), отримуємо частинний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння:

$$L^* = -\frac{U}{2\omega^2} \sin(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (2.30)$$

Загальний розв'язок диференціального рівняння (2.15) може бути записаний наступним чином:

$$L = \bar{L} + L^* = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} - \frac{U}{2\omega^2} \sin(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (2.31)$$

Довільні постійні C_1 і C_2 знаходимо з наступних початкових умов:

$$t = 0, \quad L = 0, \quad \frac{dL}{dt} = 0. \quad (2.32)$$

Для цього продиференціюємо по t вираз (2.31):

$$\frac{dL}{dt} = \lambda_1 C_1 e^{\lambda_1 t} + \lambda_2 C_2 e^{\lambda_2 t} - \frac{U}{2\omega} \cos(\gamma_o + \omega t). \quad (2.33)$$

Використовуючи наведені початкові умови, отримуємо наступну систему алгебраїчних рівнянь щодо невідомих C_1 і C_2 :

$$\left. \begin{aligned} C_1 + C_2 - \frac{U}{2\omega^2} \sin \gamma_o - \frac{K}{\omega^2} &= 0, \\ \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 - \frac{U}{2\omega} \cos \gamma_o &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.34)$$

Провівши перетворення, визначимо значення довільних сталих C_1 і C_2 :

$$C_1 = \frac{\Delta_{C_1}}{\Delta} = -\frac{U \cos \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{U \lambda_2 \sin \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{K \lambda_2}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)}, \quad (2.35)$$

$$C_2 = \frac{\Delta_{C_2}}{\Delta} = \frac{U \cos \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{U \lambda_1 \sin \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{K \lambda_1}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)}. \quad (2.36)$$

Підставляючи отримані значення довільних постійних C_1 і C_2 , тобто (2.35) і (2.36), у вираз (2.31), отримаємо остаточний розв'язок диференціального рівняння (2.15), що задовольняє початковим умовам (2.32):

$$\begin{aligned} L = & \left[-\frac{U \cos \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{U \lambda_2 \sin \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{K \lambda_2}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} \right] e^{\lambda_1 t} + \\ & + \left[\frac{U \cos \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{U \lambda_1 \sin \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{K \lambda_1}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} \right] e^{\lambda_2 t} - \\ & - \frac{U \sin(\gamma_o + \omega t)}{2\omega^2} - \frac{K}{\omega^2}. \end{aligned} \quad (2.37)$$

Вираз (2.37) визначає закон переміщення частинки добрив вздовж лопатки ТРОН, диск якого нахилений під кутом α до горизонтальної площини в межах сектора II.

Підставляючи вирази (2.35) і (2.36) у вираз (2.33), отримаємо закон зміни швидкості V_{BC} відносного переміщення частинки добрив вздовж лопатки в довільний момент часу t в межах сектора II:

$$\begin{aligned}
V_{BC} = \frac{dL}{dt} = & \left[-\frac{U \cos \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{U\lambda_2 \sin \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{K\lambda_2}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} \right] \lambda_1 e^{\lambda_1 t} + \\
& + \left[\frac{U \cos \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{U\lambda_1 \sin \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{K\lambda_1}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} \right] \lambda_2 e^{\lambda_2 t} - \\
& - \frac{U}{2\omega} \cos(\gamma_o + \omega t).
\end{aligned} \tag{2.38}$$

Для визначення часу t руху частинки добрива вздовж лопатки від точки її подачі (точка M) до точки її сходження з лопатки (точка B) необхідно у вираз (2.37) підставити замість L його значення $L = R - r_o$, яке визначає відстань між точками M і B , і розв'язати отримане рівняння щодо часу t . Підставивши отримане значення часу t у рівняння (2.38), отримаємо значення V_{BC}

відносної швидкості руху частинки добрива в момент її сходження з ТРОН.

Таким чином, маємо можливість визначити величину відносної швидкості V_{BC} частинки у момент сходження її з ТРОН, коли вона подається на поверхню диска в межах сектора II (GOC).

Розглянемо далі випадок, коли частинка добрива подається на ТРОН в межах сектора I (GOE).

Диференціальне рівняння руху в цьому разі матиме вигляд:

$$\begin{aligned}
\frac{d^2 L}{dt^2} = & \omega^2 r_o + \omega^2 L - g \sin \alpha \cdot \cos \varepsilon - 2f_f \omega \frac{dL}{dt} - \\
& - f_f g \cos \alpha - f_f \cdot g \sin \alpha \cdot \sin \varepsilon,
\end{aligned} \tag{2.39}$$

або, враховуючи, що в секторі I $\varepsilon = \gamma_o + \omega t$, отримуємо диференціальне рівняння у такому вигляді:

$$\begin{aligned}
\frac{d^2 L}{dt^2} = & \omega^2 r_o + \omega^2 L - g \sin \alpha \cdot \cos(\gamma_o + \omega t) - 2f_f \omega \frac{dL}{dt} - \\
& - f_f g \cos \alpha - f_f \cdot g \sin \alpha \cdot \sin(\gamma_o + \omega t),
\end{aligned} \tag{2.40}$$

або:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 L}{dt^2} + 2f_f \omega \frac{dL}{dt} - \omega^2 L = (\omega^2 r_o - f_f g \cos \alpha) - \\ - g \sin \alpha \cdot \cos(\gamma_o + \omega t) - f_f \cdot g \sin \alpha \cdot \sin(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.41)$$

Враховуючи вираз (2.20), дане рівняння набуває наступного вигляду:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 L}{dt^2} + 2f_f \omega \frac{dL}{dt} - \omega^2 L = K - U \cos(\gamma_o + \omega t) - \\ - f_f \cdot U \cdot \sin(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.42)$$

Оскільки ліві частини рівнянь (2.15) і (2.42) однакові, то загальний розв'язок однорідного диференціального рівняння (без правої частини) має вигляд (2.19). Частинний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння, враховуючи вигляд правої частини рівняння (2.42), також шукаємо у вигляді (2.22). Тоді вирази (2.23) і (2.24) залишаються актуальними. Підставивши вирази (2.22), (2.23) і (2.24) у рівняння (2.42), отримаємо:

$$\begin{aligned} -\omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t) + \\ + 2f_f \omega [\omega W \cos(\gamma_o + \omega t) - \omega Z \sin(\gamma_o + \omega t)] - \\ - \omega^2 [W \sin(\gamma_o + \omega t) + Z \cos(\gamma_o + \omega t) + I] = \\ = K - U \cos(\gamma_o + \omega t) - f_f \cdot U \cdot \sin(\gamma_o + \omega t), \end{aligned} \quad (2.43)$$

або:

$$\begin{aligned} -2\omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - 2\omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t) + \\ + 2f_f \omega^2 W \cos(\gamma_o + \omega t) - 2f_f \omega^2 Z \sin(\gamma_o + \omega t) - \\ - \omega^2 I = K - U \cos(\gamma_o + \omega t) - f_f \cdot U \sin(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.44)$$

Прирівняємо коефіцієнти при однакових функціях у лівій і правій частинах виразу (2.44). Отримаємо наступну систему лінійних алгебраїчних

рівнянь щодо невідомих W , Z і I :

$$\left. \begin{aligned} -2\omega^2 W - 2f_f \omega^2 Z &= -f_f \cdot U, \\ -2\omega^2 Z + 2f_f \omega^2 W &= -U, \\ -\omega^2 I &= K. \end{aligned} \right\} \quad (2.45)$$

З системи рівнянь (2.45) визначимо шукані коефіцієнти W , Z і I :

$$\begin{aligned}
 W &= 0, \\
 Z &= \frac{U}{2\omega^2}, \\
 I &= -\frac{K}{\omega^2}.
 \end{aligned}
 \tag{2.46}$$

Використовуючи значення отриманих коефіцієнтів (2.46), після їх підстановки в (2.22) отримаємо такий частинний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння:

$$L^* = \frac{U}{2\omega^2} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \tag{2.47}$$

Тоді загальний розв'язок рівняння (2.42) матиме вигляд:

$$L = \bar{L} + L^* = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + \frac{U}{2\omega^2} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \tag{2.48}$$

Довільні постійні C_1 і C_2 знаходимо з вищевказаних початкових умов (2.32). Для цього продиференціюємо по t вираз (2.48):

$$\frac{dL}{dt} = \lambda_1 C_1 e^{\lambda_1 t} + \lambda_2 C_2 e^{\lambda_2 t} - \frac{U}{2\omega} \sin(\gamma_o + \omega t). \tag{2.49}$$

Використовуючи вищезазначені початкові умови (2.32), отримаємо наступну систему алгебраїчних рівнянь щодо невідомих C_1 і C_2 :

$$\left. \begin{aligned}
 C_1 + C_2 + \frac{U}{2\omega^2} \cos \gamma_o - \frac{K}{\omega^2} &= 0, \\
 \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 - \frac{U}{2\omega} \sin \gamma_o &= 0.
 \end{aligned} \right\} \tag{2.50}$$

Після елементарних перетворень знаходимо C_1 і C_2 :

$$C_1 = \frac{\Delta_{C_1}}{\Delta} = -\frac{U \sin \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{U \lambda_2 \cos \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{K \lambda_2}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)}, \tag{2.51}$$

$$C_2 = \frac{\Delta_{C_2}}{\Delta} = \frac{U \sin \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{U \lambda_1 \cos \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{K \lambda_1}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)}. \tag{2.52}$$

Підставляючи отримані значення довільних постійних C_1 і C_2 , тобто (2.51) і (2.52), у вираз (2.48), отримаємо остаточний розв'язок диференціального рівняння (2.42), що задовольняє початковим умовам (2.32):

$$\begin{aligned}
 L = & \left[-\frac{U \sin \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{U \lambda_2 \cos \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{K \lambda_2}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} \right] e^{\lambda_1 t} + \\
 & + \left[\frac{U \sin \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{U \lambda_1 \cos \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{K \lambda_1}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} \right] e^{\lambda_2 t} + \\
 & + \frac{U}{2\omega^2} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}.
 \end{aligned} \tag{2.53}$$

Вираз (2.53) визначає закон переміщення частинки добрив уздовж лопатки ТРОН в межах сектора I.

Підставляючи отримані значення довільних постійних за рівняннями (2.51) і (2.52) у вираз (2.49), отримаємо закон зміни швидкості V_{BC} відносного переміщення частинки добрив уздовж лопатки в довільний момент часу t в межах сектора I:

$$\begin{aligned}
 V_{BC} = \frac{dL}{dt} = & \left[-\frac{U \sin \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{U \lambda_2 \cos \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{K \lambda_2}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} \right] \lambda_1 e^{\lambda_1 t} + \\
 & + \left[\frac{U \sin \gamma_o}{2\omega(\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{U \lambda_1 \cos \gamma_o}{2\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{K \lambda_1}{\omega^2(\lambda_2 - \lambda_1)} \right] \lambda_2 e^{\lambda_2 t} - \\
 & - \frac{U}{2\omega} \sin(\gamma_o + \omega t).
 \end{aligned} \tag{2.54}$$

Час сходження частинки добрив з лопаток ТРОН і відносну швидкість V_{BC} у момент сходження визначаємо аналогічно попередньому випадку.

Вивчимо далі рух частинки добрив вздовж лопатки в межах сектора III (COD).

Диференціальне рівняння руху в цьому випадку має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{d^2L}{dt^2} = \omega^2 r_o + \omega^2 L + g \sin \alpha \cdot \cos \varepsilon - 2f_f \omega \frac{dL}{dt} - \\ - f_f g \cos \alpha - f_f \cdot g \sin \alpha \cdot \sin \varepsilon, \end{aligned} \quad (2.55)$$

або, враховуючи, що в секторі III $\varepsilon = \gamma_o + \omega t$, отримуємо диференціальне рівняння наступного виду:

$$\begin{aligned} \frac{d^2L}{dt^2} = \omega^2 r_o + \omega^2 L + g \sin \alpha \cdot \cos(\gamma_o + \omega t) - 2f_f \omega \frac{dL}{dt} - \\ - f_f g \cos \alpha - f_f \cdot g \sin \alpha \cdot \sin(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.56)$$

З огляду на вираз (2.20), дане рівняння набуває такого вигляду:

$$\begin{aligned} \frac{d^2L}{dt^2} + 2f_f \omega \frac{dL}{dt} - \omega^2 L = K + U \cos(\gamma_o + \omega t) - \\ - f_f \cdot U \cdot \sin(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.57)$$

Оскільки ліва частина рівняння (2.57) така ж, як і в попередніх випадках, то загальний розв'язок однорідного диференціального рівняння визначається за виразом (2.19).

Частинний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння, враховуючи вигляд правої частини рівняння (2.57), також шукаємо у вигляді (2.22).

Тоді й вирази (2.23) і (2.24) також можемо використати.

Підставивши вирази (2.22), (2.23) і (2.24) у рівняння (2.57), отримуємо:

$$\begin{aligned} -\omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t) + \\ + 2f_f \omega [\omega W \cos(\gamma_o + \omega t) - \omega Z \sin(\gamma_o + \omega t)] - \\ - \omega^2 [W \sin(\gamma_o + \omega t) + Z \cos(\gamma_o + \omega t) + I] = \\ = K + U \cos(\gamma_o + \omega t) - f_f \cdot U \cdot \sin(\gamma_o + \omega t), \end{aligned}$$

або:

$$\begin{aligned} -2\omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - 2\omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t) + \\ + 2f_f \omega^2 W \cos(\gamma_o + \omega t) - 2f_f \omega^2 Z \sin(\gamma_o + \omega t) - \\ - \omega^2 I = K + U \cos(\gamma_o + \omega t) - f_f \cdot U \sin(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.58)$$

Прирівняємо коефіцієнти при однакових функціях у лівій і правій частинах виразу (2.58). Отримаємо наступну систему лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} -2\omega^2 W - 2f_f \omega^2 Z &= -f_f \cdot U, \\ -2\omega^2 Z + 2f_f \omega^2 W &= U, \\ -\omega^2 I &= K. \end{aligned} \right\} \quad (2.59)$$

Розв'яжемо систему рівнянь (2.59) щодо невідомих W , Z і I . З першого рівняння системи (2.59) знаходимо:

$$2\omega^2 W = -2f_f \omega^2 Z + f_f \cdot U.$$

Підставляємо отримане значення в друге рівняння системи (2.59), після елементарних перетворень отримаємо:

$$-2\omega^2 Z(1 + f_f^2) = U(1 - f_f^2).$$

У результаті отримаємо:

$$Z = -\frac{U(1 - f_f^2)}{2\omega^2(1 + f_f^2)}. \quad (2.60)$$

Значення Z (вираз (2.60)) підставляємо в перше рівняння системи (2.59):

$$-2\omega^2 W - 2f_f \omega^2 \left[-\frac{U(1 - f_f^2)}{2\omega^2(1 + f_f^2)} \right] = -f_f \cdot U.$$

Після елементарних перетворень остаточно отримаємо:

$$W = \frac{f_f U}{\omega^2(1 + f_f^2)}. \quad (2.61)$$

З третього рівняння системи (2.59) знаходимо невідоме I :

$$I = -\frac{K}{\omega^2} \quad (2.62)$$

Таким чином, розв'язок системи (2.59) має вигляд:

$$W = \frac{f_f U}{\omega^2(1 + f_f^2)},$$

$$Z = -\frac{U(1-f_f^2)}{2\omega^2(1+f_f^2)}, \quad (2.63)$$

$$I = -\frac{K}{\omega^2}.$$

Підставляючи вираз (2.63) у вираз (2.22), отримаємо наступний частинний розв'язок неоднорідного рівняння:

$$L^* = \frac{f_f U}{\omega^2(1+f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t) - \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega^2(1+f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (2.64)$$

Тоді загальний розв'язок рівняння (2.57) матиме вигляд:

$$L = \bar{L} + L^* = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + \frac{f_f U}{\omega^2(1+f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t) - \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega^2(1+f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (2.65)$$

Визначимо довільні постійні C_1 і C_2 з тих самих початкових умов (2.32).

Для цього продиференціюємо по t вираз (2.65):

$$\begin{aligned} \frac{dL}{dt} = \lambda_1 C_1 e^{\lambda_1 t} + \lambda_2 C_2 e^{\lambda_2 t} + \frac{f_f U}{\omega(1+f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) + \\ + \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega(1+f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.66)$$

Використовуючи вищезазначені початкові умови (2.32), отримаємо наступну систему алгебраїчних рівнянь щодо невідомих C_1 і C_2 :

$$\left. \begin{aligned} C_1 + C_2 + \frac{f_f U}{\omega^2(1+f_f^2)} \sin \gamma_o - \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega^2(1+f_f^2)} \cos \gamma_o - \frac{K}{\omega^2} = 0, \\ \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 + \frac{f_f U}{\omega(1+f_f^2)} \cos \gamma_o + \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega(1+f_f^2)} \sin \gamma_o = 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.67)$$

Після елементарних перетворень знаходимо C_1 і C_2 :

$$C_1 = \frac{\Delta_{C_1}}{\Delta} = -\frac{f_f U \lambda_2 \sin \gamma_o}{\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{(1 - f_f^2) U \lambda_2 \cos \gamma_o}{2\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} +$$

$$+ \frac{K \lambda_2}{\omega^2 (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{f_f U \cos \gamma_o}{\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{(1 - f_f^2) U \sin \gamma_o}{2\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)}, \quad (2.68)$$

$$C_2 = \frac{\Delta_{C_2}}{\Delta} = -\frac{f_f U \cos \gamma_o}{\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{(1 - f_f^2) U \sin \gamma_o}{2\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} +$$

$$+ \frac{f_f U \lambda_1 \sin \gamma_o}{\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{(1 - f_f^2) U \lambda_1 \cos \gamma_o}{2\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{K \lambda_1}{\omega^2 (\lambda_2 - \lambda_1)}. \quad (2.69)$$

Підставляючи вирази (2.68) і (2.69) у вираз (2.65), отримаємо загальний розв'язок диференціального рівняння (2.57) в аналітичному вигляді, що задовольняє початковим умовам (2.32):

$$L = \bar{L} + L^* = \left[-\frac{f_f U \lambda_2 \sin \gamma_o}{\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{(1 - f_f^2) U \lambda_2 \cos \gamma_o}{2\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \right.$$

$$\left. + \frac{K \lambda_2}{\omega^2 (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{f_f U \cos \gamma_o}{\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{(1 - f_f^2) U \sin \gamma_o}{2\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} \right] e^{\lambda_1 t} +$$

$$+ \left[-\frac{f_f U \cos \gamma_o}{\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{(1 - f_f^2) U \sin \gamma_o}{2\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{f_f U \lambda_1 \sin \gamma_o}{\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} - \right.$$

$$\left. - \frac{(1 - f_f^2) U \lambda_1 \cos \gamma_o}{2\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{K \lambda_1}{\omega^2 (\lambda_2 - \lambda_1)} \right] e^{\lambda_2 t} + \frac{f_f U}{\omega^2 (1 + f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t) -$$

$$- \frac{(1 - f_f^2) U}{2\omega^2 (1 + f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (2.70)$$

Підставляючи вирази (2.68) і (2.69) у вираз (2.66), отримаємо закон зміни швидкості V_{BC} відносного переміщення частинки добрив уздовж лопатки в довільний момент часу t у межах сектора III:

$$\begin{aligned}
V_{BC} = \frac{dL}{dt} = & \left[-\frac{f_f U \lambda_2 \sin \gamma_o}{\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{(1 - f_f^2) U \lambda_2 \cos \gamma_o}{2\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \right. \\
& + \frac{K \lambda_2}{\omega^2 (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{f_f U \cos \gamma_o}{\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \left. \frac{(1 - f_f^2) U \sin \gamma_o}{2\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} \right] \lambda_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + \\
& + \left[-\frac{f_f U \cos \gamma_o}{\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} - \frac{(1 - f_f^2) U \sin \gamma_o}{2\omega (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} + \frac{f_f U \lambda_1 \sin \gamma_o}{\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} - \right. \\
& - \frac{(1 - f_f^2) U \lambda_1 \cos \gamma_o}{2\omega^2 (1 + f_f^2) (\lambda_2 - \lambda_1)} - \left. \frac{K \lambda_1}{\omega^2 (\lambda_2 - \lambda_1)} \right] \lambda_2 \cdot e^{\lambda_2 t} + \frac{f_f U}{\omega (1 + f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) + \\
& + \frac{(1 - f_f^2) U}{2\omega (1 + f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t). \quad (2.71)
\end{aligned}$$

Час t сходження частинки добрив з ТРОН і відносну швидкість V_{BC} в момент сходження з ТРОН визначаємо аналогічно як це було зроблено вище.

Далі знайдемо рівняння переміщення частинки добрив в разі, коли добрива надходять на ТРОН в межах сектора IV (EOD).

Диференціальне рівняння руху частинки добрив в межах сектора IV має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
\frac{d^2 L}{dt^2} = & \omega^2 r_o + \omega^2 \cdot L - g \sin \alpha \cdot \cos \varepsilon - 2 f_f \cdot \omega \frac{dL}{dt} - \\
& - f_f \cdot g \cos \alpha - f_f \cdot g \sin \alpha \cdot \sin \varepsilon, \quad (2.72)
\end{aligned}$$

або, враховуючи, що в секторі IV $\varepsilon = \frac{\pi}{2} - (\gamma_o + \omega t)$ отримаємо

диференціальне рівняння такого вигляду:

$$\begin{aligned}
\frac{d^2 L}{dt^2} = & \omega^2 r_o + \omega^2 L - g \sin \alpha \cdot \sin(\gamma_o + \omega t) - 2 f_f \omega \frac{dL}{dt} - \\
& - f_f g \cos \alpha - f_f \cdot g \sin \alpha \cdot \cos(\gamma_o + \omega t), \quad (2.73)
\end{aligned}$$

або:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 L}{dt^2} + 2f_f \omega \frac{dL}{dt} - \omega^2 L = & (\omega^2 r_o - f_f g \cos \alpha) - \\ & - g \sin \alpha \cdot \sin(\gamma_o + \omega t) - f_f \cdot g \sin \alpha \cdot \cos(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.74)$$

З огляду на вираз (2.20) диференціальне рівняння (2.74) можемо записати в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 L}{dt^2} + 2f_f \cdot \omega \frac{dL}{dt} - \omega^2 \cdot L = & K - U \sin(\gamma_o + \omega t) - \\ & - f_f \cdot U \cdot \cos(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.75)$$

Оскільки ліва частина диференціального рівняння (2.75) така ж, як і в попередніх випадках, то загальний розв'язок однорідного диференціального рівняння визначається згідно виразу (2.19).

Частинний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння, враховуючи вигляд правої частини рівняння (2.75), шукаємо у вигляді (2.22).

Підставивши вирази (2.22), (2.23) і (2.24) у рівняння (2.75), матимемо:

$$\begin{aligned} & -\omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t) + \\ & + 2f_f \omega [\omega W \cos(\gamma_o + \omega t) - \omega Z \sin(\gamma_o + \omega t)] - \\ & - \omega^2 [W \sin(\gamma_o + \omega t) + Z \cos(\gamma_o + \omega t) + I] = \\ & = K - U \sin(\gamma_o + \omega t) - f_f \cdot U \cdot \cos(\gamma_o + \omega t), \end{aligned}$$

або:

$$\begin{aligned} & -2\omega^2 W \sin(\gamma_o + \omega t) - 2\omega^2 Z \cos(\gamma_o + \omega t) + \\ & + 2f_f \omega^2 W \cos(\gamma_o + \omega t) - 2f_f \omega^2 Z \sin(\gamma_o + \omega t) - \\ & - \omega^2 I = K - U \sin(\gamma_o + \omega t) - f_f \cdot U \cos(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.76)$$

Прирівнюючи коефіцієнти при однакових функціях в лівій і правій частинах виразу (2.76), отримаємо наступну систему лінійних алгебраїчних рівнянь щодо невідомих W , Z і I :

$$\left. \begin{aligned} -2\omega^2 W - 2f_f \omega^2 Z &= -U, \\ -2\omega^2 Z + 2f_f \omega^2 W &= -f_f \cdot U, \\ -\omega^2 I &= K. \end{aligned} \right\} \quad (2.77)$$

Розв'яжемо систему рівнянь (2.77).

З першого рівняння системи (2.77) знаходимо:

$$2\omega^2 W = U - 2f_f \omega^2 Z.$$

Підставляємо отримане значення в друге рівняння системи (2.77), отримаємо:

$$\begin{aligned} -2\omega^2 Z + f_f(U - 2f_f \omega^2 Z) &= -f_f U, \\ -2\omega^2 Z + f_f U - 2f_f^2 \omega^2 Z &= -f_f U, \\ -2\omega^2 Z(1 + f_f^2) &= -2f_f U. \end{aligned}$$

У результаті маємо остаточно:

$$Z = \frac{f_f U}{\omega^2(1 + f_f^2)} \quad (2.78)$$

Вираз (2.78) підставляємо в перше рівняння системи (2.77):

$$-2\omega^2 \cdot W - 2f_f \cdot \omega^2 \frac{f_f \cdot U}{\omega^2(1 + f_f^2)} = -U.$$

Після елементарних перетворень остаточно отримаємо:

$$W = \frac{(1 - f_f^2)U}{2\omega^2(1 + f_f^2)}. \quad (2.79)$$

З третього рівняння системи (2.77) знаходимо невідоме I :

$$I = -\frac{K}{\omega^2} \quad (2.80)$$

Таким чином, розв'язок системи (2.59) має вигляд:

$$W = \frac{(1 - f_f^2)U}{2\omega^2(1 + f_f^2)},$$

$$Z = \frac{f_f U}{\omega^2(1+f_f^2)}, \quad (2.81)$$

$$I = -\frac{K}{\omega^2}$$

Підставляючи вираз (2.81) у рівняння (2.22), отримаємо частинний розв'язок неоднорідного рівняння:

$$L^* = \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega^2(1+f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t) + \frac{f_f U}{\omega^2(1+f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (2.82)$$

Тоді загальний розв'язок рівняння (2.75) матиме наступний вигляд:

$$L = \bar{L} + L^* = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega^2(1+f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t) + \frac{f_f U}{\omega^2(1+f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (2.83)$$

Визначимо далі довільні сталі C_1 і C_2 з вище вказаних початкових умов (2.32).

Для цього продиференціюємо по t вираз (2.83):

$$\begin{aligned} \frac{dL}{dt} = & \lambda_1 C_1 e^{\lambda_1 t} + \lambda_2 C_2 e^{\lambda_2 t} + \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega(1+f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) - \\ & - \frac{f_f U}{\omega(1+f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t). \end{aligned} \quad (2.84)$$

Використовуючи вищезазначені початкові умови (2.32), отримуємо наступну систему алгебраїчних рівнянь щодо невідомих C_1 і C_2 :

$$\left. \begin{aligned} C_1 + C_2 + \frac{(1-f_f^2)U \sin \gamma_o}{2\omega^2(1+f_f^2)} + \frac{f_f U \cos \gamma_o}{\omega^2(1+f_f^2)} - \frac{K}{\omega^2} &= 0, \\ \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 + \frac{(1-f_f^2)U \cos \gamma_o}{2\omega(1+f_f^2)} - \frac{f_f U \sin \gamma_o}{\omega(1+f_f^2)} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.85)$$

Після елементарних перетворень знаходимо C_1 і C_2 :

$$C_1 = \frac{\Delta_{C_1}}{\Delta} = -\frac{(1-f_f^2)U\lambda_2 \sin \gamma_o}{2\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \frac{f_f U \lambda_2 \cos \gamma_o}{\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} +$$

$$+ \frac{K\lambda_2}{\omega^2(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{(1-f_f^2)U \cos \gamma_o}{2\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \frac{f_f U \sin \gamma_o}{\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)}, \quad (2.86)$$

$$C_2 = \frac{\Delta_{C_2}}{\Delta} = -\frac{(1-f_f^2)U \cos \gamma_o}{2\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{f_f U \sin \gamma_o}{\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} +$$

$$+ \frac{(1-f_f^2)U\lambda_1 \sin \gamma_o}{2\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{f_f U \lambda_1 \cos \gamma_o}{\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \frac{K\lambda_1}{\omega^2(\lambda_2-\lambda_1)}. \quad (2.87)$$

Підставляючи вирази (2.86) і (2.87) у вираз (2.83), отримаємо загальний розв'язок диференціального рівняння (2.75) в аналітичному вигляді, що задовольняє початковим умовам (2.32):

$$L(t) = \left[-\frac{(1-f_f^2)U\lambda_2 \sin \gamma_o}{2\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \frac{f_f U \lambda_2 \cos \gamma_o}{\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \right.$$

$$\left. + \frac{K\lambda_2}{\omega^2(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{(1-f_f^2)U \cos \gamma_o}{2\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \frac{f_f U \sin \gamma_o}{\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} \right] e^{\lambda_1 t} +$$

$$+ \left[-\frac{(1-f_f^2)U \cos \gamma_o}{2\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{f_f U \sin \gamma_o}{\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \right.$$

$$\left. + \frac{(1-f_f^2)U\lambda_1 \sin \gamma_o}{2\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{f_f U \lambda_1 \cos \gamma_o}{\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \frac{K\lambda_1}{\omega^2(\lambda_2-\lambda_1)} \right] e^{\lambda_2 t} +$$

$$+ \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega^2(1+f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t) + \frac{f_f U}{\omega^2(1+f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (2.88)$$

Вираз (2.88) визначає закон переміщення частинки добрив вздовж лопатки ТРОН в межах сектора IV.

Підставляючи вирази (2.86) і (2.87) у рівняння (2.84), отримаємо закон зміни швидкості V_{BC} відносного переміщення частинки добрив вздовж лопатки в довільний момент часу t в межах сектора IV:

$$\begin{aligned}
V_{BC} = \frac{dL}{dt} = & \left[-\frac{(1-f_f^2)U\lambda_2 \sin \gamma_o}{2\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \frac{f_f U \lambda_2 \cos \gamma_o}{\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \right. \\
& + \frac{K\lambda_2}{\omega^2(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{(1-f_f^2)U \cos \gamma_o}{2\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \left. \frac{f_f U \sin \gamma_o}{\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} \right] \lambda_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + \\
& + \left[-\frac{(1-f_f^2)U \cos \gamma_o}{2\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{f_f U \sin \gamma_o}{\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \right. \\
& + \frac{(1-f_f^2)U\lambda_1 \sin \gamma_o}{2\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{f_f U \lambda_1 \cos \gamma_o}{\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \left. \frac{K\lambda_1}{\omega^2(\lambda_2-\lambda_1)} \right] \lambda_2 \cdot e^{\lambda_2 t} + \\
& + \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega(1+f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{f_f U}{\omega(1+f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t).
\end{aligned} \tag{2.89}$$

Час t сходження частинки добрив з ТРОН і відносна швидкість V_{BC} в момент сходження визначаємо як і в попередніх випадках.

Для всіх вищерозглянутих чотирьох секторів ТРОН аналітично знайдені вирази для визначення відносної швидкості руху частинки добрив вздовж лопатки у довільний момент часу t , в тому числі і з кінця лопатки в залежності від конструктивних і кінематичних параметрів ТРОН. На підставі отриманих виразів за допомогою ПК можуть бути отримані значення відносної швидкості V_{BC} сходження частинки добрив з кінця лопатки з врахуванням параметрів, що входять у згадані вирази. У подальшому отримане значення швидкості V_{BC} буде використано для визначення абсолютної швидкості V_a сходження частинок добрив з лопатки з урахуванням її переносної швидкості V_{NC} . Вирішення даного завдання представлено в наступному параграфі.

2.2 Комп'ютерний аналіз розгону частинки мінеральних добрив тукорозсівним робочим органом

Отримані в попередньому параграфі рівняння (2.1) – (2.89) руху частинки мінеральних добрив по лопатці ТРОН складають основу

математичного забезпечення розробленої комп'ютерної моделі. За допомогою цієї моделі проведемо комплекс обчислювальних експериментів на ПК дослідження наступних траєкторно-кінематичних властивостей: довжина пройденого шляху $L(t)$ частинки до моменту її сходження з ТРОН; кут повороту диска до моменту сходження частинки ωt ; відносна швидкість руху частинки по лопатці $V_{BC} = \frac{dL(t)}{dt}$. При цьому вихідними умовами приймаємо наступні конструктивно-кінематичні параметри ТРОН: кут α нахилу диска до горизонтальної площини: $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$; кутова швидкість ω ТРОН: $30 \text{ с}^{-1}, 60, 90$ та 120 с^{-1} ; відстань від місця подачі частинки добрив до осі обертання ТРОН (радіус r_0 подачі добрив): $0,1 \text{ м}, 0,2, 0,3$ та $0,399 \text{ м}$; радіус R ТРОН: $0,2 \text{ м}, 0,3, 0,4, 0,5 \text{ м}$; коефіцієнт зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив f_f : $0,1, 0,3, 0,5$ та $0,7$; номер сектора k подачі частинки: $1, 2, 3, 4$.

2.2.1 Аналіз відносного руху частинки мінеральних добрив по лопатці тукорозсівного робочого органа

Спочатку дослідимо рух частинки мінеральних добрив, яка надійшла на лопатки ТРОН у його другому секторі $k = 2$ за кута повороту лопатки $\gamma_0 = 15^\circ$. З використанням отриманих математичних моделей розгону частинки добрив була розроблена комп'ютерна програма, з використанням якої та на підставі числових розв'язків на ПК отримано графічні залежності, що описують вплив параметрів та режимів роботи ТРОН і фізико-механічних властивостей частинки мінеральних добрив на показники її розгону.

Встановлено, що відстань $0,3 \text{ м}$ (рис. 2.3) вздовж лопатки ТРОН частинки мінеральних добрив за зміни кутової швидкості диска в межах $30\text{-}120 \text{ с}^{-1}$ долають за різний час. Тобто, кутова швидкість суттєво впливає на час розгону частинок мінеральних добрив ТРОН. Причому зазначений час зменшується за збільшення кутової швидкості диска.

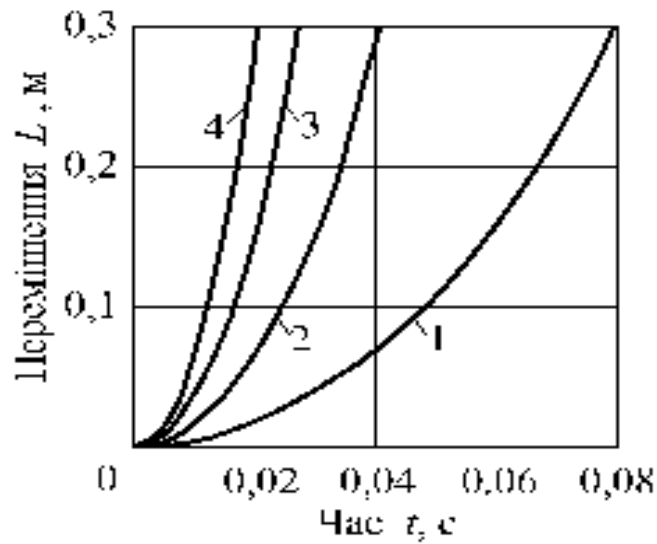


Рис. 2.3. Залежність переміщення L частинки добрив по лопатці ТРОН від часу t та кутової швидкості ω його диска за $f_f = 0,3$, $\alpha = 30^\circ$ та $r_0 = 0,1$ м:

1, 2, 3, 4 – кутова швидкість ω відповідно 30 с^{-1} , 60 , 90 , 120 с^{-1}

Аналізуючи рис. 2.4, нескладно прийти до висновку, що час розгону частинки добрив ТРОН змінюються в залежності від її коефіцієнта зовнішнього тертя.

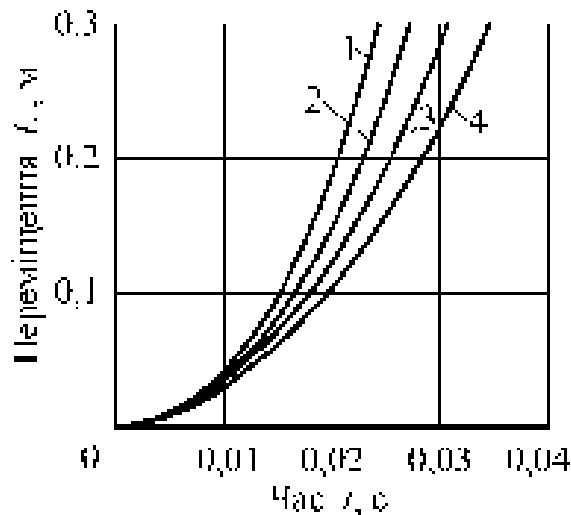


Рис. 2.4. Залежність переміщення L частинки добрив по лопатці ТРОН від часу t та коефіцієнта f_f її зовнішнього тертя за $\omega = 90 \text{ с}^{-1}$, $\alpha = 30^\circ$ та

$r_0 = 0,1$ м: 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт f_f зовнішнього тертя частинки мінеральних

добрив відповідно $0,1$, $0,3$, $0,5$, $0,7$

Отже, різні види мінеральних добрив у залежності від їх коефіцієнта зовнішнього тертя будуть мати різний час їх розгону, а саме: збільшення зазначеного коефіцієнта призводить до збільшення часу розгону добрив ТРОН.

Збільшення радіуса подачі добрив на лопатки ТРОН, тобто наближення зони живлення до периферійних кінців лопаток, призводить до зменшення часу розгону частинки добрив (рис. 2.5).

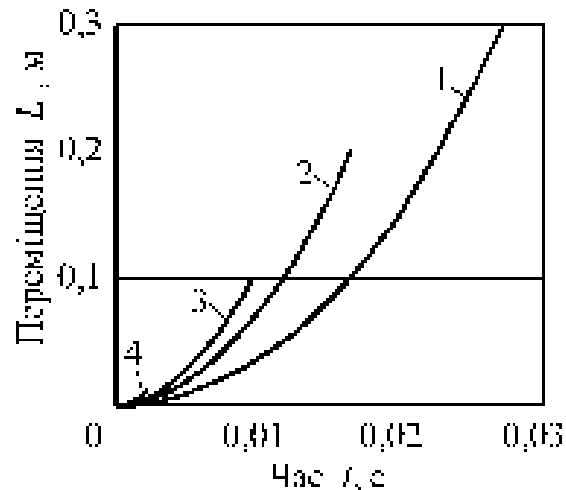


Рис. 2.5. Залежність переміщення L частинки добрив по лопатці ТРОН від часу t та радіуса r_0 її подачі за $f_f = 0,3$, $\omega = 90 \text{ с}^{-1}$ та $\alpha = 30^\circ$: 1, 2, 3, 4 - радіус r_0 подачі частинки добрив на ТРОН відповідно 0,1 м, 0,2; 0,3 та 0,399 м

Зміна кута α нахилу диска до горизонтальної площини (рис. 2.6) не впливає на час руху t частинки до її сходження з лопатки. Таку закономірність можна пояснити тим, що на розгін частинки добрив домінуючим чином впливає відцентрова сила у порівнянні з силою тяжіння частинки добрива.

Важливою характеристикою руху частинки мінеральних добрив по лопатці ТРОН є її відносна швидкість $V_{BC} = \frac{dL(t)}{dt}$, яка впливає на значення абсолютної швидкості частинки в момент її сходження з лопаток. Так, рис. 2.7 підтверджує той очевидний факт, що збільшення кутової швидкості обертання диска призводить до зменшення часу розгону частинки добрив, тобто перебування її на лопатці, а, відповідно, це означає, що збільшення кутової

швидкості диска призводить до зростання відносної швидкості сходження частинки добрив.

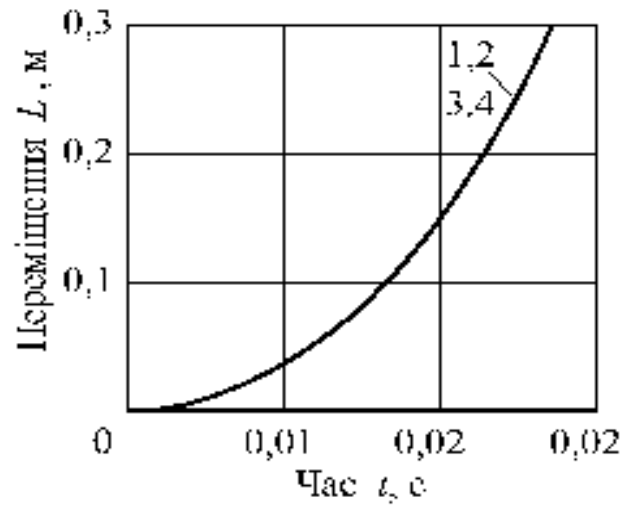


Рис. 2.6. Залежність переміщення L частинки добрив по лопатці від часу t та кута α нахилу його диска до горизонтальної площини за $f_f = 0,3$, $\omega = 90 \text{ с}^{-1}$ та $r_0 = 0,1$ м: 1, 2, 3, 4 – кут α відповідно 0° , 10° , 20° , 30° , 40°

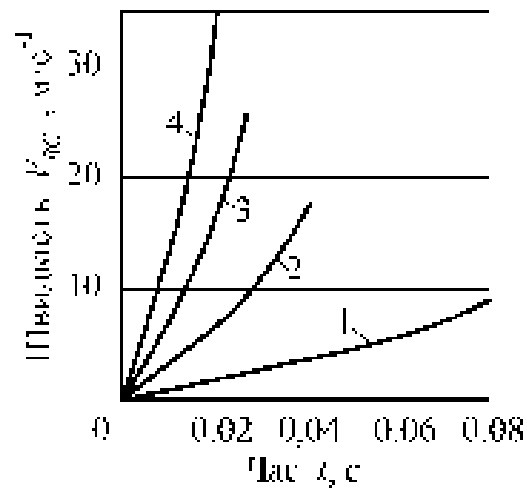


Рис. 2.7. Залежність відносної швидкості V_{BC} частинки добрив від часу t та кутової швидкості ω диска ТРОН за $f_f = 0,3$, $\alpha = 30^\circ$ та $r_0 = 0,1$ м:
1, 2, 3, 4 – кутова швидкість ω диска ТРОН відповідно 30 с^{-1} , 60 , 90 , 120 с^{-1}

За найбільшої кутової швидкості $\omega = 120 \text{ с}^{-1}$ диска матимемо найбільшу відносну швидкість $V_{BC} = 35 \text{ м/с}$ сходження частинки, яке відбудеться через

проміжок часу $t \approx 0,02$ с. Чим ближче до осі обертання здійснюється подача частинки на диск ТРОН, тим довше частинка добрив рухається по лопатці і тим більшу відносну швидкість сходження вона матиме.

Збільшення коефіцієнта зовнішнього тертя частинки добрив призводить до збільшення часу їх розгону по лопатці ТРОН та зменшення відносної швидкості сходження частинки з лопатки (рис.2.8).

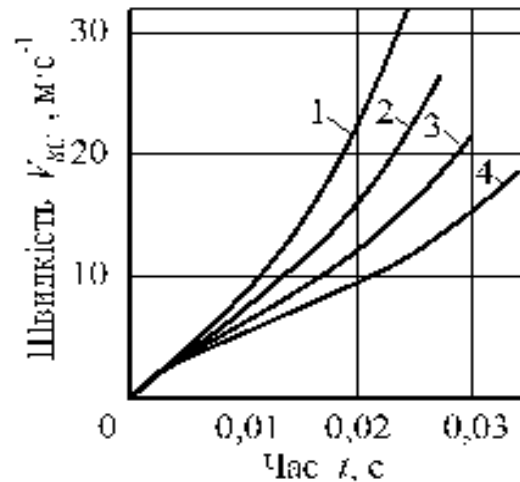


Рис. 2.8. Залежність відносної швидкості V_{BC} частинки добрив від часу t та коефіцієнта f_f її зовнішнього тертя за $\omega = 90 \text{ с}^{-1}$, $\alpha = 30^\circ$, $r_0 = 0,1$ м: 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт f_f зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив відповідно 0,1; 0,3; 0,5; 0,7

Наприклад, за збільшення коефіцієнта зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив від 0,1 до 0,7 відносна швидкість сходження частинки зменшиться від 32 м/с до 18 м/с, а час її перебування на лопатці збільшиться від $t \approx 0,023$ с до $t \approx 0,034$ с.

Суттєвий вплив на відносну швидкість сходження частинки добрив з лопатки ТРОН має радіус r_0 її подачі (рис. 2.9). Чим ближче зона живлення ТРОН до центра диска, тим частинка добрив має відносно більшу швидкість її сходження з лопатки. І навпаки: чим далі зона живлення від центра диска – тим частинка добрив має меншу відносну швидкість сходження з лопатки.

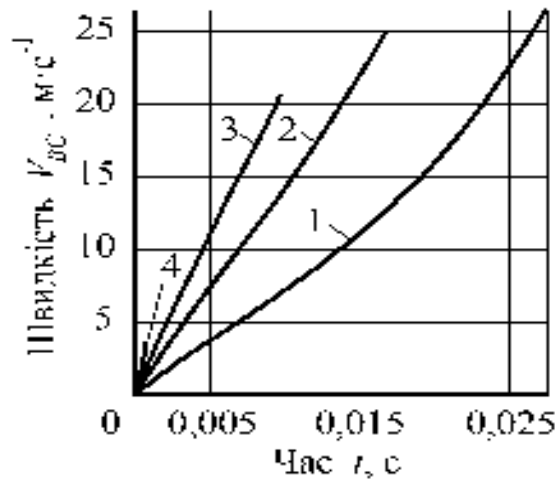


Рис. 2.9. Залежність відносної швидкості V_{BC} частинки добрив від часу t та радіуса r_0 її подачі за $f_f = 0,3$, $\omega = 90 \text{ c}^{-1}$ та $\alpha = 30^\circ$: 1, 2, 3, 4 – радіус r_0 подачі частинки добрив на диск ТРОН відповідно 0,1 м, 0,2; 0,3; 0,399 м

Кут нахилу α диска, який в процесі дослідження мав такі значення 10° , 20° , 30° , та 40° , не впливає на час розгону частинки добрив ТРОН, а також він не впливає на значення відносної швидкості сходження частинки з лопатки ТРОН (рис. 2.10).

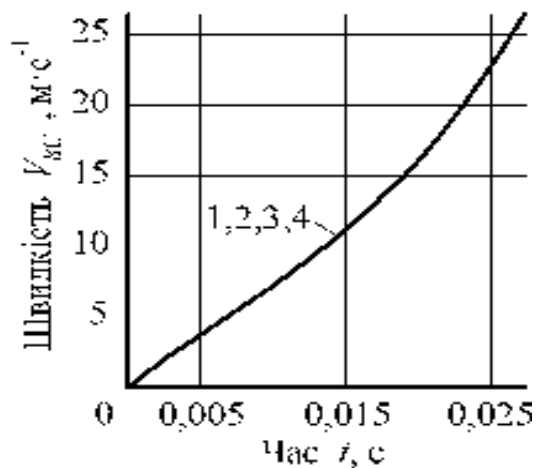


Рис. 2.10. Залежність відносної швидкості V_{BC} частинки добрив від часу t та кута α нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини за $f_f = 0,3$, $\omega = 90 \text{ c}^{-1}$ та $r_0 = 0,1$ м: 1, 2, 3, 4 – кут α нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини відповідно 0° , 10° , 20° , 30° , 40°

Графіки відносної швидкості частинки $V_{BC} = \frac{dL(t)}{dt}$ в момент її сходження з лопатки можна побудувати не тільки в залежності від часу t , але і від конструктивних параметрів та режимів роботи і фізико-механічних властивостей мінеральних добрив, що дозволяє більш детально оцінити вагомість їх впливу. Виходячи з рис. 2.11, можна стверджувати, що відносна швидкість руху частинки добрив по лопатці ТРОН збільшується за зростання кутової швидкості його диска і зменшується за зростання коефіцієнта зовнішнього тертя частинки добрив.

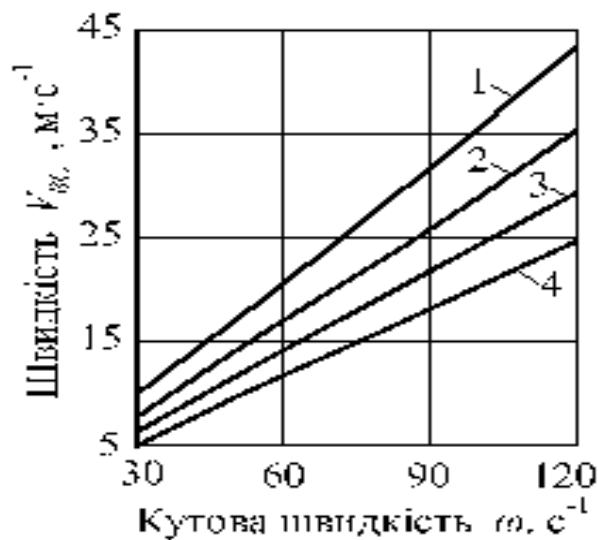


Рис. 2.11. Залежність відносної швидкості V_{BC} частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН від кутової швидкості його диска ω та коефіцієнта f_f зовнішнього тертя добрив за $\alpha = 30^\circ$ та $r_0 = 0,1$ м: 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт f_f зовнішнього тертя мінеральних добрив відповідно 0,1; 0,3; 0,5; 0,7

Відповідно, ці закономірності є характерними і для відносної швидкості сходження частинки добрив з лопатки ТРОН. При цьому найменшому коефіцієнту тертя ($f_f=0,1$) і найбільшій кутовій швидкості ($\omega = 120 \text{ с}^{-1}$) відповідає найбільша відносна швидкість сходження частинки з лопатки ТРОН, яка становить $V_{BC} = 42 \text{ м/с}$. Зростання кутової швидкості в межах

$30-120 \text{ c}^{-1}$ забезпечує більший приріст відносної швидкості сходження частинки з лопатки ТРОН ніж зміна коефіцієнта їх зовнішнього тертя в межах $0,1-0,7$.

Збільшення радіуса подачі частинки добрив (рис. 2.12) призводить до суттєвого зменшення відносної швидкості сходження частинки добрив з лопатки ТРОН. Причому ця закономірність є характерною для всіх досліджуваних значень коефіцієнта зовнішнього тертя добрив. Найбільш інтенсивно відбувається зменшення відносної швидкості сходження частинки з лопатки ТРОН за значень радіуса подачі частинки, які більші ніж $0,5 R$. Отже, конструкція ТРОН повинна виключати випадки подачі добрив на лопатки за радіуса подачі більшого ніж $0,5 R$. Відносна швидкість V_{BC} сходження частинки буде найменшою при її подачі на край лопаток ТРОН ($r_0 = 0,399 \text{ м}$) та найбільшому коефіцієнті зовнішнього тертя $f_f = 0,7$.

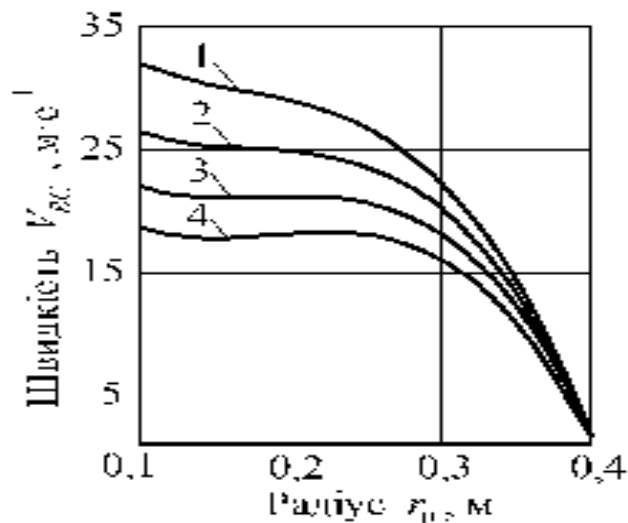


Рис. 2.12. Залежність відносної швидкості V_{BC} частинки добрив в момент її сходження з лопатки від радіуса r_0 подачі та коефіцієнта f_f зовнішнього тертя частинки добрив $\omega = 90 \text{ c}^{-1}$ та $\alpha = 30^\circ$: 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт f_f зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив відповідно

0,1; 0,3; 0,5; 0,7

Збільшення кутової швидкості ω диска ТРОН (рис. 2.13) в межах 30-120 с^{-1} за всіх досліджуваних значень радіусів подачі частинки добрив призводить до збільшення відносної швидкості сходження добрив з лопатки.

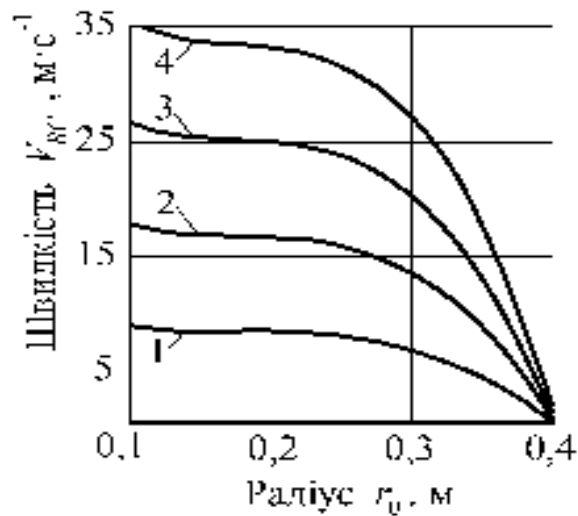


Рис. 2.13. Залежність відносної швидкості V_{BC} частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН від радіуса r_0 подачі та кутової швидкості ω диска ТРОН за $f_f = 0,3$ та $\alpha = 30^\circ$: 1, 2, 3, 4 – кутова швидкість ω диска ТРОН відповідно 30 с^{-1} , 60, 90, 120 с^{-1}

Збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини не викликає зміни відносної швидкості сходження частинки добрив з лопатки ТРОН (рис. 2.14) за всіх досліджуваних значень радіуса її подачі.

Аналізуючи рис. 2.15, нескладно прийти до висновку, що для всіх видів мінеральних добрив ($f_f = 0,1 - 0,7$) збільшення радіуса ТРОН призводить до зростання відносної швидкості сходження частинки добрив з лопатки. Однак, як вже було сказано у попередньому розділі, збільшення радіуса ТРОН має конструктивні обмеження. Адже за суттєвого збільшення радіуса R при створенні машин з двома тукорозсівними робочими органами виникає необхідність обладнання зазначених машин ще двома додатковими горизонтальними конвейєрами, на зовнішніх кінцях яких устанавлюють тукорозсівні робочі органи.

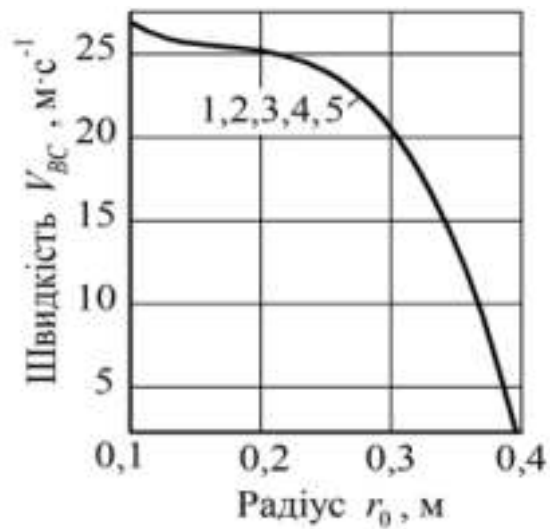


Рис. 2.14. Залежності відносної швидкості V_{BC} частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН від радіуса r_0 подачі та кута α нахилу диска до горизонтальної площини за $f_f=0,3$ та $\omega = 90 \text{ с}^{-1}$: 1, 2, 3, 4 – кут α нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини відповідно $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$

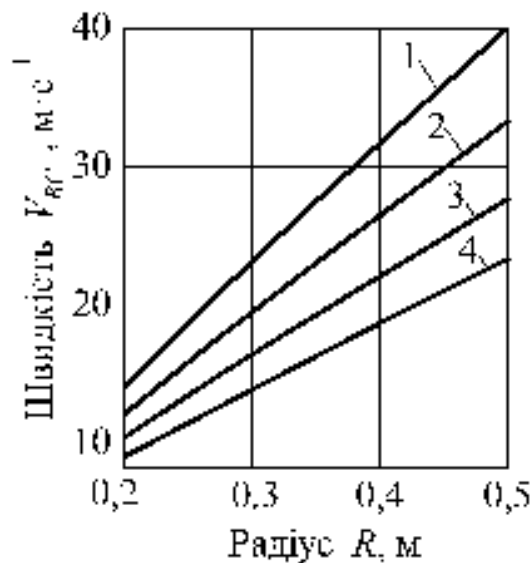


Рис. 2.15. Залежність відносної швидкості V_{BC} частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН від його радіуса R та коефіцієнта f_f

зовнішнього тертя частинки добрив за $\omega = 90 \text{ с}^{-1}$; $\alpha = 30^\circ$: 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт f_f зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив відповідно

0,1; 0,3; 0,5; 0,7

Зазначена конструкційна форма виконання машин з установкою тукорозсівних робочих органів на перефрійних кінцях додаткових гвинтових конвеєрів була опрацьована польськими машинобудівниками ще на початку 70-х років минулого століття, але і за названих недоліків не отримала практичного застосування.

2.2.2 Аналіз абсолютного руху частинки мінеральних добрив в тукорозсівному робочому органі

Величина абсолютної швидкості сходження частинки добрив з лопатки ТРОН залежить не тільки від її відносної швидкості руху по лопатці, але і переносної швидкості, яка визначається за формулою (2.2). Аналогічно до вище наведених графічних залежностей (рис. 2.11 – 2.15) відносної швидкості

$V_{BC} = \frac{dL(t)}{dt}$, наведемо графіки абсолютної швидкості V_{GO} сходження

частинки в залежності від параметрів ТРОН (рис. 2.16 – 2.20).

Збільшення кутової швидкості ω диска ТРОН (рис. 2.16) призводить до зростання абсолютної швидкості V_{GO} частинки добрива в момент її сходження з лопатки ТРОН для всіх видів мінеральних добрив ($f_f = 0,1-0,7$).

Можна стверджувати, що має місце однаковий характер зміни відносної V_{BC} (рис. 2.11) і абсолютної V_{GO} швидкостей сходження частинки добрив з лопатки ТРОН від кутової швидкості ω його диска.

Вплив коефіцієнта f_f зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив та радіуса її подачі r_0 на абсолютну швидкість V_{GO} (рис. 2.17) є близьким до аналогічного впливу на відносну швидкість V_{BC} (рис. 2.12). Найбільш інтенсивно відбувається зменшення абсолютної швидкості сходження частинки з лопатки за значень радіуса її подачі, які більші $0,5R$. Отже, конструкція ТРОН

повинна виключати випадки подачі добрив на ТРОН з радіусом подачі більшим ніж $0,5R$.

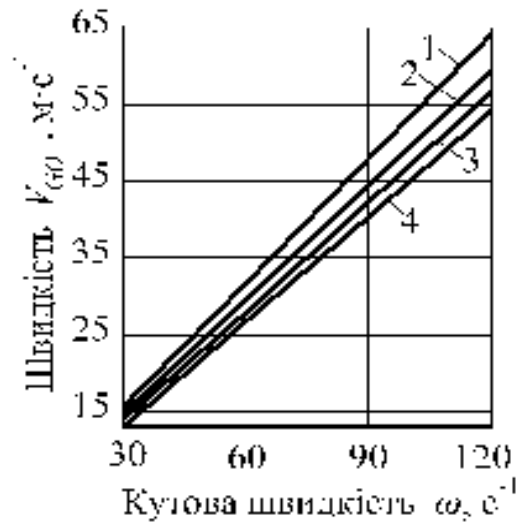


Рис. 2.16. Залежність абсолютної швидкості V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки від кутової швидкості ω диска та коефіцієнта f_f зовнішнього тертя частинки добрив за $\alpha = 30^\circ$ та $r_0 = 1$ м: 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт f_f зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив відповідно 0,1; 0,3; 0,5; 0,7

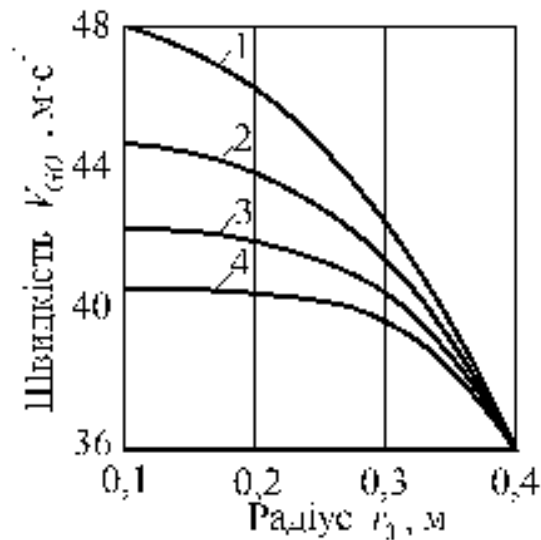


Рис. 2.17. Залежність абсолютної швидкості V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН від радіуса r_0 подачі та коефіцієнта f_f тертя частинки добрив за $\omega = 90$ s^{-1} та $\alpha = 30^\circ$: 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт тертя частинки добрив f_f відповідно 0,1; 0,3; 0,5; 0,7

Залежності абсолютної швидкості V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН від радіуса r_0 ТРОН та кутової швидкості ω його диска наведено на рис. 2.18. Більшому значенню кутової швидкості ω відповідає відносно більше значення абсолютної швидкості V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН за всіх досліджуваних значень радіуса подачі частинки добрив.

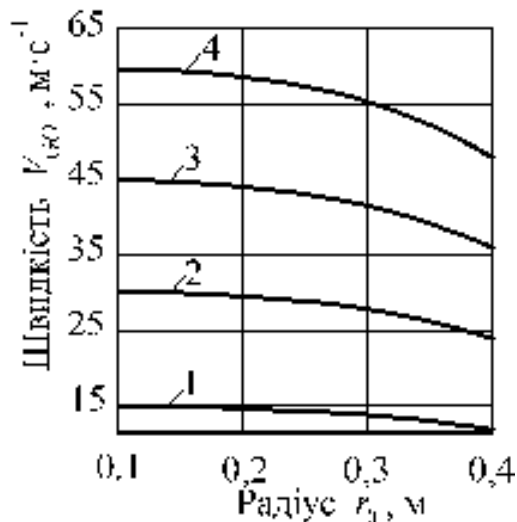


Рис. 2.18. Залежності абсолютної швидкості V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН від радіуса r_0 подачі та кутової швидкості ω диска ТРОН за $f_f=0,3$ та $\alpha = 30^\circ$: 1, 2, 3, 4 – кутова швидкість ω диска ТРОН відповідно 30 с^{-1} , 60 , 90 , 120 с^{-1}

Зміна кута α нахилу від 0° до 40° (рис. 2.19) практично не впливає на значення абсолютної швидкості V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки за всіх досліджуваних значень радіуса r_0 . Зазначене є позитивним для роботи ТРОН. Адже збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини не буде призводити до зменшення абсолютної швидкості V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки, але при цьому буде мати місце збільшення кута між вектором швидкості V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки та горизонталю.

Абсолютна швидкість V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки прямопропорційно залежить від радіуса R ТРОН (рис. 2.20) за всіх досліджуваних значень коефіцієнта зовнішнього тертя частинки добрив.

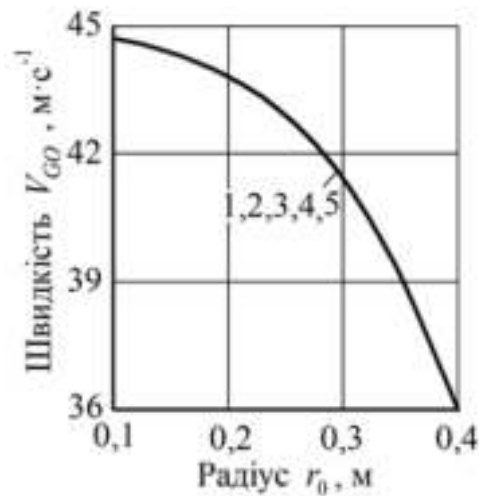


Рис. 2.19. Залежності абсолютної швидкості V_{GO} частинки добрив в момент її сходження з лопатки ТРОН від радіуса r_0 подачі та кута α нахилу диска до горизонтальної площини за $f_f = 0,3$ та $\omega = 90 \text{ с}^{-1}$: 1, 2, 3, 4, 5 – кут α нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини відповідно 0° , 10° , 20° , 30° , 40°

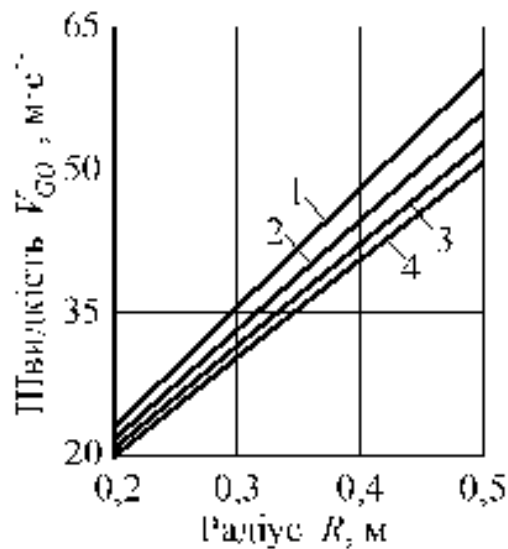


Рис. 2.20. Залежність абсолютної швидкості V_{GO} частинки в момент її сходження з лопатки ТРОН від його радіуса R та коефіцієнта f_f зовнішнього тертя частинки добрив за $\omega = 90 \text{ с}^{-1}$ та $\alpha = 30^\circ$: 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт f_f

зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив відповідно 0,1; 0,3; 0,5; 0,7

Абсолютна траєкторія руху частинки добрив по лопатці дозволяє більш ясніше унаочнити вплив на неї конструктивних параметрів та режимів роботи ТРОН. На рис. 2.21 побудовано абсолютні траєкторії руху частинки добрив по лопатці ТРОН за $\alpha = 30^\circ$, $r_0 = 0,1$ м, $\omega = 90$ с⁻¹ та $\gamma_0 = 15^\circ$.

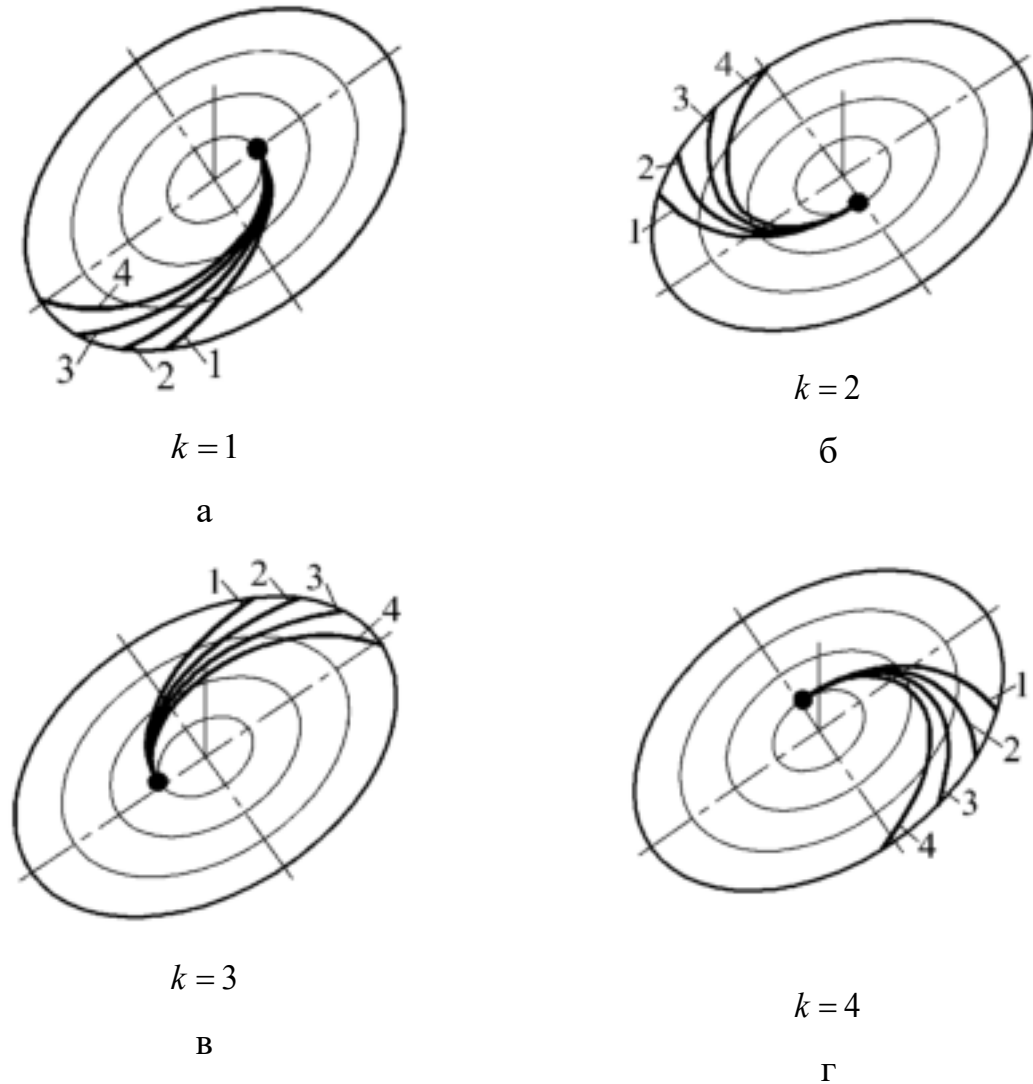


Рис. 2.21. Абсолютні траєкторії руху частинки добрив по лопатці ТРОН до її сходження в залежності від сектора подачі k та коефіцієнта f_f зовнішнього тертя частинки добрив: а, б, в, г - сектор подачі k частинки добрив відповідно 1, 2, 3, 4 – коефіцієнт f_f зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив відповідно 0,1; 0,3; 0,5 0,7

З рис. 2.21 видно, що чим більший коефіцієнт f_f зовнішнього тертя частинки, тим більший час її розгону. Зійде вона з лопатки при повороті диска ТРОН на кут (кут розгону) близький до 180° . Це означає, що при цих вихідних умовах потрібно унеможливити варіант подачі частинки в першому секторі тому, що всі вони будуть направлені донизу. Сходження добрив з лопаток ТРОН у необхідному для розсівання напрямку забезпечується за подачі добрив в межах другого сектора його диска.

Напрямок сходження частинки з лопатки ТРОН суттєво залежить і від радіуса її подачі. На рис. 2.22 наведено траєкторії руху частинки, поданої на лопатку ТРОН на початку 2-го сектору.

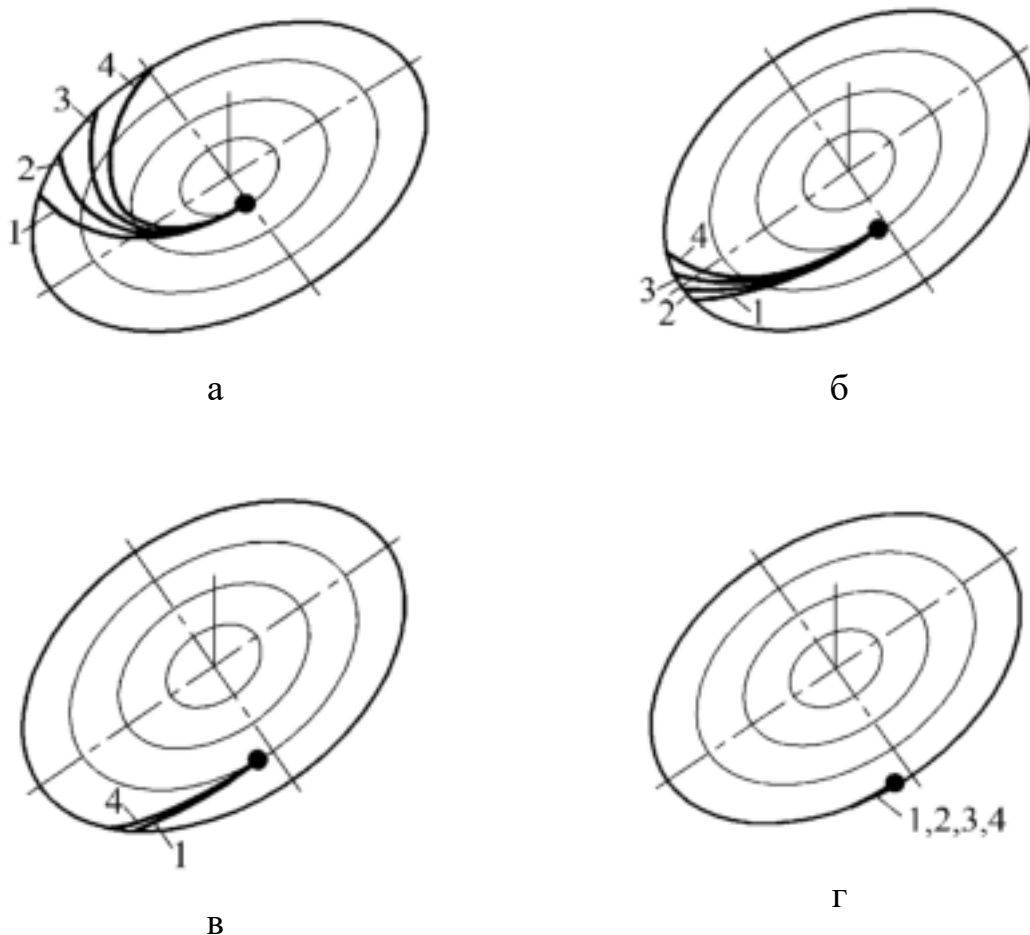


Рис. 2.22. Абсолютні траєкторії руху частинки добрив по лопатці ТРОН до її сходження в залежності від радіуса r_0 подачі та коефіцієнта f_f зовнішнього тертя частинки добрив: а, б, в, г – радіус r_0 подачі добрив відповідно 0,1 м,

0,2, 0,3, 0,399 м; 1, 2, 3, 4 - коефіцієнт f_f зовнішнього тертя частинки

мінеральних добрив відповідно 0,1; 0,3; 0,5 0,7

Дослідження проводили за різних радіусів r_0 (0,1 м; 0,2; 0,3; 0,399 м) та за $\alpha = 30^\circ$, $\omega = 90 \text{ с}^{-1}$ і $\gamma_0 = 15^\circ$. Частинка, подана на відстані $r_0 = 0,2-0,3$ м від осі обертання ТРОН, теж направлена донизу в момент сходження з його лопатки. При цьому вплив коефіцієнта f_f зовнішнього тертя частинки добрив на розподіл траєкторій руху незначний.

На рис. 2.23 наведено траєкторії руху частинок, які подані на початку 2-го сектору, за: кутової швидкості ТРОН $\omega = 30 \text{ с}^{-1}$ та 120 с^{-1} .

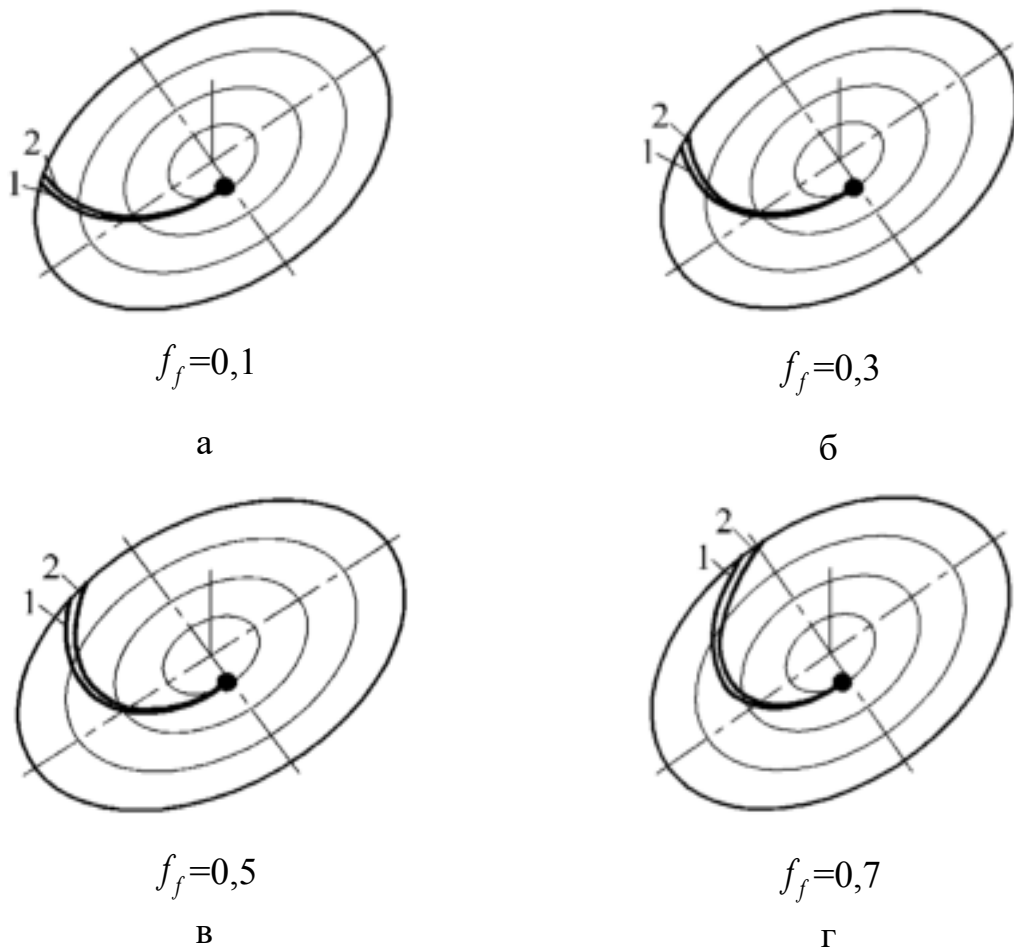


Рис. 2.23. Абсолютні траєкторії руху частинок мінеральних добрив по лопатці ТРОН до їх сходження в залежності від коефіцієнта f_f зовнішнього тертя частинки добрив та кутової швидкості ω диска ТРОН: а, б, в, г –

коефіцієнт зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив f_f відповідно 0,1, 0,3, 0,5, 0,7; 1, 2 – кутова швидкість ω диска відповідно 30 і 120 с^{-1}

В процесі досліджень коефіцієнт f_f зовнішнього тертя добрив мав значення 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, кут нахилу диска $\alpha = 30^\circ$ і радіус подачі $r_0 = 0,1$ м. Абсолютні траєкторії руху частинки до її сходження з ТРОН практично не залежать від його кутової швидкості ω , тобто вони мають однаковий кут розгону. При цьому коефіцієнт f_f зовнішнього тертя добрив впливає на розподіл траєкторій руху частинок за однакової кутової швидкості ω .

Отже, у машинах, обладнаних ТРОН, при регулюванні частоти обертання диска немає необхідності корегувати місцезнаходження зони живлення ТРОН, а при переході на внесення добрив з іншим коефіцієнтом зовнішнього тертя необхідно здійснювати корегування місцезнаходження зони живлення ТРОН. Також було встановлено, що на значення кута розгону мінеральних добрив ТРОН практично не впливає номер сектора диска ТРОН, в якому здійснюється його живлення, за зміни кутової швидкості диска від 30 до 120 с^{-1} , коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив від 0,1 до 0,7 та радіуса подачі добрив на диск ТРОН від 0,1 до 0,4 м.

2.2.3 Дослідження дальності розсівання мінеральних добрив тукорозсівним робочим органом

З використанням відомої методики і програмного забезпечення [6] теоретичним шляхом було досліджено вплив кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини на дальність розсівання мінеральних добрив. Дослідження проводили стосовно аміачної селітри як добрива, форма гранул якого найбільше наближена до кулеподібної. Швидкісні характеристики гранул добрива в момент їх сходження з лопаток ТРОН визначали з використанням отриманих математичних залежностей, які наведені у п. 2.1.

За результатами досліджень встановлено (рис. 2.24), що за збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 0° до 10° зростає дальність розсівання гранул всіх фракцій аміачної селітри. При цьому зростання зазначеної дальності залежить від діаметра гранул, наприклад, дальність розсівання гранул діаметром 1 мм збільшилась на 6,25 %, 2 мм – на 55,56, 3 мм – на 72,73, 4 мм – на 91,67, 5 мм – на 112,0 %. Тобто, зі збільшенням діаметра гранул добрив збільшується інтенсивність зростання дальності їх розсівання.

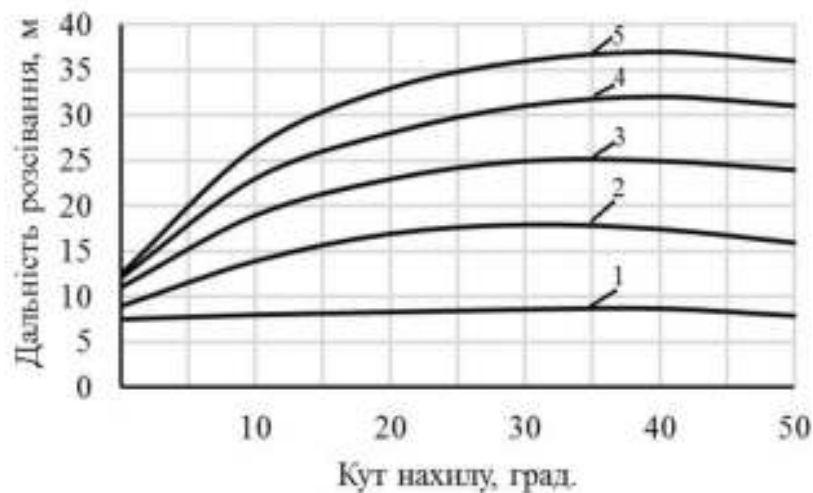


Рис. 2.24. Залежність дальності розсівання гранул селітри аміачної ТРОН від кута нахилу його диска до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4, 5 – діаметр гранул селітри аміачної відповідно 1 мм, 2, 3, 4, 5 мм

Аналогічна залежність має місце за збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 10° до 20° . Дальність розсівання гранул діаметром 1 мм зросла на 3,75 %, 2 мм – на 19,43, 3 мм – на 21,33, 4 мм – на 22,74, 5 мм – на 24,52 %. Збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 20° до 30° як і збільшення його від 30° до 40° теж призводить до зростання дальності розсівання гранул, але інтенсивність названого зростання зменшується по мірі збільшення кута. Тобто, за збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини зростання

дальності розсівання частинок добрива було не суттєвим, а за кутів більших 40° дальність розсівання всіх фракцій гранул аміачної селітри зменшується.

Отже, збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини призводить до зростання дальності розсівання гранул всіх фракцій мінеральних добрив. Найбільш чутливими до зміни кута нахилу диска до горизонтальної площини є фракції з відносно більшим діаметром. Збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 0° до 10° призводить до найбільш інтенсивного зростання дальності розсівання гранул всіх фракцій добрива. За наступного збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини теж має місце зростання дальності розсівання гранул добрива, але інтенсивність його зростання зменшується по мірі збільшення кута нахилу диска, а за кутів більших 40° дальність розсівання всіх фракцій гранул аміачної селітри зменшується.

Базуючись на отриманих результатах, нескладно прийти до висновку, що збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини призводить до зростання дальності розсівання мінеральних добрив. Раціональні значення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини знаходяться у межах 20° - 30° .

Враховуючи незначний вплив кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини на дальність розсівання гранул, діаметр яких 1 мм, можна зробити висновок: застосування ТРОН на машинах для внесення хімічних меліорантів не буде забезпечувати суттєвого збільшення робочої ширини захвату.

Висновки за розділом

1. Розроблено математичні моделі (2.37, 2.53, 2.70, 2.88), які описують закономірності розгону частинки мінеральних добрив лопатками ТРОН з урахуванням параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивості мінеральних добрив та кожного з чотирьох секторів диска ТРОН, в який може здійснюватись подача мінеральних добрив на диск. На основі

зазначених моделей отримано залежності для визначення поточного значення відносної швидкості руху частинки добрив уздовж лопаток ТРОН і її значення в момент сходження добрив з лопаток (2.38, 2.54, 2.71, 2.89).

2. З використанням отриманих залежностей встановлено, що однакову відстань вздовж лопатки ТРОН частинки мінеральних добрив за зміни кутової швидкості диска в межах $30-120 \text{ с}^{-1}$ та коефіцієнта їх зовнішнього тертя – в межах $0,1-0,7$ долають за різний час. Причому зазначений час зменшується за збільшення кутової швидкості диска, радіуса подачі добрив на ТРОН та зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив.

3. Відносна швидкість сходження частинки мінеральних добрив з лопатки ТРОН не залежить від номера сектора, в якому здійснюється його живлення, і збільшується за зростання кутової швидкості диска та зменшення як радіуса подачі, так і зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя добрив.

4. Найбільший вплив на відносну швидкість сходження частинки добрив з лопатки ТРОН мають кутова швидкість диска та радіус подачі. За коефіцієнта зовнішнього тертя добрив $0,3$, радіуса подачі $0,1 \text{ м}$, кута нахилу диска до горизонтальної площини 30° та кутової швидкості диска 30 с^{-1} , 60 , 90 і 120 с^{-1} відносна швидкість сходження частинки добрив з лопатки ТРОН відповідно становить $9,0 \text{ м/с}$, $17,5$, $26,5$ та $35,0 \text{ м/с}$. В той же час за кутової швидкості диска 90 с^{-1} та за названих параметрів ТРОН і радіуса подачі добрив $0,1 \text{ м}$, $0,2$ та $0,3 \text{ м}$ відносна швидкість сходження частинки добрив з лопатки ТРОН відповідно становить $26,5 \text{ м/с}$, $25,0$ та $20,0 \text{ м/с}$. Раціональні значення радіуса подачі добрив не перевищують $0,5$ радіуса ТРОН.

5. Зміна кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини в межах $0^\circ-40^\circ$ не впливає як на час розгону частинок добрив ТРОН, так і на значення відносної і абсолютної швидкостей сходження частинки добрив з лопатки, а тільки призводить до зміни кута між вектором абсолютної швидкості сходження частинки добрив з ТРОН і горизонтальною площиною.

6. Кут розгону частинки добрив ТРОН не залежить від кутової швидкості диска та номера сектора, в межах якого здійснюється подача добрив

на нього, але зменшується за збільшення радіуса подачі добрив на ТРОН та зростає за збільшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив.

7. У машинах для внесення мінеральних добрив, які обладнані ТРОН, при необхідності зміни частоти обертання його диска немає необхідності корегувати місцезнаходження зони живлення ТРОН, але при переході на внесення іншого виду мінерального добрива, коефіцієнт зовнішнього тертя якого відрізняється від коефіцієнта зовнішнього тертя мінерального добрива, яке вносили до цього, таке регулювання є обов'язковим.

8. Подачу добрив на ТРОН доцільно здійснювати в другому секторі його диска.

9. Раціональні значення кута нахиу диска ТРОН до горизонтальної площини знаходяться у межах 20° - 30° .

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Завдання експериментальних досліджень

У результаті проведених теоретичних досліджень процесу внесення мінеральних добрив машинами, обладнаними ТРОН, було обґрунтовано конструктивну схему запропонованого робочого органа, його параметри та режими роботи, що повинно підвищити робочу ширину захвату і продуктивність внесення мінеральних добрив.

У зв'язку з тим, що при проведенні теоретичних досліджень неможливо врахувати всі фактори, які впливають на протікання робочого процесу ТРОН, а отже, і зробити висновок про забезпечення необхідних показників ефективності процесу розсівання добрив запропонованим робочим органом, має місце потреба у проведенні експериментальних досліджень.

Основним завданням експериментальних досліджень є перевірка адекватності отриманих теоретичних залежностей і основних висновків щодо реального процесу розгону добрив та їх розсівання.

Окрім того, необхідно в процесі експериментальних досліджень визначити вплив конструктивних параметрів і режимів роботи ТРОН на показники характеру та нерівномірності розподілу мінеральних добрив на поверхні ґрунту.

3.2 Програма експериментальних досліджень

Виходячи із завдань досліджень, а також вимог стандарту [41] була розроблена програма експериментальних досліджень, яка передбачала:

– розроблення лабораторної установки для проведення експериментальних досліджень;

- підтвердження експериментальним шляхом основних залежностей, отриманих в результаті теоретичних досліджень;
- встановлення залежностей впливу конструктивних параметрів і режимів роботи ТРОН на показники його роботи;
- дослідження характеру і нерівномірності розподілу мінеральних добрив ТРОН.

3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей мінеральних добрив

При проведенні експериментальних досліджень процесу внесення мінеральних добрив ТРОН використовувалися найбільш поширені в сільському господарстві добрива: суперфосфат гранульований, нітроаммофоска та селітра аміачна.

Загальновідомо, що на показники ефективності внесення мінеральних добрив на поверхню ґрунту істотно впливають їх фізико-механічні властивості [38, 39, 40, 41]. В умовах сільського господарства фізико-механічні властивості мінеральних добрив, які поставляють різні заводи-виробники, часто варіюють в певних межах. У зв'язку з цим виникла необхідність провести експериментальні дослідження з метою уточнення значень показників фізико-механічних властивостей мінеральних добрив, які використовувались в процесі експериментальних досліджень.

На основі результатів аналізу відомих досліджень нескладно зробити висновок, що основними фізико-механічними властивостями названих видів мінеральних добрив, які впливають на роботу ТРОН і які необхідно визначити перед початком проведення досліджень, є: вологість, об'ємна маса, гранулометричний склад та коефіцієнт зовнішнього тертя по сталі [41].

Величину вологості добрив визначали за стандартною методикою, яка передбачає зважування добрив у трьох б'юксах, подальше їх сушіння в сушильній шафі за температури $100 \pm 5^\circ\text{C}$ до постійної маси та наступне

зважування сухих добрив [38]. Відносну вологість добрив визначали як співвідношення у відсотках між масою випаруваної вологи до початкової маси наважки добрив.

Об'ємну масу добрива визначали як співвідношення об'єму і маси порції добрива шляхом послідовного зважування зазначеної порції і визначення її об'єму.

Гранулометричний склад добрива визначали у відповідності до вимог ГОСТ 21560.1–82 з використанням набору сит з діаметром d отворів від 0,25 мм до 10,0 мм [40]. Для цього порцію добрива насипали на верхнє сито класифікатора, в якому частинки добрива послідовно поділялися на розмірні фракції.

Значення коефіцієнта тертя добрива по сталі визначали за стандартною методикою [39, 41] із використанням установки типу похилої площини. Похила площина, на якій була закріплена сталевая пластина, встановлювалась під незначним кутом до горизонту. Після цього на поверхню сталевий пластини насипали порцію добрива. При повільному підніманні похилої площини, за допомогою транспортира, що був встановлений збоку цієї площини, фіксували кут початку ковзання добрив по поверхні сталевий пластини. Тангенс отриманого кута і був величиною коефіцієнта тертя.

3.4 Експериментальна установка та машина для внесення мінеральних добрив і вапна, обладнана тукорозсівними робочими органами

Експериментальна установка для досліджень з розсівання мінеральних добрив ТРОН була спроектована і виготовлена у пересувному варіанті виконання (рис. 3.1).

Конструкція експериментальної установки (рис. 3.2) включала основну раму 14, яка була встановлена на двох колесах 15 та опорній лапі.

Шарнірно на основній рамі була закріплена рукоять 1, з використанням якої, за необхідності, здійснювали переміщення експериментальної установки

на колесах 15 до місця проведення дослідів на майданчику. Зверху на основній рамі були встановлені електродвигун 2, ланцюговий варіатор 4 та редуктор 10.



Рис. 3.1. Загальний вигляд експериментальної установки (для наочності поворотна рама і бункер зняті)

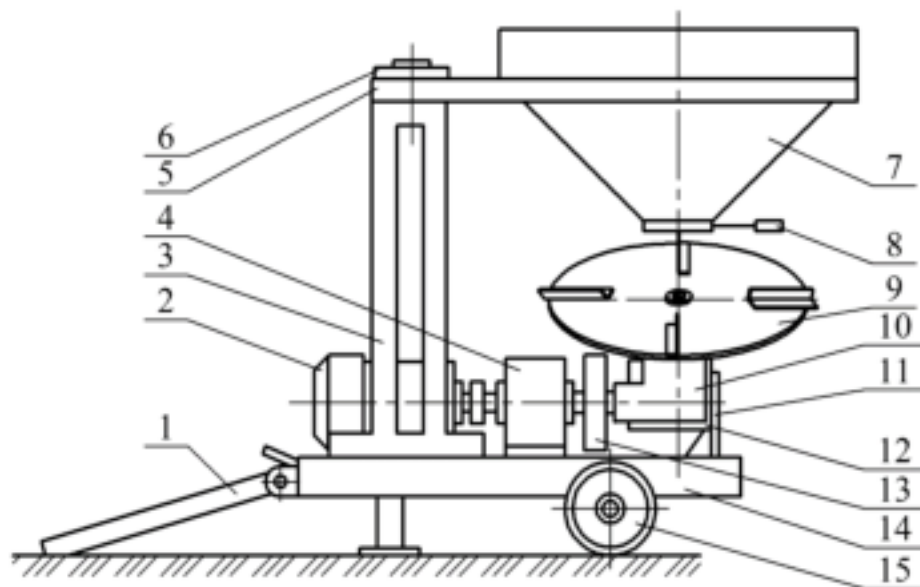


Рис. 3.2. Схема експериментальної установки:

- 1 – рукоять; 2 – електродвигун; 3, 5 – відповідно рухома та поворотна рами;
 4 – ланцюговий варіатор; 6 – шарнір повороту рами; 7 – бункер;
 8 – заслінка; 9 – ТРОН; 10 – конічний редуктор; 11, 12 – кронштейни;
 13 – обгінна муфта; 14 – основна рама; 15 – опорне колесо

Вони мали між собою кінематичний зв'язок через з'єднувальну та обгінну 13 муфти. Конічний редуктор 10 був закріплений на рамі через кронштейни 11 і 12, які мали пази для кріплення, що забезпечували можливість регулювання кута нахилу вихідного вала редуктора до горизонтальної площини. На вихідному валу конічного редуктора був установлений ТРОН 9, який включав плоский диск, на верхній його поверхні радіально були закріплені чотири жолобчасті лопатки. Зовнішні кінці лопаток виступали за межі диска. На основній рамі 14 з можливістю поздовжнього регульованого переміщення була установлена рухома рама 3.

На рухомій рамі 3 з можливістю повороту у горизонтальній площині була установлена поворотна рама 5, на якій установлювали бункер 7. В днищі бункера 7 було виконано висівний отвір, обладнаний заслінкою 8, яка слугувала для регульованої зміни площі живого перерізу зазначеного отвору.

Конструкція привода ТРОН передбачала можливість як зміни частоти обертання його диска, так і можливість регулювання кута нахилу диска до горизонтальної площини.

Процес роботи експериментальної установки був таким. Крутний момент з електродвигуна 2 через з'єднувальну муфту передавався на вхідний вал ланцюгового варіатора 4, який змінював частоту обертання, його вихідний вал приводив в обертальний рух через обгінну муфту 13 вхідний вал конічного редуктора 10. В результаті цього приводився в обертальний рух вихідний вал конічного редуктора, на якому був установлений ТРОН 9. Добрива із бункера 7 через живий переріз висівного отвору під дією гравітаційної сили в дозованій кількості висівались і поступали на ТРОН, де захоплювались лопатками, які були в обертальному русі. Надійшовши на лопатки, добрива розганялись, рухаючись під дією відцентрової сили уздовж лопаток у напрямку від центра диска до їх периферійних кінців. Досягши периферійних кінців лопаток, добрива сходили з них і завдяки отриманому запасу кінетичної енергії здійснювали рух у повітряному середовищі за певною траєкторією у напрямку від ТРОН до поверхні майданчика.

Машину для внесення мінеральних добрив, яка була обладнана двома дослідними зразками ТРОН використовували для проведення лабораторно-польових досліджень з визначення показників якості внесення мінеральних добрив, діапазонів зміни доз їх внесення та робочої ширини захвату машини, обладнаної ТРОН. Загальний вигляд машини наведено на рис. 3.3.

Машина агрегувалась з трактором тягового класу 3. Конструкція машини включала ходову систему, виконану у вигляді візка типу “тандем”, на якому був установлений кузов, що слугував технологічною місткістю для оперативного запасу мінеральних добрив. До передньої частини кузова приварене дишло, через яке машина агрегувалась з трактором. В нижній частині кузова по всій його довжині установлений живильник прутково-пластинчастого типу таким чином, що його робочий контур охоплює днище кузова. В задній стінці кузова виконане випускне вікно, яке обладнане заслінкою для регулювання висоти випускної щілини. Верхня гілка живильника проходить через випускну щілину. Під вивантажувальним кінцем живильника на рамі кузова закріплені два тукоспрямовувачі. Нижче тукоспрямовувачів розташовані диски двох ТРОН (рис. 3.4), останні теж закріплені на рамі кузова. Обидва ТРОН кінематично з'єднані з валом відбору потужності трактора, а живильник – з ходовим колесом машини.

Управління вмиканням і вимиканням приводу живильника здійснюється дистанційно трактористом з використанням гідравлічної системи трактора.

Робота машини, обладнаної ТРОН, відбувається наступним чином. В процесі руху агрегата обертаються колеса ходової системи машини, в тому числі і колесо, яке кінематично з'єднане із живильником. Таким чином приводиться в рух замкнутий контур живильника, верхня гілка якого захоплює добриво і виносить його у вигляді шару певної висоти з кузова через випускну щілину.

З живильника добриво надходить на тукоспрямовувачі, які ділять його на два рівних потоки, а також звужують і направляють у зони живлення ТРОН.



Рис. 3.3. Загальний вигляд машини для внесення мінеральних добрив і вапна, обладнаної двома ТРОН

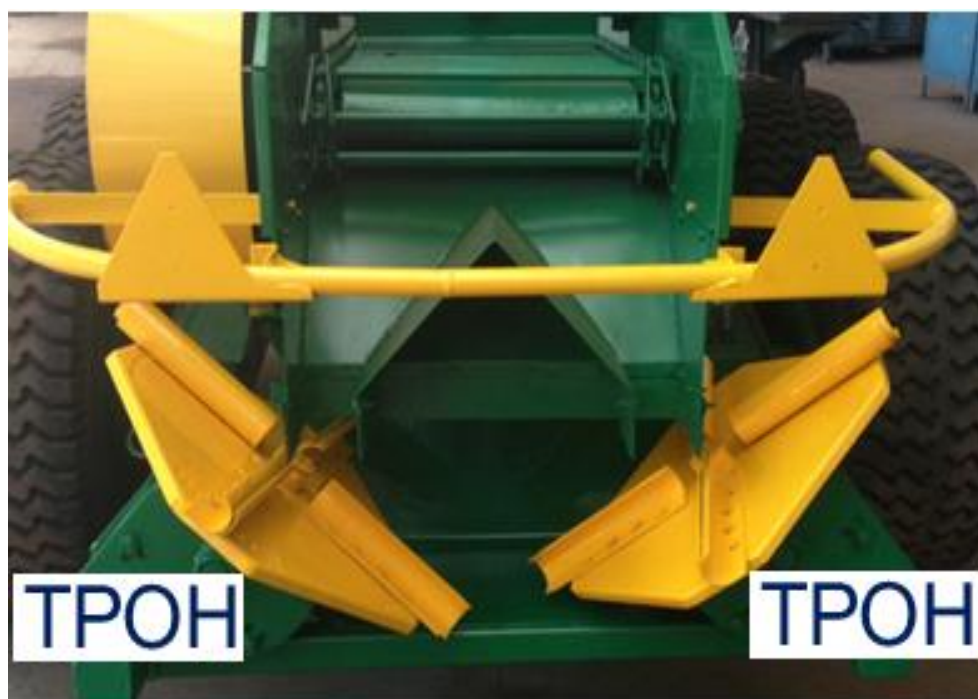


Рис. 3.4. Загальний вигляд ТРОН

Добриво, яке зійшло з тукоспрямувачів, захоплюється лопатками дисків ТРОН, які здійснюють обертальний рух. Завдяки дії відцентрової сили гранули добрива розганяються, рухаючись уздовж лопаток у напрямку від

центра диска ТРОН до периферійних кінців лопаток. Досягши кінців лопаток, добриво сходить з ТРОН. Наявність двох ТРОН забезпечує утворення двох віял розсівання, кожне з яких утворює сектор з центральним кутом 90° . За рахунок отриманого запасу кінетичної енергії і дії сили гравітації гранули добрива рухаються в повітряному середовищі у напрямку від ТРОН до поверхні ґрунту у межах сектора, центральний кут якого близький 180° . Попавши на поверхню ґрунту, гранули добрива утворюють суцільне екранне його покриття.

3.5 Методика експериментальних досліджень характеру і нерівномірності розсівання мінеральних добрив

У процесі експериментальних досліджень використовували основні положення ГОСТ 20315–75 «Сельскохозяйственная техника. Методика определения условий испытаний», ГОСТ 28714–2007. «Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний».

Лабораторні дослідження проводили за таких значень основних режимів роботи експериментальної установки і конструктивних параметрів ТРОН:

- частота обертання диска ТРОН: 600 об/хв, 800 та 1000 об/хв;
- кут нахилу диска до горизонтальної площини: 0° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° ;
- діаметр диска – 650 мм;
- радіус подачі добрив – 150 мм.

Перед початком експериментальних досліджень виконували таку підготовчу роботу. Повертаючи кронштейн 12 (рис. 3.2) відносно кронштейна 11, установлювали необхідний кут нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини. Переміщуючи рухому раму 3 вздовж основної рами 14 і повертаючи поворотну раму 5 разом з бункером в горизонтальній площині на певний кут, виставляли висівний отвір таким чином, щоб він був розташований над

запланованою зоною живлення ТРОН, тобто у відповідності до радіуса подачі добрива. Після цього добриво засипали в бункер. Ланцюговим варіатором 4 виставляли необхідну частоту обертання диска ТРОН.

Наступним етапом підготовчої роботи було визначення напрямку сходження добрива з лопаток ТРОН. Це викликано тим, що візуально достовірно встановити напрямок сходження гранул добрива з лопаток ТРОН неможливо у зв'язку з високою швидкістю їх сходження. Для цього на асфальтному майданчику розставляли дугою відносно ТРОН стандартні дека. Радіус зазначеної дуги становив 8 м.

Вмикали електродвигун 2, і переміщаючи заслінку 8, відкривали на 30 с висівний отвір. Мінеральне добриво подавалося рівномірно в зону живлення ТРОН, який обертася. Під дією відцентрової сили частинки мінерального добрива розганялись, переміщуючись уздовж лопаток, а після, досягши їх зовнішніх кінців, сходили з них. Рухаючись у повітряному середовищі за рахунок отриманого запасу кінетичної енергії, частинки добрива одночасно і опускались вниз під дією сили гравітації. Опустившись до рівня дек, гранули мінерального добрива висівались у них. Гранули добрива, що попадали у деки, відбирали в пронумеровані кульки, а після їх зважували за допомогою ваг ВЛТК-500.

Місце розташування деко, в яке висіялась максимальна маса добрива, відмічали на асфальтному майданчику крейдою. Після цього встановлювали напрямок розсівання мінерального добрива, відбиваючи на асфальті майданчика лінію, яка проходила через центри дуги сходження добрива з ТРОН та деко, в яке висіялась максимальна кількість добрива.

Після цього вздовж лінії, відбитої на асфальтному майданчику, у напрямку розсівання добрива установлювали на поверхні майданчика щільно один до одного стандартні дека (рис. 3.5).

Вмикали електродвигун 2, і переміщаючи заслінку 8, відкривали на 30 с висівний отвір. Мінеральне добриво подавалося рівномірно в зону живлення ТРОН, який обертася. Під дією відцентрової сили частинки мінерального

добрива розганялись, переміщуючись вздовж лопаток, а після, досягнувши їх зовнішніх кінців, сходили з них і за рахунок отриманого запасу кінетичної енергії і дії сили гравітації рухались від ТРОН до дек. Гранули мінерального добрива, що попадали у дека, зважувалися за допомогою ваг ВЛТК-500.



Рис. 3.5. Загальний вигляд експериментальної установки з деками, встановленими для дослідження розподілу мінеральних добрив у напрямку їх розсівання (для наочності поворотна рама і бункер зняті)

Досліди проводилися у трикратній повторності [20, 28, 41, 59, 72], а результати оброблялися за допомогою методів математичної статистики [20, 41, 53, 72].

За отриманими результатами зважування спочатку визначали середнє арифметичне значення маси мінерального добрива у деках за формулою:

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}, \quad (3.1)$$

де m_i – маса гранул добрива в i -му деко;

n – кількість дек, штук.

Після цього визначали середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n-1}. \quad (3.2)$$

Нерівномірність розподілу мінерального добрива оцінювали за величиною коефіцієнта варіації:

$$v = \frac{100\sigma}{\bar{m}} \quad (3.3)$$

Для раціонального проведення експериментальних досліджень характеру розподілу мінеральних добрив приймали наступні значення режимів роботи експериментальної установки:

а) дослідження розсівання суперфосфату гранульованого за частоти обертання диска ТРОН 600; 800 та 1000 об/хв і кута нахилу диска до горизонтальної площини: 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°;

б) дослідження розсівання нітроамофоски за частоти обертання диска 600 та 800 об/хв і кута нахилу диска до горизонтальної площини: 0°, 10°, 20°, 30°;

в) дослідження розсівання селітри аміачної за частоти обертання диска ТРОН 600 та 800 об/хв і кута нахилу диска до горизонтальної площини: 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°;

У процесі досліджень режими роботи ТРОН приймалися з таких міркувань:

- по-перше: розсівання нітроамофоски та селітри аміачної ТРОН за частоти обертання його диска 1000 об/хв не проводили у зв'язку з тим, що за такої частоти обертання лінійна швидкість лопаток ТРОН у зоні живлення перевищує її критичне значення з точки зору мінімізації пошкодження гранул азотних та комплексних мінеральних добрив;

- по-друге: значення кута установки диска ТРОН більше 30° виходять за межі раціональних у зв'язку з тим, що, як вже було показано дисертантом у його наукових працях, збільшення кута між вектором абсолютної швидкості сходження частинки добрива з тукорозсівного органа до горизонтальної площини у межах 30° – 40° не дає суттєвого збільшення дальності розсівання добрив. Окрім того, за результатами попередніх досліджень було встановлено:

збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини більше 40° різко погіршує захват добрив лопатками у зоні живлення ТРОН за внесення високих доз добрив, тобто не всі добрива, які поступають на ТРОН, захоплюються його лопатками.

Дослідження з визначення дальності розсівання гранул певного діаметра мали особливість у зв'язку з тим, що добрива дуже мало містять гранул кулеподібної форми. Окрім того, має місце взаємодія між окремими гранулами, коли вони рухаються в потоці як на етапі їх розгону ТРОН, так і в процесі руху у повітряному середовищі від ТРОН до дека. При русі гранул у повітряному середовищі сила аеродинамічного опору теж по різному діє на гранули, в залежності від їх взаємного розміщення і форми. В той же час при проведенні теоретичних досліджень було зроблено припущення, що гранули мають кулеподібну форму і з ТРОН вони сходять з однаковою швидкістю і під однаковим кутом до горизонтальної площини.

Для мінімізації негативного впливу наведених протиріч при експериментальній перевірці результатів теоретичних досліджень, експериментальні дослідження дальності розсівання гранул певного розміру проводили за спеціальною методикою на селітрі аміачній, гранули якої мають форму найбільш наближену до кулеподібної у порівнянні з іншими видами мінеральних добрив.

Для дослідження відбирали тільки ті гранули, які за формою були близькі до кулеподібної і які при розподілі селітри аміачної на фракції залишалися в отворах сит класифікатора, що мали відповідні діаметри. При цьому робили припущення, що діаметр гранул рівний діаметру отвору сита, в якому воно залишалося. Таким чином формували порції гранул аміачної селітри, які мали форму близьку до кулеподібної і були приблизно однаковими за діаметром. Для подачі їх на ТРОН в зону живлення застосували мінібункер, який при допомозі виносного тримача кріпився на вертикальному стояку рухомої рами (рис. 3.5).

Окрім того, при відборі проби гранул аміачної селітри із дек, в які вони попали після розсівання, до уваги приймалась тільки проба із дека, яке було

встановлене на максимальній відстані від ТРОН. Таким чином забезпечувалось визначення дальності розсівання тільки тих гранул аміачної селітри, які були найбільш наближеними за діаметром та формою до заданих.

Лабораторно-польові дослідження розподілу мінеральних добрив напівпричіпною МРД-8, яка обладнана двома ТРОН (рис. 3.3 та 3.4), проводились з метою визначення впливу кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини на робочу ширину та визначення нерівномірності розсівання добрив на робочій ширині та за напрямком руху агрегата.

Зазначені дослідження проводили згідно ГОСТ 28714–2007. Зокрема, нерівномірність внесення добрив на ширині захвату машини і за напрямком руху агрегата визначали як коефіцієнт варіації розподілу мас добрива у стандартні дека, які були розміщені на горизонтальній ділянці поля за схемою, наведеною на рис. 3.6. При цьому швидкість вітру не перевищувала 2 м/с, її визначали з використанням чашкового анемометра МС-1

Перед початком операції внесення мінеральних добрив у відповідності до заданої дози встановлювали необхідну висоту випускної щілини і швидкість руху робочого контуру живильника. Регулювали положення тукоспрямовувачів таким чином, щоб вони забезпечували подачу добрива точно в зони живлення ТРОН.

Розподіл мас конкретного виду мінерального добрива по стандартних деках здійснювався шляхом руху машини для внесення мінеральних добрив, агрегатованої з трактором, в робочому режимі відносно рядів дек у заданому напрямку (рис. 3.7). Після проходу агрегата маси добрива збирали з кожного дека окремо, висипали в окремий пронумерований кульок, а після на вагах ВЛТК-500 визначали масу добрива з кожного кулька. Повторність дослідження була трикратною.

Експериментальне дослідження нерівномірності розподілу мінеральних добрив ТРОН по деках за напрямком їх розсівання здійснювалося із математичним плануванням багатofакторного експеримента у відповідності із план-матрицями (табл. 3.1–3.3) [20, 28, 59, 72].

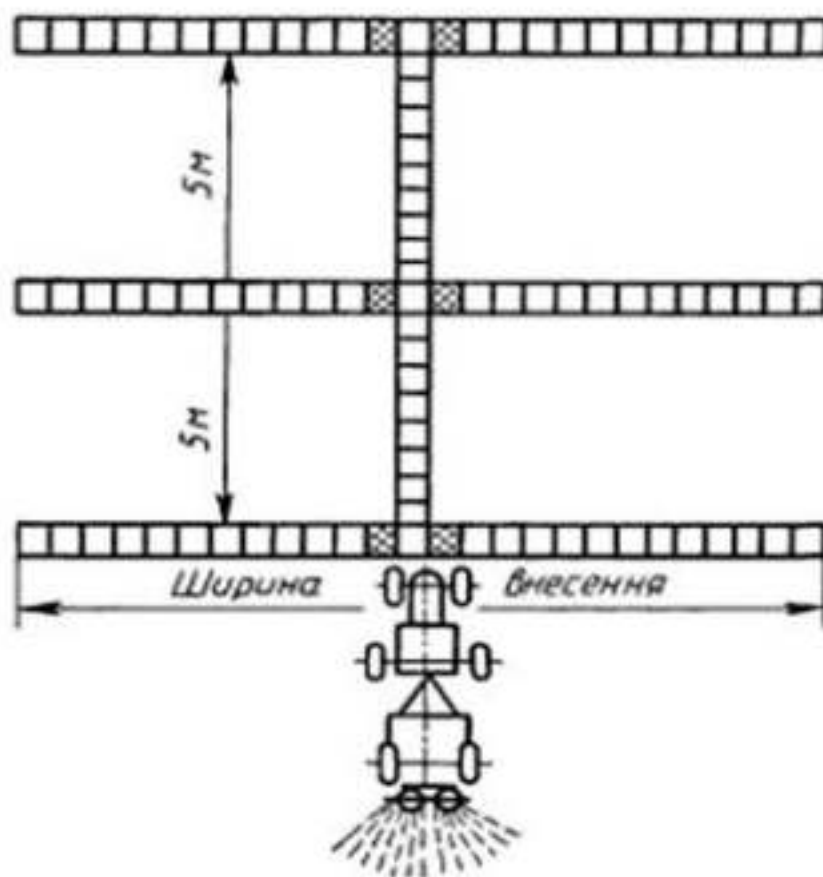


Рис. 3.6. Схема розміщення дек однієї повторності при визначенні показників нерівномірності внесення добрив



Рис. 3.7. Загальний вигляд машини МРД-8, яка обладнана двома ТРОН, під час проведення лабораторно-польових досліджень

Таблиця 3.1

План-матриця повнофакторного експеримента дослідження нерівномірності розподілу суперфосфату гранульованого ТРОН за напрямком його розсівання

№ п/п	Значення факторів в натуральних (кодованих) значеннях	
	n , об/хв (X_1)	α , град. (X_2)
1	600 (-1)	30 (-2)
2	600 (-1)	20 (-1)
3	600 (-1)	10 (0)
4	600 (-1)	0 (+1)
5	800(0)	30 (-2)
6	800(0)	20 (-1)
7	800(0)	10 (0)
8	800(0)	0 (+1)
9	1000 (+1)	30 (-2)
10	1000 (+1)	20 (-1)
11	1000 (+1)	10 (0)
12	1000 (+1)	0 (+1)

Таблиця 3.2

План-матриця повнофакторного експеримента дослідження нерномірності розподілу нітроамофоски ТРОН за напрямком її розсівання

№ п/п	Значення факторів в натуральних (кодованих) значеннях	
	n , об/хв (X_1)	α , град. (X_2)
1	600 (-1)	30 (-2)
2	600 (-1)	20 (-1)
3	600 (-1)	0 (+1)
4	800 (0)	30 (-2)
5	800 (0)	20 (-1)
6	800 (0)	0 (+1)

Таблиця 3.3

План-матриця повнофакторного експеримента дослідження нерівномірності розподілу селітри аміачної ТРОН за напрямком її розсівання

№ п/п	Значення факторів в натуральних (кодованих) значеннях	
	n , об/хв (X_1)	α , град. (X_2)
1	600 (-1)	30 (-2)
2	600 (-1)	20 (-1)
3	600 (-1)	0 (+1)
4	800 (0)	30 (-2)
5	800 (0)	20 (-1)
6	800 (0)	0 (+1)

3.6 Методика оброблення результатів експериментальних досліджень

Після проведення експериментальних досліджень проводили оброблення їх результатів для отримання регресивної моделі, яка характеризує вплив факторів і їх взаємодії на нерівномірність розподілу добрив ТРОН по деках за напрямком їх розсівання за стандартними методиками статистичного оброблення [20, 27, 28, 53, 72].

На першому етапі оброблення даних після отримання їх перевіряли на відтворюваність. Для оцінювання відтворюваності застосовували критерій Кохрена, значення якого визначали за залежністю:

$$G = \frac{S_{u_{max}}^2}{\sum_{u=1}^n S_{u_{таб}}^2}, \quad (3.4)$$

де $G_{таб}(0,05; n; f_u)$ – табличне значення критерію Кохрена за 5 % рівня значимості, при числі дослідів n і числі ступенів свободи $f_u = m - 1$ із числом повторностей m .

Дисперсію визначали згідно такого виразу:

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_{uik} - \bar{y}_u)^2, \quad (3.5)$$

де y_{uik} - значення вихідного параметра на відповідній повторності.

Після цього похибку досліду розраховували таким чином:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2. \quad (3.6)$$

Якщо в результаті перевірки за допомогою критерію Кохрена доводили, що процес відтворюваний, то наступним кроком в обробленні результатів експериментальних даних було визначення коефіцієнтів регресії згідно таких формул:

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{y}_i, \\ b_p &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_p \bar{y}_i, \\ b_{pr} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_p X_r \bar{y}_i. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Рівняння регресії в загальному вигляді було таким:

$$Y = b_0 + b_p X_p + \dots + b_{pr} X_p X_r + \dots \quad (3.8)$$

Аналіз рівняння регресії в цілому описує протікання процесу і вплив окремих факторів (режимів роботи) та їх взаємодій на вихідний параметр.

Перевірку адекватності рівняння регресії проводили за критерієм Фішера:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F_{\text{таб}}, \quad (3.9)$$

де $S_{ad}^2 = \frac{1}{f_{ad}} \sum_{u=1}^n (y - \bar{y}_u)^2$ – дисперсія адекватності;

$f_{ad} = n - k - 1$ – число ступенів свободи дисперсії адекватності при кількості факторів рівному k ;

$f_y = n(m - 1)$ – число ступенів свободи дисперсії відтворюваності.

Після цього проводили оцінювання значимості коефіцієнтів рівняння регресії з використанням критерію Стюдента. Умова значимості коефіцієнта рівняння регресії мала такий вигляд:

$$|b_i| \geq t_{\text{таб}} \cdot \frac{S_y}{\sqrt{n}}, \quad (3.10)$$

де $t_{\text{таб}}$ – табличне значення критерію Стюдента при 5%-ому рівні значимості.

Кореляційний аналіз дослідних даних дозволяв визначити наявність зв'язку між факторами.

Коефіцієнт кореляції між величинами x і y визначали так:

$$r_{xy} = \frac{K_{xy}}{S_x S_y}, \quad (3.11)$$

де S_x , S_y – середньоквадратичне відхилення відповідних величин;

K_{xy} – кореляційний момент.

Якщо коефіцієнт кореляції рівний нулю, то величини некорельовані, а якщо коефіцієнт кореляції більший 0,7 – кореляційний зв'язок сильний, 0,3...0,7 – середній, менше 0,3 – слабкий.

Середньоквадратична похибка коефіцієнта кореляції визначалася за допомогою такого виразу:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r_{xy}^2}{n-2}}. \quad (3.12)$$

Кореляційний зв'язок між параметрами істотний за умови, що розрахункове значення критерію Стюдента є більшим за його табличне значення:

$$t_r = \frac{r_{xy}}{S_r} \geq t_{\text{таб}}. \quad (3.13)$$

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Фізико-механічні властивості мінеральних добрив

За результатами проведених досліджень були визначені основні фізико-механічні властивості мінеральних добрив, а саме: вологість, об'ємна маса, гранулометричний склад та коефіцієнт тертя по сталі.

Зокрема, при дослідженні властивостей суперфосфату гранульованого встановлено: середнє значення вологості – 3,1 %; середнє значення об'ємної маси – 1085 кг/м³; коефіцієнт тертя по сталі – 0,51; гранулометричний склад: $d \leq 1$ мм – 4,9 %; $1 \text{ мм} \leq d < 2$ мм – 20,6 %; $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм – 40,2 %; $3 \text{ мм} \leq d < 4$ мм – 24,7 %; $d \geq 4$ мм – 9,6 %/

За результатами досліджень властивості нітроамофоски були такі: середнє значення вологості – 1,0 %; середнє значення об'ємної маси – 1030 кг/м³; коефіцієнт тертя по сталі – 0,55; гранулометричний склад: $d \leq 1$ мм – 1,9 %; $1 \text{ мм} \leq d < 2$ мм – 32,1 %; $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм – 60,5 %; $d \geq 3$ мм – 5,5 %.

Властивості селітри аміачної за результатами досліджень були такі: середнє значення вологості – 0,3 %; середнє значення об'ємної маси – 880 кг/м³; коефіцієнт тертя по сталі – 0,59; гранулометричний склад: $d \leq 1$ мм – 0,5 %; $1 \text{ мм} \leq d < 2$ мм – 21,3 %; $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм – 69,7 %; $3 \text{ мм} \leq d < 4$ мм – 8,5 %.

На основі аналізу гранулометричного складу мінеральних добрив встановлено, що у суперфосфаті гранульованому, нітроамофосці та селітрі аміачній переважають гранули, розмір яких відповідає межам $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм. При цьому вміст цієї фракції у різних видів мінеральних добрив різний, а саме: в суперфосфаті гранульованому він становить 40,2 %, нітроамофосці – 60,5 %, а селітрі аміачній – 69,7 %. Тобто, самий вагомий вплив на закономірності розсівання мінеральних добрив буде мати фракція, яка включає гранули розміром $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм і є спільною для всіх їх видів. Різницю в

закономірностях розсівання різних видів добрив будуть давати інші фракції. Наприклад, суперфосфат гранульований має 20,6 % гранул розміром $1 \text{ мм} \leq d < 2 \text{ мм}$ і 24,7 % гранул розміром $3 \text{ мм} \leq d < 4 \text{ мм}$. Це означає, що наявність першої фракції гранул суперфосфату гранульованого зменшує робочу ширину захвату машини, а наявність другої фракції навпаки – сприяє її збільшенню. В той же час нітроаммофоска і селітра аміачна містять відповідно 32,1 і 21,3% гранул розміром $1 \text{ мм} \leq d < 2 \text{ мм}$, наявність яких буде призводити до зменшення робочої ширину захвату машини. Вплив інших фракцій буде менш вагомим.

У зв'язку з наведеними результатами для отримання більш повної інформації щодо закономірностей розсівання добрив ТРОН є необхідність проводити експериментальні дослідження на кожному виді добрив з вивченням як розсівання їх маси, так і стосовно розсівання гранул окремих фракцій мінеральних добрив.

4.2 Розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання

У процесі експериментальних досліджень розсівання суперфосфату гранульованого дослідним зразком ТРОН було встановлено вплив частоти обертання його диска та кута нахилу диска до горизонтальної площини на розподіл добрива за напрямком його розсівання. Графічна інтерпретація результатів досліджень наведена на рис. 4.1 – 4.4.

Для зручності порівняльного оцінювання отриманих результатів введемо такі терміни:

- ефективна дальність розсівання добрива – це відстань, на якій встановлені дека, в кожне з яких висівається маса добрива, що становить більш 0,1% від маси висіяного добрива у всі дека. Виходячи з цього, можна

стверджувати, що ефективна дальність розсівання добрива перебуває у прямому кореляційному зв'язку із загальною шириною захвату машини;

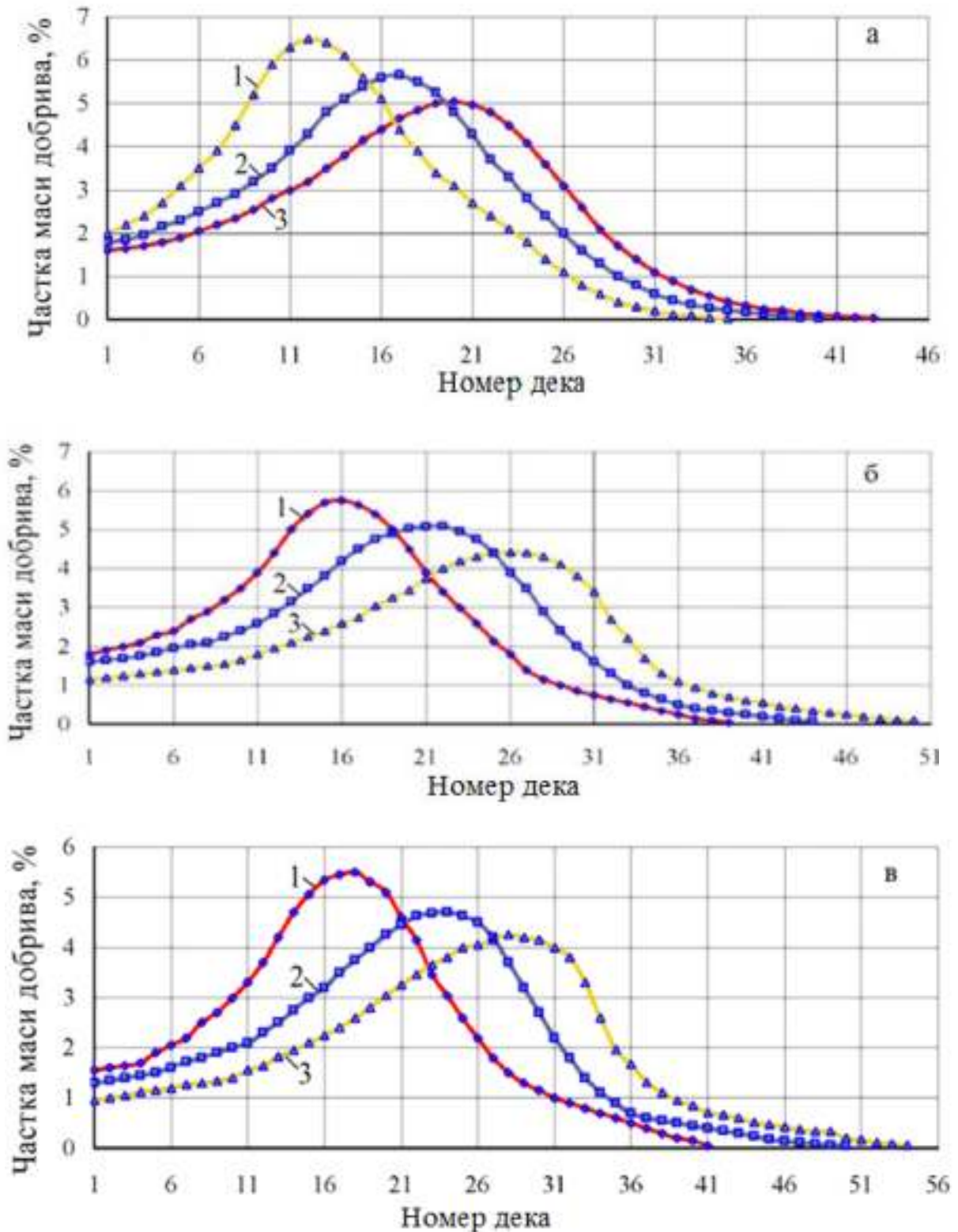
- відстань від ТРОН до дека, в яке висіялась максимальна частка добрива, висіяного в усі дека. Базуючись на тому, що ТРОН розподіляє добриво у напрямку його розсівання за закономірностями, при яких деко, в яке висівається максимальна маса добрива, знаходиться в межах першої половини ефективної дальності його розсівання, і враховуючи, що машини для внесення добрив працюють з перекриттям суміжних проходів, можна стверджувати: відстань від ТРОН до зазначеного дека перебуває у прямому кореляційному зв'язку із робочою шириною захвату машини.

Отже, відносно більша ефективна дальність розсівання добрива буде відповідати відносно більшій загальній ширині захвату машини і навпаки: відносно менша ефективна дальність розсівання добрива буде відповідати відносно меншій загальній ширині захвату машини. Аналогічне має місце і щодо дальності розміщення дека від ТРОН, в яке висіялась максимальна частка добрива, висіяного в усі дека. Відносно більша відстань розміщення дека від ТРОН, в яке висіялась максимальна маса добрива, буде відповідати відносно більшій робочій ширині захвату машини і навпаки: відносно менша відстань розміщення дека від ТРОН, в яке висіялась максимальна маса добрива, буде відповідати відносно меншій робочій ширині захвату машини.

Результати досліджень розподілу суперфосфату гранульованого ТРОН по деках за напрямком його розсівання за зміни частоти обертання диска ТРОН від 600 до 1000 об/хв за різних кутів нахилу диска до горизонтальної площини наведено на рис. 4.1.

За результатами дослідження встановлено, що за зміни кута нахилу диска до горизонтальної площини в межах $0^{\circ} - 30^{\circ}$ збільшення частоти обертання диска призводить до зростання як ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання, так і відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива.

Наприклад, за частоти обертання диска 600 об/хв та горизонтального його положення суперфосфат гранульований ефективно розсівасться на ділянці до 35-го дека (17,5 м) включно (рис. 4.1 а), а максимальна частка маси висіяного добрива (6,5 %) надходить у 12-е деко (6 м).



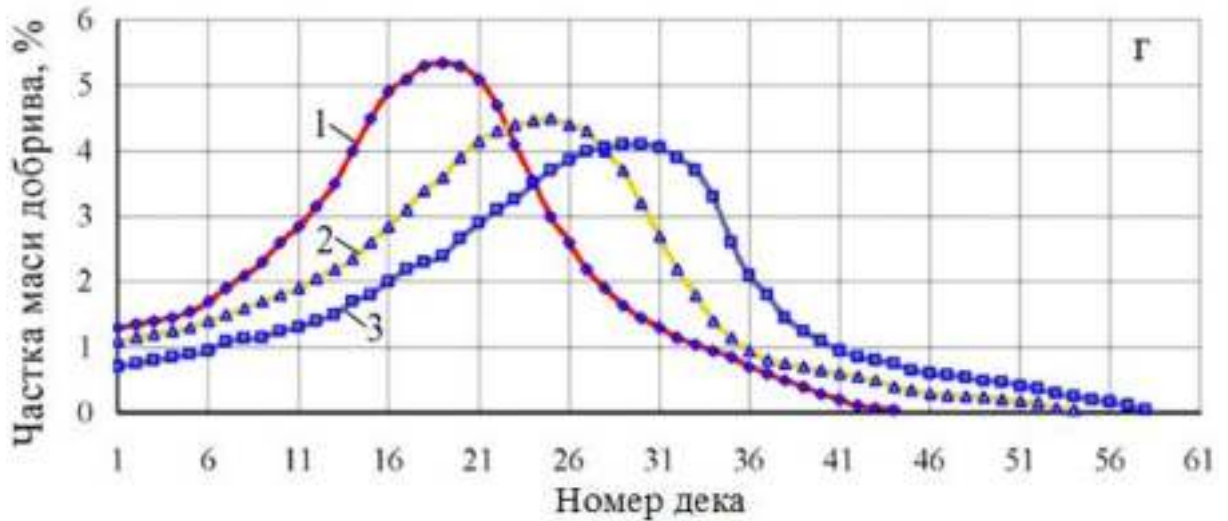


Рис. 4.1. Залежність розподілу суперфосфату гранульованого ТРОН за напрямком розсівання по деках від частоти обертання його диска: а, б, в, г – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0° , 10° , 20° , 30° ; 1, 2, 3 – частота обертання диска відповідно 600; 800; 1000 об/хв

Збільшення частоти обертання диска від 600 об/хв. до 800 об/хв. призводить до зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до 20 м (40-е деко). При цьому максимальний процент маси висіяного добрива (5,65 %) попадає в 17-е деко (8,5 м). Тобто, має місце збільшення ефективної дальності розсівання добрива на 14,3 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси добрива – на 41,7 % і зменшення зазначеної частки маси добрива в 1,15 раза.

Аналогічне явище має місце за збільшення частоти обертання диска ТРОН від 800 об/хв до 1000 об/хв: ефективна дальність розсівання суперфосфату гранульованого збільшується на 7,5 %, відстань від ТРОН до дека з максимальною часткою висіяного добрива – на 17,6 %, а максимальна частка маси добрива в деко зменшилась в 1,12 раза.

За отриманими результатами можна зробити висновок: збільшення частоти обертання диска призводить до зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого, що, в свою чергу, призводить до збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси

висіяного добрива, а також до зменшення максимальної частки маси висіяного добрива у деко. При цьому збільшення частоти обертання диска від 600 об/хв до 1000 об/хв за горизонтального положення диска забезпечує зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 22,9 % та збільшення на 66,7 % відстані від ТОН дека з максимальною часткою маси висіяного добрива, яка зменшилась в 1,29 раза.

Описані закономірності впливу частоти обертання диска ТРОН на розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання мають місце і за умови збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини (рис. 4.1 б – 4.1 г).

Для порівняльного оцінювання впливу кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини на показники розсівання суперфосфату гранульованого отримані результати досліджень, наведені на рис. 4.2 – 4.4 у вигляді графічних залежностей.

За зростання кута установки диска до горизонтальної площини більшому значенню кута нахилу диска відповідає графічна залежність, при якій розподіл всієї маси суперфосфату гранульованого характеризується відносним зміщенням вправо окремих його мас, висіяних в дека, на відносно більшу відстань від ТРОН. Наприклад, при частоті обертання диска ТРОН 600 об/хв (рис. 4.2) за горизонтальної установки диска суперфосфат гранульований ефективно розсівається на ділянці до 35-го деко (17,5 м) включно, максимальний процент добрива (6,5 %) надходить у 12-е деко (6 м).

За установки диска під кутом 10° до горизонтальної площини суперфосфат гранульований ефективно розсівається на ділянці до 39-го дека (19,5 м) включно, максимальна частка маси висіяного добрива (5,75 %) надходить в 16-е деко (8 м). Збільшення кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини до 20° викликає зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до 21,5 м (41-е деко), збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 9 м (18-е деко) та зменшення максимальної частки маси висіяного

суперфосфату гранульованого в деко до 5,5 %. Коли зазначений кут зростає до 30°, то показники, що характеризують розподіл добрива по деках, відповідно становлять: ефективна дальність розсівання – 22 м (44-е деко), відстань від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – 9,5 м (19-е деко), максимальна частка маси висіяного добрива у деко – 5,35 %.

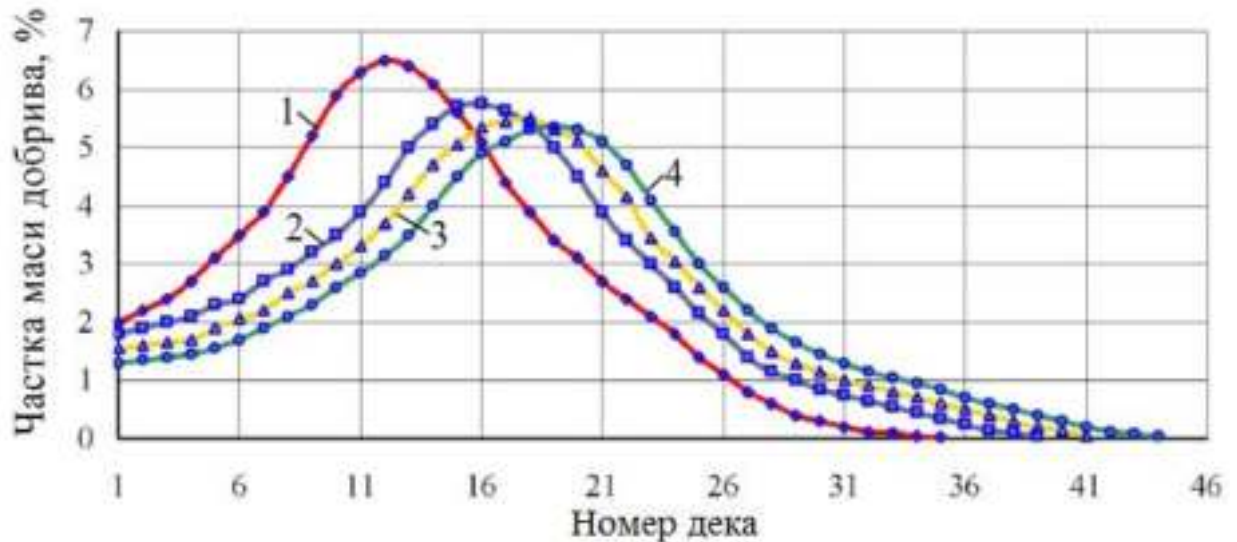


Рис. 4.2. Залежність розподілу суперфосфату гранульованого ТРОН за напрямком розсівання по деках за частоти обертання диска 600 об/хв від кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0°, 10°, 20°, 30°

Отже, за результатами дослідження було встановлено, що за частоти обертання диска 600 об/хв зміна кута його установки до горизонтальної площини від 0° до:

- 10° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 11,4 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 33,3 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,13 раза;

- 20° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 17,1 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 50 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,18 раза;

- 30° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 30,3 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 58,3 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,21 раза.

За результатами досліджень впливу кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини при частоті його обертання 800 об/хв на розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання встановлено (рис. 4.3), що збільшення кута його нахилу до 10° призводить до зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до 22 м (44-е деко), збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 11 м (22-е деко) та зменшення максимальної частки маси висіяного добрива в деко до 5,1 %.

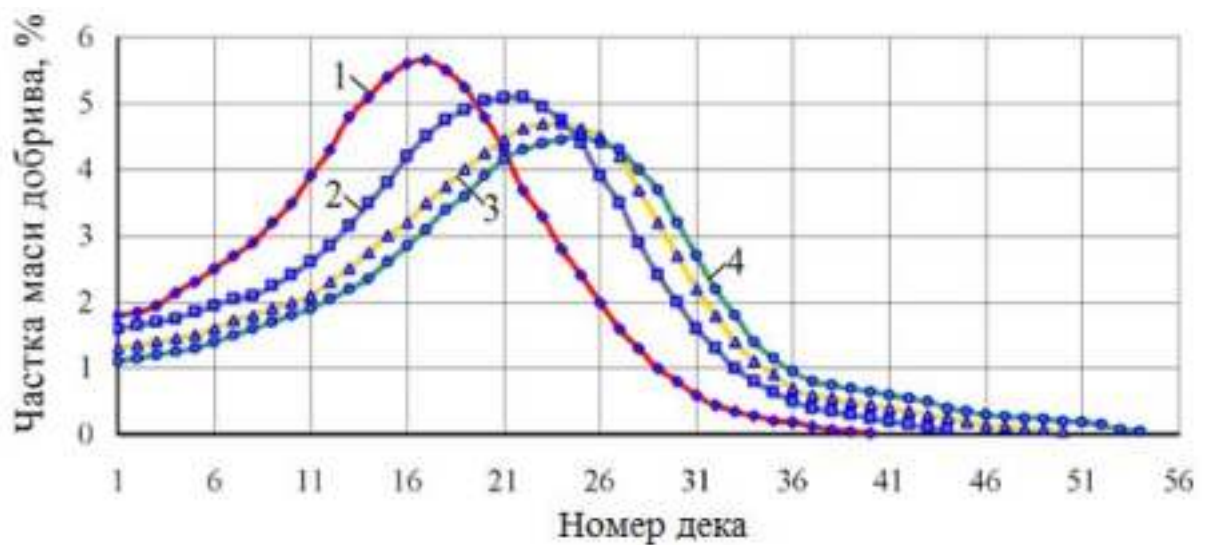


Рис. 4.3. Залежність розподілу суперфосфату гранульованого ТРОН за напрямком розсівання по деках за частоти обертання диска 800 об/хв від кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0° , 10° , 20° , 30°

Наступне збільшення кута між диском та горизонтальною площиною теж викликає зростання показників, що характеризують дальність розсівання

суперфосфату гранульованого. Наприклад, збільшення кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини до 20° призводить до зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до 25 м (50-е деко), збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 12 м (24-е деко) та зменшення максимальної частки маси висіяного суперфосфату гранульованого в деко до 4,7 %. Коли зазначений кут зростає до 30° , то показники, що характеризують розподіл добрива по деках, відповідно становлять: ефективна дальність розсівання – 27 м (54-е деко), відстань від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного суперфосфату гранульованого – 12,5 м (25-е деко), максимальна частка маси висіяного добрива в деко – 4,5 %.

Враховуючи викладене, нескладно зробити висновки, що за частоти обертання диска ТРОН 800 об/хв зміна кута його установки до горизонтальної площини від 0° до:

- 10° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 10 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 29,4 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,11 раза;

- 20° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 25 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 41,2 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,2 раза;

- 30° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 35 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 47,1 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,23 раза.

Результати досліджень впливу кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини при частоті його обертання 1000 об/хв на розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання наведено у вигляді графічних залежностей на рис. 4.4.

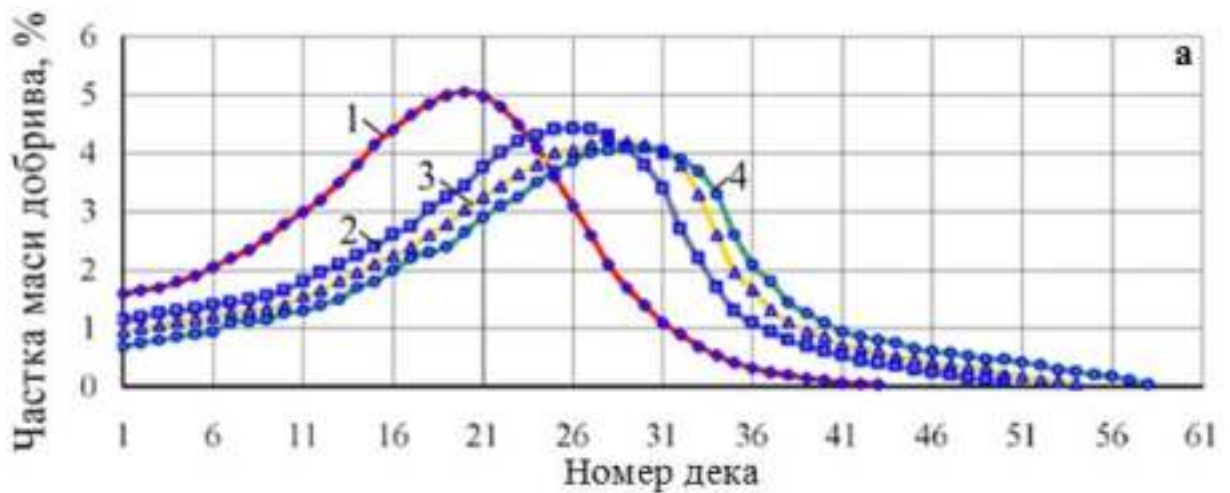


Рис.4.4. Залежність розподілу суперфосфату гранульованого ТРОН за напрямком розсівання по деках за частоти обертання диска 1000 об/хв від кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0°, 10°, 20°, 30°

Встановлено, що збільшення кута нахилу диска ТРОН до 10° призводить до зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до 25 м (50-е деко), збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 13 м (26-е деко) та зменшення зазначеної максимальної частки маси до 4,42 %.

При наступному збільшенні кута між диском та горизонтальною площиною теж має місце зростання показників, що характеризують дальність розсівання суперфосфату гранульованого. Зокрема, збільшення кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини до 20° викликає зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до 27 м (54-е деко), збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 14 м (28-е деко) та зменшення максимальної частки маси висіяного суперфосфату гранульованого в деко до 4,25 %.

Зазначена тенденція зміни досліджуваних показників характерна і при збільшенні кута нахилу диска до горизонтальної площини до 30°. За названої

умови ефективна дальність розсівання суперфосфату гранульованого зростає до 29 м (58-е деко), відстань від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного суперфосфату гранульованого – до 14,5 м (29-е деко), а максимальна частка маси добрива в деко зменшується і становить 4,1 % від всієї його висіяної маси.

Базуючись на отриманих результатах досліджень, можна зробити висновок: що за частоти обертання диска ТРОН 1000 об/хв зміна кута його установки до горизонтальної площини від 0° до:

- 10° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 16,3 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 30 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,14 раза;

- 20° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 25,6 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 40 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,19 раза;

- 30° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 34,9 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 45 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,23 раза.

Результати дослідження розподілу суперфосфату гранульованого ТРОН за напрямком його розсівання по деках показують, що за збільшення частоти обертання диска від 600 об/хв. до 1000 об/хв в межах всіх досліджуваних значень кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини має місце зростання як ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого, так і відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива. Наприклад, збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого становить за кута: 0° – 22,9 %, 10° – 28,2 %, 20° – 31,7 %, 30° – 31,8 %, а збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною

часткою маси висіяного добрива буде становити за кута: 0° – 66,7 %, 10° – 62,5 %, 20° – 55,5 %, 30° – 52,6 %.

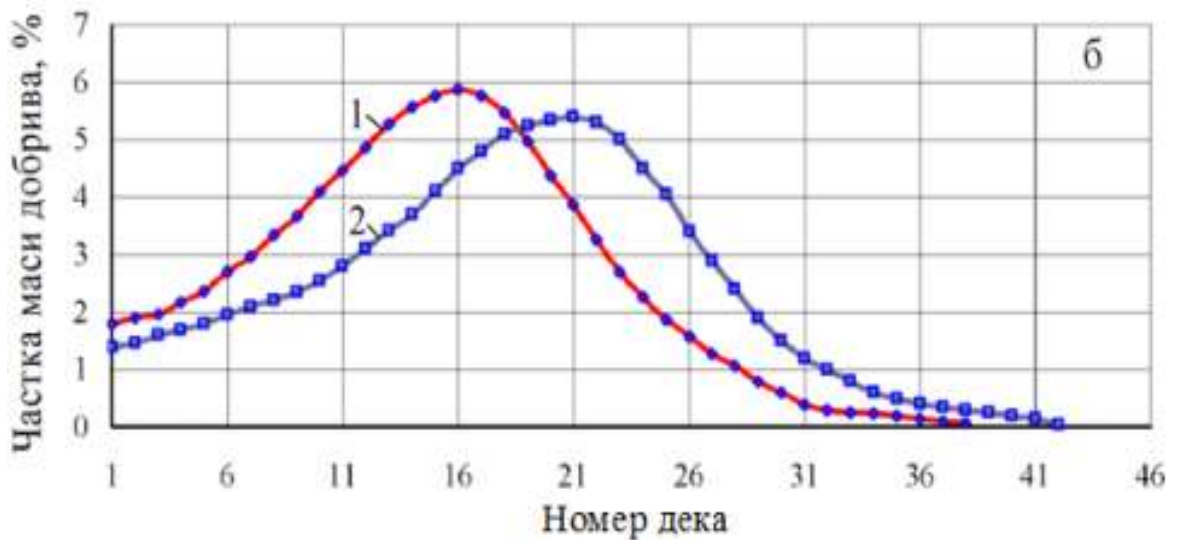
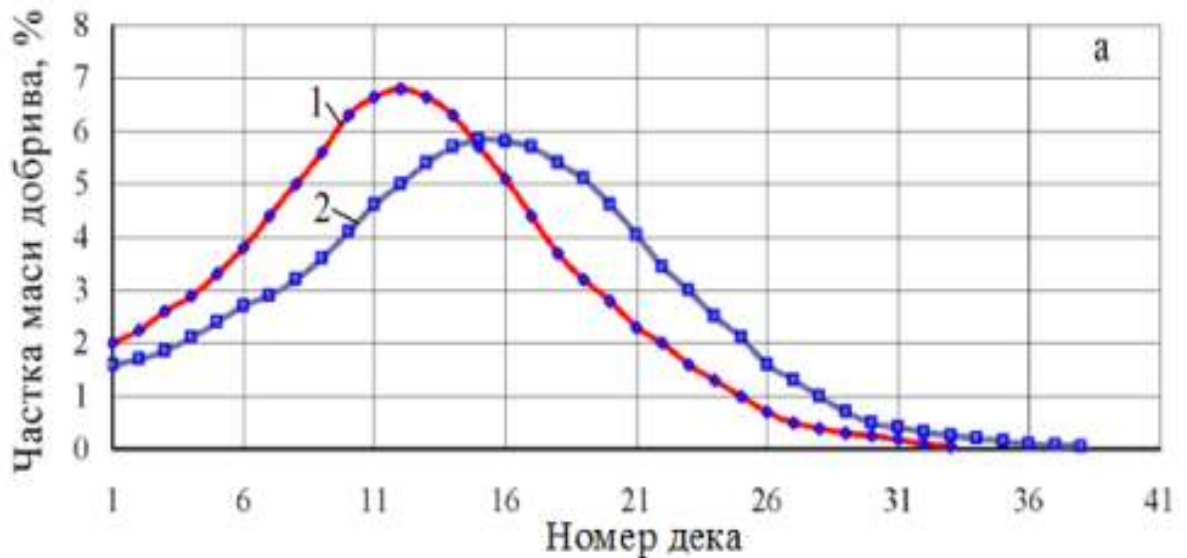
За постійної частоти обертання диска ТРОН на всіх кінематичних режимах його роботи збільшення кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини призводило до зростання показників, які характеризують розподіл суперфосфату гранульованого по деках за напрямком його розсівання. Зокрема, за частоти обертання диска ТРОН 1000 об/хв зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого становило при збільшенні кута нахилу диска ТРОН від горизонтального його положення до: 10° – 16,3 %, 20° – 25,6 %, 30° – 34,9 %, а збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива становило: 10° – 30 %, 20° – 40 %, 30° – 45 %.

Викладене підтверджує, що зміною частоти оборотання диска ТРОН (за установки диска під кутом до горизонтальної площини) можна регулювати ширину розсівання суперфосфату гранульованого, аналогічно як це має місце в сучасних машинах для внесення добрив за горизонтального положення диска в ТРО.

Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини призводить до зростання показників, які характеризують дальність розсівання суперфосфату гранульованого і робочу ширину захвату машини для внесення мінеральних добрив. При цьому інтенсивність збільшення зазначених показників є найбільш високою при збільшенні кута нахилу диска до горизонтальної площини від 0° до 10° і зменшується зазначена інтенсивність по мірі його наступного збільшення до 30° . Отже, ТРОН з нахиленою віссю обертання забезпечує зростання показників, що характеризують розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання, на більшу відстань ніж забезпечує ТРО (з вертикальною віссю обертання). Таким чином підтверджується гіпотеза щодо можливості збільшення робочої ширини захвату машин на операції внесення суперфосфату гранульованого шляхом обладнання таких машин ТРОН.

4.3 Розподілу нітроамофоски за напрямком її розсівання

У процесі експериментальних досліджень вивчали вплив частоти обертання диска ТРОН на характер розподілу нітроамофоски за напрямком її розсівання за різних кутів нахилу його диска до горизонтальної площини. За результатами досліджень побудовано графічні залежності, які наведено на рис. 4.5. За частоти обертання диска ТРОН 600 об/хв при горизонтальному його положенні (рис. 4.5 а) ефективна дальність розсівання нітроамофоски сягає 33-го дека (16,5 м) включно, максимальна частка маси добрива (6,8 %) висівається в 12-е деко (6 м).



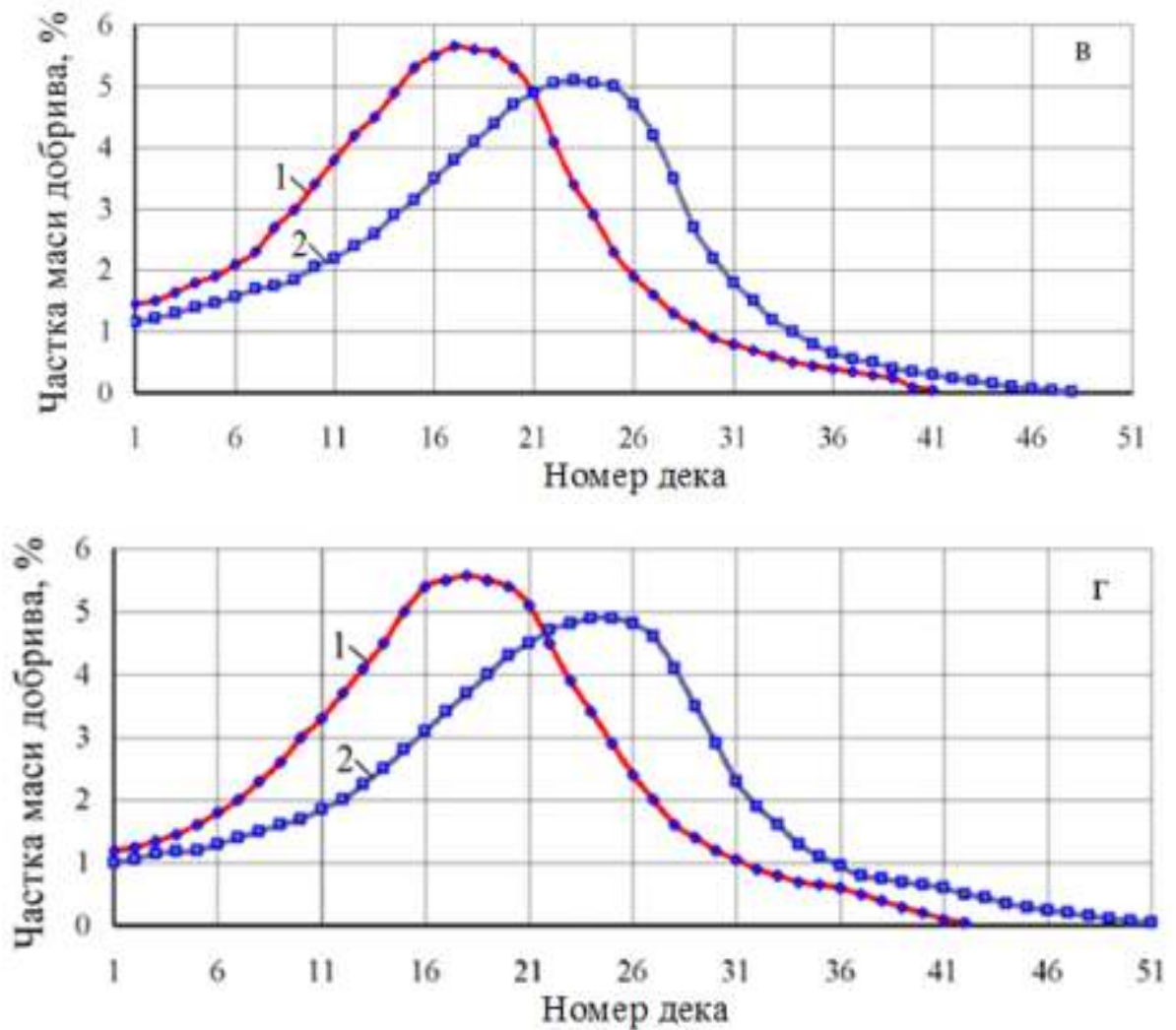


Рис. 4.5. Залежність розподілу нітроамофоски ТРОН за напрямком розсівання по деках від частоти обертання його диска: а, б, в, г – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0° , 10° , 20° , 30° ; 1, 2 – частота обертання диска відповідно 600 об/хв та 800 об/хв

За частоти обертання диска ТРОН 800 об/хв ефективна дальність розсівання нітроамофоски зростає до 19 м (38-е деко) включно, а максимальна частка маси добрива (5,85 %) висівається в 15-е деко (7,5 м). Тобто, завдяки збільшенню частоти обертання диска ТРОН має місце зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 15,2 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 25 % і зменшення максимальної маси частки висіяного добрива в деко в 1,16 раза.

Аналогічні закономірності впливу частоти обертання диска ТРОН на розподіл нітроамофоски за напрямком її розсівання мають місце і за умови збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини (рис. 4.5 б – 4.5 г). Як видно з графічних залежностей, криві 2, які відповідають характеру розподілу добрива за частоти обертання диска 800 об/хв, суттєво зміщені вправо у порівнянні з кривими 1, які відповідають характеру розподілу добрива за частоти обертання диска 600 об/хв.

З метою більш детального порівняльного оцінювання впливу значень кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини на показники розсівання нітроамофоски отримані результати досліджень, які наведено на рис. 4.6 і 4.7 у вигляді графічних залежностей.

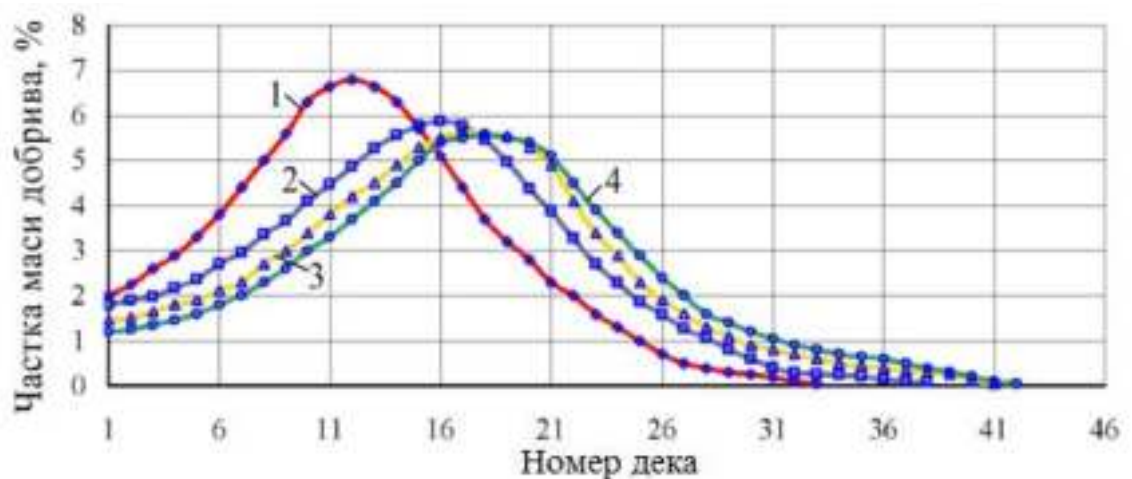


Рис. 4.6. Залежність розподілу нітроамафоски ТРОН за напрямком її розсівання по деках за частоти обертання диска 600 об/хв від кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0°, 10°, 20°, 30°

За частоти обертання диска ТРОН 600 об/хв та горизонтального його положення ефективна дальність розсівання нітроамофоски сягає 33-го дека (16,5 м) включно (рис. 4.6), а максимальна її маса (6,8 %) висівається в 12-е деко (6 м). Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини до 10° призводить до зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски до

19 м (38-е деко), а також до зростання відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива (5,87 %) до 8 м (16-е деко).

За кута установки диска до горизонтальної площини 20° ефективна дальність розсівання нітроамофоски зростає до 20,5 м (41-е деко), максимальна частка її маса (5,65 %) висівається в 17-е деко (8,5 м), а збільшення кута установки диска до горизонтальної площини до 30° призводить до зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски до 21 м (42-е деко), збільшення відстані від ТРОН до дека, в яке висівається максимальна частка маси добрива (5,58 %), до 9 м (18-е деко).

Таким чином, було встановлено, що за частоти обертання диска ТРОН 600 об/хв зміна кута установки його диска від 0° до:

- 10° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 15,2 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 33,3 % та зменшення зазначеної частки маси нітроамофоски у 1,16 рази;

- 20° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 24,2 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою висіяного добрива – на 41,7 % та зменшення зазначеної частки маси нітроамофоски у 1,2 рази;

- 30° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 27,3 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 50 % та зменшення зазначеної частки маси нітроамофоски у 1,22 рази.

Графічні залежності розсівання нітроамофоски від кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини за частоти обертання диска 800 об/хв (рис. 4.7) аналогічні до тих, які були отримані для частоти обертання диска 600 об/хв. Зокрема, за кута 10° нітроамофоска ефективно розсівається на ділянці до 42-го дека (21 м) включно, а максимальна її маса (5,4 %) висівається в 21-е деко (10,5 м).

Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини до 20° призводить до зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски до

24 м (48-е деко), а також до зростання відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива (5,1 %) до 24 м (12-е деко). Збільшення кута установки диска до горизонтальної площини до 30° призводить до зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски до 25,5 м (51-е деко) та відстані від ТРОН до дека, в яке висівається максимальна частка маси добрива (4,9 %), до 12,5 м (25-е деко).

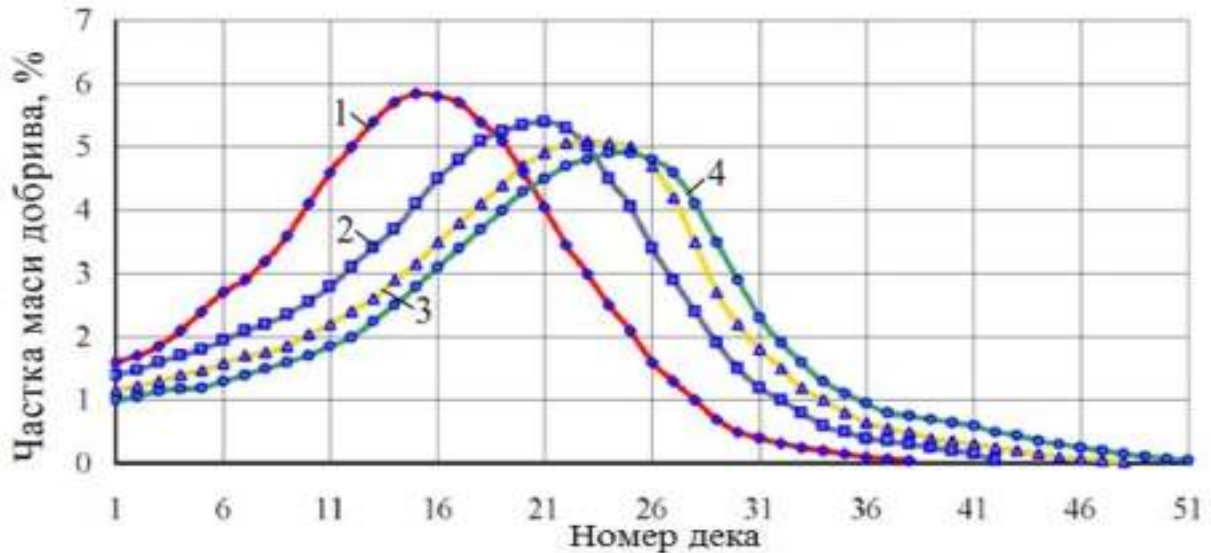


Рис. 4.7. Залежність розподілу нітроамафоски ТРОН за напрямком її розсівання по деках за частоти обертання диска 800 об/хв та кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0° , 10° , 20° , 30°

Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини до 20° призводить до зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски до 24 м (48-е деко), а також до зростання відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива (5,1 %) до 24 м (12-е деко). Збільшення кута установки диска до горизонтальної площини до 30° призводить до зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски до 25,5 м (51-е деко) та відстані від ТРОН до дека, в яке висівається максимальна частка маси добрива (4,9 %), до 12,5 м (25-е деко).

Отже, за результатами досліджень було встановлено, що за частоти обертання диска ТРОН 800 об/хв зміна кута установки його диска від 0° до:

- 10° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 10,5 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 40 % та зменшення зазначеної частки маси нітроамофоски у 1,08 рази;

- 20° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 26,3 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 60 % та зменшення зазначеної частки маси нітроамофоски у 1,15 рази;

- 30° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 34,2 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою висіяного добра – на 66,7 % та зменшення зазначеної частки маси нітроамофоски у 1,19 рази.

За постійної частоти обертання диска ТРОН на всіх кінематичних режимах його роботи збільшення кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини призводило до зростання показників, які характеризують розподіл нітроамофоски по деках за напрямком її розсівання. Зокрема, за частоти обертання диска ТРОН 800 об/хв, зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски становить за збільшення кута нахилу диска ТРОН від горизонтального його положення до: 10° – 10,5 %, 20° – 26,3 %, 30° – 34,2 %, а збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива буде становити: 10° – 40 %, 20° – 60 %, 30° – 66,7 %.

Викладене підтверджує, що зміною частоти обертання диска можна регулювати ширину розсівання нітроамофоски, аналогічно як це має місце в сучасних машинах для внесення добрив за горизонтального положення диска.

Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини призводить до зростання показників, які характеризують дальність розсівання нітроамофоски і робочу ширину захвату машини для внесення мінеральних добрив. При цьому інтенсивність збільшення зазначених показників є найбільш високою при

збільшенні кута нахилу диска до горизонтальної площини від 0° до 10° і зменшується по мірі його наступного збільшення до 30° .

Отже, ТРОН з похилою віссю обертання забезпечує зростання показників, що характеризують розподіл нітроамофоски за напрямком її розсівання, на більшу відстань ніж забезпечує ТРО (з вертикальною віссю обертання). Таким чином, підтверджується гіпотеза щодо можливості збільшення робочої ширини захвату машин для внесення мінеральних добрив на операції внесення нітроамофоски шляхом обладнання таких машин ТРОН.

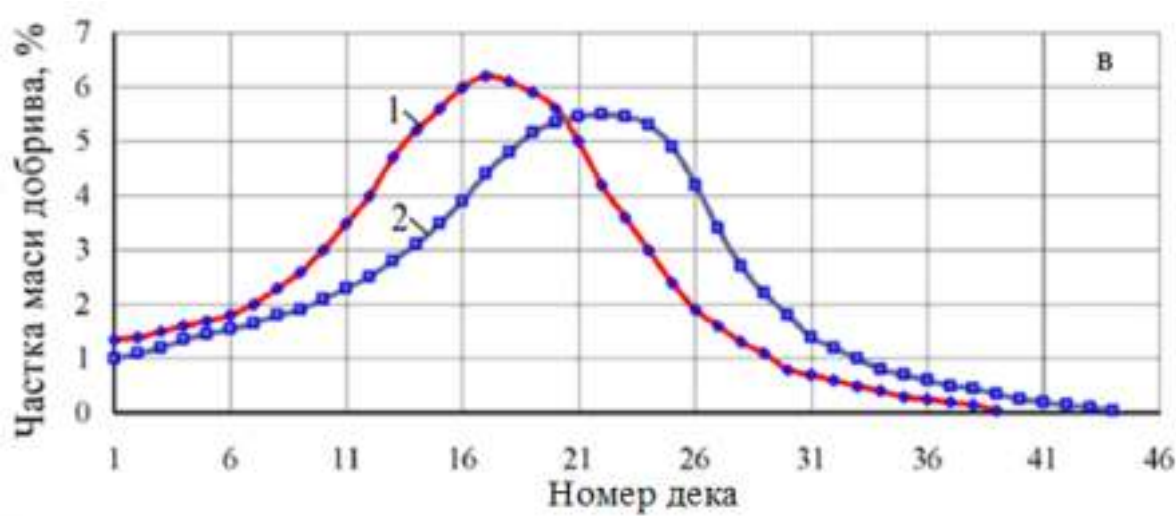
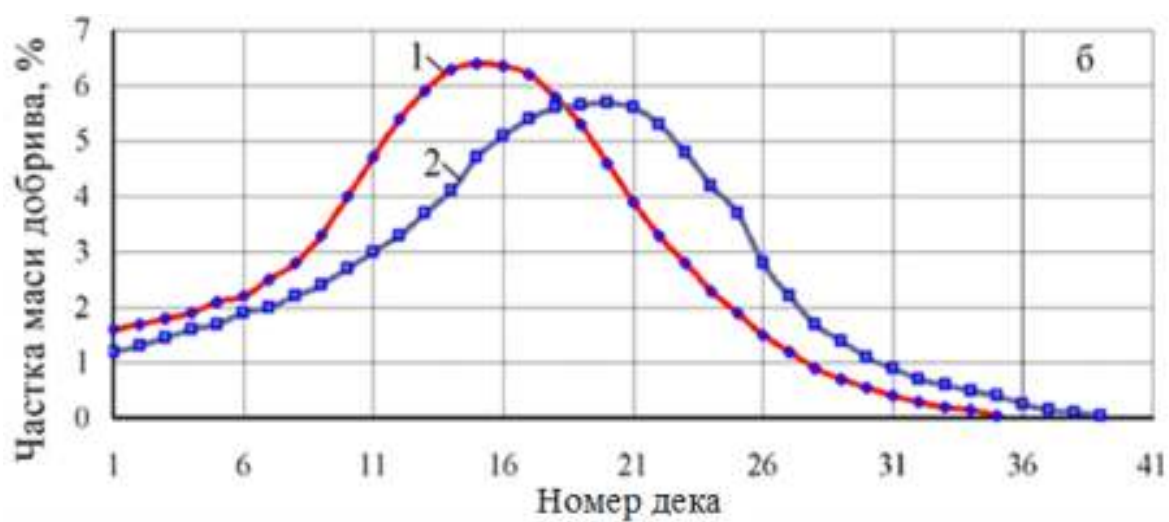
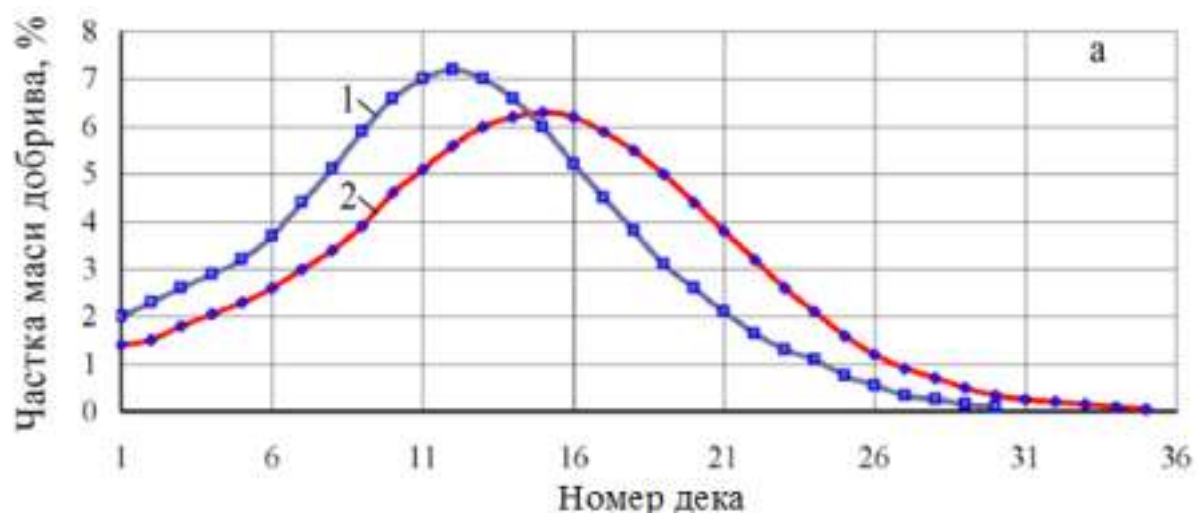
4.4 Розподіл селітри аміачної за напрямком її розсівання

За результатами дослідження впливу частоти обертання диска ТРОН на характер розподілу селітри аміачної за напрямком її розсівання побудовано графічні залежності, які наведено на рис. 4.8.

Встановлено, що за горизонтального положення диска та частоти його обертання 600 об/хв ефективна дальність розсівання селітри аміачної за напрямком її розподілу сягає 30-го дека включно (15 м), максимальна частка добрива (7,2 %) висівається в 12-е деко (6 м).

Збільшення частоти обертання диска ТРОН до 800 об/хв призводить до зростання довжини ділянки, на якій ефективно розсівається селітра аміачна, до 35-го дека включно (17,5 м). При цьому максимальна частка маси добрива (6,3 %) висівається в 15-е деко (7,5 м).

Отже, за горизонтального положення диска ТРОН збільшення частоти його обертання від 600 об/хв до 800 об/хв призводить до зростання ефективної дальності розсівання селітри аміачної на 16,7 %, відстань від ТРОН до дека, в яке поступила максимальна частка маси висіяного добрива, зростає на 25 %, а максимальна частка маси добрива, висіяного в дека, зменшилась в 1,14 раза.



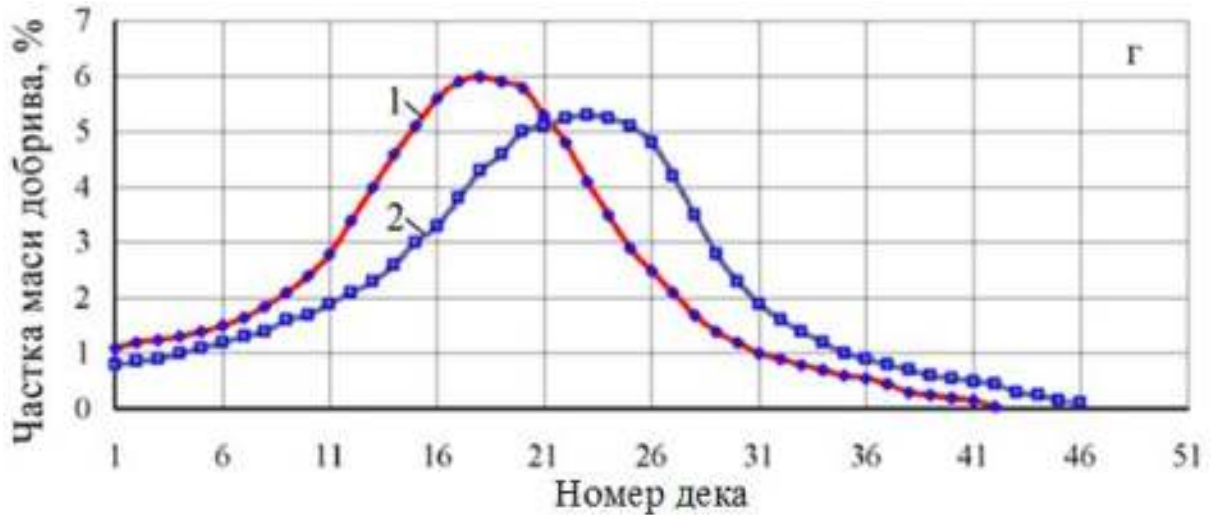


Рис. 4.8. Залежність розподілу селітри аміачної ТРОН за напрямком її розсівання по деках від частоти обертання диска: а, б, в, г – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0° , 10° , 20° , 30° ; 1, 2 – частота обертання диска відповідно 600 об/хв та 800 об/хв

Аналогічні закономірності впливу частоти обертання диска ТРОН на розподіл селітри аміачної за напрямком її розсівання мають місце і за умови збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини до 30° (рис. 4.8 б – 4.8 г). Як видно з графічних залежностей, криві 2, які відповідають характеру розподілу селітри аміачної за частоти обертання диска 800 об/хв, суттєво зміщені вправо у порівнянні з кривими 1, які відповідають характеру розподілу селітри аміачної за частоти обертання диска 600 об/хв.

Проаналізуємо вплив кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини на показники розподілу селітри аміачної по деках за напрямком її розсівання.

За частоти обертання диска ТРОН 600 об/хв та кута установки його диска до горизонтальної площини 10° (рис. 4.9) селітра аміачна ефективно розсівається на ділянці до 35-го дека (18,5 м) включно, а максимальна частка добрива (6,4 %) висівається в 15-е деко (7,5 м). У варіанті установки диска під кутом до горизонтальної площини 20° ефективне розсівання селітри аміачної

відбувається на ділянці до 39-го дека (19,5 м) включно, а максимальна частка маси добрива (6,2 %) висівається в 17-е деко (8,5 м). Збільшення кута установки диска до горизонтальної площини до 30° призводить до зростання ефективної дальності розсівання селітри аміачної до 21 м (42-е деко), максимальна частка маси добрива (6 %) висівається у 18-е деко (9 м).

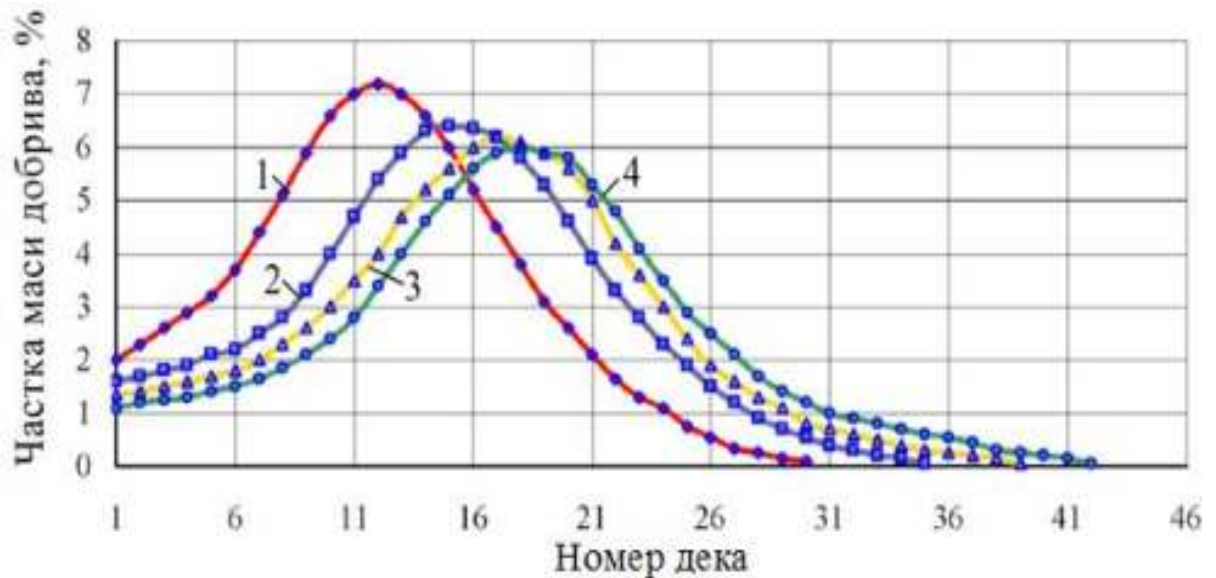


Рис. 4.9. Залежність розподілу селітри аміачної ТРОН за напрямком її розсівання по деках за частоти обертання диска 600 об/хв від кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0° , 10° , 20° , 30°

Таким чином, було встановлено, що за частоти обертання диска ТРОН 600 об/хв зміна кута установки диска ТРОН від 0° до:

- 10° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання селітри аміачної на 16,7 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 25 % та зменшення зазначеної частки маси селітри аміачної у 1,13 раза;

- 20° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання селітри аміачної на 30 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 41,7 % та зменшення зазначеної частки маси селітри аміачної у 1,16 раза;

- 30° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання селітри аміачної на 40 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 50 % та зменшення зазначеної частки маси селітри аміачної у 1,2 раза.

За частоти обертання диска ТРОН 800 об/хв та кута установки його диска до горизонтальної площини 10° (рис. 4.10) селітра аміачна ефективно розсівається на ділянці до 39-го дека (19,5 м) включно, а максимальна частка маси добрива (5,7 %) висівається в 20-е деко (10 м).

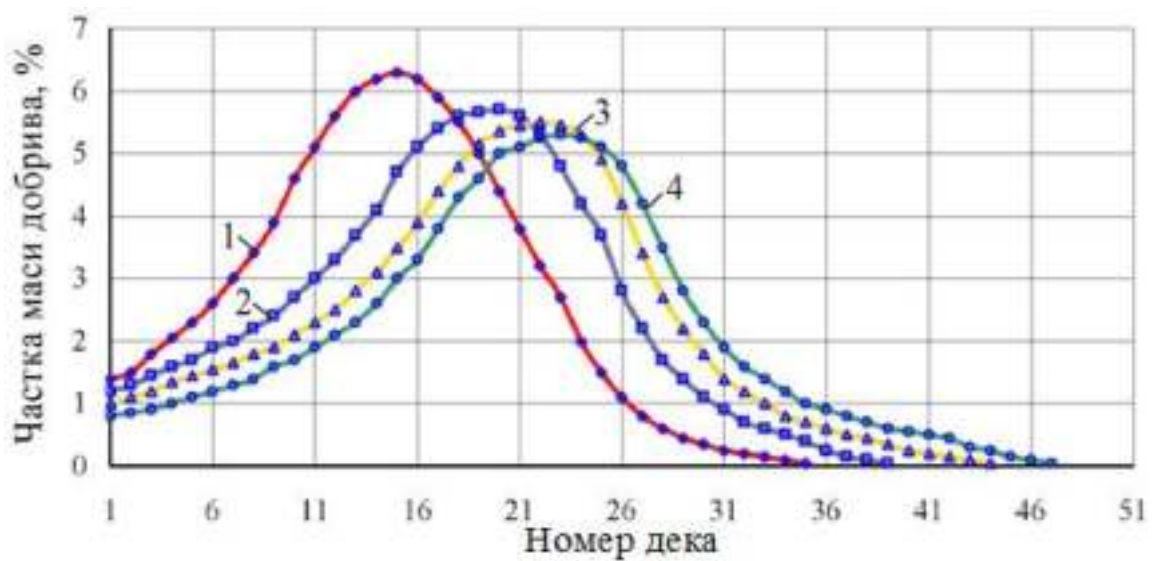


Рис. 4.10. Залежність розподілу селітри аміачної ТРОН за напрямком її розсівання по деках за частоти обертання диска 800 об/хв та кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0°, 10°, 20°, 30°

У варіанті установки диска під кутом до горизонтальної площини 20° ефективно розсівання селітри аміачної відбувається на ділянці до 44-го дека (22 м) включно, а максимальна частка маси добрива (5,5 %) висівається в 22-е деко (11 м). Збільшення кута установки диска до горизонтальної площини до 30° призводить до зростання ефективної дальності розсівання селітри аміачної до 23,5 м (47-е деко), максимальна частка маси добрива (5,3 %) висівається в 23-є деко (11,5 м).

Таким чином, було встановлено, що за частоти обертання диска ТРОН 800 об/хв зміна кута установки диска ТРОН від 0° до:

- 10° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання селітри аміачної на 11,4 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 33,3 % та зменшення зазначеної частки маси селітри аміачної у 1,1 раза;

- 20° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання селітри аміачної на 25,7 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 46,7 % та зменшення зазначеної частки маси селітри аміачної у 1,15 раза;

- 30° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання селітри аміачної на 34,3 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 53,3 % та зменшення зазначеної частки маси селітри аміачної у 1,19 раза.

Результати дослідження розподілу селітри аміачної ТРОН за напрямком її розсівання по деках показують, що за збільшення частоти обертання диска від 600 об/хв до 800 об/хв в межах усіх досліджуваних значень кута установки диска ТРОН до горизонтальної площини, має місце зростання як ефективної дальності розсівання селітри аміачної, так і відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива. Наприклад, збільшення ефективної дальності розсівання селітри аміачної становить за кута: 0° – 16,7 %, 10° – 11,4 %, 20° – 12,8 %, 30° – 11,9 %, а збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива буде становити за кута: 0° – 25,0 %, 10° – 33,3 %, 20° – 29,4 %, 30° – 27,8 %.

При постійній частоті обертання диска ТРОН на всіх кінематичних режимах його роботи збільшення кута установки диска до горизонтальної площини призводило до зростання показників, які характеризують розподіл селітри аміачної по деках за напрямком її розсівання. Зокрема, за частоти

обертання диска ТРОН 800 об/хв, зростання ефективної дальності розсівання селітри аміачної становить при збільшенні кута нахилу диска ТРОН від горизонтального його положення до: 10° – 11,4 %, 20° – 25,7 %, 30° – 34,3 %, а збільшення відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива буде становити: 10° – 33,3 %, 20° – 46,7 %, 30° – 53,3 %.

Викладене підтверджує, що зміною частоти обертання диска ТРОН можна регулювати ширину розсівання селітри аміачної, аналогічно як це має місце в сучасних машинах для внесення добрив за горизонтального положення диска в ТРО.

Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини призводить до зростання показників, які характеризують дальність розсівання селітри аміачної і робочу ширину захвату машини для внесення мінеральних добрив. При цьому інтенсивність збільшення зазначених показників є найбільш високою за збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини від 0° до 10° і зменшується по мірі його наступного збільшення до 30° .

Отже, ТРОН забезпечує зростання показників, що характеризують розподіл селітри аміачної за напрямком її розсівання, на більшу відстань ніж забезпечує ТРО (з вертикальною віссю обертання). Таким чином підтверджується гіпотеза щодо можливості збільшення робочої ширини захвату машин для внесення мінеральних добрив на операції внесення селітри аміачної шляхом обладнання таких машин ТРОН.

4.5 Дослідження нерівномірності розподілу мінеральних добрив за напрямком їх розсівання

Для дослідження впливу частоти обертання диска та кута його нахилу до горизонтальної площини на нерівномірність розподілу добрив за напрямом їх розсівання (тобто за напрямом, який перпендикулярний до осі

експериментальної установки) було реалізовано двохфакторний експеримент з декількома рівнями варіювання факторів.

У результаті проведених експериментальних досліджень нерівномірності розподілу добрив за напрямом їх розсівання встановлено: збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини призводить до несуттєвого зростання коефіцієнта варіації розподілу добрив по деках за напрямом їх розсівання. Однак така закономірність на буде негативно впливати на якість внесення мінеральних добрив машиною, обладнаною ТРОН. Це можна пояснити тим, що за збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини кут між вектором абсолютної швидкості сходження добрив з ТРОН до горизонтальної площини в центрі дуги, яка охоплює робочий кут ТРОН, має вищу інтенсивність зростання ніж на її периферії. У процесі роботи машини, обладнаної ТРОН, добрива сходять з нього у вигляді віяла з центральним кутом близьким до 90° . У зв'язку з цим буде мати місце послідовне накладання на порції добрива, які потрапили раніше на залікові майданчики (в дека), порцій добрива, які, в процесі руху машини, зійшли пізніше з ТРОН.

Окрім того, було встановлено, що збільшення частоти обертання диска ТРОН забезпечує зменшення нерівномірності розсівання всіх видів добрив за напрямком їх розсівання.

Математичний опис процесів здійснювався шляхом отримання рівнянь регресії. Для цього приймали:

n – частота обертання диска ТРОН в натуральному значенні;

α – кут нахилу диска до горизонтальної площини в натуральному значенні;

X_1 – частота обертання диска в кодованому значенні;

X_2 – кут нахилу диска до горизонтальної площини в кодованому значенні.

Рівняння регресії, які описують характер розподілу суперфосфату гранульованого за напрямом його розсівання ТРОН, мають вигляд:

а) в натуральних значеннях:

- у вигляді лінійної залежності:

$$y = 47,88 - 0,0404n + 0,3393\alpha; \quad (4.1)$$

- у вигляді поліноміальної залежності:

$$y = 18,2533 + 0,0992n - 0,3063\alpha - 0,000092n^2 + 0,0037\alpha^2 + 0,00011n\alpha; \quad (4.2)$$

б) в кодированих значеннях:

- у вигляді лінійної залежності:

$$y = 42,7467 - 8,07X_1 + 3,9333X_2; \quad (4.3)$$

- у вигляді поліноміальної залежності:

$$y = 44,8333 - 7,963X_1 + 3,7667X_2 - 3,69X_{12} + 0,3733 X_{22} + 0,214X_1X_2. \quad (4.4)$$

Із аналізу отриманих рівнянь регресії нескладно зробити висновок, що найбільш вагомий вплив на коефіцієнт варіації розподілу суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання має частота обертання диска ТРОН.

За результатами реалізації двофакторного експеримента отримано залежність коефіцієнта варіації розподілу нітроамофоски за напрямком її розсівання від кута нахилу диска та частоти його обертання. Аналогічно до результатів досліджень розсівання суперфосфату гранульованого встановлено, що найбільш вагоме значення на нерівномірність розсівання добрив за напрямом їх сходження з ТРОН має частота обертання диска.

Рівняння регресії, яке отримано на основі регресійного аналізу експериментальних даних і описує вплив частоти обертання диска ТРОН і кута його нахилу до горизонтальної площини на коефіцієнт варіації розсівання нітроамофоски за напрямком її сходження з ТРОН, має вигляд:

а) в натуральних значеннях:

- у вигляді лінійної залежності:

$$y = 65,867 - 0,056n + 0,255\alpha; \quad (4.5)$$

- у вигляді поліноміальної залежності:

$$y = 80,46 - 0,0312n - 0,3825 \alpha - 0,000037n^2 + 0,0018 \alpha^2 + 0,00046n \alpha; \quad (4.6)$$

б) в кодovаних значеннях:

- у вигляді лінійної залежності:

$$y = 41,12 - 11,28X_1 + 2,547X_2; \quad (4.7)$$

- у вигляді поліноміальної залежності:

$$y = 41,9333 - 10,821X_1 + 2,7267X_2 - 1,49X_1^2 + 0,18 X_2^2 + 0,918X_1X_2. \quad (4.8)$$

Аналіз рівнянь регресії підтверджує суттєвий вплив на нерівномірність розсівання нітроамофоски за напрямом її сходження з ТРОН значення частоти обертання диска.

Рівняння регресії впливу частоти обертання диска і кута його нахилу до горизонтальної площини на нерівномірність розподілу селітри аміачної за напрямком її розсівання мають такий вигляд:

а) в натуральних значеннях:

- у вигляді лінійної залежності:

$$y = 42,8143 - 0,0545n + 0,657\alpha; \quad (4.9)$$

- у вигляді поліноміальної залежності:

$$y = -101,4 - 0,0574n + 4,6034\alpha - 0,0256\alpha^2; \quad (4.10)$$

б) в кодovаних значеннях:

- у вигляді лінійної залежності:

$$y = 49,6395 - 10,9067X_1 + 6,8052X_2; \quad (4.11)$$

- у вигляді поліноміальної залежності:

$$y = 48,3022 - 10,92X_1 + 7,8478X_2 + 0,2467X_1^2 + 0,9122 X_2^2 - 0,04X_1X_2. \quad (4.12)$$

На нерівномірність розсівання гранул селітри аміачної за напрямком її сходження з ТРОН найбільший вплив має значення частоти обертання диска.

Отримані результати можуть слугувати тільки для аналізу та попереднього вибору раціональних параметрів і режимів роботи ТРОН. А для

отримання показників нерівномірності внесення добрив на робочій ширині захвату машини, обладнаної двома ТРОН, коли з кожного ТРОН добриво сходить не окремою полоскою, а віялом з центральним кутом близьким до 90° , необхідно проводити польові дослідження, в процесі яких трактор з машиною для внесення добрив буде проїжджати залікову ділянку, на якій за стандартною методикою будуть установлені дека для збору висіяного добрива.

4.6 Дальність розсівання мінеральних добрив

З метою визначення адекватності теоретичних залежностей, які отримані в результаті математичного моделювання процесу розсівання добрив, були проведені експериментальні дослідження впливу кута нахилу диска до горизонтальної площини на дальність розсівання селітри аміачної (рис. 4.11).

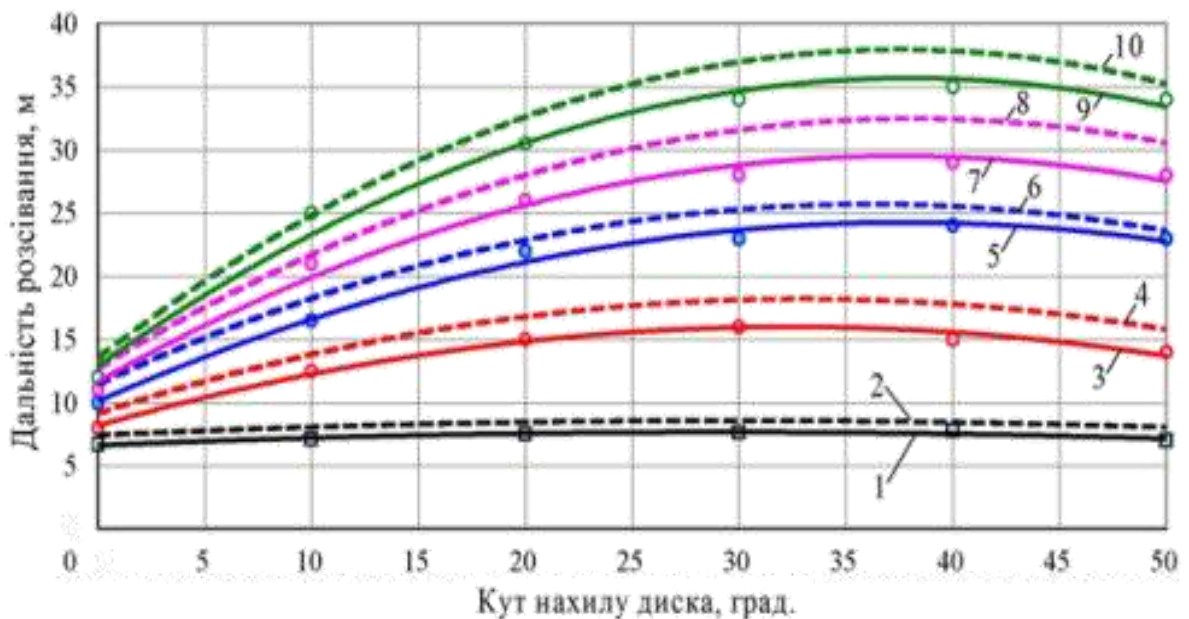


Рис. 4.11. Залежність дальності розсівання гранул селітри аміачної ТРОН від кута нахилу його диска до горизонтальної площини: 1, 3, 5, 7, 9 – експериментальні, діаметр частинок добрива відповідно 1 мм, 2, 3, 4, 5 мм; 2, 4, 6, 8, 10 – теоретичні, діаметр частинок добрива відповідно 1 мм, 2, 3, 4, 5 мм

У процесі досліджень, як було вже відмічено у методиці проведення експериментальних досліджень, при визначенні дальності розсівання гранул певного розміру до уваги приймалась дальність розсівання тільки тих гранул, які досягали дека, що було розміщене на максимальній відстані від ТРОН.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що за збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини від 0° до 40° зростає дальність розсівання гранул селітри аміачної (рис. 4.11, криві 1, 3, 5, 7, 9). При подальшому збільшенні кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини дальність польоту частинок добрива плавно зменшується. Подібні тенденції спостерігаються при різних розмірах частинок селітри аміачної.

Установлено, що результати теоретичних досліджень щодо визначення абсолютної швидкості сходження гранул добрив з ТРОН і кута між вектором зазначеної швидкості та горизонтальною площиною, які були використанні для визначення теоретичної дальності розсівання селітри аміачної за відомою методикою, є адекватними результатам, які отримано експериментально.

4.7 Робоча ширина захвату машини для внесення мінеральних добрив

Дослідження впливу кута нахилу дисків ТРОН до горизонтальної площини на робочу ширину захвату, тобто ширину, при якій нерівномірність внесення добрива не перевищує $\pm 20\%$, проводилися на внесенні суперфосфату гранульованого за робочої швидкості руху агрегата для внесення мінеральних добрив 12,5 км/год. згідно ГОСТ 28714–2007.

На рис. 4.12 а наведено результати визначення характеру розподілу суперфосфату гранульованого по деках, які були установлені за схемою, наведеною на рис. 3.6.

В процесі досліджень сумарна дальність ефективного розсівання суперфосфату гранульованого, тобто ширина його внесення машиною, обладнаною двома ТРОН, становила 58 м.

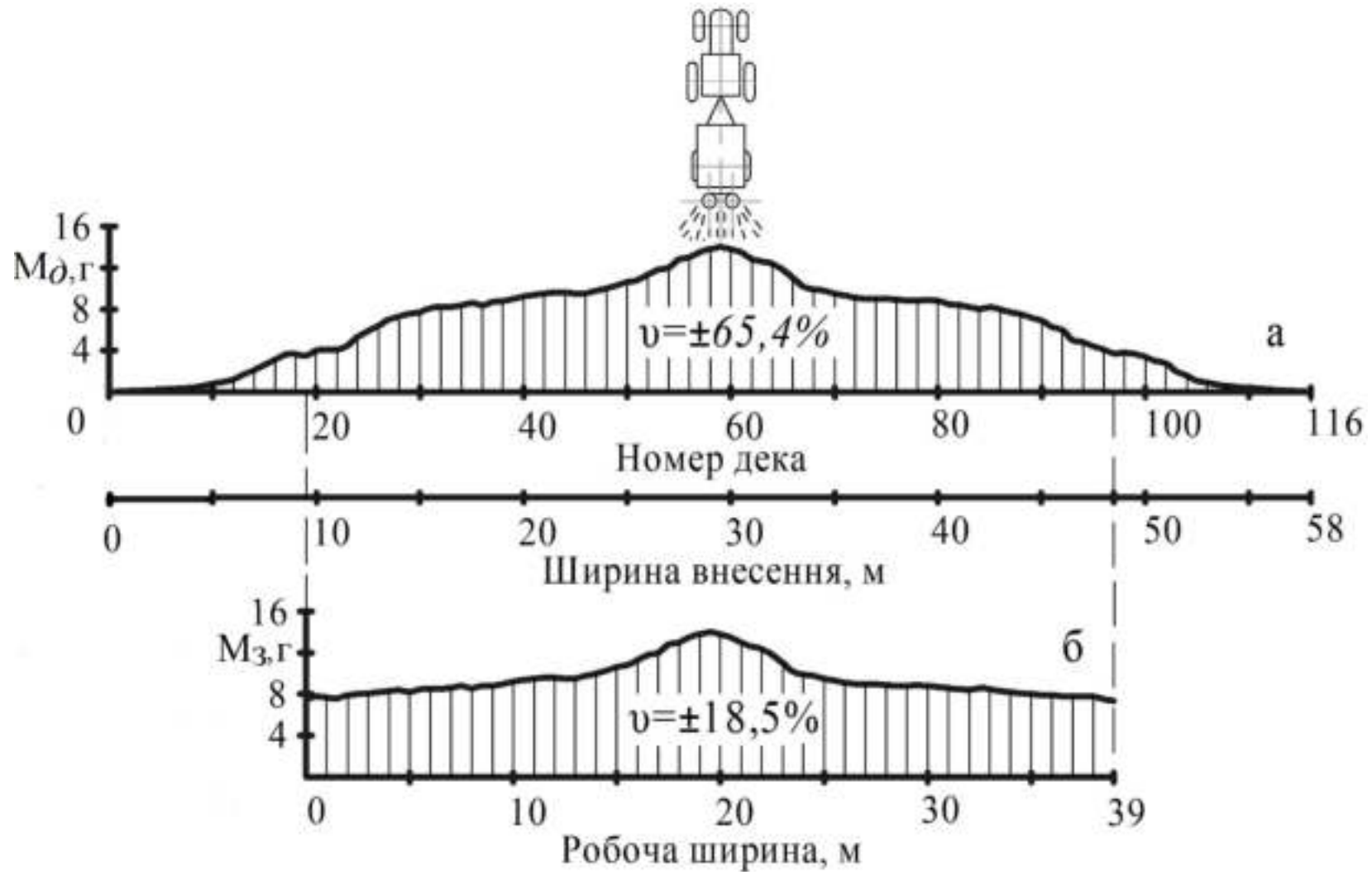


Рис. 4.12. Розподіл маси суперфосфату гранульованого:
а, б – відповідно на ширині внесення (M_0) та на робочій ширині (M_3)

Нерівномірність внесення суперфосфату гранульованого на ширині 58 м становила $\pm 65,4\%$, що не задовольняє агротехнічні умови на внесення мінеральних добрив. У зв'язку з цим для визначення робочої ширини захвату машини спочатку визначали значення перекриття суміжних проходів агрегата, які вибирали таким чином, щоб нерівномірність внесення суперфосфату гранульованого на робочій ширині захвату не перевищувала $\pm 20\%$. Як видно з рис. 4.12 б, така умова задовольняється за робочої ширини захвату 39 м. При цьому нерівномірність внесення суперфосфату на робочій ширині захвату становила $\pm 18,5\%$.

Окрім того, була проведена велика серія дослідів з метою вивчення впливу кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини на робочу ширину захвату машини. В результаті проведених досліджень встановлено (рис. 4.13), що збільшення кута нахилу дисків до горизонтальної площини призводить до зростання робочої ширини захвату машини. Однак особливістю є те, що збільшення зазначеного кута на однакову величину, але за різних його значень, дає різну прибавку збільшення робочої ширини захвату.

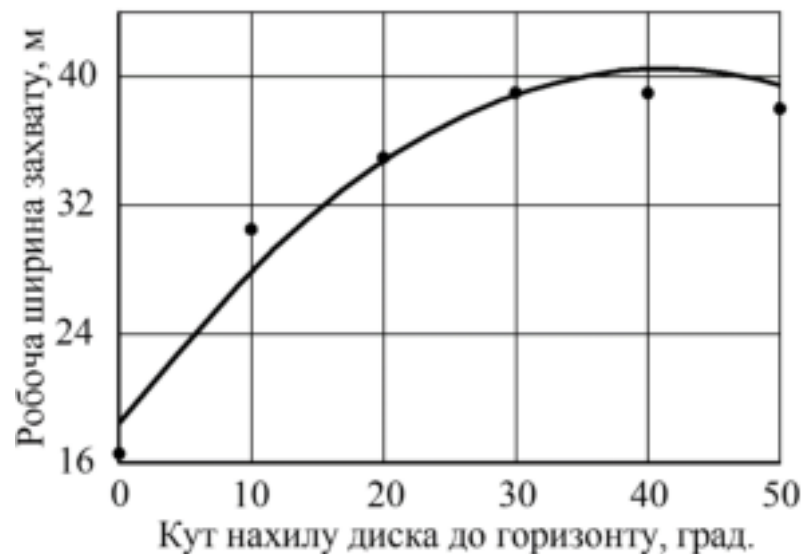


Рис. 4.13. Залежність робочої ширини захвату машини, обладнаної двома ТРОН, від кута нахилу дисків до горизонтальної площини на внесенні суперфосфату гранульованого

Найбільш інтенсивне зростання робочої ширини захвату машини (84,8 %) має місце за збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини від 0° до 10° . При цьому робоча ширина захвату машини зростає з

16,5 м до 30,5 м, тобто в 1,85 раза. Наступне збільшення кута установки диска до горизонтальної площини від 10° до 20° призводить до зростання робочої ширини захвату машини на 14 % (з 30,5 м до 35,0 м), тобто в 1,15 раза.

Збільшення кута установки диска від 20° до 30° призводить до зростання робочої ширини захвату машини в 1,11 раза (або на 11,4%). Збільшення кута установки диска до горизонтальної площини від 30° до 40° за умови забезпечення внесення добрива з нерівномірністю до $\pm 20\%$ не призводило до зростання робочої ширини захвату машини.

Базуючись на наведених результатах досліджень, можна зробити висновок: раціональні значення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини знаходяться в межах $25 - 30^\circ$. Окрім того, необхідно відмітити, що в процесі проведення польових досліджень нерівномірність внесення мінеральних добрив на робочій ширині захвату не перевищувала $\pm 20\%$, а за напрямком руху – $\pm 10\%$, що відповідає вимогам до якості виконання процесу внесення мінеральних добрив.

Залежність робочої ширини захвату B машини для внесення мінеральних добрив від кута нахилу дисків до горизонтальної площини α найкраще апроксимується рівнянням поліному другої степені, яке має такий вигляд:

$$B = -0,0204 \alpha^2 + 1,3493 \alpha + 17,229. \quad (4.13)$$

Подібні закономірності мають місце і для інших видів мінеральних добрив.

Висновки за розділом

1. При визначенні характеристик добрив, які використовувалися в процесі експериментальних досліджень, встановлено, що у суперфосфаті гранульованому, нітроамофосці та селітрі аміачній домінують гранули розміром $\geq 2 - \leq 3$ мм, частка яких відповідно становить 40,2 %, 60,5 та 69,7 %. Тому на характер розподілу зазначених добрив в процесі розсівання вагомий

вплив будуть мати гранули інших фракцій. Це, в свою чергу, і визначатиме нерівномірність розсівання добрив.

2. У результаті експериментальних досліджень встановлено, що ТРОН надійно забезпечує виконання технологічного процесу за зміни частоти обертання його диска від 600 об/хв до 1000 об/хв і кута установки диска до горизонтальної площини від 0° до 40° .

3. Раціональні значення частоти обертання диска ТРОН, обґрунтовані вченими в попередні роки для ТРО з вертикальною віссю обертання, виходячи з міцності гранул різних видів мінеральних добрив, доцільно використовувати і при застосуванні ТРОН, а саме: на внесенні суперфосфату гранульованого – 1000 об/хв, а азотних та комплексних видів добрив – 800 об/хв.

4. Збільшення як частоти обертання диска ТРОН від 600 об/хв до 1000 об/хв, так і кута його нахилу до горизонтальної площини від 0° до 30° призводило до:

- суттєвого зміщення всієї маси висіяної добрив від ТРОН за напрямком їх розсівання;
- збільшення ефективної дальності розсівання мінеральних добрив;
- збільшення відстані від ТРОН до дека, в яке висіялась максимальна частка маси добрив;
- відносного зменшення максимальної частки маси добрив висіяних в деко.

5. За всіх досліджуваних кінематичних режимів роботи ТРОН ефективна дальність розсівання мінеральних добрив та відстань від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива найбільш стрімко зростає за збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 0° до 10° , а менше - за зміни значеного кута в межах 20° – 30° .

6. Збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 0° до 30° за частоти обертання диска 1000 об/хв призводить до зростання: ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 34,9 %,

відстані від ТРОН до деко з максимальною часткою маси висіяного добрива на 45,0 % та зменшення зазначеної частки маси добрива у 1,23 раза.

7. Збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 0° до 30° за частоти обертання диска 800 об/хв призводить до зростання: ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 34,2 %, відстані від ТРОН до деко з максимальною часткою маси висіяного – на 66,7 % та зменшення зазначеної частки маси нітроамофоски у 1,19 раза, а при розсіванні селітри аміачної має місце збільшення ефективної дальності розсівання на 34,3 %, відстані від ТРОН до деко з максимальною часткою маси висіяного добрива - на 53,3 % та зменшення зазначеної частки маси добрива у 1,19 раза.

8. Кращі показники внесення добрив як за робочою шириною захвату, так і за нерівномірністю внесення добрив забезпечуються за кута нахилу диску ТРОН до горизонтальної площини в межах 20° – 30° .

9. Машини, обладнані ТРОН, будуть забезпечувати внесення гранульованих добрив з робочою шириною захвату до 39 м, при цьому нерівномірність їх внесення на робочій ширині захвату не перевищуватиме $\pm 20\%$ і за напрямом руху агрегата $\pm 10\%$, що задовольняє агротехнічні вимоги на машини для внесення мінеральних добрив.

РОЗДІЛ 5

ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА, ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБКИ

5.1 Результати виробничої перевірки розробки

Для визначення показників якості виконання технологічного процесу була проведена виробнича перевірка роботи машини для внесення мінеральних добрив МРД–8 (рис. 5.1), яку обладнали двома ТРОН (рис. 5.2).

Виробнича перевірка проводилась в умовах Дослідного підприємства «Дослідне господарство «Оленівське» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» (с. Оленівка Фастівського району Київської області) на операції внесення мінеральних добрив на поверхню ґрунту перед його обробітком.



Рис. 5.1. Загальний вигляд машини МРД-8, обладнаної двома ТРОН, під час виробничої перевірки



Рис. 5.2. Загальний вигляд дослідного зразка ТРОН під час виробничої перевірки (для наочності частота обертання диска ТРОН становила 350 об/хв)

Машина МРД-8, обладнана двома ТРОН, агрегатувалась з трактором тягового класу 3,0 і використовувалась на операції основного внесення суперфосфату гранульованого і нітроамофоски.

Доза внесення суперфосфату гранульованого становила 400 кг/га, а нітроамофоски – 300 кг/га.

Мінеральні добрива при внесенні мали наступний гранулометричний склад:

- суперфосфат гранульований: $d \leq 1$ мм – 5,0 %; $1 \text{ мм} \leq d < 2$ мм – 20,3 %; $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм – 40,7 %; $3 \text{ мм} \leq d < 4$ мм – 23,4 %; $d \geq 4$ мм – 10,6 %;
- нітроамофоска: $d \leq 1$ мм – 2,1 %; $1 \text{ мм} \leq d < 2$ мм – 32,3 %; $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм – 59,1 %; $d \geq 3$ мм – 6,5 %.

У процесі виробничої перевірки порівнювали показники ефективності роботи машини МРД-8, яка обладнана двома ТРОН (вдосконалена машина), з

показниками ефективності її роботи, коли вона була обладнана серійними ТРО (базова машина). Такими показниками ефективності роботи було прийнято: робочу швидкість агрегатів, їх робочу ширину захвату, нерівномірність внесення добрив на ширині захвату і за напрямком руху агрегата та відхилення дози внесення добрив від установленої.

Показники роботи машин, які вони мали в процесі виробничої перевірки, наведено табл. 5.1.

Таблиця 5.1.

Результати виробничої перевірки машини МРД–8,
обладнаної двома ТРОН

Показник	Базова машина	Вдосконалена машина
Робоча швидкість, км/год	12	12
Робоча ширина захвату, м	20,0	39,0
Нерівномірність розподілу добрив на робочій ширині захвату, %	18,3; 19,4	18,4; 19,2
Нерівномірність розподілу добрив за напрямком руху агрегату, %	9,2; 9,8	8,9; 9,6
Відхилення дози внесення добрив від установленої, %	8,3; 8,5	7,2; 8,9

Аналіз результатів виробничої перевірки підтверджує стабільність і ефективність виконання технологічного процесу внесення гранульованих мінеральних добрив вдосконаленою машиною, яка обладнана дослідними ТРОН.

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності розробки

Економічну ефективність розробки визначали шляхом порівняння економічних показників базової і модернізованої машини.

Економічні показники визначали згідно відомої методики [42].

За базову модель було прийнято машину МРД-8, що агрегується з трактором тягового класу 3,0. Вдосконалена машина – це машина, створена на базі машини МРД–8 шляхом обладнання її ТРОН замість серійних ТРО.

При розрахунку показників економічної ефективності враховували ефект від збільшення робочої ширини захвату на внесенні гранульованих видів мінеральних добрив.

Вихідні умови для проведення розрахунку показників економічної ефективності наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Вихідні умови для розрахунку показників економічної ефективності

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Робоча ширина захвату машини, м	20,0	39,0
Робоча швидкість руху машини, км/год	12	12
Питома витрата пального, л/га	1,88	1,10
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Для розрахунку визначимо продуктивність базової і модернізованої машини за формулою:

$$W_3 = W_0 \tau = 0,1B \cdot V \cdot \tau, \quad (5.1)$$

де W_3 – продуктивність за 1 годину змінного часу, га/год;

W_0 – продуктивність за 1 годину основного часу, га/год;

τ – коефіцієнт ефективного використання часу зміни ($\tau = 0,7$);

B – робоча ширина захвату машини, м;

V – робоча швидкість руху машини, км/год.

На основі проведених розрахунків було встановлено:

– для базової машини:

$$W_0 = 0,1 \cdot 20 \cdot 12 = 24,0 \text{ га/год,}$$

$$W_3 = 24,0 \cdot 0,7 = 16,8 \text{ га/год;}$$

– для модернізованої машини:

$$W_0 = 0,1 \cdot 39 \cdot 12 = 46,8 \text{ га/год,}$$

$$W_3 = 46,8 \cdot 0,7 = 32,8 \text{ га/год.}$$

Для визначення приведених експлуатаційних витрат визначимо їх складові:

1) витрати на оплату праці C_1 :

$$C_1 = \frac{\sum L_i CT_i}{W_3}, \quad (5.2)$$

де L_i – кількість робітників відповідного класу, зайнятих на цій роботі, люд;

CT_i – погодинна ставка робітника цього класу, грн / год·люд (для тракториста погодинна ставка становить 18,62 грн / год·люд):

– для базової машини:

$$C_1 = 1 \cdot 18,62 : 16,8 = 1,11 \text{ грн/га;}$$

– для модернізованої машини:

$$C_1 = 1 \cdot 18,62 : 32,8 = 0,57 \text{ грн/га;}$$

2) витрати на паливо-мастильні матеріали C_2 :

$$C_2 = \Pi_{II} \cdot \Phi, \quad (5.3)$$

де Π_{II} – комплексна вартість пального, грн/л (23 грн/л);

Φ – питома витрата пального, л/га.

Для базової і модернізованої машин питома витрата пального в процесі виробничої перевірки відповідно становили 1,88 і 1,1 л/га.

– для базової машини:

$$C_2 = 23 \cdot 1,88 = 43,24 \text{ грн/га;}$$

– для модернізованої машини:

$$C_2 = 23 \cdot 1,10 = 25,30 \text{ грн/га;}$$

3) витрати на реновацію машини і енергетичного засобу (трактора) C_3 :

$$C_3 = \frac{B_T \cdot \frac{a_T}{T_T} \cdot T_M + \frac{B_M \cdot a_M}{T_{OM}} \cdot T_M}{T_M \cdot W_3}, \quad (5.4)$$

де a_T , a_M – норма відрахувань на реновацію трактора і машини

$$(a_T = a_M = 16,6\% \text{ або } 0,166);$$

B_T , B_M – балансова вартість трактора і машини, грн (для ХТЗ-17221 – 1500000 грн, для базової машини – 143000 грн, для модернізованої – 149000 грн);

$T_{OM} = 200$ год – нормативне річне завантаження машини, [73];

$T_T = 1350$ год – нормативне річне завантаження трактора [73].

Враховуючи співвідношення обсягів внесення машиною впродовж сезону гранульованих та дрібнокристалічних видів мінеральних добрив, а також вапна і гіпсу, встановили, що на внесенні гранульованих видів добрив річне завантаження машини буде становити 112 год ($T_M = 112$ год.).

Визначимо витрати на реновацію:

– для базової машини:

$$C_3 = \frac{1500000 \cdot \frac{0,166}{1350} \cdot 112 + \frac{143000 \cdot 0,166}{200} \cdot 112}{112 \cdot 16,8} = 18,04 \text{ грн/га};$$

– для модернізованої машини:

$$C_3 = \frac{1500000 \cdot \frac{0,166}{1350} \cdot 112 + \frac{149000 \cdot 0,166}{200} \cdot 112}{112 \cdot 32,8} = 9,39 \text{ грн/га};$$

4) витрати на ремонт і технічне обслуговування C_4 :

$$C_4 = \frac{B_T \cdot \frac{b_T}{T_T} \cdot T_M + \frac{B_M \cdot b_M}{T_{OM}} \cdot T_M}{T_M \cdot W_3}, \quad (5.5)$$

де b_T , b_M – норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування трактора і машини ($b_T = 11,5\%$ або $0,115$, $b_M = 12\%$ або $0,12$);

– для базової машини:

$$C_4 = \frac{1500000 \cdot \frac{0,115}{1350} \cdot 112 + \frac{143000 \cdot 0,12}{200} \cdot 112}{112 \cdot 16,8} = 12,71 \text{ грн/га};$$

– для модернізованої машини:

$$C_4 = \frac{1500000 \cdot \frac{0,115}{1350} \cdot 112 + \frac{149000 \cdot 0,12}{200} \cdot 112}{112 \cdot 32,8} = 6,62 \text{ грн/га};$$

Сумарні експлуатаційні витрати визначали за формулою:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (5.6)$$

Після підстановки складових у вираз (5.6) отримаємо:

– для базової машини:

$$C = 75,10 \text{ грн/га};$$

– для модернізованої машини:

$$C = 41,88 \text{ грн/га}.$$

Приведені експлуатаційні витрати визначали за формулою:

$$П = e \cdot K + C, \quad (5.7)$$

де e – нормативний коефіцієнт ефективного використання капітальних вкладень ($e = 0,15$);

K – розмір капітальних вкладень, грн/га:

$$K = \frac{B_T \cdot \frac{T_M}{T_T} + B_M \cdot \frac{T_M}{T_{OM}}}{T_M \cdot W_3}, \quad (5.8)$$

– для базової машини:

$$K = \frac{1500000 \cdot \frac{112}{1350} + 143000 \cdot \frac{112}{200}}{112 \cdot 16,8} = 108,70 \text{ грн/га};$$

– для модернізованої машини:

$$K = \frac{1500000 \cdot \frac{112}{1350} + 149000 \cdot \frac{112}{200}}{112 \cdot 32,8} = 56,59 \text{ грн/га};$$

Приведені експлуатаційні витрати становитимуть:

– для базової машини:

$$П = 91,41 \text{ грн/га};$$

– для модернізованої машини:

$$П = 50,37 \text{ грн/га.}$$

Тоді зниження приведених експлуатаційних витрат становитиме:

$$П_1 - П_2 = 91,41 - 50,37 = 41,04 \text{ грн/га.}$$

Річний економічний ефект визначали за формулою:

$$E = [П_1 - П_2] \cdot W_3 \cdot T_H, \quad (5.9)$$

або

$$E = [91,4 - 50,37] \cdot 32,8 \cdot 112 = 150764,54 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків показників економічної ефективності наведені в табл. 5.3.

Отже, в результаті розрахунків показників економічної ефективності встановлено, що річний економічний ефект від використання машини МРД-8, обладнаної двома ТРОН, становить 150764,54 грн.

5.3 Впровадження результатів досліджень

Впровадження результатів досліджень було здійснено у Дослідному підприємстві «Дослідне господарство «Оленівське» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» (с. Оленівка Фастівського району Київської області) шляхом переобладнання машини для внесення мінеральних добрив МРД-8. Для цього на машині МРД-8 серійні ТРО були замінені на ТРОН.

Упродовж 2013 року машина для внесення мінеральних добрив МРД-8, обладнана двома ТРОН, забезпечила внесення мінеральних добрив на площі 420 га (Додаток А), а в 2014 році – на площі 285 га (Додаток Б).

Таблиця 5.3.

Результати розрахунку показників економічної ефективності

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Продуктивність за 1 годину основного часу, га/год	24,0	46,8
Продуктивність за 1 годину змінного часу, га/год	16,8	32,8
Витрати на оплату праці, грн/га	1,11	0,57
Витрати на паливо-мастильні матеріали, грн/га	43,24	25,30
Витрати на реновацію, грн/га	18,04	9,39
Витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/га	12,71	6,62
Сумарні прямі експлуатаційні витрати, грн/га	75,10	41,88
Розмір капітальних вкладень, грн/га	108,70	56,59
Приведені експлуатаційні витрати, грн/га	91,41	50,37
Зменшення приведених експлуатаційних витрат, грн/га		41,04
Річний економічний ефект, грн		150764,54

Отримані дисертантом результати досліджень були використані при створенні технічних рішень, реалізованих у нових технічних засобах для внесення мінеральних добрив, які захищені сімома патентами України на винаходи №№ 74911 (Додаток В), 76226 (Додаток Г), 76327 (Додаток Д), 76362 (Додаток Е), 76501 (Додаток Є), 77024 (Додаток Ж), 77522 (Додаток З). Окрім того, на одне технічне рішення отримано деклараційний патент на корисну модель №№ 12794 (Додаток И), а на інші два технічних рішення отримано деклараційні патенти на винахід 62160 (Додаток І), 63703 (Додаток Ї).

Результати науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, які були виконані як самим дисертантом, так і за його участі, використані Дослідним конструкторсько-технологічним бюро Інституту механізації та електрифікації сільського господарства при розробленні і виготовленні на замовлення підприємств України дослідних партій машин для внесення твердих мінеральних добрив МРД-5 (Додаток Й) і МРД-8 (Додаток К), загальний вигляд яких наведено на рис. 5.3.



а



б

Рис.5.3. Загальний вигляд машин для внесення твердих мінеральних добрив:
а, б – відповідно МРД-5, МРД-8

У 2008 році розробка дисертантом машина МРД-5 була відзначена золотою медаллю XX Міжнародної виставки-ярмарку “Агро-2008” в номінації: За розробку та виробництво машин для розсіювання мінеральних добрив МРД-5 (Додаток Л). Універсальна машина для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна, на яку видано патент України № 63703, співором якого є дисертант, стала переможницею Всеукраїнського конкурсу “Винахід – 2007” у номінації “Кращий винахід у галузі агропромисловий комплексу” (Додаток М).

ТОВ “Укрсільгоспмаш” (м. Біла Церква Київської області) з використанням результатів досліджень дисертанта створило сімейство машин для розкидання мінеральних добрив РН-0,8, РН-1 та РП-2,1 (рис. 5.4), які з 2015 року виробляє серійно (Додаток Н).



а



б



в

Рис.5.4. Загальний вигляд машин для розкидання мінеральних добрив:

а, б, в – відповідно РН-0,8, РН-1 та РР-2,1

Окрім того, результати досліджень передані ТОВ “Оріхівсільмаш” (м. Оріхів Запорізької області) для проведення модернізації машин для внесення добрив, які воно виробляє серійно (Додаток О).

Висновки за розділом

1. Аналіз результатів виробничої перевірки машини для внесення мінеральних добрив, яка обладнана двома ТРОН, підтверджує стабільність і ефективність виконання технологічного процесу внесення гранульованих мінеральних добрив. При цьому було досягнуто:

- збільшення робочої ширини захвату у 1,95 раза;
- зменшення сумарних прямих експлуатаційних витрат на 33,22 грн/га;
- зменшення приведених експлуатаційних витрат на 41,04 грн/га.

2. Річний економічний ефект від використання машини для внесення мінеральних добрив, обладнаної удосконаленими тукорозсівними робочими

органами, становить 150764,54 грн.

3. Отримані дисертантом результати досліджень були використані при створенні технічних рішень, реалізованих у нових технічних засобах для внесення мінеральних добрив, які захищені сімома патентами України на винаходи №№ 74911 (Додаток В), 76226 (Додаток Г), 76327 (Додаток Д), 76362 (Додаток Е), 76501 (Додаток Є), 77024 (Додаток Ж), 77522 (Додаток З). Окрім того, на одне технічне рішення отримано деклараційний патент на корисну модель №№ 12794 (Додаток И), а на інші два технічних рішення отримано деклараційні патенти на винахід 62160 (Додаток І), 63703 (Додаток Ї).

4. Результати досліджень дисертанта використані при створенні сімейства машин для розкидання мінеральних добрив РН-0,8, РН-1 та РП-2,1, які виробляються серійно.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена проблема підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив шляхом збільшення їх робочої ширини захвату.

1. У провідних країнах світу більшу частку обсягів застосовуваних твердих мінеральних добрив вносять на поверхню ґрунту перед його обробіткою із застосуванням машин, які обладнані відцентровими тукорозсівними робочими органами кидального типу. В конструкції відомих машин вже вичерпані можливості збільшення їх продуктивності шляхом підвищення робочої ширини захвату за рахунок збільшення швидкості сходження добрив з тукорозсівних робочих органів або кута між вектором відносної швидкості і горизонтальною площиною, або застосуванням полімерних матеріалів при виготовленні елементів тукорозсівних робочих органів тощо.

2. У відомих відцентрових тукорозсівних робочих органах з вертикальною віссю обертання збільшення кута сходження добрив до горизонтальної площини формується тільки за рахунок підвищення відносної швидкості, тобто швидкості, з якою добрива рухаються вздовж лопатки. В той же час левову частку абсолютної швидкості сходження добрив з тукорозсівних робочих органів становить переносна швидкість у порівнянні з їх відносною швидкістю. В зв'язку з цим доцільним є спрямування переносної швидкості під кутом до горизонтальної площини шляхом установки осі тукорозсівного робочого органа з нахилом до вертикалі (ТРОН).

3. Розроблено математичні моделі (2.37, 2.53, 2.70, 2.88), які описують закономірності розгону частинок мінеральних добрив лопатками ТРОН з врахуванням параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив та кожного з чотирьох секторів ТРОН, в який може здійснюватись подача мінеральних добрив на його диск. На основі зазначених моделей отримано залежності для визначення поточного значення

відносної швидкості руху добрив вздовж лопаток ТРОН і її значення в момент сходження добрив з лопаток (2.38, 2.54, 2.71, 2.89).

4. З використанням отриманих залежностей встановлено, що однакову відстань уздовж лопатки диска ТРОН частинки мінеральних добрив за зміни кутової швидкості диска в межах $30 - 120 \text{ c}^{-1}$ та коефіцієнта зовнішнього тертя добрив – в межах $0,1 - 0,7$ долають за різний час. Причому зазначений час зменшується за збільшення кутової швидкості диска, радіуса подачі добрив на ТРОН та зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив.

5. Найбільший вплив на відносну швидкість сходження добрив з ТРОН має кутова швидкість диска та радіус подачі добрив. За коефіцієнта зовнішнього тертя добрив $0,3$, радіуса подачі добрив $0,1 \text{ м}$, кута нахилу диска до горизонтальної площини 30° та кутової швидкості диска 30 c^{-1} , 60 , 90 та 120 c^{-1} відносна швидкість сходження добрив з ТРОН відповідно становить $9,0 \text{ м/с}$, $17,5$, $25,5$ та $35,0 \text{ м/с}$. В той же час за кутової швидкості диска 90 c^{-1} та за названих параметрів ТРОН і радіуса подачі добрив на диск $0,1 \text{ м}$, $0,2$ та $0,3 \text{ м}$ відносна швидкість сходження добрив з ТРОН відповідно становить $26,5 \text{ м/с}$, $25,0$ та $20,0 \text{ м/с}$. Раціональні значення радіуса подачі добрив не перевищують $0,5$ радіуса ТРОН.

6. Зміна кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини в межах $0^\circ - 40^\circ$ не впливає на: час розгону частинок добрив ТРОН, значення відносної і абсолютної швидкостей сходження добрив з лопаток, а тільки призводить до зміни кута між вектором абсолютної швидкості сходження добрив з ТРОН і горизонтальною площиною.

7. Кут розгону добрив ТРОН не залежить від кутової швидкості диска та номера сектора, в межах якого здійснюється подача добрив на нього, але зменшується за збільшення радіуса подачі добрив на ТРОН та зростає за збільшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив.

8. Раціональні значення частоти обертання диска ТРОН, обґрунтовані вченими в попередні роки для тукорозсівних робочих органів з вертикальною віссю обертання, виходячи з міцності гранул різних видів мінеральних добрив,

доцільно використовувати і при застосуванні ТРОН, а саме: на внесенні суперфосфату гранульованого – 1000 об/хв, а на внесенні азотних та комплексних видів добрив – 800 об/хв.

9. Збільшення як частоти обертання диска ТРОН від 600 об/хв до 1000 об/хв, так і кута його нахилу до горизонтальної площини від 0° до 30° призводить до: суттєвого зміщення всієї маси висіяних добрив від ТРОН за напрямком їх розсівання; збільшення ефективної дальності розсівання мінеральних добрив; збільшення відстані від ТРОН до дека, в яке висіялась максимальна частка маси добрив; відносного зменшення максимальної частки маси добрив, висіяних в деко. За всіх досліджуваних кінематичних режимів роботи ТРОН ефективна дальність розсівання мінеральних добрив та відстань від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива найбільш стрімко зростають при збільшенні кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 0° до 10° . За наступного збільшення зазначеного кута відносна інтенсивність зростання ефективної дальності розсівання мінеральних добрив та відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива поступово зменшується.

10. Збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 0° до 30° за частоти обертання диска: 1000 об/хв. – призводило до зростання: ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 34,9 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива - на 45,0 %; 800 об/хв – призводило до збільшення: ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 34,2 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива - на 66,7 % та збільшення ефективної дальності розсівання селітри аміачної на 34,3 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива - на 53,3 %.

11. Кращі показники внесення добрив як за робочою шириною захвату, так за нерівномірністю внесення добрив забезпечуються за кута нахилу диску ТРОН до горизонтальної площини в межах 20° – 30° .

12. Машина, обладнана ТРОН, забезпечила внесення гранульованих

добрив з робочою шириною захвату до 39 м, при цьому нерівномірність їх внесення на робочій ширині захвату не перевищувала $\pm 20\%$, а за напрямом руху агрегата - $\pm 10\%$, що задовольняє агротехнічні вимоги на машини для внесення мінеральних добрив. Збільшення робочої ширини захвату було досягнуто у 1,95 рази; зменшення сумарних прямих експлуатаційних витрат на 33,22 грн/га та приведених експлуатаційних витрат - на 41,04 грн/га. Річний економічний ефект від використання машини для внесення мінеральних добрив і вапна, обладнаної ТРОН, становить 150764,54 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В. В. Автомобільна машина для внесення мінеральних добрив. Аграрна наука - виробництву. 1998. № 2. С. 28.
2. Адамчук В. В. Дослідження руху частинки технологічного матеріалу в повітряному середовищі в умовах вітру і супроводжуючого повітряного струменя. Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомч. темат. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2005. Вип. 89. С. 27 - 49.
3. Адамчук В. В. Завантажувач сівалок ЗПС-30. Аграрна наука – виробництву. 2002. № 4. С. 26.
4. Адамчук В. В., Кравчук В. І., Войтюк Д. Г., Мойсеєнко В. К. Техніка для землеробства майбутнього. Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомч. темат. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2002. Випуск 86. С. 20 - 32.
5. Адамчук В. В., Масло І. П., Ратушний В. В. Дослідження пневматичних розподільно - висівних систем машин для внесення туків. Механізація та електрифікація сільського господарства : міжвідомч. темат. наук. зб. / УНДІМЕСГ. Київ : Урожай, 1992. Випуск. 75. С. 41 - 43.
6. Адамчук В. В. Механіко - технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів : автореф. дис. канд. техн. наук / Національний аграрний університет. Київ, 2006. 40 с.
7. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Землеробство майбутнього і техніка для нього. Вісник аграрної науки. 2001. № 11. С. 55-60.
8. Адамчук В. В., Мойсеєнко В. К. Машина для розсівання мінеральних добрив МРД-4. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. / УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого. Дослідницьке, 2005. Вип. 8 (22): в 2-х кн. Кн.2. С. 209 - 219.
9. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Пневматическая сеялка для

разбросного внесения минеральных удобрений. Химия в сельском хозяйстве. 1983. № 4. С. 7-11.

10. Адамчук В.В., Мойсеенко В.К. Руйнування гранул мінеральних добрив відцентровим розсіювальним органом// Вісник аграрної науки. 2003. № 5. С. 53-57.

11. Адамчук В. В., Мойсеенко В. К. Точное земледелие : существо и технические проблемы. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 8. С. 4 - 6.

12. Адамчук В. В. Обґрунтування методики визначення параметрів відцентрового розсіювального органу. Вісник аграрної науки. 2005. № 2. С. 45 - 48.

13. Адамчук В. В. Обоснование процесса работы и параметров шнековых распределительно - высевающих систем машин для внесения твердых минеральных удобрений : автореф. ... канд. техн. наук / УНИИМЭСХ. Глеваха, 1985. 17 с.

14. Адамчук В. В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів. Техніка АПК. 2000 . № 3. С. 10 - 12.

15. Адамчук В. В., Ратушный В. В., Онищенко В. Б. Технологический процесс внутрипочвенного внесения твердых минеральных удобрений под различные сельскохозяйственные культуры для Украинской ССР. Киев : Государственный агропромышленный комитет УССР, 1987. 49 с.

16. Адамчук В. В., Сенюшов В. М., Тихий А. И. Механизация внесения основных доз туков. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1989. № 2. С. 22 - 25.

17. Адамчук В. В., Соколов В. М., Иванов Ю. В. Удобритель - подкормщик для внутрипочвенного локального внесения туков. Химия в сельском хозяйстве. 1987. № 3. С. 18 - 21.

18. Адамчук В. В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений. Київ : Аграрна наука, 2010. 185 с.

19. Адамчук В., Щемелінський Л., Довгань А., Григоров С. Для внесення мінеральних добрив. Механізація сільського господарства. 1987. № 6. С. 18.
20. Адлер Ю. П., Маркова Е. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва : Наука, 1976. 276 с.
21. Александров В. И., Никулин С. Н. Испытания маятникового разбрасывателя “Пентон”. Тракторы и сельхозмашины. 1967. № 5. С. 43 - 45.
22. Афанасьев В. А. Улучшение технологического процесса работы пневмоцентробежного аппарата туковысевающих машин : автореф. ... канд. техн. наук / Кубанский СХИ . Краснодар, 1988. 24 с.
23. Булаев В. Е. Агротехника локального внесения удобрений. Обзорная информация. Москва : ВНИИТЭИСХ, 1981. 59 с.
24. Василенко П. М. Кинематические основания конструкции центробежного аппарата туковой сеялки. Сельскохозяйственная машина. 1934. № 10. С.7 - 10.
25. Василенко П. М. Об уравнениях транспортировки частиц в сопротивляющихся средах. Доклады ВАСХНИЛ. 1970. № 4. С. 44 - 46.
26. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Киев : УАСХН, 1960. 283 с.
27. Василенко П. М. Элементы методики математической обработки результатов экспериментальных исследований. Москва : Госгортехиздат, 1958. 59 с.
28. Веденяпин С. В. Общая методика экспериментальных исследований и обработки опытных данных. Москва : Колос, 1967. 159 с.
29. Верховский В. М., Поляченко В. П. Механизация внесения удобрений : обзор зарубежной литературы. Москва : Колос, 1965. 188 с.
30. Вожик Ю. Г., Адамчук В. В. Влияние гранулометрического состава аммиачной селитры на равномерность ее механизированного внесения. Химия в сельском хозяйстве. 1982. № 1. С. 16 - 18.
31. Вожик Ю. Г., Адамчук В. В. Изыскание и исследование дозаторов. Механизация и электрификации сельского хозяйства : Республ. межведомств.

науч.-техн. сб. / УНИИМЭСХ. Киев : Урожай, 1982. Выпуск 55. С. 37 - 41.

32. Вожик Ю. Г. Науково - технічні основи внесення твердих мінеральних добрив із використанням енергії стисненого повітря : автореф. дис. ... докт. техн. наук / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2013. 40 с.

33. Вожик Ю. Г. Об определении некоторых физико - механических свойств сыпучих минеральных удобрений. Химия в сельском хозяйстве. 1968. № 9. С. 17 - 20.

34. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Волянський М. С. Перспективи впровадження в Україні системи точного землеробства. Механізація сільськогосподарського виробництва : зб. наук. пр. / Національний аграрний університет. Київ, 2002. Том XIII. С. 93 - 97.

35. Волков В. А. Приближенный расчет движения тел в сопротивляющейся среде. Труды ВИСХОМ. Москва : ЦБТИ тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, 1959. Вып. 24. 17 с.

36. Волков Е. А. Численные методы. Москва : Наука, 1982. 356 с.

37. Гіліс М. Б. Локальне внесення добрив. Київ : УАСГН, 1962. 192 с.

38. ГОСТ 20851.4 – 75. Удобрения минеральные. Методы определения воды. Москва : ИПК Издательство стандартов, 1975. 6 с

39. ГОСТ 20915 – 75. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. Москва : Издательство стандартов, 1975. 119с.

40. ГОСТ 21560.1 – 82. Удобрения минеральные. Метод определения гранулометрического состава. Москва : Издательство стандартов, 2003. 3 с.

41. ГОСТ 28714-2007. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний. Москва : ФГУП «Стандартинформ», 2008. 40с.

42. ГОСТ 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки; введ. 2008-12-17. Москва : ФГУП «Стандартинформ», 2009. 20 с.

43. Грищенко В. Ф., Валеев А. В. К вопросу определения основных

параметров центробежных разбрасывателей удобрений. Тракторы и сельхозмашины. 1966. № 1. С. 30 - 31.

44. Довгоший И. В., Кадиров А. М. Машина РУМ-5 для внесения в почву минеральных удобрений и извести. Тракторы и сельхозмашины. 1982. № 9. С. 25 - 26.

45. Догановский М. Г., Козловский Е. В. Механизация внесения удобрений. Ленинград : Колос, 1976. 320 с.

46. Догановский М. Г., Козловский Е. В., Рядных В. В. Выбор места подачи удобрений на бросковый механизм. Тракторы и сельхозмашины. 1968. № 4. С. 33 - 36.

47. Догановский М. Г., Рядных В. В. К определению параметров роторных разбрасывающих механизмов. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1965. № 4. С. 8 - 11.

48. Докучаев А. А. Исследование процесса работы конического двухдискового распределяющего аппарата машин для внесения минеральных удобрений на склонах : автореф. ... канд. техн. наук / ЦНИИМЭСХ. Минск, 1978. 19 с.

49. Дядя В. М. Обґрунтування параметрів відцентрового робочого органа з активними лопатями машин для внесення мінеральних добрив : автореф. ... канд. техн. наук / Таврійська ДАТА. Мелітополь, 2003. 19 с.

50. Зуев Н. Д. и др. Машина РУМ-5-03 для равномерного посева минеральных удобрений. Техника в сельском хозяйстве. 1986. № 1. С. 34 - 35.

51. Индустриальная технология применения минеральных удобрений / под ред. Н. М. Марченко. Москва : Россельхозиздат, 1987. 239 с.

52. Йордан Вакарелски. Съчетаване на центробежния и пневматичния принцип за равномерно разпръскване на минерални торове. Селскостопанска техника. 1987. № 4. С. 39 - 43 (болгар.).

53. Калоша В. К., Лобко С. И., Чикова Т. С. Математическая обработка результатов эксперимента. Минск : Высшая школа, 1982. 105 с.

54. Каюшников Ю. П. Исследование процесса разделения и

транспортирования минеральных удобрений по горизонтальным трубопроводам пневматических сеялок : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1972.

26 с.

55. Кегелес Е. С. Начальный наклон траектории, максимизирующий дальность свободного полета в несопротивляющейся среде. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1969. № 1. С. 22.

56. Кийслер М. А. Исследование конического разбрасывающего устройства для внесения минеральных удобрений: автореф. ... канд. техн. наук / Литовская СХА. Каунас, 1971. 23 с.

57. Козловский Е. В. Некоторые вопросы работы центробежного диска. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1962. № 1. С. 41 - 42.

58. Кормановский Л. П. Точное земледелие - новое направление фундаментальных инженерных исследований. Техника в сельском хозяйстве. 2002. № 1. С. 3 - 5.

59. Красовский Г. И., Филаретов Г. Ф. Планирование эксперимента. Минск : Изд. БГУ им. Ленина, 1982. 302 с.

60. Кругляков М. Л., Александров В. И., Потапов Г. П. Рациональное питание центробежного аппарата удобрениями. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1970. № 1. С. 17 - 19.

61. Кругляков М. Л., Потапов Г. П. Изучение процесса дробления гранулированных минеральных удобрений при их внесении центробежными разбрасывателями. Химия в сельском хозяйстве. 1969. № 8. С. 28 - 30.

62. Кукибный А. А. Свободный полет зерен в подвижной воздушной среде. Труды Киевского технологического института. Киев : Издательство Киевского университета, 1960. Вып. 22. С. 123 - 132.

63. Кушилкин Б. А. Исследование центробежных разбрасывателей минеральных удобрений. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1966. № 4. С. 10 - 15.

64. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины. Москва; Ленинград : Сельхозгиз, 1940. 814 с.

65. Либерман К. Е. Машины для внесения в почву минеральных удобрений. Химия в сельском хозяйстве. 1966. № 11. С. 17 - 23.

66. Лысенко А. Т., Михайленко В. А. Факторы, влияющие на дробление гранулированных удобрений при высеве их разбрасывателями. Вопросы механизации и электрификации сельскохозяйственного производства : труды / ХСХИ. Харьков : ХСХИ, 1971.- Т. 150. С. 109 - 112.

67. Малоносов Н. Л., Унанянц Т. П. Состояние и современные требования к качеству гранулированных минеральных удобрений. Обзорная информация. Москва : ВАСХНИЛ. 1980. 63 с.

68. Машины для транспортировки и внесения пылевидных удобрений и известковых материалов МТП-13, МТП-14. Экспресс-информация. М.: ЦНИИТЭИтракторсельхозмаш, 1983. Вып. 15. 13 с.

69. Медведев С. С., Лыкова Т. В., Анчихорова О. П. Эффективность локального внесения удобрений на различных по генезису и плодородию почвах. Бюллетень ВИУА. Обоснование агротехнических требований к способам и качеству приготовления и внесения минеральных удобрений. 1984. № 67. С. 37 - 40.

70. Медведев С. С., Нефедов Б. А., Анчихорова О. П. Результаты сравнительных испытаний отечественных и финских сеялок для припосевного локального внесения основного удобрения. Бюллетень ВИУА. Обоснование агротехнических требований к способам и качеству приготовления и внесения минеральных удобрений. 1984. № 67. С. 40 - 43.

71. Медведев С. С., Нефедов Б. А., Воронкин В. В., Панфилов Л. М. Влияние влажности удобрений на работу высевающих аппаратов туковых сеялок. Химия в сельском хозяйстве. 1983. № 9. С. 9 - 10.

72. Мельников С. В. и др. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Ленинград : Колос, 1980. 168 с.
73. Методика обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин Постанова Кабінету Міністрів України від 12. 07. 2004 р. № 885.
74. Моисеев И. И. Известковые сеялки и разбрасыватели. Москва; Ленинград : Гос. изд. - во с. х. литературы, 1931. 100 с.
75. Мойсеенко В. К., Адамчук В. В. Шнековые сеялки для внесения минеральных удобрений. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1982. № 8. С. 60 - 63.
76. Мойсеенко В. К., Адамчук В. В. Штанговые сеялки. Сельское хозяйство за рубежом. 1982. № 5. С.2 - 12.
77. Морин И. В. Некоторые закономерности распределения удобрений центробежными аппаратами. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1967. № 3. С. 29 - 31.
78. Назаров С. И., Осипов В. Г., Румянцев И. В. Универсальный пневмоцентробежный разбрасыватель минеральных удобрений, известковых материалов и их смесей. Химия в сельском хозяйстве. 1968. № 7. С. 28 - 31.
79. Назаров С. И. Теоретическое исследование центробежных аппаратов для внесения удобрений. Вопросы сельскохозяйственной механики / ЦНИИМЭСХ. Минск : Урожай, 1967. Том XVII. С. 45 - 80.
80. Назаров С. И. Экспериментально - теоретические основы механизации процесса сплошного внесения минеральных удобрений : автореф. ... докт. техн. наук / ЦНИИМЭСХ. Минск, 1970. 48 с.
81. Нефедов Б. А., Иванов Ю. В., Константинов М. Ю., Адамчук В. В. Технология локально - ленточного внесения минеральных удобрений : рекомендации. Москва : ВО «Агропромиздат», 1989. 28 с.
82. Нефедов Б. А. Об уточнении классификации способов внесения удобрений. Научно-технический бюллетень ВИМ. 1981. Вып. 47. С. 31 - 34.

83. Петров Л. М. Элементы теории рабочего процесса вибрационного дозирования гранулированных химических веществ. Вестник сельскохозяйственной науки. 1984. № 2. С. 81 - 84.

84. Петров Л. М. Продуктивность посева и размеры дозирующих отверстий. Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 6. С. 74 - 76.

85. Петухов М. П., Панова Е. А., Дудина Н. Х. Агрохимия и система удобрения. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.

86. Пиуновский И. И. Дальность полета торфяной крошки и ее распределение по ширине захвата. Труды института торфа АН БССР. Минск, 1959. Вып. 7. С. 192 - 198.

87. Полонецкий С.Д., Переверзев В. Д. Физическое моделирование процесса посева удобрений центробежным разбрасывателем. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1969. № 7. С. 45 - 47.

88. Потапов Г. П., Кругляков М. Л. О механической технологии минеральных удобрений применительно к центробежным дисковым аппаратам разбрасывателей. Состояние и перспективы развития машин для внесения минеральных и органических удобрений : материалы науч. – техн. совета / ВИСХОМ. Москва, 1969. Вып. 26. С. 97 - 106.

89. Рудобашта В. А. Обоснование технологического процесса и параметров пневматических многоканальных рабочих органов для поверхностного внесения минеральных удобрений : автореф. ... канд. техн. наук / УНИИМЭСХ. Глеваха, 1985. 20 с.

90. Рузанова Н. П. Высокопроизводительные машины для внесения минеральных удобрений, применяемые в США. Сельскохозяйственные машины, агрегаты и узлы: экспресс-информация. Москва : ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1981. № 10. 8 с.

91. Румянцев И. В., Назаров С. И., Каплан И. Г., Осипов В. Г. Определение ударных характеристик частиц произвольной формы. Труды ЦНИИМЭСХ. Минск : Урожай, 1970. Том VIII. С. 221 - 227.

92. Рунчев М. С., Губарев Е. А., Вялков В. И. Комплексная механизация внесения удобрений. Москва : Россельхозиздат, 1986. 191 с.
93. Свирская Т. А., Кузькина Т. И. Тенденции развития техники для поверхностного внесения удобрений. Обзорная информация. Москва: ЦНИИТЭИтракторсельхозмаш, 1986. Вып. 7. 32 с.
94. Сендряков И. Ф., Овчинникова Н. Г., Нефедов Б. А., Безагский Э. П. Термины и их определения по способам внесения минеральных удобрений. Бюллетень ВИУА. 1984. Вып. 70. С. 76 - 79.
95. Система точного землеробства : підручник / Л. В. Аніскевич [та ін.]; за ред. Л. В. Аніскевича. Київ, 2018. 556 с.
96. Скользаев В. А. Черноволов В. А. Методика технологического расчета центробежных дисковых аппаратов. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства / ВНИИМЭСХ. зерноград, 1969. Вип. XII. С. 135 - 140.
97. Сметнев С. Д., Шлягин В. Н., Черников Б. П., Сидоров М. С. Машина для поверхностного внесения удобрений. Техника в сельском хозяйстве. 1984. № 1. С. 56 - 57.
98. Способы внесения удобрений / под ред. В. Е. Булаева. Москва : Колос, 1976.- 224 с.
99. Трапезников В. К. Физиологические основы локального применения удобрений. Москва : Наука, 1983. 176 с.
100. Тыльный С. А. Геометрическое моделирование процесса разбрасывания частиц плоским диском. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1968. № 7. С. 49 - 50.
101. Тыльный С. А. Теоретическое и экспериментальное исследование работы центробежных метательных аппаратов минеральных удобрений с вертикальной осью вращения : автореф. ... канд. техн. наук / МИИСП. Москва, 1970. 20 с.
102. Фіщенко Г. Ї., Фіщенко Ю. Г. Нова технологія внесення добрив. Київ : Знання, 1976. 48 с.

103. Хоменко М. С., Зырянов В. А. Посев зерновых культур разбрасывателем. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1987. № 6. С. 13 - 15.

104. Хоменко М. С. Исследование технологического процесса рассева минеральных удобрений центробежными аппаратами. Тракторы и сельхозмашины. 1960. № 9. С. 31 - 33.

105. Хоменко М. С. Элементы теории рассева минеральных удобрений центробежными аппаратами. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1960. № 4. С. 28 - 31.

106. Черников Б. П. Влияние технологических свойств минеральных удобрений на агротехнические и эксплуатационные показатели МВУ // Повышение показателей ресурсосбережения машинно-тракторных агрегатов. Московский агроинженерный университет.- М.: Московский агроинженерный университет, 1995.- С. 101-118.

107. Черников Б. Повысить качество внесения удобрений. Техника в сельском хозяйстве. 1976. №5. С. 11 - 14.

108. Шмонин В. А., Зеленцов Р. С. Тенденции развития конструкций машин с пневматическими системами для внесения минеральных удобрений. Обзорная информация. Москва : ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш, 1979. 27 с.

109. Шмонин В. А., Каюшников Ю. П., Гриценко М. Г. Состояние и тенденции развития конструкции машин для внесения (твердых) минеральных удобрений. Обзорная информация. Москва : ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш, 1979. Вып. 5. 24 с.

110. Штуков М. К., Гіліс Р. М., Ярошенко В. Ф. Динамічний аналіз руху частинки вздовж прямолінійної напрямної диска, що обертається. Механізація та електрифікація сільського господарства : Республ. Міжвід. темат. наук.-техн. зб. / УНДІМЕСГ. Київ, 1991. Вип. 73. С. 66 - 71.

111. Щемелинский Л. А., Адамчук В. В., Довгань А. И. Машина для внесения минеральных удобрений СТТ-10. Земледелие. 1987. № 5. С. 46 - 47.

112. Юркин С. Н. Эффективные способы внесения удобрений. Обзорная информация. Москва : ВНИИТЭИсельхоз, 1981. 52 с.

113. Якимов Ю. И. Влияние различных факторов на дальность полета удобрений при работе центробежных разбрасывателей. Повышение эксплуатационной технологичности машинных агрегатов сельскохозяйственного назначения : Труды Кубанского СХИ. Краснодар : Кубанский СХИ, 1994. Вып. 341(369). С. 57 - 68.

114. Якимов Ю. И., Волосников С. И. Заостренные лопатки к разбрасывателям. Техника в сельском хозяйстве. 1968. № 4. С. 81.

115. Якимов Ю. И., Волошин Н. И., Карабаницкий А. П. и др. Модернизация разбрасывателей минеральных удобрений МВУ-5 и МВУ-5А. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. № 7. С. 27 – 29.

116. Якимов Ю. И. Исследование факторов, влияющих на распределение минеральных удобрений горизонтальными центробежными аппаратами : автореф. ... канд. техн. наук / Кубанский СХИ. Краснодар, 1968. 21 с.

117. Якимов Ю. И. О возможности получения требуемого поперечного распределения удобрений центробежными аппаратами. Механизация сельскохозяйственного производства : Труды Кубанского СХИ. Краснодар, 1968. Вып. 24 (52). С. 229 - 235. Якубаускас В. И. Технологические основы механизированного внесения удобрений. Москва : Колос, 1973. 231 с.

118. Ясенецький В., Шейченко В. Розкидачі мінеральних добрив для господарств усіх форм власності. Техніка АПК. 2002. № 12. С. 16 - 17.

119. Achorn, Frank P., Kimbrough, Homer L. Application of granular fertilizers. Agr. Chem. 1970, vol. 25, issue 1. Pp. 30 - 33, 35 - 36, 49.

120. Bamlett.-effective 3 ton fertilizer spreader for farmer whos interested in profitability. Power Farming. 1974, issue 2. P. 28.

121. Bengtsson, Gustav. Centrifugalspridarens för-och nackdelar. Traktor j. 1963, vol. 8, issue 5. Pp.308 - 311, 313 (швед.).

122. Gahtich, Horst. Dunge-und Pflanzenschutztechnik. Grundlagen Landtechn 1972, vol 22, issue 5. Pp. 135 - 136.

123. Gruber, P. Die Düngrwirkung hängt sehr von der Verteilung ab. *Praktische Landtechnik*. 1982, vol. 35, issue 3. Pp. 12, 76-77

124. Kämpfe, Klaus, Heymann, Wolfgang, Hannusch, Lothar, Brinschwitz, Walter, Lippert, Joachim, Jäschke, Hahs Jürgen. Maschinen und Verfahren zur Minereraldüngerabfuhr. *Fortschrittsber. Landwirt. und Nahrungsgüterwirt.* 1989, vol. 27, issue 4. Pp. 1 - 48 (нім.).

125. Neuer Grobraum- Bandstreuer mit Zmangerausbringung leistet exakte Streuarbeit. *Lochnunternehmen in Land- und Forstwirtschaft*. 1973, vol. 28, issue 4. Pp. 190 - 191.

126. Salons et expositions Sima 1987. *Phytoma def cult.* 1987, issue 386. Pp. 20 - 21 (франц.).

127. Scheufle, B., Bolwin, H. Einsatzempfehlungen für die Minereraldüngung unter Großflächenbedingungen. *Agrartechnik (Berlin)*. 1991, vol. 41, issue 3. Pp. 14 – 116 (нім.).

128. Shoemaker, H.D., Diener, R.G., Dubbe, E.C. Computer design of deflectors on high speed belt fertilizer spreader. *Trans. ASAE*. 1972, vol. 15, issue 6. Pp. 1049 -1053 (англ.).

129. Swedes swing to bulk handling. *Agricultural Machinery Journal*. 1969, vol. 23, issue 7. P. 73 (англ.).

130. Terra-Gator-Big 17-ton profit spreader 2506 Terra-Gator. *Farm Chem.* 1976, vol. 139, issue 11. Pp. 69 - 70 (англ.).

131. Tive Treton-jet. Konstgodselspridere Tive Treton-Jet. *Medd. Statens maskinprov*, 1972, 1972, 2107. – S.15.

132. The Usta-Matic pneumatic fertilizer distributor. *Power Farming*. 1982, February. Pp. 64 - 65.

133. V. Adamchuk, V. Bulgakov, Hr. Beloev, M. Korenko. Mineral fertilisation theory and working tools of fertiliser spreading machines. Sofia : Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2017. 165 p.

134. Проспект фірми “Agromet-Motoimport” (Польща).

135. Проспект фірми “Amazonen- Werke” (ФРН).
136. Проспект фірми “Big Wheels” (США).
137. Проспект фірми “Bredal” (Данія).
138. Проспект фірми “Gandy Company” (США).
139. Проспект фірми “Nodet Gougis” (Франція).
140. Проспект фірми “Rauch” (ФРН).
141. Проспект фірми “Vicon” (Голландія)
142. А. с. 173051 СССР. Широкозахватное приспособление к сельскохозяйственным машинам для высева органо - минеральных удобрений / ВИМ; авт. изобрет.: В. А. Поляченко, В. И. Крюков, В. А. Серонов. № 901404/30-15; заявл. 19.05. 1964; опубл. Бюллетень изобретений. 1965. № 6.
143. А. с. 954028 СССР. Вибрационный высевающий аппарат / УНИИМЭСХ; авт. изобр.: Ю. Г. Вожик, В. М. Соколов, Л. Н. Петров, В. К. Мойсеенко. № 3263011/30-15; заявл. 25.03.81; опубл. Бюллетень изобретений. 1982. № 32.
144. Apparatus for spreading granular material/PCT/SE : заявка 83/00979 PCT, МКИ А 01 С 17/00 /№82/00289; заявл. 22.09.82. 17 с.
145. Відцентровий розсівальний орган : пат. 61855 Україна : МКВ А 01 С 17/00 / В. В. Адамчук; ННЦ «ІМЕСГ»(Україна). № 2003098188; заявл. 02.09.03; опубл. 17.11.03, Бюл. № 11. 3 с.
146. Разбрасыватель удобрений : пат. 249312 (СССР), МПК А01С 15/14 / Олле Леннарт Сиверссон, Карл Гуннар Телл (Швеция). № 1232815/30-15; заявл. 10.04.68; опубл. 18.07.69, Бюл. № 24. 3 с.
147. Eprandeur de produits granuleux par projection force : пат. 2605833 (Франция), МКИ А01С 15/16, 15/00 / Xavier Grataloup, Denis Baret; Nodet Gougis 0(Франція). №2605833; заявл. 05.11.86; опубл. 06.05.88.
148. Fahrzeug mit einer Einrichtung Zum Verteilen pulverfomiger oder korniger stoffe: pat. 1191620 (BRD) /Allersma Barteld Peieter. 23.12.65.

ДОДАТКИ

АКТ

впровадження результатів закінчених наукових досліджень

1. Назва впровадженого заходу: машина для внесення мінеральних добрив та вапна МРД-8, обладнана удосконаленими відцентровими робочими органами (з нахиленими осями обертання).

2. Якою науково-дослідною установою (вищим навчальним закладом) захід запропоновано до впровадження: Національним науковим центром "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства".

3. Ким і коли прийнято рішення про впровадження заходу: вченою радою Національного наукового центру "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства".

4. Назва господарства і його адреса, де здійснено впровадження: Державне підприємство "Дослідне господарство "Оленівське" Національного наукового центру "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства", Київська область, Фастівський район, село Оленівка.

5. Рік та обсяги впровадження: 2013 рік; 420 га.

6. Одержано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т. д.) на весь обсяг впровадження (гривен): машина надійно забезпечувала внесення суперфосфату гранульованого і нітроамфоски; робоча ширина захвату становила 39 м, нерівномірність внесення добрив на робочій ширині захвату - до 18,4 %, а за напрямком руху агрегата - до 9,6 %.

7. Відповідальний за впровадження (прізвище, ім'я, по батькові, посада):

а) від наукової установи (вищого навчального закладу): Адамчук Олег Валерійович - завідувач лабораторії НТП застосування добрив та хіммеліорантів Національного наукового центру "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства

б) від господарства: Грек Віктор Іорданович - директор Державного підприємства "Дослідне господарство "Оленівське" Національного наукового центру "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства".

Акт складено "20" листопада 2013 року

Представники від:



(підпис)

Наукової установи (вищого
навчального закладу)

(підпис)

Керівник господарства

АКТ

впровадження результатів закінчених наукових досліджень

1. **Назва впровадженого заходу:** машина для внесення мінеральних добрив та вапна МРД-8, обладнана удосконаленими відцентровими робочими органами (з нахиленими осями обертання).
2. **Якою науково-дослідною установою (вищим учбовим закладом) захід запропоновано до впровадження:** Національним науковим центром "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства".
3. **Ким і коли прийнято рішення про впровадження заходу:** вченою радою Національного наукового центру "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства".
4. **Назва господарства і його адреса, де здійснено впровадження:** Державне підприємство "Дослідне господарство "Оленівське" Національного наукового центру "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства", Київська область, Фастівський район, село Оленівка.
5. **Рік та обсяги впровадження:** 2014 рік; 285 га.
6. **Одержано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т. д.) на весь обсяг впровадження (гривен):** машина надійно забезпечувала внесення суперфосфату гранульованого і нітроамофоски; показники її роботи були такими: робоча ширина захвату - 39 м, нерівномірність внесення добрив на робочій ширині захвату - до 19,2 %, за напрямком руху агрегата – до 8,9 %.
7. **Відповідальний за впровадження (прізвище, ім'я, по батькові, посада):**
 - а) **від наукової установи (вищого учбового закладу):** Адамчук Олег Валерійович – заступник директора з науково-інноваційної діяльності і дослідно-конструкторських робіт Національного наукового центру "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства".
 - б) **від господарства:** Грек Віктор Іорданович – директор Державного підприємства "Дослідне господарство "Оленівське" Національного наукового центру "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства".

Акт складено "08" вересня 2014 року

Представники від:

(М. П.)

(підпис)

Наукової установи (вищого
учбового закладу)

Керівник господарства

(підпис)



УКРАЇНА

(19) UA (11) 74911 (13) C2
(51) МПК (2006)
A01C 17/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРИВІД ДОЗУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ МАШИНИ ДЛЯ РОЗСІЮВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

1

(21) 2004010895
(22) 30.01.2004
(24) 15.02.2006
(46) 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.
(72) Адамчук Валерій Васильович, Мойсеєнко Володимир Костянтинович, Тихоненко Володимир Васильович, Адамчук Олег Валерійович, Кирилов Олексій Іванович
(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК
(56) SU 1123569 A, 15.11.1984
US 3448930, 10.06.1989
SU 628842, 20.09.1978
US 5180112, 19.01.1993
Малый Ю.С., Мелгалв Г.Я., Матсон И.А./ Результаты исследования привода рабочих органов разбрасывателя минеральных удобрений 1 РМГ-4// Тракторы и сельхозмашины.- 1974.-№5.-с.20-21

2

(57) 1. Привід дозувального пристрою машини для розсіювання мінеральних добрив, який містить притисний ролик, шарнірно встановлений на поворотному важелі і розміщений біля колеса машини, та гідроциліндр, корпус якого з'єднаний з рамою машини, який відрізняється тим, що біля поворотного важеля додатково встановлений поворотний тримач, з яким з'єднані шток гідроциліндра та один кінець додатково встановленої пружини, другий кінець якої приєднаний до поворотного важеля, на поворотному тримачі встановлений упор, а до поворотного важеля закріплена опорна дорожка для упора.
2. Привід дозувального пристрою за п. 1, який відрізняється тим, що пружина обладнана гвинтовим натяжним механізмом.
3. Привід дозувального пристрою за п. 1, який відрізняється тим, що упор виконаний у вигляді ролика, шарнірно встановленого на поворотному тримачі.

Винахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може використовуватись в машинах для розсіювання мінеральних добрив по поверхні ґрунту.

Відомий привід дозувального пристрою машини для розсіювання мінеральних добрив, який включає дві зірочки, ведуча з яких співвісно закріплена до колеса машини, а ведена встановлена на ведучому валу дозувального пристрою, при цьому зірочки між собою кінематично з'єднані ланцюгом [ав. св. СРСР № 1123569, МПК³ А 01 С 17/00].

При русі цієї машини одночасно з її колесом обертається і ведуча зірочка, від якої ланцюгом рух передається на ведену зірочку, котрою приводиться в рух дозувальний пристрій.

Цей привід простий за конструкцією і забезпечує частоту обертання ведучого вала дозувального пристрою пропорційну швидкості руху машини, що забезпечує незмінність установленної дози внесення добрив при будь-якій робочій швидкості машини.

Однак, такий привід не захищає дозувальний пристрій від поломки при попаданні в бункер машини сторонніх предметів, а також обумовлює необхідність застосування складного і недостатньо надійного механізму для відключення привода дозувального пристрою при холостих (неробочих) переїздах машини.

Відомий також привід дозувального пристрою машини для розсіювання мінеральних добрив, який включає притисний ролик, шарнірно встановлений на поворотному важелі і розміщений біля колеса машини та гідроциліндр, корпус якого з'єднаний з рамою машини, а шток з поворотним важелем [Малый Ю.С., Мелгалв Г.Я., Матсон И.А./ Результаты исследования привода рабочих органов разбрасывателя минеральных удобрений 1РМГ-4// Тракторы и сельхозмашины.-1974.- № 5.- С. 20-21].

Цей привід є найближчим аналогом і прийнятний за найближчий аналог.

В цьому приводі обертальний рух від колеса машини на притисний ролик передається силами тертя між поверхнями колеса і ролика, а від при-

C2
(13)74911
(11)UA
(19)

тисного ролика на ведучий вал дозувального пристрою двома ланцюговими передачами.

Застосування в цьому приводі притисного ролика забезпечує захист дозувального пристрою від поломок при попаданні в бункер машини сторонніх предметів за рахунок пробуксовки ролика, а також значно спрощується конструкція і підвищується надійність механізму відключення привода дозувального пристрою при холостих переїздах шляхом відведення притисного ролика від колеса машини за допомогою гідроциліндра.

Однак, притиснення у цьому приводі ролика до колеса машини за допомогою гідроциліндра не забезпечує постійної сили тиску ролика на колесо машини навіть при обладнанні гідравлічної системи стабілізатором тиску масла. Справа в тому, що навіть при застосуванні стабілізатора, тиск масла в гідросистемі змінюється при зміні текучості і температури масла, обертів двигуна трактора, тощо. Крім того, стабілізатор тиску часто виключається із роботи через попадання під його клапан твердих частинок (смітинки), якими засмічене масло гідросистеми. Тому, сила притиснення ролика до колеса часто буває недостатньою і ролик пробуксовує, в результаті чого порушується режим роботи машини, або, навпаки, ця сила занадто велика, що призводить до передчасного зношування покриття колеса і до втрати запобіжних властивостей привода, що може обумовити поломку дозувального пристрою.

Задачею винаходу є привод дозувального пристрою машини для розсіювання мінеральних добрив, в якому шляхом введення нових елементів у конструкцію привода та зміни зв'язків між його елементами забезпечується постійна сила притиснення ролика до колеса машини.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в приводі дозувального пристрою машини для розсіювання мінеральних добрив, який включає притисний ролик, шарнірно встановлений на поворотному важелі і розміщений біля колеса машини та гідроциліндр, корпус якого з'єднаний з рамою машини, відповідно до винаходу, біля поворотного важеля встановлений поворотний тримач, з яким з'єднаний шток гідроциліндра та один кінець пружини, другий кінець якої приєднаний до поворотного важеля, на поворотному тримачі встановлений упор, а до поворотного важеля закріплена опорна доріжка для упора, причому пружина може бути обладнана гвинтовим натяжним механізмом, а упор може бути виконаний у вигляді ролика, шарнірно встановленого на поворотному тримачі.

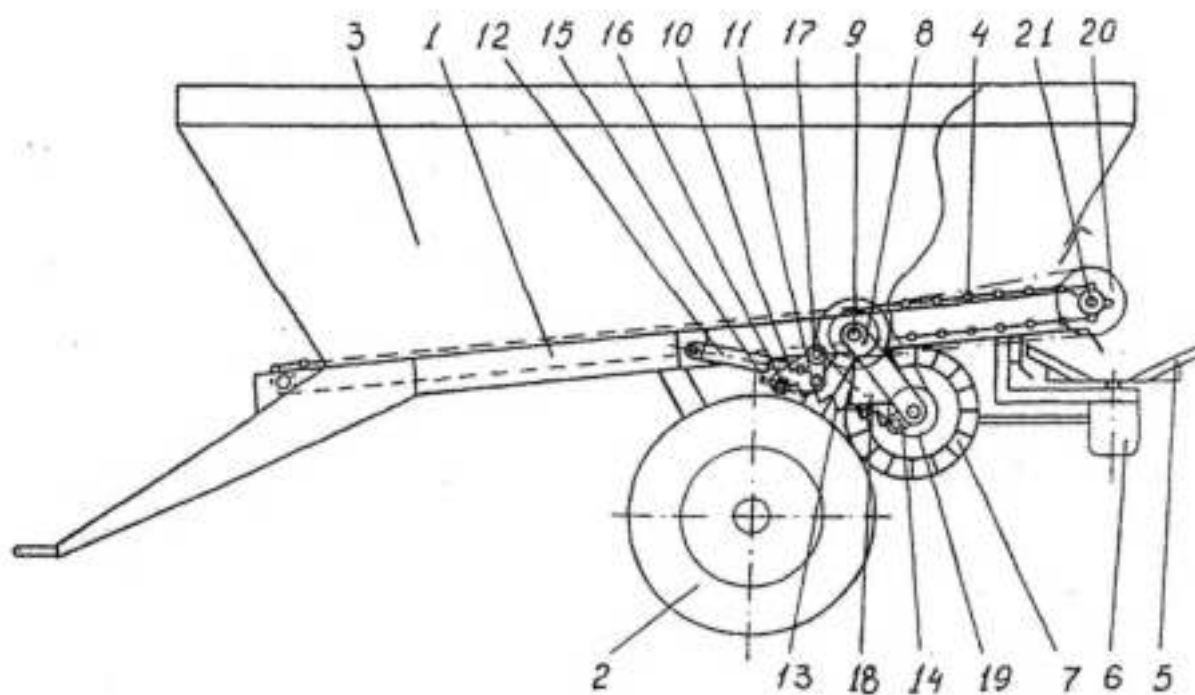
Завдяки такому виконанню привода дозувального пристрою машини забезпечується постійна сила притиснення ролика до колеса за рахунок застосування пружини, причому, жорсткість пружини практично не змінюється, оскільки вона розтягнута тільки при роботі машини, а при відключенні привода дозувального пристрою на першому етапі зменшується натяг пружини, а потім упор натискає на опорну доріжку і відводить притисний ролик від колеса машини. Тому при холостих переїздах машини і її зберіганні пружина знаходиться в ослабленому стані.

Приклад виконання привода дозувального пристрою машини для розсіювання мінеральних добрив пояснюється кресленням, де зображено його вид збоку.

Машина для розсіювання мінеральних добрив включає раму 1, встановлену на колесах 2. На рамі 1 закріплений бункер 3, на днищі якого змонтовано дозувальний пристрій 4, виконаний у вигляді прутково-пластичного конвейєра. Під заднім кінцем дозувального пристрою 4 встановлений відцентровий розсіювальний орган 5, який приводиться в обертальний рух гідромотором 6. Біля колеса 2 машини розміщений притисний ролик 7, який шарнірно встановлений на поворотному важелі 8, котрий закріплений на осі 9. Біля поворотного важеля 8 розміщений поворотний тримач 10, закріплений на пальці 11, нерухомо з'єднаний з рамою 1. До тримача 10 приєднаний шток гідроциліндра 12, корпус котрого з'єднаний з рамою 1 машини, а також з ним з'єднана одним кінцем пружина 13, другий кінець якої через кронштейн 14 приєднаний до поворотного важеля 8. В машині для розсіювання тільки мінеральних добрив один кінець пружини 13 з'єднується безпосередньо з тримачем 10, а якщо, крім того, будуть розсіюватись і хімічні меліоранти (гіпс, вапно), які вносяться великими дозами (до 10т/га), то для збільшення сили тиску притисного ролика на колесо, щоб забезпечити привод дозувального пристрою при розсіюванні таких великих доз, пружина 13 обладнується гвинтовим натяжним механізмом, гвинт 15 якого приєднується до кінця пружини 13, а гайка 16 з'єднується з тримачем 10. На поворотному тримачі 10 встановлений упор 17, а до поворотного важеля 8 закріплена опорна доріжка 18 для упора 17. В машині для розсіювання тільки мінеральних добрив упор виконується нерухожим, а якщо і хімічних меліорантів, то упор 17 виконується у вигляді ролика, шарнірно встановленого на поворотному тримачі 10. До притисного ролика 7 співвісно закріплена зірочка 19, яка через дві ланцюгові передачі кінематично з'єднана з зірочкою 20, що встановлена на ведучому валу 21 дозувального пристрою 4.

В процесі руху машини від її колеса 2, за рахунок сил тертя, що виникають в результаті притиснення пружиною 13 ролика 7 до колеса 2, приводиться в обертальний рух притисний ролик 7, від якого зірочкою 19 через дві ланцюгові передачі і зірочку 20 приводиться в рух дозувальний пристрій 4. При цьому добрива із бункера 3 дозувальним пристроєм 4 подаються на розсіювальний орган 5, яким розсіюються по поверхні поля.

Для відключення привода дозувального пристрою масло подається під поршень гідроциліндра 12, його шток виходить із корпусу і повертає тримач 10 за годинниковою стрілкою, в результаті чого на першому етапі ослаблюється натяг пружини 13, а потім упор 17 натискає на опорну доріжку 18 і відводить притисний ролик 7 від колеса 2. Після відключення привода пружина знаходиться в ослабленому стані.





УКРАЇНА

(19) UA (11) 76226 (13) C2
(51) МПК (2006)
B60P 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) САМОСКІДНИЙ ПРИЧІП ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ І ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ В НАЧІПНІ МАШИНИ ДЛЯ ЇХ РОЗСІВАННЯ

1

2

(21) 20040503749

(22) 19.05.2004

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.

(72) Адамчук Валерій Васильович, Мойсеєнко Володимир Костянтинівич, Адамчук Олег Валерійович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК

(56) UA 52174, B65 G 7/30, 15.11.2004.

(57) Самоскидний причіп для транспортування і перевантаження мінеральних добрив в начіпні машини для їх розсівання, який включає раму з ходовими колесами і дишлом, знімні підвищувальні кронштейни, встановлені на рамі, до котрих шарнірно закріплені кузов, в задньому борту якого виконане обладнане заслінкою вікно, гідроциліндр, корпус якого шарнірно зв'язаний з упорним кронштейном, закріпленим на рамі, а шток шарнірно зв'язаний з кузовом, який відрізняється тим, що корпус гідроциліндра зв'язаний з упорним кронштейном через знімну накладку.

Вінахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може використовуватись в технічних засобах для доставки мінеральних добрив від складу до поля і механізованого перевантаження в бункери начіпних машин для їх розсівання.

Відомий причіп для транспортування і перевантаження мінеральних добрив в начіпні машини для їх розсівання, який включає раму з ходовими колесами і дишлом, кузов, шарнірно зв'язаний з рамою, гідроциліндр з підвідним маслопроводом, корпус якого шарнірно зв'язаний з рамою, а шток - з кузовом [юл. Каталог. Сельскохозяйственная техника. Часть 1. Москва. - 1981. - С. 115-121].

Недоліком цього причепа є те, що висота розміщення шарніра кріплення його кузова до рами над поверхнею ґрунту є недостатньою для механізованого перевантаження добрив із його кузова в бункери існуючих начіпних машин для розсівання добрив. Тому ця операція виконується вручну (відрами або совками), що обумовлює зростання трудомісткості удобрення ґрунту. Причому збільшувати висоту розміщення шарніра кріплення кузова причепа не рationally, оскільки втрачається його поперечна стійкість і виникає небезпека перекидання причепа при поворотах та на схилах.

Відомий також причіп для транспортування та перевантаження мінеральних добрив в начіпні машини для їх розсівання, який включає раму з

ходовими колесами і дишлом, підвищувальні кронштейни, встановлені на рамі, до котрих шарнірно закріплено кузов, в задньому борту якого виконане обладнане заслінкою вікно, гідроциліндр з підвідним маслопроводом, корпус котрого шарнірно зв'язаний з рамою, а його шток - з кузовом [пат. № 52174А України, МПК В 65G 7/30].

Цей причіп є найближчим аналогом і прийнятний за прототип.

Встановлення на рамі цього причепа кронштейнів, до яких шарнірно закріплюється його кузов, обумовило збільшення висоти розміщення цього шарніра над поверхнею ґрунту. Це забезпечило можливість механізованого перевантаження добрив із кузова серійного (виготовленого за класичною схемою) причепа через вікно у його задньому борту в бункер машини шляхом нахилання кузова гідроциліндром. Причому застосування підвищувальних кронштейнів для шарнірів закріплення кузова забезпечило зниження на 50% зростання висоти розміщення центра маси причепа у порівнянні з його класичною схемою, при якій днище кузова розміщується паралельно до поверхні землі, а зниження поперечної стійкості обладнаного підвищувальними кронштейнами причепа можна нівелювати шляхом зменшення його допустимої транспортної швидкості.

Однак, розміщення шарнірів закріплення кузова на кронштейнах обумовило збільшення відстані між шарнірами закріплення корпусу і штока

(19) UA (11) 76226 (13) C2

гідроциліндра. В результаті цього, при повністю опущеному кузові, шток частково виходить із гідроциліндра і його робочий хід на величину цього виходу зменшується, що обумовлює і відповідне зменшення максимального нахилу кузова. Тому при максимальному нахилі кузова не забезпечується самозсіпання мінеральних добрив підвищеної вологості з його днища, а потрібно їх ворушити, наприклад, лопатою. Тобто виникає потреба в застосуванні ручної праці.

Задачею винаходу є самоскидний причіп для транспортування і перевантаження мінеральних добрив в навіпні машини для їх розсівання, в якому шляхом зміни кріплення шарнірів корпусу або штока гідроциліндра, забезпечується збільшення робочого ходу штока і відповідне збільшення максимального кута нахилу кузова причепа.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в самоскидному причепі для транспортування і перевантаження мінеральних добрив в навіпні машини для їх розсівання, який містить раму з ходовими колесами і дишлом, підвищувальні кронштейни, встановлені на рамі, до котрих шарнірно закріплені кузов, в задньому борту якого виконане обладнане заслінкою вікно, гідроциліндр, корпус якого шарнірно зв'язаний з упорним кронштейном, закріпленим на рамі, а шток шарнірно зв'язаний з кузовом, відповідно до винаходу, корпус гідроциліндра зв'язується з рамою причепа, або його шток з кузовом через додаткову ланку. Додаткова ланка може бути виконана у вигляді накладки, встановленої на днищі кузова, до котрої закріплені шток гідроциліндра, або у вигляді накладки, встановленої на упорному кронштейні, до котрої шарнірно закріплені корпус гідроциліндра. Причому накладка може бути виконана знімною.

Завдяки такому виконанню самоскидного причепа забезпечується збільшення максимального кута нахилу днища його кузова і повне перевантаження мінеральних добрив будь-якої вологості із кузова причепа в бункер навіпної машини для їх розсівання без застосування ручної праці.

Приклад виконання самоскидного причепа для транспортування і перевантаження мінеральних добрив в навіпні машини для їх розсівання пояснюється кресленнями, де:

Фіг.1 - загальний вид причепа збоку з накладкою, встановленою на днищі кузова, при максимальному куті нахилу кузова.

Фіг.2 - загальний вид причепа збоку з накладкою, встановленою на упорному кронштейні, при максимальному куті нахилу кузова.

Самоскидний причіп для транспортування і перевантаження мінеральних добрив в навіпні машини для їх розсівання включає раму 1 з ходовими колесами 2 і дишлом 3. На рамі 1 болтами закріплено знімні підвищувальні кронштейни 4 для збільшення висоти розміщення задньої частини

кузов 5 від поверхні землі. В задньому борту 6 кузова 5 виконано вікно 7, обладнане заслінкою 8 і лотком 9. Кузов 5 через шарнір 10 закріплені до підвищувальних кронштейнів 4 і зв'язаний з гідроциліндром 11, обладнаним підвідним маслопроводом 12. Причому корпус гідроциліндра зв'язується з рамою причепа, або його шток з кузовом через додаткову ланку, яка може бути виконана у вигляді знімної накладки.

Якщо самоскидний причіп виконаний з можливістю нахилу кузова тільки назад і шарнірне з'єднання кузова 5 з штоком гідроциліндра 11 роз'ємне, то знімна накладка 13 (Фіг.1), закріплюється болтами на днищі кузова 5 до якої шарніром 14 закріплюється шток гідроциліндра 11. При цьому корпус гідроциліндра 11 шарніром 15 закріплюється до упорного кронштейна 16. Застосування накладки 13 забезпечує зменшення відстані між шарнірами 14 і 15 і відповідне збільшення робочого ходу штока та максимально можливого кута нахилу кузова 5 ($\alpha_2 > \alpha_1$).

Якщо ж самоскидний причіп виконаний з можливістю нахилу кузова на три сторони (назад, управо, уліво) і з'єднання кузова 5 з штоком гідроциліндра 11 не роз'ємне, то знімна накладка 13 (Фіг.2) закріплюється болтами на упорному кронштейні 16 і корпус гідроциліндра 11 закріплюється через шарнір 15 до накладки 13, а його шток шарніром 14 закріплюється до кузова 5. При цьому також забезпечується зменшення відстані між шарнірами 14 і 15 та відповідне збільшення максимально можливого кута нахилу кузова 5.

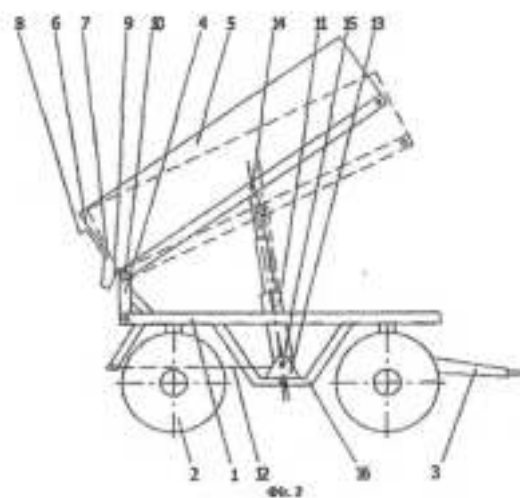
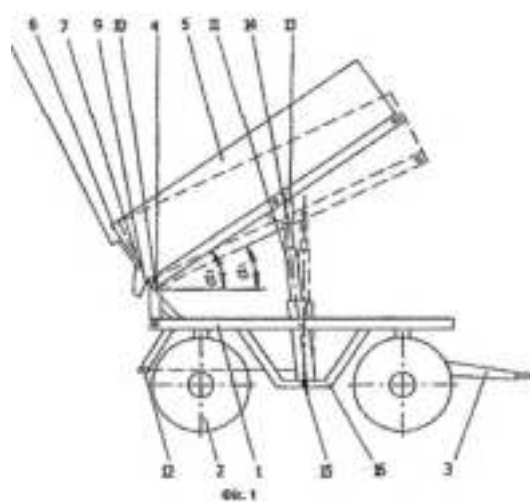
Працює самоскидний причіп для транспортування і перевантаження мінеральних добрив в навіпні машини для їх розсівання наступним чином. Завантажені на складі мінеральні добрива в кузов 5 причепа транспортуються трактором до удобреного поля і агрегат під'їжджає до навіпної машини. Кузов машини опускається на землю і тракторист маневруючи агрегатом під'їжджає так, щоб лоток 9 вікна 7, у задньому борту 6 кузова 5, розміщувався над бункером навіпної машини. Після цього гідроциліндром 11 кузов 5 нахилється назад, відкривається вікно 7 заслінкою 8 і добрива самопливом поступають із кузова 5 причепа в бункер навіпної машини. Після заповнення бункера заслінкою 8 вікно 7 закривається і кузов 5 встановлюється у вихідне положення.

Після завершення сезону розсівання мінеральних добрив підвищувальні кронштейни 4 і накладка 13 демонтуються і кузов 5 переводиться у початкове (горизонтальне) положення. При цьому центр маси завантаженого причепа знижується, що забезпечує підвищення поперечної стійкості і максимально допустимої швидкості причепа на транспортних роботах.

5

76226

6



Комп'ютерна верстка М. Ключін

Підписне

Тираж 26 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 76327 (13) C2
(51) МПК (2006)
A01C 17/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ВІДЦЕНТРОВИЙ АПАРАТ ДЛЯ РОЗСІЮВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

(21) 20040907879

(22) 28.09.2004

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. №7, 2006р.

(72) Адамчук Валерій Васильович, Мойсеєнко Володимир Костянтинович, Адамчук Олег Валерійович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК

(56) SU 897144, 15.01.1982

SU 1294303 A1, 07.03.1987

SU 1021383 A, 07.08.1983

US 5215500, 01.01.1993

EP 0427935 A1, 22.05.1991

GB 2091983 A, 11.08.1982

(57) 1. Відцентровий апарат для розсіювання сипких матеріалів, що має змінний диск з лопатками, з'єднаний з маточиною, що закріплена на валу приводу в обертальний рух, який відрізняється тим, що з'єднання диска з маточиною виконане роз'ємним.

2. Відцентровий апарат за п.1, який відрізняється тим, що роз'ємне з'єднання диска з маточиною має болти, що проходять через отвори в диску і маточині.

3. Відцентровий апарат за пп.1, 2, який відрізняється тим, що обладнаний пристроєм для визначеного розміщення диска відносно маточини.

4. Відцентровий апарат за пп.1-3, який відрізняється тим, що пристрій для визначеного розміщення диска відносно маточини виконаний у вигляді штифта, нерухомо закріпленого до маточини і отвору в диску для розміщення штифта.

Винахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може виконуватись в машинах для розсіювання мінеральних добрив, хімічних меліорантів та інших сипких матеріалів з різними фізико-механічними властивостями.

Відомий відцентровий апарат для розсіювання сипких матеріалів, який включає диск з лопатками, котрий нероз'ємно з'єднаний з валом приводу в обертальний рух [Ав. св. 1294304 СРСР, МПК³ A01C17/00].

При роботі цього апарата сипкий матеріал рівномірно подається дозатором із бункера на робочу поверхню диска, де захоплюється його лопатками, втягується в обертальний рух і широкою смугою розсівається по поверхні поля.

Недолком цього апарата є те, що неможливо проводити заміну диска у відповідності до фізико-механічних властивостей сипких матеріалів.

Відомий також відцентровий апарат для розсіювання сипких матеріалів, який містить змінний диск з лопатками, нероз'ємно (заклепками) з'єднаний з маточиною, що закріплена на валу приводу в обертальний рух [Ав. св. 8971444 СРСР, МПК³ A01C17/00].

Цей апарат найбільш близький до запропонованого і прийнятий за прототип.

Виконання в цьому апараті диска з маточиною дає можливість замінювати його при зміні фізико-механічних властивостей сипкого матеріалу.

Однак і цей апарат має недолік. Справа в тому, що мінеральні добрива є хімічно агресивним матеріалом і тому після певного часу роботи маточина диска ржавичино міцно з'єднується з валом, перетворюючи їх з'єднання в нероз'ємне і диск замінити неможливо.

Задачею винаходу є відцентровий апарат для розсіювання сипких матеріалів, в якому шляхом нового виконання з'єднання змінного диска з маточиною забезпечується можливість замінювати диск в залежності від фізико-механічних властивостей сипкого матеріалу при розсіванні хімічно агресивних матеріалів.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у відцентровому апараті для розсіювання сипких матеріалів, котрий включає змінний диск з лопатками, з'єднаний з маточиною, що закріплена на валу приводу в обертальний рух, відповідно до винаходу з'єднання диска з маточиною виконане роз'ємним, наприклад, у вигляді болтів, що проходять через отвори в диску і маточині, в такий спосіб може бути обладнаний пристроєм для визначеного розміщення диска відносно маточини, виконаного у вигляді штифта, нерухомо закріпленого до маточини і отвору в диску для розміщення штифта.

3

76327

4

чини і отвору в диску для розміщення штифта.

Завдяки такому виконанню апарата забезпечується можливість замінювати диск при зміні фізико-механічних властивостей сильких матеріалів і при розсіванні хімічно агресивних хімікатів, якими є мінеральні добрива. Тому при виконанні запропонованого апарата машину можна використовувати для розсіювання мінеральних добрив і хімічних меліорантів та сілки зернових культур розкидним способом, в результаті чого зменшується потреба господарства у машинах і підвищується такий важливий показник, як річне завантаження машини.

Приклад виконання відцентрового апарата для розсіювання сильких матеріалів пояснюється кресленнями, де:

Фіг.1 - відцентровий апарат для розсіювання сильких матеріалів (варіант для мінеральних добрив, вид зверху);

Фіг.2 - розріз А-А на Фіг.1;

Фіг.3 - відцентровий апарат для розсіювання сильких матеріалів (варіант для хімічних меліорантів та піску, вид збоку).

Апарат для розсіювання сильких матеріалів містить горизонтально розміщений змінний диск 1 (Фіг.1), на верхній робочій поверхні якого встановлені лопатки 2. Диск 1 роз'ємно закріплений на маточині 3, причому в залежності від хімічної агресивності матеріалів, що розсіваються, роз'ємне з'єднання може бути виконане у вигляді пальця з шайбами і шпінтів, або болтів 4 з гайками 5 (Фіг.2), що проходять через отвори 6 в диску 1 та отвори 7 у маточині 3. Маточина 3 нерухомо закріплена на валу 8. Для збереження балансування змінного диска 1 з маточиною 3, яке проводиться після їх складання, апарат обладнаний пристроєм

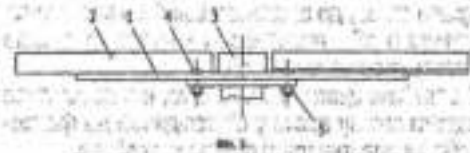
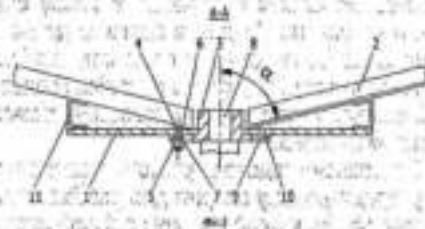
для визначеного, під час балансування, розміщення диска 1 відносно маточини 3. Цей пристрій може бути виконаний у вигляді шпоночного з'єднання між диском 1 і маточиною 3, або у вигляді штифта 9 (Фіг.2) нерухомо закріпленого до маточини 3 і отвору 10 у диску 1 для розміщення штифта 9.

У варіанті апарата для розсіювання мінеральних добрив (Фіг.2) лопатки 2 встановлені під кутом α до поверхні диска і їх внутрішні кінці закріплені безпосередньо до диска, а їх середні частини за допомогою кронштейнів 11. При цьому відстань від зовнішніх кінців лопаток 2 до осі вала 8 перевищує радіус R диска 1. Такий апарат має низьку металомісткість і забезпечує велику ширину захвату і високу рівномірність розсіювання добрив, але він має недостатню міцність при розсіванні хімічних меліорантів та піску, котрі включають сторонні предмети недопустимо великих розмірів, а також у цьому випадку занадто велика ширина захвату.

У варіанті апарата для розсіювання хімічних меліорантів та піску (Фіг.3) лопатки 2 по усій довжині прилягають до поверхні диска 1. При цьому відстань від зовнішніх кінців лопаток 2 до осі вала 8 дорівнюють радіусу диска 1, що забезпечує необхідну міцність апарата.

Під час роботи даного апарата силький матеріал рівномірно подається на робочу поверхню диска 1, що обертається, де захоплюється лопатками 2, втягуються в обертальний рух і розсіваються широкою смугою по поверхні ґрунту.

При необхідності розсівати інший силький матеріал, відкручуються гайки 5 і встановлюється інший диск 1, що відповідає його фізико-механічним властивостям.



Комп'ютерна верстка М. Юсик

Підписне

Тираж 26 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урядового, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 76362 (13) C2
(51) МПК (2006)
A01C 17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ВІДЦЕНТРОВИЙ РОЗСІВАЛЬНИЙ АПАРАТ

1

(21) 20041210681
(22) 24.12.2004
(24) 17.07.2006
(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.
(72) Адамчук Валерій Васильович, Мойсеєнко Володимир Костянтинович, Адамчук Олег Валерійович
(73) Національний науковий центр "Інститут механізації і електрифікації сільського господарства" Української академії аграрних наук ННЦ "ІМЕСГ"
(56) UA 58772; 15.08.2003
DE 19817742; 05.11.1998
SU 1521316; 15.11.1989
RU 2197807; 10.02.2003
SU 692591; 25.10.1979

2

(57) 1. Відцентровий розсівальний апарат, який включає кінематично сполучений з механізмом приводу в обертальний рух диск, на поверхні якого закріплені лопатки, кожна з яких містить бокову стінку і козирок, який відрізняється тим, що козирок має меншу товщину ніж бокова стінка.
2. Відцентровий розсівальний апарат за п. 1, який відрізняється тим, що бокова стінка і козирок виконані як одне ціле.
3. Відцентровий розсівальний апарат за п. 1, який відрізняється тим, що козирок закріплений до бокової стінки болтами.
4. Відцентровий розсівальний апарат за пп. 1, 3, який відрізняється тим, що козирок виконано з матеріалу, який має більшу міцність ніж матеріал, з якого виконано бокову стінку.

Винахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може використовуватись в машинах для розсівання мінеральних добрив та хіммеліорантів по поверхні ґрунту.

Відомий відцентровий розсівальний апарат, який включає кінематичне сполучений з механізмом приводу в обертальний рух диск на поверхні якого закріплені лопатки, кожна з яких має бокову стінку і козирок однакової товщини [патент № 58772 України, МПК^С А 01 С 17/00].

При роботі цього розсівального апарата добрива рівномірно подаються дозатором із бункера на диск де взаємодіють з лопатками. При цьому частина добрив відбивається передніми кромками козирків лопаток, а решта добрив співударюється з боковими стінками лопаток, розтікаються по їх поверхнях і втягуються в обертальний рух. Під дією відцентрових сил добрива розганяються до значної швидкості і, злітаючи з кінців лопаток, розсіваються широкою смугою по поверхні ґрунту.

Однак, частинки добрив абразивні і тому при їх русі по боковій стінці лопаток відбувається її інтенсивне зношування. Щоб забезпечити необхідний термін служби (використання) лопаток вони виготовляються відносно великої товщини (до 5 мм). В зв'язку з цим в процесі роботи апарата передня кромка козирка лопатки відбиває біля третини добрив без попереднього їх розгону лопатками. Отже третина добрив не розганяється під

дією відцентрових сил до необхідної швидкості. Після їх відбиття вони випадають вузькою смугою по лінії руху агрегата, що обумовлює зниження рівномірності розсівання добрив. Решта дві третини добрив підхоплюються лопатками, розганяються до необхідної швидкості і розсіваються по робочій ширині захвату машини.

Відомий також відцентровий розсівальний апарат, який включає кінематичне сполучений з механізмом приводу в обертальний рух диск, на поверхні якого закріплені лопатки, кожна з яких має бокову стінку і козирок однакової товщини, передня кромка якого виконана загостреною у вигляді клина [Ав. св. №1521316 СРСР, МПК^С А 01 С 17/00].

При роботі такого апарата, завдяки загостренню передньої кромки козирка лопатки, значно менша кількість добрив відбивається козирком лопатки за межі розсівального апарата.

Однак, при взаємодії гранул добрив з гострою кромкою козирка лопатки відбувається руйнування гранул, що знижує ефективність їх використання рослинами. Крім того, при роботі апарата передня кромка козирка руйнується добривами і її товщина поступово зростає. Певний час товщина кромки не перевищує допустимого значення, завдяки чому відбиття добрив козирком не суттєво впливає на нерівномірність розсівання мінеральних добрив. При подальшому співударенні добрив з гострою

(19) UA (11) 76362 (13) C2

3

76362

4

кромкою козирка збільшується товщина цієї кромки, що призводить до зростання кількості добрив, які відбиваються козирками лопаток, тобто кількість відбитих добрив перевищує критично допустиму. В зв'язку з цим різко зростає нерівномірність розсівання добрив і зменшується ефективність їх дії.

Задачею винаходу є відцентровий розсівальний апарат, в якому шляхом зміни співвідношення між товщиною бокової стінки і козирка забезпечується мінімальна кількість зруйнованих і відбитих гранул добрив передньою кромкою козирка.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у відцентровому розсівальному апараті, який виключає кінематичне сполучення з механізмом привода в обертальний рух диск, на поверхні якого закріплені лопатки, кожна з яких містить бокову стінку і козирок, відповідно до винаходу, козирок має меншу товщину ніж бокова стінка, причому бокова стінка і козирок можуть бути виконані як одне ціле, або козирок може бути закріпленим до бокової стінки болтами і виконаним з матеріалу, який має більшу міцність ніж матеріал з якого виконано бокову стінку.

Завдяки такому виконанню відцентрового розсівального апарата забезпечується оптимальна товщина передньої кромки козирка лопатки на протязі всього періоду використання лопаток при одночасному забезпеченні необхідної міцності і довговічності бокової стінки лопатки. У випадку деформації козирка лопатки, внаслідок попадання сторонніх предметів на розсівальний орган, він може бути замінений на новий.

Приклад виконання відцентрового розсівального апарата пояснюється кресленнями, де:

Фіг.1 - відцентровий розсівальний апарат (вид збоку);

Фіг.2 - поперечний переріз лопатки, в якій бокова стінка і козирок виконані, як одне ціле;

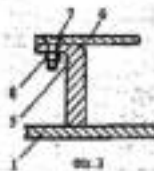
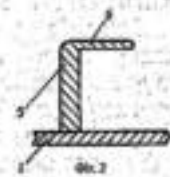
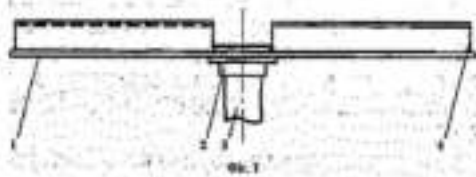
Фіг.3 - поперечний переріз лопатки, в якій козирок закріплений до бокової стінки болтами.

Відцентровий розсівальний апарат виключає диск 1, виконаний з маточиною 2, за допомогою якої він нерухомо закріплений на валу 3. Вал 3

кінематичне сполучений з механізмом його привода в обертальний рух, наприклад, гідромотором (на кресленнях не показаний). На диску 1, який виконаний, наприклад, плоским розміщені лопатки 4, кожна з яких виконана у вигляді з'єднаних між собою під прямим кутом бокової стінки 5 і козирка 6. При наявності на підприємстві ковальсько-пресового обладнання бокова стінка 5 і козирок 6 виготовляються, як одне ціле (Фіг.2). Якщо таке обладнання відсутнє, то козирок 6 закріплюється до бокової стінки 5 болтами 7 з гайками 8. Бокова стінка 5 виконана в декілька раз товщину ніж козирок 6.

Крім того, зйомний козирок доцільно застосовувати в розсівальних апаратах машин, які призначені для розсівання технологічних матеріалів, що включають сторонні предмети або грудки, наприклад, хіміканти (вапно, гіпс). Такий козирок може бути виконаний з матеріалу, що має більшу міцність ніж матеріал бокової стінки.

Під час роботи відцентрового розсівального апарата добриво рівномірно подається із бункера дозатором на розсівальний орган, який обертається. Частинки добрива співударяються з боковими стінками 5 лопаток 4 і розтікаючись по їх поверхнях втягуються в обертальний рух. Завдяки тому, що козирок 6 кожної лопатки 4 виконаний тонким, частинки добрива контактуючи з кромкою козирка 6 відбиваються від останньої в незначній кількості (не більше 1,5% від всієї маси) і падають поблизу відцентрового розсівального апарату. Це практично не впливає на якість розсівання добрив по ширині захвату машини. Виконання бокової стінки 5 лопатки 4 товщину ніж козирок 6 дозволяє збільшити довговічність бокової стінки 5 в умовах співударяння з частинками добрива. Основна маса частинок добрив що співударяється з боковою стінкою 5 лопаток 4 рухається вздовж лопаток 4 до периферії диска 1, після відриву від якого, внаслідок одержаної швидкості, розсівається широкою смугою по поверхні ґрунту. Завдяки виконанню козирка з матеріалу, який має більшу міцність ніж матеріал бокової стінки лопатки збільшується довговічність козирка.



Комп'ютерна верстка М. Клохін

Підписи

Тираж 26 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

(51) МПК (2006)
A01C 17/00

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ВІДЦЕНТРОВИЙ РОЗСІЮВАЛЬНИЙ АПАРАТ

1

2

(21) 20040402856
(22) 20.04.2004
(24) 15.08.2006
(46) 01.08.2006, Бюл. №8, 2006р.
(72) Адамчук Олег Валерійович
(73) Національний науковий центр "Інститут механізації і електрифікації сільського господарства" Української академії аграрних наук ННЦ "ІМЕСГ"
(56) SU 1195933, 07.12.1985
SU 1805974, 15.11.1990
SU 1335153, 07.09.1987
SU 1029884, 23.07.1983
RU 2197807, 10.02.2003

RU 2197806, 10.02.2003
GB 2058533, 15.04.1981
UA 61855, 17.11.2003
UA 58995, 15.08.2003
(57) Відцентровий розсіювальний апарат, який включає кінематично сполучений з механізмом приведення в обертальний рух диск та лопатки, бокові стінки яких з'єднані із днищем, який відрізняється тим, що до кінця лопатки, розміщеного ближче до осі обертання диска, закріплена пластина, спрямована по нормалі у напрямку робочої сторони лопатки.

Винахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може використовуватись в машинах для розсіювання мінеральних добрив по поверхні поля.

Відомий відцентровий розсіювальний апарат, який включає кінематично сполучений з механізмом привода в обертальний рух конусний диск та виконані у вигляді з'єднаних між собою днища і бокової стінки лопатки, встановлені на диску та жорстко прикріплені до нього. Днища лопаток утворюють з віссю обертання диска гострий кут [ав.св. №257190 СРСР, МПК^С А01С17/00].

При роботі цього розсіювального апарата матеріал (добрива чи насіння) рівномірно подається на робочу поверхню диска, який обертається, де його частинки ударяються об бокові стінки лопаток і втягуються в обертальний рух. Завдяки цьому основна маса частинок матеріалу рухається вздовж лопатки до периферії диска, після відриву від якого, внаслідок одержаної швидкості, розсіюється широкою смугою по поверхні поля.

Однак, при роботі такого розсіювального апарата після удару частинок об бокову стінку лопатки значна кількість частинок рухається не в напрямку периферії диска, а в протилежний бік, до центра і сходять з кінця лопатки, розміщеного ближче до осі обертання диска. Ці частинки матеріалу потрапляють в зону центра диска і послідовний їх рух по диску відбувається виключно завдяки взаємодії тільки з поверхнею диска, що призво-

дить до відхилення їх зони сходу від зони сходу основної маси матеріалу.

Відомий також відцентровий розсіювальний апарат, який включає кінематично сполучений з механізмом привода в обертальний рух плоский диск та закріплені до нього і виконані у вигляді з'єднаних між собою горизонтального днища і бокової стінки лопатки [ав.св. СРСР №1195933, МПК^С А01С17/00].

Цей розсіювальний апарат є найбільш близьким аналогом до запропонованого розсіювального апарата і тому прийнятий за найближчий аналог, та має такі ж недоліки що і раніш зазначений аналог.

Задачею винаходу є створення відцентрового розсіювального апарата, в якому шляхом зміни конструкції лопаток забезпечується підвищення рівномірності розсіювання матеріалу по поверхні поля.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у відцентровому розсіювальному апараті, який включає кінематично сполучений з механізмом привода в обертальний рух диск та виконані у вигляді з'єднаних між собою днища і бокової стінки лопатки, відповідно до винаходу, до кінця кожної лопатки, розміщеного ближче до осі обертання диска, закріплена пластина, спрямована по нормалі у напрямку її робочої сторони.

Завдяки такому виконанню відцентрового розсіювального апарата частинки матеріалу не попа-

UA (19) 76501 (13) C2

дають в зону центра диска, в результаті чого увесь матеріал, що подається на робочу поверхню диска і захоплюється боковими стінками лопаток рухається вздовж лопаток в напрямку периферії диска, після відриву від якого, внаслідок одержаної швидкості, розсіюється в межах заданої зони, по поверхні поля. Що забезпечує підвищення рівномірності розсіювання матеріалу.

Приклад виконання відцентрового розсіювального апарата пояснюється кресленням, де:

Фіг.1 - відцентровий розсіювальний апарат - вид зверху;

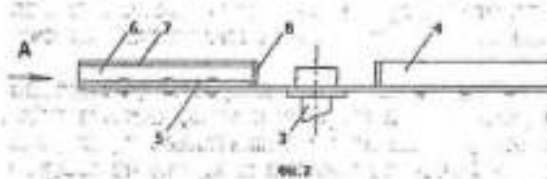
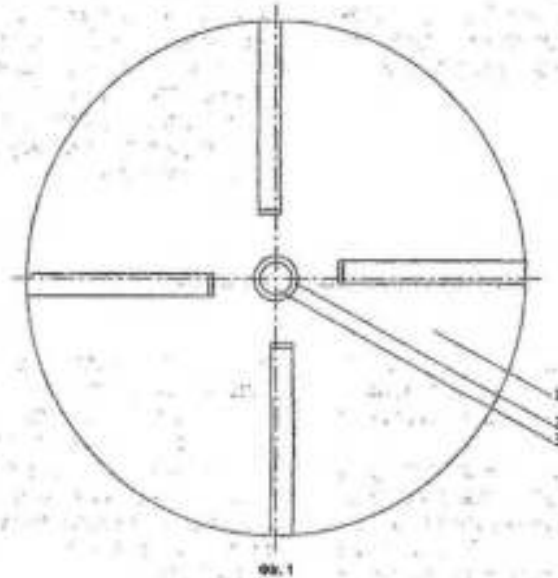
Фіг.2 - відцентровий розсіювальний апарат - вид спереду;

Фіг.3 - вид А на Фіг.2

Відцентровий розсіювальний апарат включає диск 1, виконаний з втулкою 2, за допомогою якої він нерухомо закріплений на валу 3. Вал 3 кінематично сполучений з механізмом його привода в обертальний рух, наприклад гідромотором (на

кресленнях не показаний). На диску 1, який виконаний плоским, розміщені лопатки 4, кожна з яких виконана у вигляді з'єднаних між собою під прямим кутом днища 5 і бокової стінки 6 з козирком 7. На кінці кожної лопатки, розміщеного ближче до осі обертання диска, закріплена пластина 8, спрямована по нормалі у напрямку їх робочої сторони.

Під час роботи відцентрового розсіювального апарата матеріал рівномірно подається на робочу поверхню диска 1, який обертається, де його частинки співударяються з боковими стінками 6 лопаток 4 і розподіляючись по їх поверхнях втягуються в обертальний рух. Завдяки наявності пластини 8 матеріал, що рухається в напрямку центра диска не сходять з кінця лопатки 4, що розміщений ближче до осі обертання диска, в увесь рухається по днищу 5 лопатки 4 в напрямку периферії диска 1, після відриву від якого, внаслідок одержаної швидкості, розсіюється в межах заданої зони, по поверхні поля широкою смугою.



Вид А



Комп'ютерна верстка М. Клюкін

Підписи

Тираж 26 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 77024 (13) C2
(51) МПК (2006)
A01C 17/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) МАШИНА ВІДЦЕНТРОВОГО ТИПУ ДЛЯ РОЗСІВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

1

(21) 20040503788
(22) 19.05.2004
(24) 16.10.2005
(46) 16.10.2006. Бюл. № 10, 2006 р.
(72) Адамчук Олег Валерійович
(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК
(56) RU 2134947, A01C17/00, 27.08.1990
SU 791291, A01C17/00, 30.12.1980
SU 892591, A01C17/00, 25.10.1979
DE 19723359, A01C17/00, 10.12.1998
EP 0433562, A01C17/00, 26.06.1991
WO 0152627, A01C17/00, 26.07.2001

2

UA 62160, A01C17/00, 15.12.2003
SU 1333254, A01C17/00, 30.08.1987
(57) 1. Машина відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив, яка включає бункер з дозатором, диск, з'єднаний з механізмом привода в обертальний рух, лопатки різної довжини, закріплені на робочому боці диска таким чином, що відстані від периферійних кінців лопаток до осі обертання диска різні, яка відрізняється тим, що лопатки виконані різні по висоті, причому чим довша лопатка тим більшу висоту вона має.
2. Машина відцентрового типу за п. 1, відрізняється тим, що лопатки виконані із двох частин, з'єднаних між собою з можливістю регулювання висоти лопатки.

Винахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може використовуватись в машинах для розсівання мінеральних добрив по поверхні поля.

Відома машина відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив, яка включає бункер з дозатором, диск, з'єднаний з механізмом привода в обертальний рух, лопатки однакової довжини закріплені на робочому боці диска з рівним віддаленням їх кінців від осі обертання [ав. св. №791291 СРСР, МПК^С А 01 С 17/00].

При роботі цієї машини добрива із бункера дозатором рівномірно подаються на визначену ділянку робочого боку диска, що обертається, де захоплюються лопатками і втягуються в обертальний рух. При цьому, під дією відцентрових сил, частинки добрив рухаються з прискоренням по лопатках від центра диска до його периферії і в момент злітання з лопаток мають відносну швидкість, яка близька до половини переносної, котра рівна коловій швидкості периферії диска. Після відризу від лопаток, у вільному польоті, частинки добрива мають абсолютну швидкість, яка рівна геометричній сумі вищезазначених швидкостей. За рахунок абсолютної швидкості частинки добрив широкою смугою (до 18 метрів) розсіваються по поверхні поля.

Однак, ця машина має недостатню ширину захвату і рівномірність розсівання добрив, оскільки

при однаковій довжині лопаток добрива починають і закінчують злітати з лопаток при однакових для усіх лопаток кутах повороту диска. При цьому, по полю добрива розсіваються усіма лопатками однаковими смугами, які при русі машини накладаються одна на одну. Тому ширина захвату машини дорівнює ширині смуги, яка засівається лише одною лопаткою, а висока нерівномірність розсівання добрив обумовлюється піковим зростанням інтенсивності їх висіву у середній частині сектору розсівання кожної лопатки і ці піки також накладаються один на один.

Відома також машина відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив, яка включає бункер з дозатором, з'єднаний з механізмом привода в обертальний рух диск, на якому закріплено лопатки різної довжини, причому лопатки однакового розміру установлені одна навпроти іншої, крім того лопатки виконані різної висоти і установлені під різними кутами до радіального напрямку, причому лопатки установлені за ходом обертання диска в порядку зменшення їх розміру і кута відхилення від радіального напрямку [патент № 2134947 A01C17/00 Росія].

Дана відцентрова машина є однодисковою, кількість лопаток розміщених диску складає від двох до чотирьох, причому всі лопатки різної довжини і висоти.

Ця машина є найбільш близькою до запропонованої і тому прийнята за прототип.

При роботі зазначеної машини добрива із бункера дозатором рівномірно подаються на визначену ділянку робочого боку диска, який обертається, де вони захоплюються лопатками, і під дією відцентрових сил, частинки добрив рухаються з прискоренням по лопатках від центра диска до його периферії. Після відриву від лопаток частини добрив розсіваються по поверхні поля. При малих подачах добрив на поверхню диска, частинки добрив вступають, перед усім, у взаємодію з найвищими лопатками. По мірі збільшення подачі добрив на поверхню диска, в роботу включаються середні лопатки меншої висоти так, як виступаюча кромка найбільших лопаток вже не справляється з збільшеним потоком добрив. При досягненні найбільшої подачі добрив в роботу включаються найнижчі лопатки, і

виступаюча за кромку диска частина найвищої лопатки, яка забезпечує схід частинок, випадково потрапивши за межі диска без взаємодії з лопатками.

Завдяки тому, що в цій машині всі лопатки різної довжини і установлені під різними кутами до радіуса диска, частинки добрив відриваючись від поверхні диска отримують різні швидкості і кути сходження, завдяки чому розподіляються на більшу відстань і більш рівномірно. Покращенню якості розподілення добрив по поверхні поля сприяє установка на диску лопаток різної довжини і висоти. При такій конструкції робочого органа кожна лопатка має свій сектор розсівання.

Недоліком вказаної машини є громіздкість конструкції робочого органа, а також незручність при зміні кількості добрива, що розсівається лопаткою в межах свого сектора.

Задачею винаходу є машина відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив, в якій шляхом зміни геометричних параметрів та конструкції лопаток забезпечується підвищення рівномірності розсівання добрив.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в машині відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив, яка включає бункер з дозатором, диск, з'єднаний з механізмом привода в обертальний рух, лопатки різної довжини, закріплені на робочому боці диска, відповідно до винаходу, лопатки виконані із двох частин, з'єднаних між собою з можливістю їх переміщення одна відносно іншої по висоті лопатки.

Завдяки такому виконанню машини відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив лопатки при обертанні диска захоплюють різну (встановлену для кожної лопатки) масу добрив, а це забезпечує узгодження розміру сектора з масою добрив, що розсівається в його межах, як наслідок, підвищення рівномірності розсівання добрив по поверхні поля.

Приклад виконання машини відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив пояснюється кресленнями, де:

Fig.1 - схема однодискової машини відцентрового типу - вид збоку;

Fig.2 - вид А на Fig.1;

Fig.3 - вид В на Fig.1;

Fig.4 - варіант дводискової машини відцентрового типу - вид згори.

Машина відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив, наприклад, однодискова - Fig.1 включає раму 1 з пристроями 2 для її з'єднання з націпною системою трактора. На рамі 1 закріплений бункер 3, виконаний у вигляді чотирикутної піраміди, встановленої меншою основою донизу, яка є його дном 4 та диск 5, з механізмом привода в обертальний рух, наприклад, підпримотором 6. На верхньому робочому боці диска 5 закріплено (не менше трьох лопаток - для однодискової і не менше двох - для дводискової машини) три лопатки 7, 8 і 9 з різним віддаленням їх периферійних кінців від осі обертання диска 5. Причому довжина лопатки 7 найменша, довжина лопатки 8 - більша за довжину лопатки 7 і довжина лопатки 9 - найбільша, тобто відстань від периферійних кінців лопаток до осі обертання диска 5 послідовно зростає. Крім того, найбільш довга лопатка має найбільшу висоту. Лопатки 7, 8 і 9 складаються з двох частин 10 і 11, з'єднаних між собою з можливістю регулювання по висоті. З'єднання частин 10 і 11 лопаток 7, 8 і 9 може забезпечуватися, наприклад, болтами, закріпленими на частинах 10, які проходять через довгі отвори частин 11 лопаток 7, 8 і 9. Бункер 3 обладнаний дозатором добрив, який виконаний у вигляді дозувального отвору 12 і регулювальної заслінки 13.

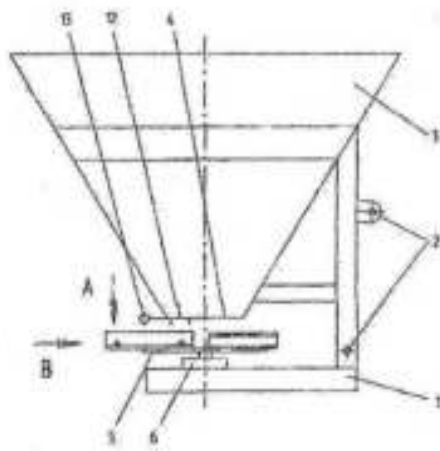
В варіанті дводискової машини відцентрового типу (Fig.4) на кожному з дисків встановлено тільки дві лопатки, що задовільняє формулі винаходу.

Перед початком роботи висота лопаток 7, 8 і 9 встановлюється індивідуально для кожної в залежності від довжини лопатки і виду добрив, шляхом переміщення частин 11 відносно частин 10 лопаток 7, 8 і 9 по висоті.

При роботі цієї машини добрива із бункера 3 через дозувальний отвір 12, в установленій заслінкою 13 дозі, рівномірно поступають на ділянку S робочого боку диска 5, який обертається, де вони захоплюються лопатками 7, 8 і 9 та втягуються в обертальний рух. При цьому, під дією відцентрових сил частинки добрив рухаються з прискоренням по лопатках 7, 8 і 9 від центра диска 5 до периферійних кінців лопаток. Оскільки відстані від периферійних кінців лопаток 7, 8 і 9 до осі обертання диска 5 різні, то частинки добрив рухаючись вздовж лопаток 7, 8 і 9 проходять різну відстань від точки подачі (яка є спільною) до точки сходження, тобто точка сходження для частинок добрив що рухаються по різним лопаткам є різною. Внаслідок цього частинки добрив злітають з периферії диска під різними кутами в горизонтальній площині, утворюючи сектори, відповідних смуг поля певної ширини, які при русі машини не накладаються одна на одну, а лише частково перекриваються. Завдяки тому, що лопатки 7, 8 і 9 виконані різної висоти, залежно від їх довжини, узгоджується маса добрив, що злітає з периферійних кінців лопаток 7, 8 і 9 з розмірами відповідних секторів.

5

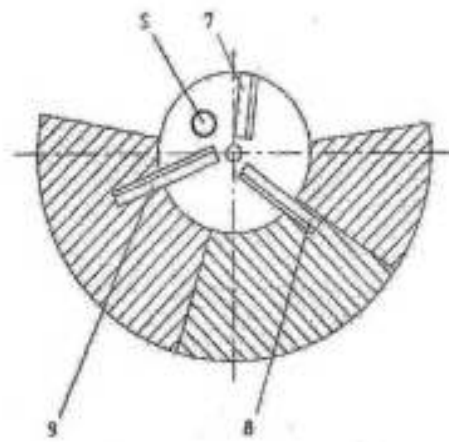
77024



фiг. 1

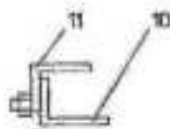
6

Вид А

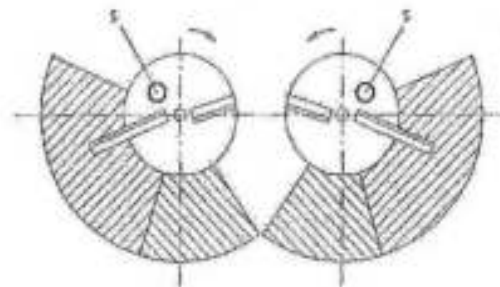


фiг. 2

Вид В



фiг. 3



фiг. 4



УКРАЇНА

(19) UA (11) 77522 (13) C2
(51) МПК (2006)
A01C 17/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИВІД ЖИВИЛЬНИКА МАШИНИ ДЛЯ РОЗСІВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

1

(21) 20041109578
(22) 22.11.2004
(24) 15.12.2006
(46) 15.12.2006, Бюл. № 12, 2006 р.
(72) Адамчук Валерій Васильович, Мойсєєнко Володимир Костянтинович, Адамчук Олег Валерійович
(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК
(56) SU 1123569, 15.11.1984
UA 74911, 16.08.2004
(57) Привід живильника машини для розсівання мінеральних добрив, який має притисковий ролик, шарнірно встановлений на поворотному важелі і розміщений біля колеса машини, втулку, шарнірно встановлену на осі біля поворотного важеля, гідроциліндр, один кінець якого з'єднаний з рамою

2

машини, а другий – з важелем, закріпленим на втулці, ролик, шарнірно встановлений на відштовхувальному важелі, закріпленому до втулки, та опорну доріжку для ролика, закріплену до поворотного важеля, пружину, котра одним кінцем зв'язана з кронштейном, закріпленим до поворотного важеля, а другим – з натяжним важелем, закріпленим до втулки, і обладнана натяжним пристроєм, виконаним у вигляді гвинта з гайкою і контргайкою, який відрізняється тим, що гайка виконана з стаканом, котрий співвісний її отвору і його зовнішній діаметр менший діаметра циліндра, вписаного в зовнішню поверхню гайки, а поверхня гайки, що сполучена з зовнішньою поверхнею стакану, виконана випуклою, причому стакан вільно проходить через отвір кронштейна, діаметр якого більший діаметра стакану, а випукла поверхня гайки контактує з крайкою (кромкою) отвору кронштейна.

Винахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може використовуватись в машинах для розсівання мінеральних добрив.

Відомий привід живильника машини для розсівання мінеральних добрив, який включає дві зірочки, ведуча з яких співвісно закріплена до колеса машини, а ведена встановлена на валу живильника, при цьому зірочки кінематично з'єднані між собою ланцюгом [А. с. СРСР №1123569, МПК³ A01C 17/00].

Цей привід простий за конструкцією і забезпечує частоту обертання вала живильника пропорційну швидкості руху машини, що забезпечує незмінність установленної дози внесення добрив при будь-якій робочій швидкості машини.

Однак, такий привід не захищає живильник від поломки при попаданні в бункер машини сторонніх предметів, а також обумовлює необхідність застосування складного і недостатньо надійного механізму для відключення привіду живильника при холостих переїздах машини.

Відомий також привід живильника машини для

розсівання мінеральних добрив, який включає притисковий ролик, шарнірно встановлений на поворотному важелі і розміщений біля колеса машини, втулку, шарнірно встановлену на осі біля поворотного важеля, гідроциліндр, один кінець якого з'єднаний з рамою машини, а другий – з важелем, закріпленим на втулці, ролик, шарнірно встановлений на відштовхувальному важелі, закріпленому до втулки та опорну доріжку для ролика закріплену до поворотного важеля, пружину, котра одним кінцем зв'язана з кронштейном, закріпленим до поворотного важеля, а другим з натяжним важелем, закріпленим до втулки і обладнана натяжним пристроєм, виконаним у вигляді гвинта з гайкою і контргайкою, який проходить через отвір в натяжному важелі [заявка № 2004010895 України, МПК³ A01C17/00].

Цей привід є найближчим аналогом і прийнятний за прототипом.

В цьому привіді обертальний рух від колеса машини на притисковий ролик передається силами тертя між поверхнями колеса і ролика, а від притискового ролика на вал живильника двома ланцюговими передачами.

(13) C2

(11) 77522

(19) UA

Застосування в цьому привіді притискового ролика забезпечує захист живильника від поломки при попаданні в бункер машини сторонніх предметів за рахунок пробуксовування ролика, а також значно спрощується конструкція і підвищується надійність механізму відключення привіда живильника шляхом відведення притискового ролика від колеса машини за допомогою гідроциліндра.

Однак, при роботі цього привіда відбувається пошкодження гвинта натяжного пристрою. При встановленні гайки і контргайки по одну сторону від натяжного важеля, через котрий проходить цей гвинт, або при застосуванні лише гайки (без контргайки), при включенні і виключенні привіда відбувається переміщення різьбової частини гвинта відносно отвору натяжного важеля. В результаті цього різьба пошкоджується і привід виходить із ладу. При розміщенні гайки і контргайки по різні сторони натяжного важеля, через який проходить гвинт, відбувається його згинання через неспівпадання, при повороті натяжного важеля, напрямку дії сили натягу пружини, яка діє на цей гвинт з його віссю. В результаті цього привід також виходить із ладу. Тобто такий привід недостатньо надійний.

Задача винаходу є привід живильника машини для розсівання мінеральних добрив, в якому шляхом зміни форми гайки натяжного пристрою виключається можливість пошкодження його гвинта, за рахунок чого підвищується його надійність.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в привіді живильника машини для розсівання мінеральних добрив, яка включає притисковий ролик, шарнірно встановлений на поворотному важелі і розміщений біля колеса машини, втулку, шарнірно встановлену на осі біля поворотного важеля, гідроциліндр, один кінець якого з'єднаний з рамою машини, а другий з важелем, закріпленим до втулки, ролик, шарнірно встановлений на відштовхувальному важелі, закріпленому до втулки та опорну доріжку для ролика, закріплену до поворотного важеля, пружину, котра одним кінцем зв'язана з кронштейном, закріпленим до поворотного важеля, а другим з натяжним важелем, закріпленим до втулки і обладнана натяжним пристроєм, виконаним у вигляді гвинта з гайкою і контргайкою, відповідно до виходу, гайка виконана з стаканом, котрий співвісний з її отвором і його зовнішній діаметр менший діаметра циліндра, вписаного в зовнішню поверхню гайки, а поверхня гайки, що сполучена з зовнішньою поверхнею стакану, виконана випуклою, причому стакан вільно проходить через отвір кронштейна, діаметр якого більший діаметра стакану, а випукла поверхня гайки контактує з крайкою (кромкою) отвору кронштейна.

Завдяки такому виконанню привіда живильника машини для розсівання мінеральних добрив виключається контакт різьбової частини гвинта натяжного пристрою з отвором кронштейна, через який проходить гвинт, оскільки з цим отвором постійно контактує стакан гайки. Тому виключається можливість пошкодження різьби гвинта при включенні і виключенні привіда. Крім того, при цьому, за рахунок вільного проходу ста-

кана гайки через отвір кронштейна і контакту випуклої поверхні гайки лише з крайкою цього отвору, при повороті натяжного важеля і відповідної зміни напрямку дії сили натягу пружини, відбувається поворот випуклої поверхні гайки разом з гвинтом по відношенню крайки отвору в кронштейні. В результаті цього напрямку дії сили натягу пружини, яка передається на гвинт, завжди співпадає з його віссю, що унеможливує згинання гвинта. Тому в даному привіді виключається пошкодження гвинта натяжного пристрою і підвищується його надійність.

Приклад виконання привіда живильника машини для розсівання мінеральних добрив пояснюється кресленнями, де:

Фіг.1 - привід живильника машини для розсівання мінеральних добрив змонтований на машині (вид збоку при включеному привіді);

Фіг.2 - привід живильника машини для розсівання мінеральних добрив (вид збоку при виключеному привіді);

Фіг.3 - натяжний пристрій пружини (з частковим розрізом гайки).

Привід живильника машини для розсівання мінеральних добрив включає притисковий ролик 1 (Фіг.1), шарнірно встановлений на поворотному важелі 2 і розміщений біля колеса 3 машини. Ролик 1 трьома ланцюговими передачами 4 кінематично зв'язаний з ведучим валом 5 живильника 6, змонтованого на днищі кузова 7, встановленого на рамі 8 машини. Біля важеля 2 на осі 9 шарнірно встановлена втулка 10, до якої закріплений важіль 11. Гідроциліндр 12 одним своїм кінцем (штоком) з'єднується з важелем 11, а другим кінцем (корпусом) з рамою 8 машини. Ролик 13 шарнірно встановлений на відштовхувальному важелі 14, закріпленому також до втулки 10. Опорна доріжка 15 для ролика 13 закріплена до поворотного важеля 2. На втулці 10 також закріплений натяжний важіль 16, з яким одним кінцем з'єднана пружина 17, а другим кінцем вона через натяжний пристрій 18 з'єднана з кронштейном 19, закріпленим до важеля 2. Натяжний пристрій 18 містить гвинт 20 (Фіг.3), виконаний з кільцем 21, до якого закріплена пружина 17. Гвинт 20 проходить через отвір 22 у кронштейні 19 і на ньому нагвинчена гайка 23, яка виконана з циліндричним стаканом 24, котрий співвісний з її отвором, а його зовнішній діаметр менший діаметра циліндра, вписаного в зовнішню поверхню гайки 23. Торцева поверхня 25 гайки 23, яка сполучена з зовнішньою бічною поверхнею стакану 24, виконана випуклою. Стакан 24 вільно (з зазором) проходить через отвір 22, діаметр якого більший діаметра стакану, а випукла поверхня 25 гайки 23 контактує з крайкою 26 отвору 22. Щоб виключити можливість випадання стакану 24 із отвору 22 кронштейна 19, його довжина повинна бути більшою товщини кронштейна 19. Причому при використанні пружини 17 невисокої жорсткості контргайка 27 встановлюється так, що контактує з торцем стакану 24 (Фіг.3). Якщо ж пружина 17 має високу жорсткість, то контргайка 27 може встановлюватись по одну сторону кронштейна 19 з гайкою 23 і контактувати з нею.

В процесі руху машини, якщо ролик 1 притис-

5

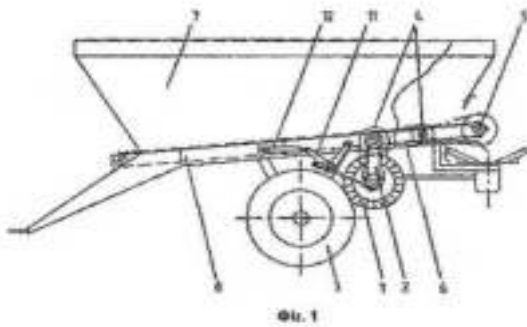
77522

6

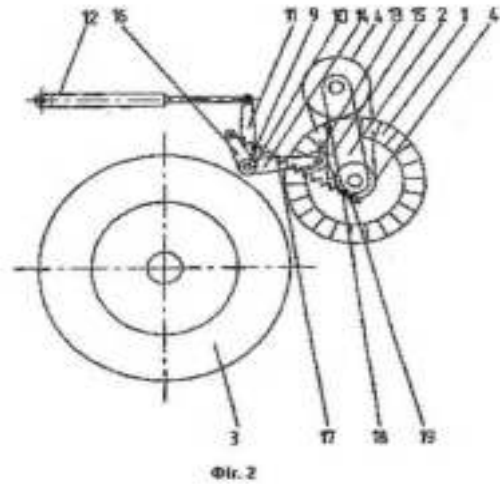
нутий пружиною 17 до колеса 3 (Фіг.1), за рахунок сил тертя між поверхнями колеса і ролика, рух від колеса 3 передається на ролик 1, від якого через три ланцюгові передачі 4 привідиться в рух ведучий вал 5 живильника 6. При цьому мінеральні добрива із бункера 7 живильником 6 подаються на розсівальний апарат.

Для відключення привіда масло від гідросистеми трактора подається під поршень гідроциліндра 12. При цьому, під дією штока гідроциліндра 12 важіль 11 і втулка 10 повертають-

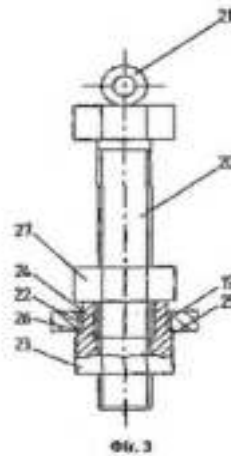
ся за годинниковою стрілкою (Фіг.1) і завдяки цьому повороту спочатку натяжним важелем 16 зменшується натяг пружини 17, а потім ролик 13 відштовхувального важеля 14 натискає на опорну доріжку 15 важеля 2 і останній повертається проти годинникової стрілки (Фіг.2) і відводить ролик 1 від колеса 3, тобто привід виключається. Після відключення привіда пружина 17 знаходиться в ослабленому вигляді. Включення привіда здійснюється в зворотному порядку.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка М. Клякін

Підписне

Тираж 26 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 12794 (13) U
(51) МПК (2006)
A01C 17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) МАШИНА ДЛЯ РОЗСІВАННЯ ДВОХ І БІЛЬШЕ ВИДІВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

1

(21) 20040907876
(22) 28.09.2004
(24) 15.03.2006
(46) 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006 р.
(72) Адамчук Валерій Васильович, Мойсеєнко Володимир Костянтинович, Адамчук Олег Валерійович
(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК
(57) 1. Машина для розсівання двох і більше видів мінеральних добрив, котра включає не менше двох місткостей для завантаження різних видів мінеральних добрив, котрі обладнані дозувальними пристроями, та розсівальний орган, яка відрізняється тим, що в кожній місткості біля дозувального пристрою встановлений електричний датчик

2

для визначення наявності добрив, причому датчики усіх місткостей з'єднані між собою послідовно і підключені до джерела електричного струму та зв'язані з сигнальним пристроєм.
2. Машина за п.1, яка відрізняється тим, що зв'язок між датчиками і сигнальним пристроєм виконаний шляхом включення останнього в електричне коло послідовно з датчиками, а сигнальним пристроєм є лампочка, розміщена в кабіні трактора, з яким агрегується машина.
3. Машина за п.1, яка відрізняється тим, що зв'язок між датчиками і сигнальним пристроєм виконаний шляхом включення в електричне коло послідовно з датчиками реле та виконання сигнального пристрою у вигляді електричного звукового сигналізатора, який через реле зв'язаний з джерелом електричного струму.

Корисна модель відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може використовуватись в машинах для розсівання мінеральних добрив по поверхні ґрунту.

Відома машина для розсівання одного виду мінеральних добрив, яка включає бункер, обладнаний дозувальним пристроєм та розсівальний орган [Ав. св. №1202502 СРСР, МПК 5 А01С17/00].

При роботі цієї машини добрива із бункера дозувальним пристроєм, в установленій кількості, рівномірно подаються на розсівальний орган, яким широкою смугою розсіваються по поверхні ґрунту. Причому процес роботи машини тракторист оцінює візуально шляхом спостереження через дзеркало заднього виду трактора за польотом добрив.

Недоліком цієї машини є те, що вона одночасно розсіває один вид добрив, а для нормального живлення рослин потрібні три їх види (азотні, фосфорні і калійні). Тому на одному полі проводять триразне розсівання добрив, що зумовлює високі витрати на удобрення ґрунту, збільшення строка виконання роботи та ущільнення ґрунту колесами агрегату.

Відома також машина для розсівання двох і більше видів мінеральних добрив, яка включає

бункер, розділений на місткості для завантаження різних видів мінеральних добрив, котрі обладнані дозувальними пристроями та розсівальний орган [патент 61181А України, МПК 7 А01С17/00].

Ця машина є найближчим аналогом і прийнята за прототип.

При роботі цієї машини, завантажені у місткості різні види мінеральних добрив, дозувальними пристроями, в установленій для кожного виду добрив індивідуальній кількості, вивантажуються із місткостей і подаються на розсівальний орган, яким усі види добрив широкою смугою розсіваються по поверхні ґрунту.

Застосування на цій машині трьох місткостей з дозувальними пристроями дає можливість за один прохід агрегату одночасно розсівати три види мінеральних добрив індивідуальними дозами, що забезпечує різке зниження витрат на проведення удобрення ґрунту, скорочення строку виконання роботи та зменшення ущільнення ґрунту колесами агрегату.

Однак, в зв'язку з індивідуальним дозуванням різних видів добрив із місткостей, їх спороження відбувається не рівномірно. Тому при роботі агрегату завжди настає момент, коли в одній із міст-

(19) UA (11) 12794 (13) U

костей добрива закінчилися, але тракторист цього помітити не може, оскільки він візуально спостерігає за польотом добрив, що поступають на розсівальний орган із інших двох місткостей. Тобто при закінченні добрив в одній або навіть у двох місткостях, коли висивається лише один вид добрив замість двох або трьох агрегат продовжує працювати, оскільки цього порушення технології удобрення ґрунту тракторист не може помітити. В результаті цього знижується якість удобрення ґрунту.

Задачею корисної моделі є машина для розсівання двох і більше видів мінеральних добрив в якій шляхом обладнання усіх місткостей для завантаження різних видів добрив електричними датчиками наявності добрив, зв'язаних з сигнальним пристроєм, забезпечується підвищення якості удобрення ґрунту.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в машині для розсівання двох і більше видів мінеральних добрив, яка включає не менше двох місткостей для завантаження різних видів мінеральних добрив, котрі обладнані дозувальними пристроями та розсівальний орган, відповідно до корисної моделі, в кожній місткості біля дозувального пристрою встановлений електричний датчик для визначення наявності добрив, причому датчики усіх місткостей з'єднані між собою послідовно і підключені до джерела електричного струму та зв'язані з сигнальним пристроєм, а зв'язок між датчиками та сигнальним пристроєм може бути виконаний шляхом його включення в електричний ланцюг послідовно з датчиками, а сигнальним пристроєм є лампочка, розміщена в кабіні трактора, з яким агрегується машина або зв'язок між датчиками і сигнальним пристроєм виконаний шляхом включення в електричний ланцюг послідовно з датчиками реле та виконання сигнального пристрою у вигляді електричного звукового сигналізатора, який через реле зв'язаний з джерелом електричного струму.

Завдяки такому виконанню машини для розсівання двох і більше видів мінеральних добрив, при її роботі, тракторист, який керує удобрювальним агрегатом, одержує сигнал, коли в будь-якій місткості закінчуються добрива, після чого припиняє роботу і проводиться завантаження добрив в усі місткості. В результаті цього гарантується підвищення якості комплексного удобрення ґрунту двома і більше видами добрив.

Приклад виконання машини для розсівання двох і більше видів мінеральних добрив пояснюється кресленнями, де:

Фіг.1 - машина для розсівання двох і більше видів мінеральних добрив (вид збоку в розрізі);

Фіг.2 - схема зв'язку між датчиками для визначення наявності добрив і сигнальним пристроєм, виконаним шляхом його включення в електричний ланцюг послідовно з датчиками і використанням як сигнального пристрою електричної лампочки;

Фіг.3- схема зв'язку між датчиками для визначення наявності добрив і сигнальним пристроєм,

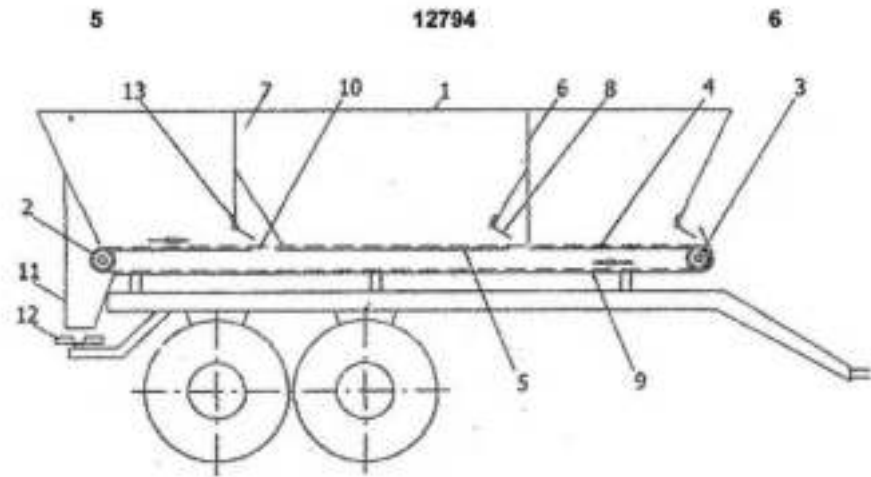
виконаним шляхом включення в електричний ланцюг послідовно з датчиками реле та використання як сигнального пристрою електричного звукового сигналізатора, який через реле зв'язаний з джерелом електричного струму.

Машина для розсівання двох і більше видів мінеральних добрив включає бункер 1, в якому на зрочках 2 валів 3, встановлений перфорований транспортер 4, виконаний із прутків, з'єднаних планками і розміщених з певним інтервалом, який охоплює днище 5. Бункер 1 розділений поперечними перегородками 6 на три місткості 7 для завантаження різних видів мінеральних добрив (азотних, фосфорних і калійних). Кожна місткість 7 обладнана дозувальним пристроєм 8, виконаним у вигляді поворотної заслінки. Під нижньою ланкою транспортера 4 встановлений транспортний жолоб 9, а в днищі 5 біля дозувальних пристроїв 8 виконані вікна 10 для надходження добрив на жолоб 9. Біля заднього кінця жолоба 9 розміщений тукоспрямовувач 11, під яким встановлений відцентровий розсівальний орган 12. В кожній місткості 7 біля дозувального пристрою 8 встановлено електричний датчик 13 для визначення наявності добрив у місткості. Усі датчики 13 з'єднані між собою провідниками 14 послідовно та зв'язані з сигнальним пристроєм. В залежності від побажання замовника, зв'язок між датчиками 13 і сигнальним пристроєм (рис. 2) може бути виконаний шляхом його включення в електричний ланцюг послідовно з датчиками 13 та підключення до джерела електричного струму 16, а сигнальним пристроєм є лампочка 15, розміщена в кабіні трактора, з яким агрегується машина, або зв'язок між датчиками 13 і сигнальним пристроєм виконаний шляхом включення в електричний ланцюг послідовно з датчиками реле 17 та виконання сигнального пристрою у вигляді електричного звукового сигналізатора 18, який через реле зв'язаний з джерелом електричного струму 16. Перший варіант прийнятий для більш уважних трактористів (потрібно слідкувати за лампочкою), а другий для менше уважних трактористів, але він має більшу вартість.

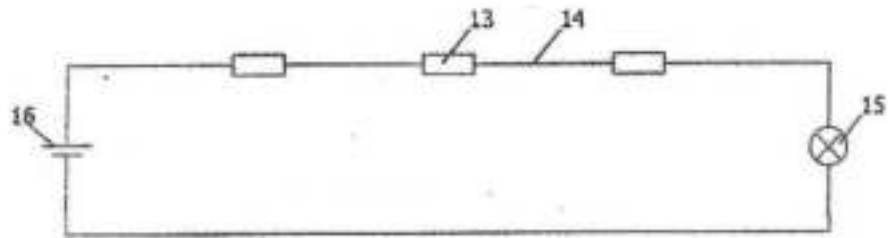
Працює дана машина таким чином.

Перед початком роботи у відсіки 7 завантажуються різні види добрив і дозувальними пристроями 8 устанавлюються необхідні дози розсівання кожною виду добрив. При русі транспортера 4, встановлені пристроями 8 дози різних добрив, виносяться його верхньою ланкою із місткостей 7 і пройшовши через її перфорації (проміжки між прутками) надходять на транспортний жолоб 9, де захоплюються нижньою ланкою транспортера 4 і подаються на тукоспрямовувач 11, по котрому поступають на розсівальний орган, яким усі види добрив широкою смугою розсіваються по поверхні ґрунту.

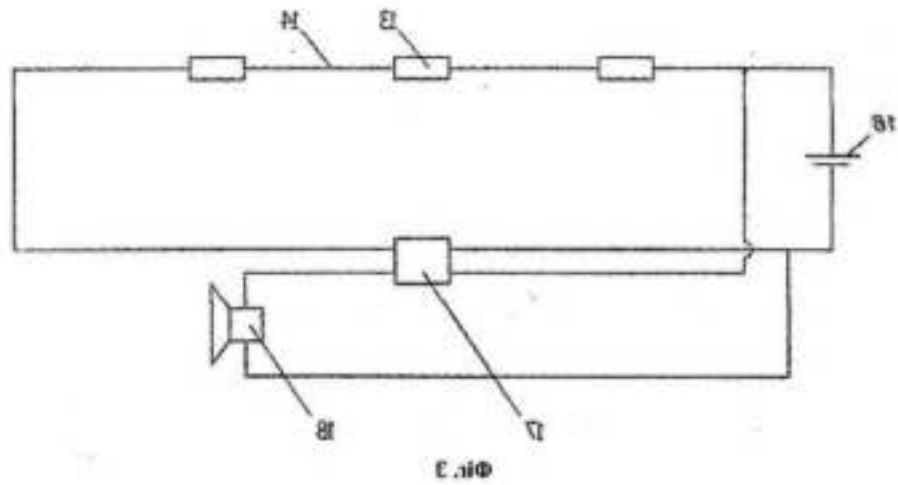
При завершенні висіву добрив із будь-якої місткості її датчиком 13 включається сигнал 15 або 18, тракторист припиняє роботу агрегату і в усі місткості машини завантажуються добрива.



Фиг. 1



Фиг. 2



Е.ліФ

Комп'ютерна верстка Н. Лисенко Підписне Тираж 25 прим.

Міністерство освіти і науки України
 Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62160 (13) A

(51) 7 A01C17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІД

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ОДНОДИСКОВА МАШИНА ВІДЦЕНТРОВОГО ТИПУ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

1

2

(21) 2002129659
(22) 03.12.2002
(24) 15.12.2003
(46) 15.12.2003, Бюл. № 12, 2003 р.
(72) Адамчук Олег Валерійович
(73) Адамчук Олег Валерійович
(57) Однодискова машина відцентрового типу для внесення мінеральних добрив, що містить бункер з

дозатором, диск, з'єднаний з механізмом приводу в обертальний рух, лопатки різної довжини, закріплені на робочому боці диска з різним віддаленням їх кінців від осі обертання, яка відрізняється тим, що кількість лопаток не менше трьох, а відстані їх периферійних кінців від осі обертання послідовно зростають.

Винахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може використовуватись в машинах для розсіювання мінеральних добрив по поверхні ґрунту.

Відома одно-дискова машина відцентрового типу для внесення мінеральних добрив, яка включає бункер з дозатором, диск, з'єднаний з механізмом приводу в обертальний рух, лопатки однакової довжини, закріплені на робочому боці диска з різним віддаленням їх кінців від осі обертання (ав. св. СРСР №791291, МПК⁷ А01С17/00).

При роботі цієї машини добрива із бункера дозатором рівномірно подаються на визначену ділянку робочого боку диска, що обертається, де захоплюються лопатками і втягуються в обертальний рух. При цьому, під дією відцентрових сил, частинки добрив рухаються з прискоренням по лопатках від центра диска до його периферії і в момент злітання з лопаток диска мають відносну швидкість, яка близька до половини переносної, котра рівна коловій швидкості периферії диска. Після відриву від лопаток диска, у вільному польоті, частинки добрив мають абсолютну швидкість, яка рівна геометричній сумі вищезазначених швидкостей, за рахунок котрої вони широкою смугою (до 18 метрів) розсіваються по поверхні поля.

Однак, ця машина має недостатню ширину захвату і рівномірність розсіювання добрив, оскільки при одноквовій довжині лопаток добрива починають злітати з лопаток і закінчують при однакових для усіх лопаток кутах повороту диска. При цьому по полю добрива розсіваються усіма лопатками однаковими смугами, які при русі машини накладаються одна на одну. Тому ширина захвату машини дорівнює ширині смуги, яка засівається лише

одною лопаткою, в висока нерівномірність розсіювання добрив обумовлюється піковим зростанням інтенсивності їх висіву у середній частині сектору розсіювання кожної лопатки і ці піки також накладаються один на одиний.

Відома також однодискова машина відцентрового типу для внесення мінеральних добрив, яка включає бункер з дозатором, диск, з'єднаний з механізмом приводу в обертальний рух, лопатки різної довжини, закріплені на робочому боці диска з різним віддаленням їх кінців від осі обертання (патент Росії №2134947, МПК⁷ А01С17/00).

Ця машина є найбільш близькою до запропонованої і тому прийнята за прототип.

Застосування на цій машині лопаток різної довжини обумовлює зміни початку і закінчення злітання частинок добрив з лопаток, яке відбувається при різних кутах повороту диска. Тому смуги розсіювання добрив окремими лопатками по полю частково зміщуються в напрямку перпендикулярному напрямку руху машини, що забезпечує збільшення ширини захвату машини (до 24 метрів), а також підвищення рівномірності розсіювання добрив за рахунок часткового зміщення піків зростання інтенсивності їх висіву окремими лопатками, в середній частині сектору їх розсіву, по ширині захвату машини.

Однак і ця машина має недостатню для сучасного сільськогосподарського виробництва ширину захвату і рівномірність розсіювання добрив.

Задачею винаходу є однодискова машина відцентрового типу для внесення мінеральних добрив, в якій шляхом необхідної кількості лопаток і нового співвідношення розміщення їх периферійних кінців від осі обертання досягається підвищен-

(19) UA (11) 62160 (13) A

3

ня ширини захвату машини і рівномірності розсіювання добрив.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в однодисковій машині відцентрового типу для внесення мінеральних добрив, яка включає бункер з дозатором, диск, з'єднаний з механізмом привода в обертальний рух, лопатки різної довжини, закріплені на робочому боці диска з різним віддаленням їх кінців від осі обертання, відповідно до винаходу, кількість лопаток не менше трьох, а відстані їх периферійних кінців від осі обертання послідовно зростають.

Завдяки такому виконанню машини її ширина захвату дорівнює сумі ширин смуг, що засіваються кожною із лопаток диска і досягає 30 метрів, а рівномірність розсіювання добрив підвищується за рахунок рівномірного розподілу піків зростання інтенсивності їх висіву окремими лопатками, в середній частині сектору їх розсіювання, по ширині захвату.

Приклад виконання однодискової машини відцентрового типу для внесення мінеральних добрив пояснюється кресленнями, де:

фіг.1 - однодискова машина відцентрового типу для внесення мінеральних добрив - вид збоку;

фіг.2 - диск з лопатками - вид зверху.

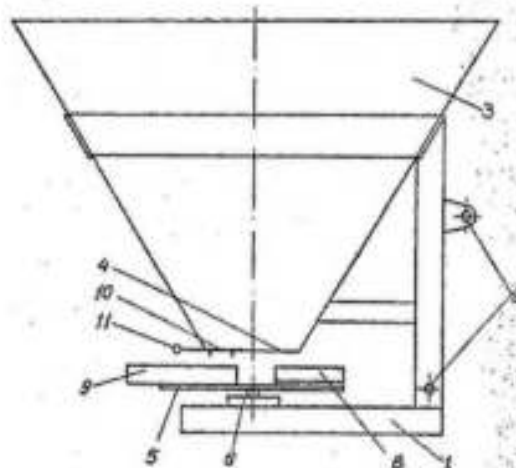
Однодискова машина відцентрового типу для внесення мінеральних добрив включає раму 1 (фіг.1) з пристроями 2 для її з'єднання з начіпною системою трактора. На рамі 1 закріплений бункер 3, виконаний у вигляді чотирикутної піраміди, встановленої меншою основою донизу, яка є його дном 4 та розсіювальний диск 5, з механізмом привода в обертальний рух, наприклад, гідромо-

62160

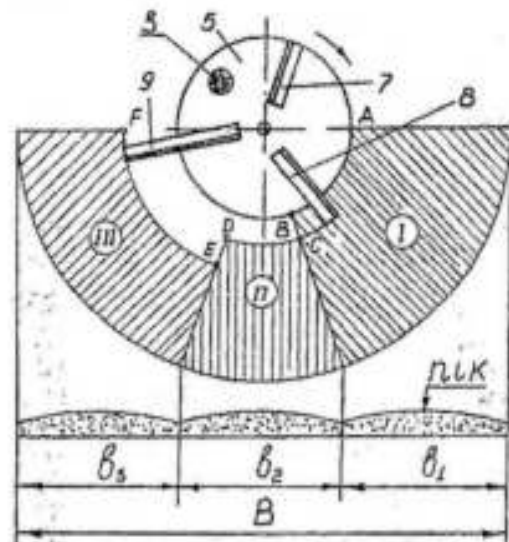
4

тором 6. На верхньому робочому боці диска 5 закріплено три лопатки 7, 8 і 9 різної довжини з різним віддаленням їх кінців від осі обертання диска 5. Причому відстань від периферійного кінця лопатки 7 до осі обертання найменша, від лопатки 8 - більша і лопатки 9 - найбільша, тобто відстань від периферійних кінців лопаток до осі обертання 1 диска 5 послідовно зростає у напрямку колової швидкості (на фіг.2 показаний стрілкою) диска 5. Бункер 3 обладнаний дозатором добрив, який виконаний у вигляді дозувального отвору 10 і регульовальної заслінки 11.

При роботі цієї машини добрива із бункера 3 через дозувальний отвір 10, встановлений заслінкою 11 дози, рівномірно поступають на ділянку S робочого боку диска 5, який обертається, де вони захоплюються лопатками 7, 8, 9 і втягуються в обертальний рух. При цьому, під дією відцентрових сил, частинки добрив рухаються з прискоренням по лопатках від центра диска до периферії. Оскільки відстані від периферійних кінців лопаток 7, 8 і 9 до осі обертання диска 5 різні, то в першу чергу добрива починають злітати, з найкоротшої лопатки 7 у точці А (фіг.2), а закінчують у точці В, тобто охоплюють сектор I і при цьому засівається смуга поля шириною v_1 з лопатки 8 відповідна в точках С і Д, сектор II і ширина смуги v_2 , і з лопатки 9 в точках Е і F, сектор III і ширина смуги v_3 . В результаті такої послідовної роботи лопаток з різним віддаленням їх кінців від осі обертання, ширина захвату машини В дорівнює сумі ширини смуг v_1 , v_2 і v_3 , що засіваються лопатками 7, 8 і 9.



Фіг. 1



Фіг. 2



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63703 (13) A

(51) 7 A01C15/00, A01C17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВІДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) УНІВЕРСАЛЬНА МАШИНА ДЛЯ РОЗСІЮВАННЯ ТА ЗАВАНТАЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ, ХІММЕЛІОРАНТІВ І ЗЕРНА

1

2

(21) 2003065040

(22) 02.08.2003

(24) 15.01.2004

(46) 15.01.2004, Бюл. № 1, 2004 р.

(72) Адамчук Валерій Васильович, Мойсєєнко Володимир Костянтинович, Адамчук Олег Валерійович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК

(57) 1. Універсальна машина для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна, яка містить кузов з скребковим живильником-транспортером, який охоплює його днище, випускну щілину, виконану в стінці кузова над вер-

хньою ланкою живильника-транспортера, жолоб, встановлений під його нижньою ланкою, та відцентровий розсіювальний орган, виконаний у вигляді диска з лопатками і розміщений біля кінця жолоба, яка відрізняється тим, що в жолобі виконане вікно, під яким встановлений додатковий робочий орган.

2. Універсальна машина за п.1, яка відрізняється тим, що додатковий робочий орган виконаний штанговим для розсіювання пілеподібних добрив і хіммеліорантів.

3. Універсальна машина за п.1, яка відрізняється тим, що додатковий робочий орган виконаний у вигляді похилого конуса для завантаження мінеральних добрив в бункери комбінованих машин та зерна в сіялки.

Винахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і може використовуватись в машинах для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів та зерна.

Відома машина для розсіювання мінеральних добрив і хіммеліорантів, яка включає кузов з скребковим живильником-транспортером, котрий охоплює його днище, випускну щілину, виконану у стінці кузова над верхньою ланкою живильника-транспортера та штанговий розсіювальний орган, виконаний у вигляді трубчастої штанги з висівним отворами, усередині якої встановлений шнек з різними напрямками гвинтової поверхні (ав.св. СРСР №1095893, МПК³ А01С15/00).

При роботі цієї машини завантажений у кузов матеріал рівномірно подається живильником-транспортером на шнек штанги, яким він транспортується праворуч та ліворуч від його середини і, витікаючи через висівні отвори, розсівається по поверхні поля.

Така машина якісно розсіває пілеподібний, дрібнокристалічний і гранульований матеріал, але вона має недостатню (до 16м) ширину захвату при розсіюванні гранульованих добрив.

Відома також машина для розсіювання мінеральних добрив, яка містить кузов з скребковим живильником-транспортером, який охоплює його днище, випускну щілину, виконану у стінці кузова над верхньою ланкою живильника-транспортера та відцентровий розсіювальний орган, виконаний у вигляді диска з лопатками і розміщений біля кінця живильника-транспортера (ав.св. АСРСР 3 1123569, МПК³ А01С17/00).

Ця машина є найближчим аналогом і прийнята за прототип.

При роботі цієї машини, завантажені у кузов добрива рівномірно подаються живильником-транспортером на диск розсіювального органа, що обертається, захоплюються його лопатками і під дією відцентрових сил розсіваються по поверхні поля.

Така машина забезпечує розсіювання гранульованих добрив і зерна на велику ширину (до 36м) при забезпеченні необхідної рівномірності.

Однак, при розсіюванні пілеподібних і дрібнокристалічних матеріалів її ширина захвату не перевищує 8 м, а якість розсіювання у вітряну погоду не задовольняє агротехнічним вимогам. Можна комплектувати таку машину двома типами розсіювальних органів - відцентровим і штанговим, але їх

(13) A

(11) 63703

(19) UA

заміна пов'язана з значними трудовозатратами та простоями машини, що знижує її ефективність. Крім того, така машина не забезпечує завантаження мінеральних добрив і зерна в бункери комбінованих машин і зернових сівалок.

Задачею винаходу є універсальна машина для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів та зерна, в якій шляхом нового розміщення штангового розсіювального або завантажувального органа з відцентровим розсіювальним органом досягається універсальність машини, тобто її можна використовувати для внесення гранульованих добрив і висіву зерна відцентровим розсіювальним органом та внесення пилеподібних мінеральних добрив і хіммеліорантів штанговим розсіювальними органами, а також для завантаження комбінованих машин мінеральними добривами та сівалок зерном.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в універсальній машині для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна, яка вклучає кузов з скребковим живильником-транспортером, який охоплює його днище, випускні щілину, виконану в стінці кузова над верхньою ланкою живильника-транспортера, жолоб, встановлений під його нижньою ланкою та відцентровий розсіювальний орган, виконаний у вигляді диска з лопатками і розміщений біля кінця жолоба, відповідно до винаходу, в жолобі виконане вікно, під яким встановлений додатковий робочий орган. Причому в залежності від необхідності, додатковий робочий орган може бути виконаний у вигляді штанги для розсіювання пилеподібних добрив і хіммеліорантів, або у вигляді похилого конвеєра для завантаження мінеральних добрив в бункери комбінованих машин та зерна в сівалки.

Завдяки такому виконанню машини її можна використовувати, крім ефективного розсіювання гранульованих добрив та зерна, при внесенні пилеподібних добрив і хіммеліорантів та завантаженні мінеральних добрив в комбіновані машини та зерна в сівалки, тобто вона набуває нову властивість - універсальність.

Приклад виконання універсальної машини для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна пояснюється кресленнями, де:

фіг.1 - універсальна машина для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна з відцентровим і штанговим розсіювальними органами в транспортному положенні (вид збоку);

фіг.2 - універсальна машина для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна з відцентровим і штанговим розсіювальними органами в робочому положенні (вид зверху);

фіг.3 - універсальна машина для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна з відцентровим розсіювальним і конвеєрним завантажувальними органами (вид ззаду).

Універсальна машина для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна вклучає раму 1 з опорними колесами 2, на якій закріплений кузов 3. На днище 4 кузова 3 опи-

рається верхня ланка живильника-транспортера 5, який встановлений на обладнаному приводом (на фіг.1 не показано), ведучому валу 6 і веденому 7. Під нижньою ланкою живильника-транспортера 5 закріплений жолоб 8, біля заднього кінця якого встановлений відцентровий розсіювальний орган 10, виконаний у вигляді диска з лопатками і обладнаний механізмом привода в обертальний рух, наприклад гідромотором 11. Для направлення матеріалу з жолоба 8 на розсіювальний орган 10 над останнім закріплено тукоспрямовувач 12. В передній стінці 13 кузова 3 виконана щілина 14, обладнана заслінкою 15, призначеною для регулювання товщини шару матеріалу, що виноситься з кузова 3. В жолобі 8 виконане вікно 16, обладнане шибером 17.

У варіанті машини для розсіювання мінеральних добрив, зерна та хіммеліорантів (вална, гіпсу) (фіг.1 і 2) під вікном 16 встановлюється штанговий розсіювальний орган 18, виконаний у вигляді труби 19 з висівними отворами 20 по усій її довжині. Усередині труби 19 встановлений шнек 21 з різними напрямками робочої поверхні - правою і лівою, який обладнаний механізмом привода (на фіг.1 не показаний).

У варіанті машини для розсіювання гранульованих мінеральних добрив і зерна та їх завантаження у бункери комбінованих машин і сівалок під вікном 16 (фіг.3) встановлюється нижня частина похилого, наприклад шнекового, конвеєра 22 з вивантажувальним патрубком 23, який для забезпечення жорсткості підтримується розтяжкою 24.

При розсіюванні гранульованих добрив та зерна можна використовувати обидва варіанти машини. Для цього вікно 16 в жолобі 8 перекидається шибером 17, відключається привод шнека 21 штангового розсіювального органа 18 чи похилого конвеєра 22, а включається привод живильника-транспортера 5 та відцентрового розсіювального органа 10. При русі машини матеріал (гранульовані добрива чи зерно) скребками верхньої ланки живильника-транспортера 5, в установленій заслінкою 15 дозі, виноситься із кузова 3 на жолоб 8, по якому його нижньою ланкою транспортується в зворотному напрямку і подається на диск відцентрового розсіювального органа 10, що обертається. Поданий матеріал захоплюється лопатками диска розсіювального органа 10, втягується в обертальний рух і під дією відцентрових сил широкою смугою (до 36м) розсівається по поверхні поля.

При розсіюванні пилеподібних добрив і хіммеліорантів (вална, гіпсу) використовується перший варіант машини (фіг.2). Для цього вікно 16 в жолобі 8 відкривається, відключається привод відцентрового розсіювального органа, включається привод живильника-транспортера 5 і шнека 21 штангового органа 18. Під час руху машини пилеподібний матеріал, в установленій заслінкою 15 дозі, виноситься із кузова 3 і через вікно 16 подається усередину труби 19. Цей матеріал захоплюється робочими поверхнями шнека 21 і за рахунок різного їх спрямування транспортується в протилежні сторони до периферійних кінців штангового органа 18. В процесі цього транспортування матеріал із труби 19 через висівні отвори 20 розсіва-

5

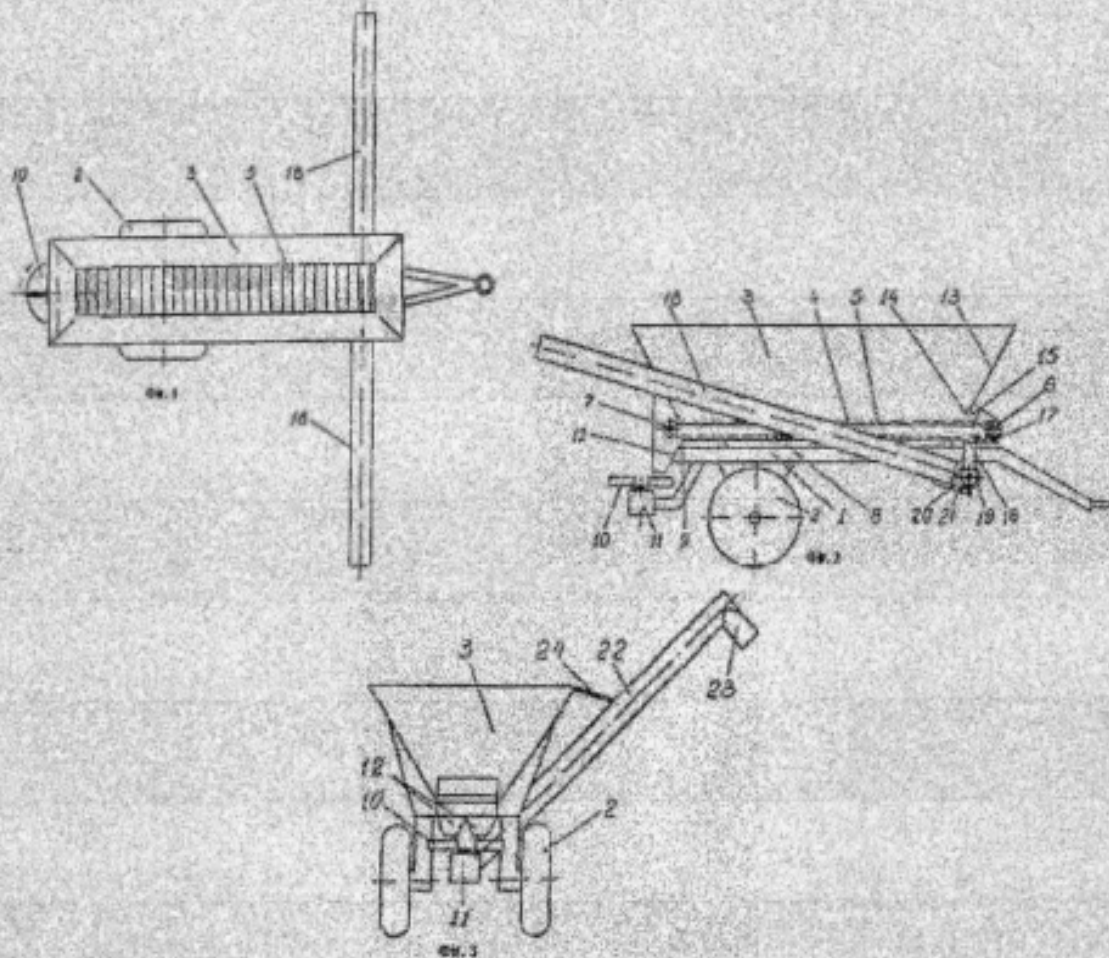
63703

6

ється по поверхні поля смугою, загальна ширина якої дорівнює довжині штанги (до 16м).

При завантаженні добрив чи зерна в бункери комбінованих машин і сівалок використовується другий варіант машини (фіг.3). Для цього привод розсіювального органа 10 відключається, а живильник-транспортер 5 і похилий конвеєр 22, навпаки, включається. Відкривається вікно 16 в жолобі 8 і заслінка 15 піднімається максимально угору. Машина під'їждже до бункера комбінованої

машини чи сівалки, в якій необхідно завантажити матеріал так, щоб вивантажувальний патрубок 23 знаходився над бункером. При включенні машини в роботу добрива чи зерно виносяться живильником-транспортером 5 із кузова 3 і через вікно 16 подаються на похилий конвеєр 22, яким піднімаються угору і через вивантажувальний патрубок 23 подаються в бункер комбінованої машини чи сівалки до його заповнення.



Комп'ютерна верстка Т. Чепелєва

Підписи

Тираж 39 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, Львівська площа, 8, м. Київ, МСП, 04655, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119



ЗАТВЕРДЖУЮ:
Головний інженер ДКТБ ІМЕСГ
ОВЧАРЕНКО В.М.
" 12 " 20 10 р.




ЗАТВЕРДЖУЮ:
Директор ННЦ "ІМЕСГ"
ГУКОВ Я.С.
" 12 " 20 10 р.

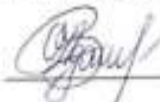
ДОВІДКА

про використання ДКТБ ІМЕСГ результатів НДР і ДКР по створенню машини для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив основними дозами МРД-5

За результатами науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, що виконала лабораторія з НТП застосування добрив та хіммеліорантів ННЦ "ІМЕСГ" під керівництвом і з участю Адамчука О.В., експериментальне виробництво ДКТБ ІМЕСГ на замовлення підприємств України виготовило партію (п'ять штук) машин для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив основними дозами МРД-5.

В конструкції машини МРД-5 використані технічні рішення, які захищені патентами України: №76362; №77522; №74911.

Головний інженер
ДКТБ ІМЕСГ

КИСЕЛЬОВ П.С.
" 01 " 12 20 10 р.

Завідувач лабораторії з НТП
застосування добрив та хіммеліорантів
ННЦ "ІМЕСГ"

АДАМЧУК О.В.
" 01 " 12 20 10 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ:
ДИРЕКТОР ДКТБ ІМЕСГ
ОВЧАРЕНКО В.М.
19 05 2010 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ:
ДИРЕКТОР ННЦ "ІМЕСГ"
ГУКОВ Я.С.
19 05 2010 р.

ДОВІДКА

про використання ДКТБ ІМЕСГ результатів НДР і ДКР по створенню машини для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів основними дозами МРД-8

За результатами науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, що виконала лабораторія з НТП застосування добрив та хіммеліорантів ННЦ "ІМЕСГ" під керівництвом і з участю Адамчука О.В., експериментальне виробництво ДКТБ ІМЕСГ на замовлення підприємств України виготовило партію (три штуки) машин для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів основними дозами МРД-8.

В конструкції машини МРД-8 використані технічні рішення, які захищені патентами України: №76327; №76362.

Головний інженер
ДКТБ ІМЕСГ
КИСЕЛЬОВ П.С.
19 05 2010 р.

Завідувач лабораторії з НТП
застосування добрив та хіммеліорантів
ННЦ "ІМЕСГ"
АДАМЧУК О.В.
19 05 2010 р.

ЗОЛОТА МЕДАЛЬ
ДИПЛОМ



АГРО-2008

ЮВІЛЕЙНА ХХ МІЖНАРОДНА ВИСТАВКА-ВРМАРОК
НАГОРОДЖУЄТЬСЯ

*Національний науковий центр
"Інститут механізації та
електрифікації сільського
господарства" УААН*

*Золотою медаллю
за кращу продукцію, технологію,
наукову розробку
в номінації:*

*За розробку та виробництво машин для
розсівання мінеральних добрив МРД-5*



Міністр
політики

М. П. Мельник



Президент
Української
академії наук

М. П. Зубиць

Державний департамент інтелектуальної власності

ДИПЛОМ

переможця
Всеукраїнського конкурсу
"Винахід – 2007"

у номінації "Кращий винахід
у галузі агропромислового комплексу"

винахід: *Універсальна машина для розсіювання
та завантаження мінеральних добрив,
хімеліорантів і зерна*
патент № 63703

патентовласник: *Національний науковий центр "Інститут
механізації та електрифікації сільського
господарства" Української академії
аграрних наук*

автори: *Адамчук Валерій Васильович
Мойсеєнко Володимир Костянтинівич
Адамчук Олег Валерійович*



М. Паладій

24 квітня 2008 року

ЗАТВЕРДЖУЮ :

ГЕНЕРАЛЬНИЙ ДИРЕКТОР
ТОВ «УКРСІЛЬГОСПМАШ»

О.А. ОЛІЙНИК



ЗАТВЕРДЖУЮ :

ДИРЕКТОР ННЦ «ІМЕСГ»

В.В. АДАМЧУК




128.10.2015р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів досліджень
Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації
сізьського господарства» ННЦ «ІМЕСГ»

ТОВ «УКРСІЛЬГОСПМАШ» в особі генерального директора Олійника О.А. засвідчує, що сімейство машин для розкидання мінеральних добрив РН-0,8; РН-1 та РП-2,1, яке було розроблено з використанням результатів досліджень ННЦ «ІМЕСГ» (виконавці Адамчук О.В., Вожик Ю.Г., Тихоненко В.В.), поставлено у 2015 року ТОВ «УКРСІЛЬГОСПМАШ» на виробництво.

Завідувач відділу
ННЦ «ІМЕСГ»

 В.В. Ратушний

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Директор
ТОВ "Оріхівсільмаш"

Олександр О.М.

(прізвище, ім'я,
по батькові)

[Підпис]
(підпис)

« 07 » *липень* 2020 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ:
Заступник директора
з наукової роботи -
учений секретар
ННЦ "ІМЕСГ"

М.І. Грицишин

(прізвище, ім'я,
по батькові)



« 07 » *липень* 2020 р.

ДОВІДКА

про передачу результатів наукових досліджень

Адамчука Олега Валерійовича з обґрунтування параметрів і режимів роботи відцентрового тукорозсівного робочого органа машин для внесення мінеральних добрив

Результати наукових досліджень Адамчука Олега Валерійовича, які він отримав в Національному науковому центрі "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства" в процесі підготовки дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня кандидата технічних, з обґрунтування конструктивної схеми удосконаленого відцентрового тукорозсівного робочого органу (з нахилоною віссю обертання) машин для внесення мінеральних добрив, параметрів та режимів його роботи прийняті до впровадження Товариством з обмеженою відповідальністю "Оріхівсільмаш" (Запорізька область, м. Оріхів, вул. Привокзальна, 2Ж) і використані при розробленні нової моделі машини для внесення твердих мінеральних добрив, яку завод планує до серійного виробництва.

Окрім того, прийнято до впровадження технічні рішення зі створення нових відцентрових тукорозсівних робочих органів, які розроблені Адамчуком О.В. самостійно та за його участю і захищені патентами України на винаходи №№ 76327, 76362, 76501, 77024 та деклараційним патентом України на винахід № 62160.

Головний інженер
ТОВ "Оріхівсільмаш"

Лухов Євген Вікторович
(прізвище, імя, по батьковий)

[підпис]
(підпис)

« 07 » 07 2020 р.



Завідувач відділу науково-технічного забезпечення застосування добрив та засобів захисту рослин, кандидат технічних наук
ННЦ "ІМЕСГ"
В.В. Ртушний
(прізвище, імя, по батьковий)

[підпис]
(підпис)

« 07 » 07 2020 р.

Здобувач наукового ступеня кандидата технічних наук
О.В. Адамчук
(прізвище, імя, по батьковий)

[підпис]
(підпис)

« 07 » 07 2020 р.

СПИСОК
наукових праць АДАМЧУКА ОЛЕГА ВАЛЕРІЙОВИЧА,
опублікованих за темою дисертаційної роботи

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Адамчук О.В. Машина з пневматичною висівною системою для внесення туків. Механізація сільськогосподарського виробництва: зб. наук. пр. Нац. аграрн. у-ту. К., 2002. Т. XI. С. 285 – 288.

2. Адамчук О.В. Обґрунтування параметрів конусних розсіювачів багатоканальної пневматичної машини для розсіювання мінеральних добрив. Механізація та електрифікація сільського господарства: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2004. Вип. 88. С. 179 – 186.

3. Адамчук О.В. Підвищення ефективності роботи машин для розсіювання мінеральних добрив. Механізація та електрифікація сільського господарства: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2005. Вип. 89. С. 207 – 212.

4. Адамчук О.В. Дослідження розгону мінеральних добрив відцентровим розсівальним органом з похилою віссю обертання. Техніко – технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. Укр НДПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2005. Вип. 8 (22), кн. 2. С. 228 – 236.

5. Адамчук О.В. Теоретичне дослідження процесу розгону добрива по поверхні відцентрового розсіювального органу з похилою віссю обертання. Науковий вісник Нац. аграрного у – ту. К., 2006. №101. С. 79 – 86.

6. Адамчук О.В. Дослідження процесу руху частинки добрива по поверхні відцентрового розсівального органу з похилою віссю обертання. Механізація та електрифікація сільського господарства: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2006. Вип. 90. С. 263 – 279.

7. Адамчук В., Адамчук О., Сікун А. Теоретичне обґрунтування складових удосконаленого способу внесення хіммеліорантів. Техніко–технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. Укр НДПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке 2008. Вип. 12 (26). С. 255 – 261. (Здобувачем обґрунтовано доцільність установки додаткових відцентрових розсівачів в

штангових шнекових пристосуваннях до машин для внесення хіммеліорантів).

8. Адамчук В.В., Адамчук О.В. Теоретичне дослідження нового способу внесення хіммеліорантів. Вісник аграрної науки: спецвипуск. 2010. Спеціальний випуск. С. 25 – 30. (Здобувачем отримано математичні залежності, які описують роботу додаткового тукорозсівного робочого органа).

9. Адамчук О.В. Розкидачі твердих мінеральних добрив. The Ukrainian Farmer. 2011. № 1. С. 94 – 95.

10. Адамчук О.В., Тихоненко В.В. Машина для розсівання твердих мінеральних добрив. Аграрна наука – виробництву. 2012. №3. С. 27. (Здобувач обґрунтував конструктивно-технологічну схему машини і параметри тукорозсівного робочого органа).

11. Адамчук О.В. Теория разгона удобрений рассеивающим рабочим органом центробежного типа. Научни трудове Русенски университет. Болгария. 2013. Т. 52, серия 1.1. С. 22 – 30.

12. Адамчук В.В., Адамчук О.В. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. The Ukrainian Farmer. 2013. № 3. С. 144 – 146. (Здобувачем обґрунтовані машини для внесення мінеральних добрив основними дозами).

13. Адамчук О.В. Теоретичне дослідження розгону добрив дисковим відцентровим розсівальним робочим органом з похилою віссю обертання та радіально установленими лопатками. Механізація та електрифікація сільського господарства: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2013. Вип. 97, Т. 1. С. 58 – 68.

14. Адамчук В.В., Адамчук О.В., Кудря В.О. та ін. Модульно-адаптивний технічний пристрій до розкидачів для внесення дефекату та пташиного посліду. Аграрна наука – виробництву. 2013. №2. С. 28. (Здобувач обгрунтував параметри і режими роботи дискових відцентрових робочих органів).

15. Адамчук О.В., Герук С.М., Лінник М.К. Машина для внесення твердих органічних добрив. Аграрна наука – виробництву. 2013. №3. С. 31. (Здобувач обгрунтував параметри і режими роботи розкидальних барабанів).

16. Адамчук О.В. Теоретическое исследование разгона удобрений центробежным рассеивающим рабочим органом с наклонной осью вращения. *Žemės ūkio inžinerija: Mokslinis žurnalas Aleksandro Stulginskio universitetas. Lietuva.* 2013, Issue 45(2), P. 6 – 19.

17. Адамчук О.В. Теорія розгону добрив відцентровим розсіювальним робочим органом з похилою віссю обертання. Механізація та електрифікація сільського господарства: зб. наук. пр. ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2014. Вип. 99. Т. 1. С. 150 – 166.

18. Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Адамчук О.В., Захарова Т.Н. Математическая модель движения материальной точки по плоской кривой. Праці Таврійського держ. агротехнологічного ун – ту. Мелітополь, 2014. Вип. 14, т. 2. С. 3 – 15. (Здобувач приймав участь у розробленні математичної моделі і виконав дослідження руху матеріальної точки з використанням зазначеної моделі).

19. Булгаков В.М., Адамчук О.В. Теоретичне дослідження відцентрового розкидача мінеральних добрив. Вісник аграрної науки. 2016. №12. С. 51 – 57. (Здобувач розробив математичні моделі і дослідив роботу відцентрового розкидача мінеральних добрив).

20. Bulgakov V., Ivanovs S. Adamchuk O. Theoretical investigations of mineral fertilizer distribution by means of inclined centrifugal tool. Proceeding of 6th International conference on Trends in agricultural engineering, 7th – 9th Sept. 2016, Prague, Czech Republic, 2016. № I. P. 109 – 116. (Здобувач розробив

математичні моделі, які описують розгон мінеральних добрив відцентровим тукорозсівним робочим органом з нахиленою віссю).

21. Адамчук О.В. Результати теоретичного дослідження відцентрового розсіювального робочого органа розкидача мінеральних добрив. Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: матер. міжнар. наук.-практ. конф., 14-25 квітня 2016 року. ТДАТУ. Мелітополь, 2016. С. 128-130.

22. Адамчук О.В. Теоретичне дослідження руху матеріальної частинки мінерального добрива по лопатці відцентрового розкидального органа. Збірник тез доповідей XIX Міжн. Конф. науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн», 20-22 березня 2019 р.: НУБіП. К., 2019. С. 87- 89.

23. Адамчук О.В. Підвищення робочої ширини захвату машин для розсівання мінеральних добрив. Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві: матеріали XXVII Міжн. наук.-техн. конф. та XIX Всеукр. конф.-семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії, 19-20 червня 2019 р.: ННЦ "ІМЕСГ". Глеваха, 2019. С. 25 – 27.

24. Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk O., Janusz Nowak. Research of descent of mineral fertiliser particle from disc inclined at angle to horizon. Proceedings 19th International Scientific Conference "Engineering for rural development", May 20-22, 2020: Jelgava, Latvia, 2020. Vol. 19. P. 390 – 398. (Здобувач розробив математичні моделі і з їх використанням дослідив сходження).

25. Булгаков В. М., Адамчук О. В. Методика експериментальних досліджень технологічного процесу внесення мінеральних добрив машинами, обладнаними ТОН. Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК: збірник тез доповідей VIII-ї Міжнародної наукової конференції в рамках роботи XXXII Міжнародної агропромислової виставки «АГРО 2020», 11-14 серпня 2020 року. НУПіБ. К., 2020. С. 131-133. (Здобувач

розробив експериментальну установку, методику проведення експериментальних досліджень і провів дослідження).

26. Булгаков В.М., Адамчук О.В., Кувачов В.П. Експериментальні дослідження процесу внесення мінеральних добрив новим відцентровим робочим органом. Вібрації в техніці та технології. 2020. №3(98). С. 5-14. (Здобувач розробив експериментальну установку, методику проведення експериментальних досліджень і провів дослідження).

27. Булгаков В.М., Адамчук О.В., Кувачов В.П. Експериментальні дослідження нерівномірності розподілу мінеральних добрив за напрямом їх розсівання. Інженерія природокористування. 2020. №2(16). С. 60-68. (Здобувач розробив експериментальну установку, методику проведення експериментальних досліджень і провів дослідження).

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

28. Пневматична машина для внесення мінеральних добрив: пат. на винахід 62013 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; О.В. Адамчук (Україна). №2001063889; заявл. 15.12.2003; опубл. 2003, Бюл. №12. Пневматична машина для розсіювання мінеральних добрив: пат. 74690 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040301677; заявл. 09.03.2004; опубл. 2006, Бюл. №1.

29. Однодискова машина відцентрового типу для внесення мінеральних добрив: деклар. пат. на винахід 62160 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; О.В. Адамчук (Україна). № 2002129659; заяв. 03.12. 2002; опубл. 2003, Бюл. №12.

30. Універсальна машина для розсіювання та завантаження мінеральних добрив, хіммеліорантів і зерна: деклар. пат. на винахід 63703 Україна: МКВ А 01 С 15/00, А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко О.В. Адамчук, ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №203065040; заяв. 02.06.2003; опубл. 2004, Бюл. №1.

(Здобувач розробив схему одночасної установки кількох робочих органів на машині та конструкцію жолоба технологічної місткості).

31. Пневматична машина для розсіювання мінеральних добрив: пат. на винахід 74690 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040301677; заявл. 09.03.2004; опубл. 2006, Бюл. №1.

32. Привід дозувального пристрою машини для розсіювання мінеральних добрив: пат. на винахід 74911 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, В.В. Тихоненко, О.В. Адамчук, О.І. Кирилов; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №2004010695; заявл. 30.01.2004; опубл. 2006, Бюл. №2. (Здобувач розробив конструкційну схему привода).

33. Машина для розсіювання двох і більше видів мінеральних добрив: деклар. пат. на кор. мод. 12794 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040907876; заявл. 28.09.2004; опубл. 2006, Бюл. №3. (Здобувач розробив систему контролю рівнів мінеральних добрив у відсіках технологічної місткості).

34. Самоскидний причіп для транспортування і перевантаження мінеральних добрив в начіпні машини для їх розсіювання: пат. на винахід 76226 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040503749; заявл. 19.05.2004; опубл. 2006, Бюл. №7. (Здобувач розробив схему перевантаження добрив з причепа в машину для їх розсіювання).

35. Відцентровий апарат для розсіювання сипких матеріалів: пат. на винахід 76327 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040907879; заявл. 28.09.2004; опубл. 2006, Бюл. №7. (Здобувач розробив механізм кріплення диска відцентрового апарата).

36. Відцентровий розсівальний апарат: пат. на винахід 76362 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20041210681; заявл. 24.12.2004; опубл. 2006, Бюл. №7. (Здобувач розробив конструкцію лопатки розсівального апарата).

37. Відцентровий розсіювальний апарат: пат. на винахід 76501 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; ІПЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040402856; заявл. 20.04.2004; опубл. 2006, Бюл. №8.

38. Машина відцентрового типу для розсівання мінеральних добрив: пат. на винахід 77024 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ О.В. Адамчук; ІПЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20040503788; заявл. 19.05.2004; опубл. 2006, Бюл. №10.

39. Привід живильника машини для розсівання мінеральних добрив: пат. на винахід 77522 Україна: МКВ А 01 С 17/00/ В.В. Адамчук, В.К. Мойсеєнко, О.В. Адамчук; ННЦ "ІМЕСГ" (Україна). №20041109578; заявл. 22.11.2004; опубл. 2006, Бюл. №1. (Здобувач розробив конструктивну схему привода).

40. Стенд для визначення кутів поперечної та поздовжньої стійкості сільськогосподарських машин: пат. 121686 Україна: МКВ G 01 M 17/000/ М.Н. Савенко, В.І. Децко, О.В. Адамчук, О.С. Кустов, В.А. Вольський; ІПЦ "ІМЕСГ" (Україна). №201804229; заявл. 17.04.2018; опубл. 2020, Бюл. №13. (Здобувач розробив конструктивну схему стенда).

Автор  О.В. Адамчук

Список наукових праць в кількості сорок одиниць підтверджую.

Заступник директора з наукової роботи-
учасний секретар ННЦ "ІМЕСГ"

 М.І. Грицишин

05 січня 2021 року

