

**I. МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ**

УДК 631.381

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ДОБРІВ У ҐРУНТ

Мазур Віктор Анатолійович, к.с.-г.н., доцент
Гулько Ірина Василівна, к.т.н., доцент
Бабин Ігор Анатолійович, асистент
Вінницький національний аграрний університет

V. Mazur, PhD, Associate Professor
I. Gunko, PhD, Associate Professor
I. Babyn, Assistant
Vinnytsia National Agrarian University

У статті розглянуто основні недоліки технічних засобів для поверхневого обробітку ґрунту, яким властиво: неповне загортання подрібнених рослинних решток у ґрунт; складність конструкції та низька технологічна надійність; велика металомісткість, що призводить до збільшення тиску на ґрунт, підвищуючи його ущільнення; неможливість забезпечити екологічно чисту технологію обробітку ґрунту. Перспективним напрямом удосконалення існуючих комбінованих агрегатів є зниження енергетичних витрат на виконання технологічного процесу за рахунок зменшення кількості проходів, та металомісткості їх конструкцій, підвищення їх продуктивності, забезпечення необхідного обробітку без шкідливого впливу на екологію.

Запропоновано конструкцію робочого органу, котра представляє собою культиваторну лапу і підживлювальний пристрій (ґрунтопоглиблювач), які поєднують в одній технологічній операції: знищення бур'янів, рихлення ґрунту та внесення аміачної води. Теоретично досліджено дії сил на ґрунтопоглиблювач. За результатами проведених лабораторно-польових досліджень встановлено, що малий опір ґрунтопоглиблювача досягається за рахунок зменшення кутів нахилу ріжучої кромки і розвалу бокових поверхонь робочого органу. Вертикальна стійкість робочого органу досягається за рахунок зменшення кута нахилу ріжучої кромки, а поперечно-горизонтальна – за рахунок збільшення кута розвалу боковин. Встановлено, що із збільшенням швидкості руху ґрунтообробного агрегату, а також глибини внесення аміачної води його тяговий опір збільшується. Тяговий опір запропонованого робочого органу у порівнянні з тяговим опором універсальної стріччастої лапи при внесенні аміачної води зменшується. За результатами експериментів визначено, що досліджувані робочі органи відповідають агротехнічним вимогам, а відхилення глибини обробітку ґрунту залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту. Проте зі збільшенням швидкості руху агрегату відхилення глибини обробітку ґрунту змінюється.

Також встановлено, що при внесенні аміачної води дослідним робочим органом забезпечується якісне її розподілення у ґрунті, покращується якість культивації, не утворюється брилиста поверхня, яка призводить до швидкого висушування ґрунту, знищуються бур'яни, а також зменшується забивання робочих органів рослинними рештками. Поєднання операцій внесення аміачної води і культивації дозволяє зменшити витрати і в оптимальні терміни проводити технологічні операції при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Ключові слова: аміачна вода, культиваторна лапа, ґрунтопоглиблювач, робочий орган, агрегат, ґрунт, ріжуча кромка.

Ф. 7. Рис. 4. Літ. 10.

1. Постановка проблеми

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу серед заходів, що забезпечують підвищення врожайності сільськогосподарських культур і збереження родючості ґрунту, важливе місце відводиться інтенсивним заходам господарювання. У першу чергу це досягається шляхом раціонального застосування мінеральних добрив на основі вдосконалення способів їх внесення, використання екологічно безпечних машинних технологій та комплексів високопродуктивних і ресурсозберігаючих технічних засобів.

Перспективним у цьому відношенні є спосіб внутрішньоґрунтового внесення добрив різних форм і доз на задану глибину. За даними досліджень Гилиса М.Б.[10] цей прийом забезпечує в порівнянні з поверхневим внесенням збільшення урожайності зернових у середньому на 0,2-0,5 т/га, картоплі, коренеплодів, овочів і силосної маси на 2-4 т/га, сіяних трав до 30%. При цьому зростає на 10-15 відсотків коефіцієнт використання добрив, підвищується вміст білка і клейковини у зерні, збільшується цукристість коренеплодів цукрових буряків, знижується у 0,5-2,0 рази кількість бур'янів а біоенергетичний коефіцієнт зростає на 6-28%.



Для внесення і заробки у ґрунт аміачної води існує велика кількість різних технічних засобів. Всі вони мають ряд суттєвих недоліків, а саме: при внесенні на необхідну глибину погіршується якість поверхневого обробітку ґрунту; при заробці в ущільнений ґрунт утворюються брили; не забезпечується повне знищення бур'янів, оскільки коренева система їх розміщена в основному на тій глибині, на яку вноситься аміачна вода; ускладнюється конструкція робочих органів та усім пристроям властива значна металоємність.

Однак реалізація у виробництві даного прогресивного прийому до недавнього часу стримувалася через відсутність необхідних засобів механізації, особливо для внесення основної дози мінеральних добрив, що обумовлено складністю і недостатньою вивченістю механіки цього процесу. Тому розробка екологічно безпечних машинних технологій, перспективних робочих органів і нового покоління машин для внутрішньогрунтового внесення добрив – важливий напрямок розвитку сільського господарства.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

У світі найбільше рідких азотних добрив застосовують у США. Серед усіх азотовмісних добрив у цій країні на їх частку припадає близько 62%. В Україні частка рідких азотних добрив у підживленні польових культур значно менша, що пов'язано, насамперед, з відсутністю техніки для внесення і спеціально обладнаних місць для зберігання. Основною причиною, яка сприяла зростанню використання рідких азотних добрив у США, були менші загальні витрати на зберігання, транспортування і внесення у порівнянні з аналогічними витратами для твердих азотних добрив. Також відомо, що розвиток і застосування рідких добрив у сільському господарстві призводить до зменшення частки ручної праці і веде до підвищення механізації сільськогосподарського виробництва та збільшення валового збору зерна. У кінцевому підсумку зростає економічна ефективність виробництва.

У своїх працях такі вчені як А. Сухина [1], В.Н. Сірий [2], Заїка П.М. [3] та Кобець А.С. [4]. значну увагу приділили теоретичному обґрунтуванню параметрів ґрунтообробних робочих органів, розвитку наукових основ оптимізації технологічних схем машин та комплексів для різних ґрунтово-кліматичних умов та агротехнічних вимог, а також питанням внесення рідких мінеральних добрив у ґрунт на основі поєднання технологічних операцій для зменшення енергетичних витрат.

Вченими у різні періоди обґрунтовувались способи комбінування різнотипних робочих органів в одній машині, аналіз конструкцій та принципи їх побудови.

Результати досліджень комбінованих робочих органів ґрунтообробних машин викладено в наукових працях А.С. Кушнар'ова, А.А. Вілде та інших.

Г.А. Хайліс рекомендує оптимізацію об'єктів механізації сільськогосподарського виробництва проводити при таких значеннях факторів, коли необхідний параметр досягне потрібного найбільшого чи найменшого значення [8].

А.Б. Лур'є розробив основи моделювання технологічних процесів аграрного виробництва та встановив методи побудови та аналізу математичних моделей сільськогосподарських машин [9-11].

Проведений аналіз наукових досліджень показує, що внесення рідких добрив на необхідну глибину негативно впливає на поверхневий обробіток ґрунту. На ущільнених ґрунтах утворюється брилиста поверхня а знищення бур'янів не виконується у повній мірі, конструкція робочих органів ускладнюється.

3. Мета дослідження

Мета роботи – підвищити ефективність внесення рідких добрив у ґрунт шляхом розробки нової конструкції ґрунтопоглиблювача.

4. Результати дослідження

Основна вимога, що ставиться до робочих органів для внесення аміачної води у ґрунт – поєднання операцій. Щодо глибини внесення, то при використанні культиваторів можемо чітко її контролювати і бути впевненими, що мінеральні добрива потраплять у потрібне місце. Також при ґрунтовому внесенні ефективність добрив менше залежить від наявної у ґрунті вологи.

Робочий орган повинен поєднувати в собі культиваторну лапу і підживлювальний пристрій (ґрунтопоглиблювач), які зможуть поєднувати в одній операції знищення бур'янів, рихлення ґрунту та внесення аміачної води.

При внесенні добрив найменші затрати праці та експлуатаційні витрати дає комплекс машин по внесенню аміачної води одночасно із суцільною культивацією. Однак внесення аміачної води з допомогою культиваторної лапи не відповідає агротехнічним вимогам.



Для визначення конструктивних параметрів робочого органу було виконано теоретичні розрахунки.

Передбачалося, що при переміщенні у ґрунті, на робочий орган діють сили опору руху, які можуть бути визначені за формулою:

$$P_{\text{зар}} = P_{\text{л}} + P_{\text{г}}, \quad (1)$$

де $P_{\text{зар}}$ – загальний тяговий опір робочого органу;

$P_{\text{л}}$ – тяговий опір культиваторної лапи;

$P_{\text{г}}$ – тяговий опір ґрунтопоглиблювача.

Культиваторна лапа достатньо вивчена і її параметри обґрунтовані, тому тяговий опір в ході теоретичних досліджень був прийнятий сталою величиною.

Тяговий опір ґрунтопоглиблювача визначався з умови рівноваги діючих сил на ґрунтопоглиблювач при сталому русі. З рівнянь сил у проєкціях на координатні вісі x , y і z було визначено параметри ґрунтопоглиблювача.

На рис. 1 показана схема сил діючих на ґрунтопоглиблювач.

Сума проєкцій сил на вісь x дорівнює:

$$\Sigma x_1 = P \cos \theta - N \sin \alpha - F' \cos \alpha - F - 2N_1 \sin \gamma - 2F_1 \cos \gamma = 0,$$

змінюючи F через $Q \tan \phi$ (де Q – вага ґрунтопоглиблювача і тиск пружини), F' через fN , F_1 через fN_1 (де $f = \tan \phi$ – коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту), а $N = N_1$ і розв'язуючи рівняння відносно P , отримуємо

$$P = \frac{N[\sin \alpha + 2 \sin \gamma + f(\cos \alpha + 2 \cos \gamma)] + fQ}{\cos \theta}, \quad (2)$$

Сила N може бути визначена за таким рівнянням:

$$N = \rho l (h v^2 \sin^2 \gamma + g h^2 \cos^2 \phi'), \quad (3)$$

де N – сила нормального тиску ґрунту на ґрунтопоглиблювач, кг;

ρ – об'ємна вага ґрунту, кг/м³;

l – довжина кромки леза ґрунтопоглиблювача, м;

h – глибина обробітку ґрунту, м;

v – швидкість руху агрегату, км/год.;

γ – кут розвалу боковин, град;

g – прискорення сили тяжіння, кг·м·сек⁻²;

ϕ' – кут тертя.

Всі величини, що входять в це рівняння, підлягають визначенню, за винятком кута γ , який попередньо приймається за умови запобігання впливу ґрунту на живильну трубку.

Аналіз рівнянь (2) і (3) показує, що сила тяги, а отже і опір ґрунтопоглиблювача, зменшується із зменшенням кутів α і γ .

Вага ґрунтопоглиблювача негативно впливає на тяговий опір.

Для визначення оптимального значення кута можна прийняти проєкції сил на вісь z .

$$\Sigma z_i = P \sin \theta - N \cos \alpha + F' \sin \alpha - 2F_1 + R = 0. \quad (4)$$

Проєкція відхилення цієї сили на кут тертя дає силу тертя – F ґрунтопоглиблювача по дну борозни; N – сила тиску ґрунту на передню кромку ґрунтопоглиблювача. Проєкція сили N , відхиленої від нормалі на кут тертя ϕ , є сила тертя F_1 ; N_1 – сила тиску ґрунту на бокову поверхню ґрунтопоглиблювача.

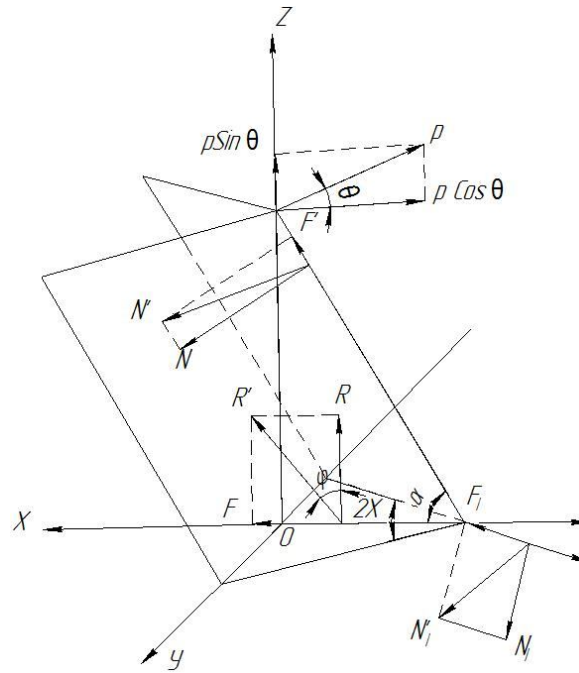


Рис. 1. Схема дії сил на ґрунтопоглиблювач:

P – сила тяги, направлена під кутом θ до горизонту, а її складові – горизонтальна $P \cos \theta$, вертикальна $P \sin \theta$; R – реактивна сила ґрунту від дна борозни.

Проекція відхилення N_1 , на кут тертя ϕ є силою тертя F_1 ; α – кут нахилу ріжучої кромки ґрунтопоглиблювача; γ – кут розвалу бокових поверхонь ґрунтопоглиблювача, підставляючи замість $F_1 = fN$, $F_1 = N_1 f = N f$ і $R = -Q$ і розв'язуючи рівняння відносно P , отримуємо:

$$P = \frac{N [\cos \alpha - f (2 - \sin \alpha)] + Q}{\sin \theta}. \quad (5)$$

Отже, сила піднімання повинна врівноважуватися проекцією рівнодіючої сили N на вісь z і масою робочого органу Q . При збільшенні кута α сила тиску на ґрунтопоглиблювач зменшується. Отже, при малому куті α ґрунтопоглиблювач краще утримується в ґрунті, а чим більший кут α , тим більша ймовірність виходу ґрунтопоглиблювача із ґрунту.

Кут α визначається виходячи з ваги робочого органу і сили натягу пружини.

Приймаючи, що сила тяги горизонтальна, тоді:

$$N [\cos \alpha + f (2 - \sin \alpha)] + Q = 0. \quad (6)$$

Але, оскільки $R = -Q$, тоді:

$$N [\cos \alpha + f (2 - \sin \alpha)] = R, \quad (7)$$

тобто дія ґрунту, в якому працює ґрунтопоглиблювач з урахуванням тертя, врівноважується реакцією дна борозни.

Враховуючи, що для заданого ґрунтопоглиблювача $R = -Q = \text{const}$, отримуємо, що вихід ґрунтопоглиблювача з ґрунту можливий за умови:

$$N [\cos \alpha + f (2 - \sin \alpha)] < R. \quad (8)$$

З цієї нерівності можна визначити оптимальний кут α .

Оптимальне значення кута γ визначається проекціями сил на вісь Y з рівняння:

$$N_1 = 2N (\cos \gamma - f \sin \gamma). \quad (9)$$



Відповідно до теоретичних досліджень найменший тяговий опір повинен мати ґрунтопоглиблювач з кутом розвалу боковин $2\gamma = 8^\circ$, з ріжучою кромкою з кутом $\alpha = 45^\circ$.

На основі теоретичних досліджень і узагальнених дослідних даних було розроблено три робочих органи. Ріжуча кромка ґрунтопоглиблювача цих робочих органів була виконана під кутом $\alpha = 45^\circ$ (робочий орган № 1), $\alpha = 90^\circ$ (робочий орган № 2) і у вигляді дуги кола з радіусом 35 мм (робочий орган № 3).

Кут нахилу опорної площини ґрунтопоглиблювача до поверхні ґрунту був прийнятий такий, як у культиваторної стрілкової лапи.

Висота ґрунтопоглиблювача від його опорної площини до площини носка стрілкової лапи культиватора була прийнята з умови нормальної її роботи під час культивації.

В ході розробки робочого органу враховувалося виконання агротехнічних вимог при поєднанні культивації і внесення аміачної води. Відповідно до агротехнічних вимог глибина внесення аміачної води повинна бути в межах від 10 до 18 см. З метою уникнення швидкого випаровування, глибина культивації повинна бути в межах від 4 до 8 см.

Піри розробці робочого органу за основу була прийнята універсальна культиваторна стрілчаста лапа з стійкою, зі встановленим на ній ґрунтопоглиблювачем і щитком для живильної трубки (рис. 2).

До стійки 1 за допомогою двох болтів кріпиться стрілчаста лапа 3 і ґрунтопоглиблювач 2, що складається з двох боковин 6, зварених під кутом один до одного. Для запобігання забиванню рослинними рештками трубка 7 прикрита щитком 8. Вона кріпиться до щитка за допомогою вкладиша 9 болтом 10 і до стійки 4 за допомогою штуцера 5.

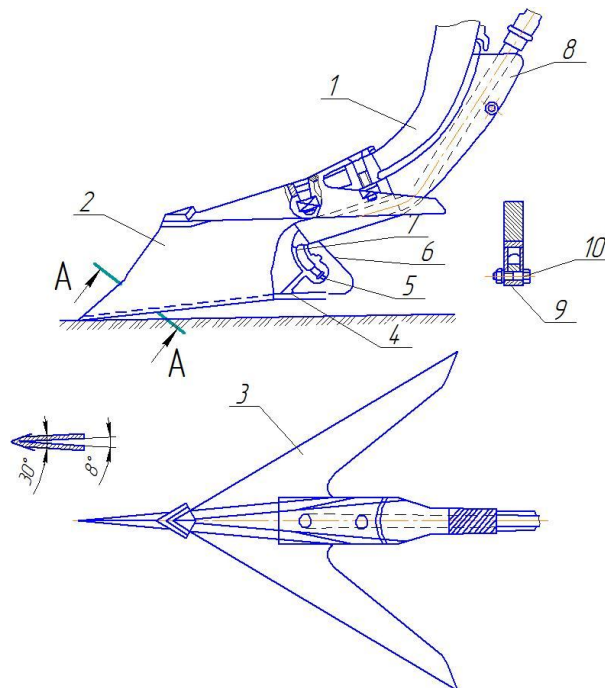


Рис. 2. Робочий орган для внесення аміачної води в ґрунт:

1 – стійка; 2 – ґрунтопоглиблювач; 3 – стрілчаста лапа; 4 – стійка; 5 – штуцер; 6 – боковина; 7 – живильна трубка; 8 – щиток; 9 – вкладиш; 10 – болт.

Експериментальна установка представляє собою раму, зварену зі швелера, яка виготовлена з таким розрахунком, щоб її можна було поставити на культиватор для проведення лабораторно-польових досліджень.

На раму встановлюється поперечний брус 5 з кронштейном 4, до якого за допомогою двох пружин 3 приєднана рухома каретка 6, яка переміщується на підшипниках кочення. Пружина 3 служить для вимірювання зусиль робочого органу у горизонтальній площині.

Рухома каретка 6 має зубчасту рейку 2, яка входить в зачеплення з шестернею 1 закріпленою на вісі змінного опору. До каретки кріпиться гряділь 8, на кінці якого встановлений робочий орган 7. Заглиблення його у ґрунт здійснюється пружиною 10, встановленою на штанзі 9. Штанга в верхній



частини має зубчасту рейку 12, яка входить в зачеплення з шестернею 11, закріпленою на вісі змінного опору. Пружина зі штангою служить для сприйняття вертикальних зусиль, а отже, і для визначення рівномірності ходу робочого органу по глибині.

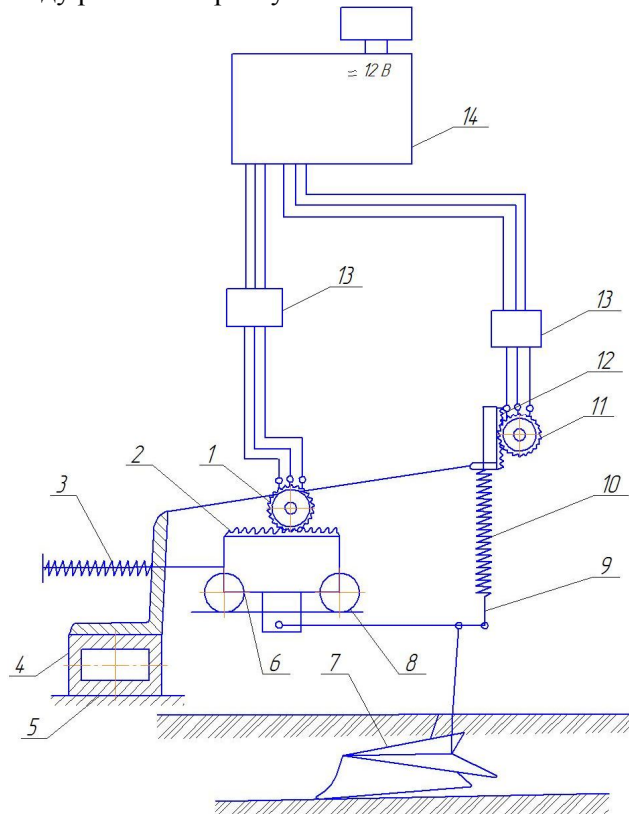


Рис. 3. Схема експериментальної установки:

1 – шестерня; 2 – зубчата рейка; 3 – пружина; 4 – кронштейн; 5 – поперечний брус; 6 – рухома каретка; 7 – робочий орган; 8 – гряділь; 9 – штанга; 10 – пружина; 11 – шестерня; 12 – зубчата рейка; 13 – реостати; 14 – прилад Н320-3; 15 – акумуляторна батарея.

Робочий орган на експериментальній установці кріпиться так, як стрілочата лапа на культиваторі, що дає можливість відтворити однакові умови роботи при лабораторно-польових дослідженнях.

Лабораторно-польові дослідження проводились у малому ґрунтовому каналі на швидкостях 5, 8 і 12 км/год із внесенням аміачної води на глибину 8, 12 і 16 см.

Під час руху візка вздовж ґрунтового каналу робочий орган переміщувався у ньому на певній глибині. Переміщенню робочого органу у ґрунті перешкоджав його опір. Кріплення робочого органу на установці здійснювалось таким чином, що при переміщенні його в напрямку зворотному руху каретка намагалась переміститися на підшипниках кочення в напрямку сили тягового опору. Переміщенню робочого органу перешкоджали пружини, які пов'язані з рухомою кареткою і з жорстко закріпленим брусом. Під дією сили опору пружини деформуються, каретка пересувається, повертаючи рейкою шестерню, а разом з нею і вісь змінного опору. При цьому змінювалась величина сигналу, що надходив на вимірювальний прилад Н320-3.

Робота експериментального робочого органу порівнювалась з роботою стандартної універсальної стрілочатої культиваторної лапи. При цьому виявлялась залежність тягового опору від фізико-механічних властивостей ґрунту, конструктивних особливостей робочого органу і режиму роботи.

В процесі проведення дослідів на діаграму приладу Н320-3 записувався час проходження візком контрольної ділянки. На першому каналі проводився запис на діаграму відхилень робочого органу по глибині ходу, на другому – тягового опору робочого органу.

Лабораторно-польові дослідження проводились експериментальною установкою, встановленою на культиваторі КРН-4,2.

На рис. 4 наведено криві залежності тягового опору від швидкості руху агрегату.

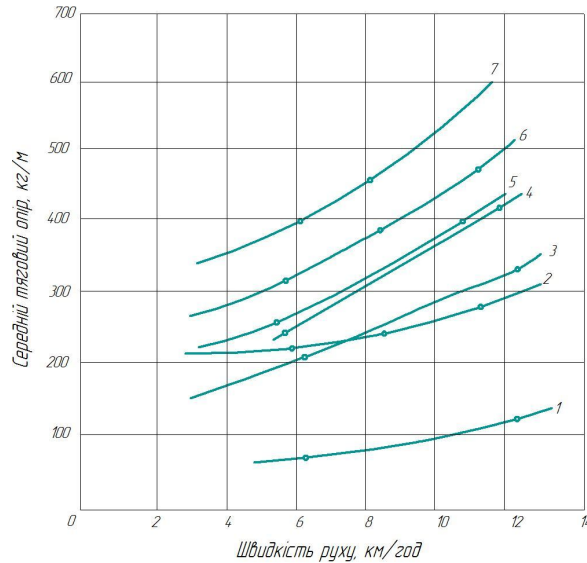


Рис. 4. Залежність тягового опору робочих органів від швидкості руху при різній глибині h , см:
1 – робочий орган № 1 при $h = 12$ см; 2 – робочий орган № 1 при $h = 16$ см; 3 – універсальна культиваторна лапа при $h = 8$ см; 4 – робочий орган № 2 при $h = 16$ см; 5 – робочий орган № 3 при $h = 16$ см; 6 – універсальна культиваторна лапа при $h = 12$ см; 7 – універсальна культиваторна лапа при $h = 16$ см.

Досліди проводилися на третій, п'ятій та сьомій передачах трактора МТЗ-82, які відповідно забезпечували стійкі швидкості 5,6; 8,1 і 11,5 км/год з глибиною внесення аміачної води 8, 12 і 16 см при триразовому повторенні.

5. Висновки

У результаті проведених досліджень робочого органу для ґрунтового внесення аміачної води встановлено, що:

- малий опір ґрунтопоглиблювача досягається за рахунок зменшення кутів α і γ і зниження ваги робочого органу;
- вертикальна стійкість досягається за рахунок зменшення кута α , а поперечно-горизонтальна – за рахунок збільшення кута γ . Дані лабораторно-польових досліджень повністю підтверджують теоретичні дослідження;
- із збільшенням швидкості руху агрегату, а також глибини закладання аміачної води тяговий опір збільшується;
- тяговий опір запропонованого робочого органу при порівнянні з тяговим опором універсальної стрілкової лапи при внесенні аміачної води на глибину 16 см і швидкості руху агрегату 12 км/год зменшується в 2,1 рази, а при швидкості 8 км/год – в 1,95 рази;
- нерівномірність ходу по глибині як у експериментального робочого органу, так і у стрілкової лапи приблизно однакова і залежить від стану ґрунту. Зі збільшенням швидкості руху агрегату нерівномірність ходу по глибині збільшується.

При внесенні аміачної води на глибину 16 см пропонованим робочим органом забезпечується якісне її внесення, покращується якість самої культивування, не утворюється брилиста поверхня, яка призводить до швидкого висушування ґрунту, добре знищуються бур'яни та зменшується забивання робочих органів рослинними рештками. Поєднання операцій внесення аміачної води і культивування дозволяє з меншими затратами і в найкоротші терміни проводити технологічні операції.

Список використаних джерел

- [1] Як переобладнати підживлювач або секрети розумної економії. Головний журнал по питанням агробізнесу. [Електронний ресурс] / А. Сухина. – Режим доступу: <http://propozitsiya.com/kak-pereoborudovat-podkormshchik-ili-sekreti-umnoy-ekonomii>
- [2] Сірий В. Н. Особливості використання аміачної води [Текст] / В. Н. Сірий // Аграрна техніка та обладнання. – 2008. – №1. – С. 24-28.



- [3] Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. техн. профілю 3-4 рівнів акредитації [Текст] / П. М. Заїка – Х. : Око. – Т. 1, (ч. 1) : Машина та знаряддя для обробки ґрунту, 2001. – 443 с.
- [4] Кобець А.С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія [Текст] / А. С. Кобець, Б. А. Волик, А. М. Пугач. – Д. : Свідлер, 2011. – 140 с.
- [5] Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навч. Посібник [Текст] / Кобець А. С., Іщенко Т. Д., Волик Б. А., Демидов О. А. – Д. : РВВДДАУ, 2009. – 84 с.
- [6] Крамарьов С. М. Позакоренеve підживлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості [Текст] / С. М. Крамарьов, М. С. Шевченко, В. М. Шевченко // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. –2000. – №12-13. – С. 36-39.
- [7] Концепція агрохімічного забезпечення землеробства України на період до 2015 року [Текст] / С. А. Балука, М. В. Лісового. – Х. : Міськдрук, 2009. – 37 с.
- [8] Кравчук В. І. Сучасні тенденції розвитку конструкції с.-г. техніки [Текст] / В. І. Кравчук, М. І. Грицигінна, С. М. Коваль. – К. : Аграрна наука, 2004. – 396 с.
- [9] Доспехов Б. А. Методика опытного дела [Текст] / Доспехов Б. А. – М.: Колос, 1979. – 376 с.
- [10] М. Б. Гилис. Рациональные способы внесения удобрений [Текст] / М. Б. Гилис. – М. : Колос, 1975. – С. 233-239.
- [11] Янович В. П. Розробка вібраційного дезінтегратора для виробництва біологічно активних добавок органічних добрив / В. П. Янович, М. Ф. Друкований, Л. В. Сосновська // Всеукраїнський науково-технічний журнал. Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2017. – 1(96).– С. 56-59.

References

- [1] Sukhyna, A. *Yak pereobladnaty pidzhyvlyuvach abo sekrety rozumnoyi ekonomiyi. Holovnyy zhurnal po pytanniam ahrobiznesu. [How to rebuild a feeder or secrets of a reasonable economy]. The main magazine on agribusiness.* Retrieved from <http://propozitsiya.com/kak-pereoborudovat-podkormshchik-ili-cekrety-umnoy-ekonomii>. [in Ukrainian].
- [2] Siryy, V.N. (2008). *Osoblyvosti vykorystannya amiachnoyi vody [Features of ammonia water use].* Ahrarna tekhnika ta obladdannya. [in Ukrainian].
- [3] P. M. Zayika. (2001). *Teoriya sil's'kohospodars'kykh mashyn [The theory of agricultural machines].* Kharkiv : Eye [in Ukrainian].
- [4] Kobets', A.S., Volyk, B.A. & Puhach, A.M. (2011). *Gruntoobrobni mashyny: teoriya, konstruktciya, rozrakhunok: monohrafiya [Soil-working machines: theory, design, calculation: monograph].* Dnipropetrovsk : Svidler [in Ukrainian].
- [5] Kobets, A.S., Ishchenko T.D., Volyk, B.A. & Demydov, O. A. (2009). *Mekhaniko-tekhnologichni vlastyivosti sil's'kohospodars'kykh materialiv: navch. Posibnyk [Mechanical and technological properties of agricultural materials: teaching. Manual].* Dnipropetrovsk : RVVDDAU [in Ukrainian].
- [6] Kramar'ov, S.M., Shevchenko, M.S. & Shevchenko, V.M. (2000). *Pozakoreneve pidzhyvlennya posiviv hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti [Extracorporeal fertilization of crops of maize hybrids of different groups of maturation]* (№ 12-13). Dnipropetrovsk : Byul. In-tu zern. hosp-va UAAN [in Ukrainian].
- [7] Balyuka, S.A. & Lisovoho, M.V. (2009). *Kontseptsiya ahrokhimichnoho zabezpechennya zemlerobstva Ukrayiny na period do 2015 roku [The Concept of agro-chemical provision of agriculture of Ukraine for the period up to 2015].* Kharkiv : Mis'kdruk [in Ukrainian].
- [8] Kravchuk, V.I., Hrytsyhinna, M.I. & Koval, S.M. (2004). *Suchasni tendentsiyi rozvytku konstruktciyi s.-h. tekhniki [Contemporary trends in the development of the construction of the village of .g. Technique].* Kiev : Ahrarna nauka [in Ukrainian].
- [9] Dospekhov, B.A. (1979). *Metodika opytnogo dela [Technique of an Experimental Case].* Moscow: Kolos [in Russian].
- [10] Gilis, M.B. (1975). *Ratsional'nyye sposoby vneseniya udobreniy [Rational methods of fertilizer application].* Moscow: Kolos [in Russian].
- [12] Yanovych, V.P., Drukovaniy, M. F., Sosnovska, L.V. (2017). *Rozrobka vibracijnogo dezintegratora dlya vy'robny'cztva biologichno akty'vny'x dobavok organichny'x dobry'v [Development of vibration disintegrator for the production of biologically active additives of organic fertilizers]* *Vseukrayins'ky'j nauково-tekhnichny'j zhurnal. Texnika, energety'ka, transport APK - II-Ukrainian Scientific and Technical Journal. Engineering, power engineering, transport of agroindustrial complexes*, 1(96), (56-59) [in Ukrainian].



ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВУ

В статье рассмотрены основные недостатки технических средств для поверхностной обработки почвы, которым свойственно: неполная заделка измельченных растительных остатков в почву; сложность конструкции и низкая технологическая надежность; большая металлоемкость, что приводит к увеличению давления на почву, повышая ее уплотнение; невозможность обеспечить экологически чистую технологию обработки почвы. Перспективным направлением совершенствования существующих комбинированных агрегатов является уменьшение энергетических затрат на выполнение технологического процесса и количества проходов, уменьшение металлоемкости их конструкций, повышение их производительности, обеспечение необходимой обработки без вредного воздействия на экологию. Предложена конструкция рабочего органа, представляющая собой культиваторную лапу и подпашное устройство (почвоуглубитель), которые сочетают в одной технологической операции: уничтожение сорняков, рыхление почвы и внесения аммиачной воды. Теоретически исследовано действия сил на почвоуглубитель. По результатам проведенных лабораторно-полевых исследований установлено, что малое сопротивление почвоуглубителя достигается за счет уменьшения углов наклона режущей кромки и развала боковых поверхностей рабочего органа. Вертикальная устойчивость рабочего органа достигается за счет уменьшения угла наклона режущей кромки, а горизонтальная – за счет увеличения угла развала боковин. Установлено, что при увеличении скорости движения почвообрабатывающего агрегата, а также глубины заделки аммиачной воды его тяговое сопротивление увеличивается. Тяговое сопротивление предложенного рабочего органа по сравнению с тяговым сопротивлением универсальной стрелчатой лапы при внесении аммиачной воды уменьшается. По результатам экспериментов установлено, что исследуемые рабочие органы отвечают агротехническим требованиям, а отклонения по глубине обработки почвы зависят от его физико-механических свойств, однако с увеличением скорости движения агрегата отклонения по глубине обработки почвы меняются. Также установлено, что при внесении аммиачной воды исследовательским рабочим органом обеспечивается качественная ее заделка в почву, улучшается качество культивации, не образуется гребневая поверхность, уничтожаются сорняки в соответствии с агротехническими требованиями, уменьшается забивание рабочих органов растительными остатками. Сочетание операций внесения аммиачной воды и культивации позволяет с меньшими затратами и в кратчайшие сроки проводить технологические операции при производстве сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: аммиачная вода, культиваторная лапа, почвоуглубитель, рабочий орган, агрегат, почва, режущая кромка.

Ф. 7. Рис. 4. Лит. 10.

INVESTIGATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS FOR THE IMPLEMENTATION OF LIQUID SUBSTANCES IN GROUND

The main disadvantages of technical equipment for surface soil cultivation, to which it is peculiar: incomplete covering of crushed plant residues in the soil; complexity of design and low technological reliability; high metal content, that leads to increased pressure on the soil, increasing its sealing; the impossibility of providing environmentally friendly technology of soil cultivation are considered in the article. The perspective way of improvement of existing combined units is the reduction of energy costs for the implementation of the technological process and the number of passes, reducing the metal content of their structures, increasing their productivity, providing the necessary cultivation without harmful effects on the ecology.

The construction of a working body, consisting of a cultivator paw and a dipping device (soil digger), which combine in one technological operation: weed destruction, loosening of soil and application of ammonia water is proposed. The effect of forces on the soil digger is theoretically studied. According to the results of laboratory and field research, it is established that a small resistance of a soil digger is achieved by reducing the angles of inclination of the cutting edge and collapse of the lateral surfaces of the working body. Vertical stability of the working body is achieved by reducing the angle of inclination of the cutting edge, and transversal-horizontal – by increasing the angle of collapse of the sidewalls. It is established that increasing the speed of the soil tillage unit, as well as the depth of laying



ammonia water, its traction resistance increases. Traction resistance of the proposed working body in comparison with the traction resistance of a universal stalk paw decreases when ammonia water is applied. According to the results of researches, it is determined that the studied working bodies correspond to agro technical requirements, and deviations in the depth of soil cultivation depend on its physical and mechanical properties, however, with the increase in the speed of the unit movement, the deviation in the depth of soil cultivation changes.

It is also established that when applying ammonia water by the research working body is provided qualitative its seals in the soil, the quality of cultivation improves, clumbs are not formed on the surface, which leads to rapid drying of the soil, weeds are destroyed in accordance with the agronomic requirements, and clogging of working bodies with plant remains is reduced. The combination of operations of ammonia water application and cultivation allows to carry out technological operations in the production of agricultural crops with lower costs and in the shortest time.

Keywords: ammonia water, cultivator paw, soil digger, working body, unit, soil, cutting edge.

F. 7. Fig. 4. Ref. 10.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Мазур Віктор Анатолійович – кандидат сільськогосподарських наук, ректор Вінницького національного аграрного університету, доцент кафедри «Рослинництва, селекції та біоенергетичних культур» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: mazur@vsau.vin.ua).

Гулько Ірина Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Двигунів внутрішнього згорання та альтернативних паливних ресурсів» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

Бабин Ігор Анатолійович – асистент кафедри «Сільськогосподарських машин» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: babyn@vsau.vin.ua).

Мазур Віктор Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, ректор Винницкого национального аграрного университета, доцент кафедры «Растениеводства, селекции и биоэнергетических культур» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: mazur@vsau.vin.ua).

Гулько Ирина Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Двигателей внутреннего сгорания и альтернативных топливных ресурсов» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

Бабин Игорь Анатольевич – ассистент кафедры «Сельскохозяйственных машин» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: babyn@vsau.vin.ua).

Mazur Viktor – PhD, Associate Professor, Rector of Vinnytsia National Agrarian University, Associate Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Bioenergetic Cultures of Vinnitsa National Agrarian University (3 Solnechnaya St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, e-mail: mazur@vsau.vin.ua).

Gunko Iryna – PhD, Associate Professor of the Department of Internal Combustion Engines and Alternative Fuel Resources, Vinnytsia National Agrarian University (3, Sunny St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: irynagunko@vsau.vin.ua).

Babyn Ihor – Assistant of the Department Agricultural Machinery of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: babyn@vsau.vin.ua).