

ОБҐРУНТУВАННЯ УМОВИ УТРИМАННЯ КРАПЛІ РОБОЧОЇ РІДИНИ НА ЗРІЗІ РОСЛИНИ, НАНЕСЕНОЇ БАРАБАНОМ МАШИНИ КОНТАКТНОЇ ДІЇ

О. Бундза

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,

В. Пуць, канд. техн. наук, доцент,

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

Обґрунтовано математичну модель, яка дозволяє розкрити закономірність впливу кутів зрізу β та відхилення ψ на радіус краплі рідини, який утримується на зрізі. Доведено доцільність застосування косоного зрізу.

Ключові слова: бур'яни, гербіцид, контактне нанесення, косий зріз.

Постановка проблеми. Боротьба з високорослими бур'янами на землях не сільськогосподарського призначення та у посівах сільськогосподарських культур є важливою народногосподарською задачею.

Для боротьби з високорослими бур'янами останнім часом все частіше застосовують контактний спосіб знищення бур'янів, суть якого полягає у нанесенні розчину гербіциду на рослину шляхом її безпосереднього контакту з робочим органом машини. Після контакту з рослиною гербіцид проникає у кореневу систему і спричиняє її загибель або значне пригнічення процесів життєдіяльності.

Контактний спосіб нанесення гербіцидів можна реалізовувати так: 1) обприскувати робочим розчином верхівки бур'янів без їхнього попереднього скошування; 2) скошувати наземні частини бур'янів і наносити робочий розчин безпосередньо на зріз стебла. Причому, використання останнього забезпечує не лише ефективне знищення кореневої системи, а й дає можливість використати наземну частину рослини для потреб народного господарства.

З урахуванням зазначеного, обґрунтування раціональних параметрів робочих органів машин для контактного нанесення гербіцидів є актуальною науково-практичною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Питання створення та дослідження машин для хімічного догляду розкриті в роботах А.К. Лисова [1, 2], В.В. Ченцова [3], В.Ф. Ладоніна [4], В.В. Ратушного [5], П.А. Догоди [6], О.С. Барановського [7], О.М. Заїки [8], та багатьох інших українських та зарубіжних учених.

Ефективність застосування контактного способу для знищення бур'янів оцінювалась А.А. Котовим, С.А. Гордейченко та В.І. Козаковим [9].

Аналіз досліджень процесів знищення бур'янів виявив, що процеси, які відбуваються під час контактного нанесення робочого розчину гербіциду на зріз рослини, практично не досліджувались і потребують вивчення та науково-практичного обґрунтування закономірностей їх здійснення.

Мета досліджень. Обґрунтувати умови утримання краплі робочої рідини на зрізі рослини у процесі роботи машини контактного знищення бур'янів.

Виклад основного матеріалу. Контактне нанесення гербіциду на зріз стебел бур'янів, необхідно здійснювати так, щоб краплі робочої рідини не ковзали вниз, а утримувались на зрізі, що створить умови для проникнення рідини в стебло.

Нижче обґрунтуємо умову, виконання якої забезпечить утримання краплі робочої рідини на зрізі стерні, яка була відігнута від вертикального початкового положення різальним апаратом та прагне повернутись у початкове положення.

Дослідження виконаємо за таких припущень:

1) вважаємо, що на зрізі після прокочування по його поверхні робочого органу у вигляді барабана [10] утворюється крапля робочої рідини, яку будемо розглядати як матеріальну точку;

2) стебло являє собою пружний стрижень;

3) стерня являє собою однорідний не пустотілий стрижень, діаметром якого - d , а висота H ;

4) зріз стебла лежить в одній площині.

Розглянемо сили, які діють на краплю препарату масою dm (рис.1), нанесеного на зроблений під деяким кутом β зріз стерні рослини.

Вісь стерні відхилена від вертикалі на кут ψ (робочий орган умовно не показаний). На неї діють такі сили: сила ваги $dG = dm \cdot g$, де g – прискорення вільного падіння; сила зчеплення $dF_{зч}$; сила тертя $dF_T = f \cdot dN$, де f – коефіцієнт тертя ковзання поверхні зрізу стебла по поверхні барабана; dN - нормальна реакція поверхні опори.

Запишемо рівняння рівноваги. Для цього спроекуємо сили на осі координат з урахуванням принципу Д'Аламбера (приклавши силу інерції $dF_{ін} = dm \cdot a$, де a – прискорення частинки):

$$\text{на вісь X: } dF_{ін} - dF_T \cos \beta + dF_{зч} \sin \beta + dG \cdot \sin \psi - dN \cdot \sin \beta = 0; \quad (1)$$

$$\text{на вісь Y: } dN \cos \beta - dF_T \sin \beta - dF_{зч} \cos \beta - dG \cos \psi = 0, \quad (2)$$

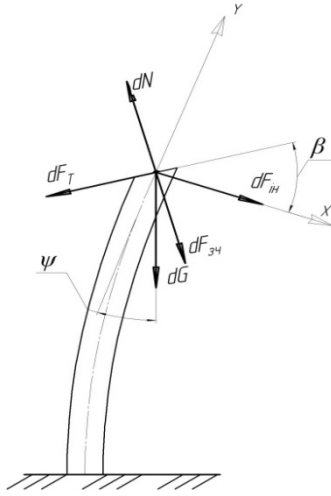


Рисунок 1 – Схема сил, які діють на краплю препарату, нанесену на зріз

Врахувавши вихідні умови та провівши відповідні перетворення запишемо:

$$\left\{ \begin{array}{l} dF_{зч} \geq \frac{dF_{ин} (\cos \beta - f \sin \beta) + dG (\sin(\psi - \beta) - f \cos(\psi - \beta))}{f}; \\ dm \leq \frac{fdF_{зч}}{a(\cos \beta - f \sin \beta) + g(\sin(\psi - \beta) - f \cos(\psi - \beta))}; \\ a \leq \frac{fdF_{зч} - dm \cdot g(\sin(\psi - \beta) - f \cos(\psi - \beta))}{dm(\cos \beta - f \sin \beta)}. \end{array} \right. \quad (3)$$

Вирази (3) є умовами, виконання яких виключає скидання робочого розчину зі стебла рослини.

Проаналізуємо перший вираз системи рівнянь (3) і введемо заміни:

$$dF_{зч} = dF_{нов.нат} = 2\pi\sigma \cdot r_c \cos \varphi_{зм}. \quad (4)$$

$$dm = dV \cdot \rho_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi r_c^3 \cdot \rho_p = \frac{2}{3} \pi r_c^3 \cdot \rho_p; \quad (5)$$

де $dF_{нов.нат}$ - сила поверхневого натягу; σ – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м; r_c - радіус краплі робочої рідини, яка розташовується на рослині, м; $\varphi_{зм}$ - крайовий кут змочування, град.; ρ_p - густина робочого розчину, кг/м³.

Провівши ряд перетворень, отримаємо вираз для визначення максимального радіусу краплі робочого розчину, який зможе втриматись на зрізі стерні рослини:

$$r_c \leq \sqrt{\frac{3\sigma f \cos \varphi_{зМ}}{\rho_p [a(\cos \beta - f \sin \beta) + g(\sin(\psi - \beta) - f \cos(\psi - \beta))]}} \quad (6)$$

Для аналізу математичної моделі (6) необхідно було експериментально отримати значення кутів β зрізу та ψ відхилення осі стебла за умов повного покриття зрізу робочою рідиною та унеможливлення зламу стебел. Такі дослідження було проведено за розробленими методиками. Виконані дослідження показали:

1) для зменшення втрат робочого розчину кут β зрізу будемо приймати для розрахунків у межах від 30° до 40° ;

2) визначенням частоти прояву таких величин як $\psi_{доп}$ – допустимий кут відгину осі стебла (злам унеможливиться) та $\psi_{кр}$ – критичний кут відгину, який відповідає зламу, встановлено межі вибору кута $\psi = 30^\circ \dots 40^\circ$ (інтервал наведено для досліджуваних рослин: очерет звичайний, лобода, осот польовий).

Графічно інтерпретуємо отриману залежність (6) з урахуванням сказаного, причому розглянемо додатково випадок, коли зріз формується під прямим кутом до осі стебла, тобто $\beta = 0^\circ$ (прямий зріз).

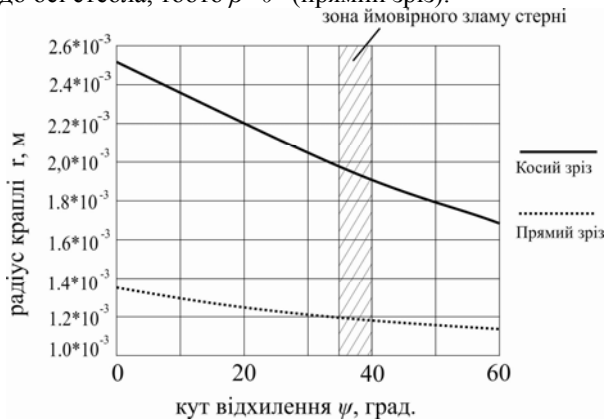


Рисунок 2 – Залежності радіусу краплі рідини від кута відхилення осі стебла за: $\sigma=0,036$ Н/м, $\rho=1000$ кг/м³, $\varphi_{зМ}=23^\circ$, $a=30$ м/с², $f=0.47$

Бачимо, що за умови зрізання стебел бур'янів з формуванням косого зрізу створюються умови для того, щоб на зрізі стебел утримувались краплі більшого діаметру, що створює умови для проникнення у середину стебла більшої кількості рідини.

Розглянемо вираз (6) як функцію двох змінних ψ та β :

$$r(\psi, \beta) = \sqrt{\frac{3f\sigma \cos \varphi_{3M}}{\rho[a(\cos \beta - f \sin \beta) + g(\sin(\varphi - \beta) - f \cdot \cos(\varphi - \beta))]} \quad (7)$$

За умови, що коефіцієнт поверхневого натягу σ робочого розчину становить $0,036$ Н/м; коефіцієнт тертя поверхні барабана по поверхні зрізаних стебел бур'янів $f=0,47$ (на основі проведених попередніх досліджень), ρ – густина робочого розчину 1000 кг/м³; крайовий кут φ_{3M} змочування 23° ; відцентрове прискорення a краплі робочого розчину 30 м/с², побудовано поверхню відгуку, яка розкриває вплив на радіус краплі робочого розчину двох змінних факторів: кута ψ відхилення осі стебла рослини та кута β зрізання. Для обчислень, виконаних у середовищі Mathcad v.14, задавали межі вибору факторів ψ і $\beta = 0 \dots 40^\circ$. Отриману поверхню подано на рисунку 3.

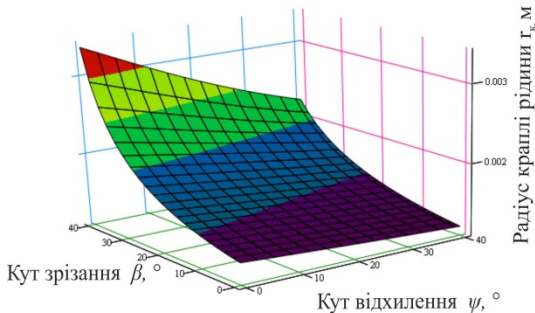


Рисунок 3 – Залежність радіусу краплі рідини від кутів відхилення та зрізу за $\sigma=0,036$ Н/м, $\rho=1000$ кг/м³, $\varphi_{3M}=23^\circ$, $a=30$ м/с², $f=0,47$

Висновок. У ході досліджень встановлено, що найбільший радіус краплі робочої рідини, який надійно утримується на зрізі, формується за умов, якщо кут зрізу становить $30^\circ \dots 40^\circ$, а кут відхилення стебел не перевищує 20° .

Крім того встановлено, що на процес утворення краплі на зрізі та її утримання впливають фізико-механічні характеристики робочої рідини, та стебел рослин.

Література

1. Лысов А. К. Новая техника для опрыскивания растений (Текст): / А. К. Лысов // Защита и карантин растений. – 2012. – № 5 – с. 55 – 57.
2. Лысов А. К. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании (Текст): библиография / А. К. Лысов // Агроном. – 2009. – № 2 – С. 138.

3. Ченцов В. В. Новые перспективные способы и средства механизации и защиты растений: Обзорн. Информ. / В. В. Ченцов, Т. Ф. Аленикова, Т. И. Кузькина. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1988. – Вып. 6. – 53 с.
4. Ладонин В. Ф. Гербициды и механизация их внесения / В. Ф. Ладонин, П. И. Войтов. – М.: Россельхозиздат, 1964. – 420 с.
5. Ратушний В. В. Вплив осаджаючого повітряного потоку на зменшення знесення розпилених крапель / В.В. Ратушний, В.І П'ятаченко, В.І. Панасюк, М.А. Михаленко // Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97, 2013. – с. 349 – 357.
6. Догода П. А. Анализ конструкций распылителей машин для химической защиты растений / П. А. Догода, Ю. В. Самсонов // Наукові праці Південного філіалу НУБіП України, – Сімферополь: КАТУ НУБІПТ. – 2013. – Вип. 153. – С. 158 –164.
7. Барановський О. С. Механіко-технологічні засади ефективності застосування пестицидів при обприскуванні / О. С. Барановський, В. В. Марченко // Аграрна техніка та обладнання. – 2008. – № 4 (5). – С. 34-38.
8. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Машини для захисту рослин від шкідників і хвороб / П.М. Заїка. – Харків: Око, 2002. – Т.1 (44). – 272 с.
9. Котов А. А. Результаты экспериментальных исследований машины для уничтожения сорняков в питомниках контактным способом / А. А. Котов, С. А. Гордейченко, В. И. Казаков // Вестн. Моск. гос. ун-та леса. – Лесной вестник. – 2008. – № 2. – С. 57 – 64.
10. Патент на корисну модель 47259 UA, МПК А 01 М 21/00 Обладнання для зведення рослинності та бур'янів /О.З. Бундза, В.Г. Нікітін, С.В. Кравець; заявник і власник патенту НУВГП – № u200907517; заявл. 17.07.2009; опубл. 25.01.2010 р. Бюл. №2.

Аннотація

Обосновано математическую модель, которая позволяет раскрыть закономерность влияния углов среза β и отклонения ψ на радиус сегмента жидкости, который удерживается на срезе. Доказана эффективность использования косоуго среза.

Summary

Mathematical model that reveals a pattern of the cross section angles β and the radius deviation ψ influence on drop of liquid, which is held on the cross section is grounded. The feasibility of oblique cross section is proved.