

Обґрунтування конструкції стрілчастої лапи методами біоніки

Робота присвячена адаптації стрілчастої лапи до роботи в умовах органічного землеробства. Проблема полягає в тому, що стандартні лапи орієнтовані на роботу в умовах підпірного різання, в той час коли насиченість поверхневого шару рослинними рештками мінімізує такий режим. Вирішити проблему пропонується приданням лапі форми підвищеної обтічності, запозиченої у тіла морського ската, тобто методами біоніки. У статті окреслені принципи і послідовні етапи формування конструкційної схеми робочого органу. Відмічено, що форма тіла біологічного аналога не може бути прийнята за кінцевий варіант виконання знаряддя. Аналог може служити за прототип для розроблення геометричної моделі робочого органу, яка зі свого боку є основою математичної моделі взаємодії знаряддя з ґрунтовим середовищем. А вже конструкція робочого органу обґрунтовується на основі розрахунків за цією моделлю. У роботі наведений приклад конкретного виконання лапи і методами регресійного аналізу отримане рівняння раціональної форми різального леза крил. Виконані польові дослідження показали, що конструкція цілком працездатна і забезпечує якісне виконання технологічного процесу. Запропонована конструкція може бути використана в комбінованому ґрунтообробному агрегаті в поєднанні з турбодисковою секцією і котком.

Ключові слова: лапа стрілчаста; біоніка, функціональний аналог, морський скат.

Суть проблеми. У сучасних умовах органічне землеробство є найбільш перспективним напрямком розвитку рослинництва. Але особливості його ведення потребують зміни підходів до обробітку ґрунту. Перш за все – це відмова від щорічної полицевої оранки на користь поверхневого обробітку. Проте і сам поверхневий обробіток зазнав суттєвих змін. У його завдання тепер входить не тільки розпушення ґрунту і підрізання бур'яну, а й заорювання рослинних решток на невелику (5-10 см) глибину. Для сумісного виконання наведених операцій найбільш вдалим є технічне рішення, в якому комбінований агрегат включає стрілчасті лапи і турбодиски.

Конструкційні параметри стрілчастих лап аргументовані аналітично і відпрацьовані практично. Але умови їхньої роботи змінились. Справа в тому, що стрілчасті лапи проектувались для ґрунтових умов, у яких було забезпечене підпірне різання середовища. В умовах органічного землеробства ґрунт пересичений рослинними рештками, які не пройшли стадії гуміфікації, тому він має меншу консолідацію, через що умови підпірного різання в загальному вигляді не виконуються. З цієї ситуації можливі два виходи: забезпечити підпірне різання, або розробити конструкцію лапи підвищеної обтічності.

Варіант підвищення обтічності є більш вигідним, бо додатково ще і зменшує тяговий опір, тобто енерговитрати. Існує ряд технічних рішень [7], в яких завдяки наданню профілю леза крила вдається досягти різання з оптимальним режимом ковзання, але всі вони працездатні тільки в умовах підпірного різання. Отже, існує проблема розроблення стрілчастої лапи підвищеної обтічності, спеціально адаптованої до роботи в умовах безпідпірного різання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оглядом досліджень встановлений перспективний

напрямок удосконалення конструкції – це аналіз і запозичення методів живої природи, тобто біоніки.

Методи копіювання живої природи широко використовують в архітектурі, кораблебудуванні, авіації. У галузі сільського господарства основні ідеї започатковані А.Н. Гудковим [4]. Серед останніх досліджень можна відмітити роботи Л.Ф. Бабицького [1-3]. Для біонічного моделювання він використовував особливості будови тіла мешканців ґрунтового, водного і повітряного середовища. Приміром, на основі аналізу аеродинаміки орла запропоновано форму носка долата швидкісних ґрунтообробних машин виконувати у формі дзьоба. У результаті аналізу принципу руху дощового хробака розроблена конструкція гнучкої борони.

Мета досліджень: Обґрунтування методами біоніки раціональної конструкції стрілчастої лапи, адаптованої до роботи в умовах безпідпірного різання.

Виклад основного матеріалу. Рядом дослідників [5,6,10] доведена можливість застосування методів гідродинаміки для дослідження взаємодії робочих органів з ґрунтом, особливо, коли ґрунт слабо консолідований. Слід відмітити, що форма тіла біологічного аналога не може бути прийнята за кінцевий варіант виконання знаряддя [1,2]. Аналог може служити за прототип для розроблення геометричної моделі робочого органу, яка зі свого боку є основою математичної моделі взаємодії знаряддя з ґрунтовим середовищем. А вже конструкція робочого органу обґрунтовується на основі розрахунків за цією моделлю [9].

Стосовно стрілчастої лапи нами за біологічний аналог прийняте тіло каліфорнійського морського ската, який, за даними літературних джерел, має серед морських гідробіонтів найбільш раціональну аеродинамічну форму [10]. За відсутністю натурного зразка для виконання геометричної моделі нами були викори-

стані фото гідробіонтів з різних площин. Це, безумовно, дає певну похибку, але нас цікавили загальні принципи формування тіла, а конкретні розміри залежать від стадії розвитку гідробіонтів.

Аналіз будови тіла прототипу вказує на його певні закономірності.

Основне гідродинамічне навантаження несе передня фронтальна частина тіла, яка складається з долотоподібного ротового апарата і плавців складної гідродинамічної форми. Кінцівки плавців і хвостова частина забезпечують сходження потоку з поверхні тіла, через це вони значно тонші і мають меншу жорсткість. Тому, для розробки конструкції нами взята саме лобова частина в межах округлої форми тіла (рис. 1 – обмежено червоним).

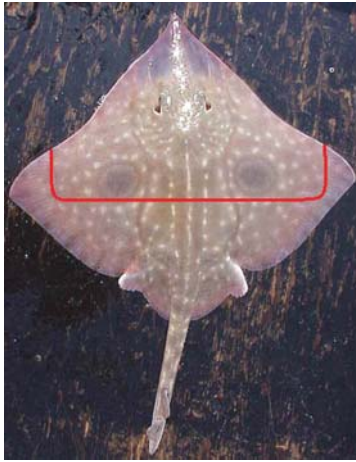


Рис. 1 – Біологічний аналог (каліфорнійський морський скат)

Сліпе копіювання форми біологічного аналога не дозволить виготовити працездатну стріласту лапу. Для роботи в реальних ґрунтових умовах необхідна математична модель взаємодії з ґрунтом, в результаті розрахунків за якою можна отримати раціональні конструкційні параметри робочого органу для роботи в конкретних умовах.

Для розробки математичної моделі необхідно мати рівняння профілю леза крила по периметру і рівняння твірних у поперечно-вертикальній площині.

Для отримання рівняння леза поверхню тіла розбивають на ряд січних площин і, виконавши заміри, отримуємо ряд точок перетину, які належать профілю леза (рис. 2, табл. 1).

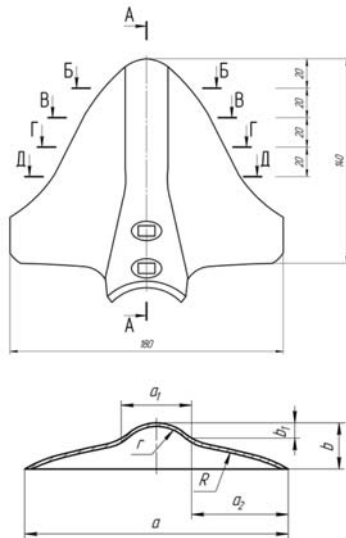


Рис. 2 – Геометрична модель стріластої лапи

Таблиця 1 – Заміряні параметри точок перетину профілю леза, мм

Перетин	a,	a ₁ ,	a ₂	b	b ₁	R	r
Б-Б	60	32	21	11	3	55	15
В-В	86	32	31	21	4	55	15
Г-Г	104	32	37	22	5	55	15
Д-Д	124	32	43	22	6	55	15

Рівняння профілю леза отримуємо регресійним аналізом функції однієї змінної. Методом найменших квадратів отримані ряд апроксимаційних залежностей: лінійна, квадратична, експоненційна і т.д. Аналіз показав, що кубічна залежність має найвищий коефіцієнт кореляції $K_k = 0,999$ за середньої похибки апроксимації $K_p = 1,09\%$. Отже, приймається кубічна регресія відповідно до рівняння:

$$Y = 0,0002X^3 - 0,0357X^2 + 2,1940X - 1,6$$

Результати розрахунків за наведеною формулою представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Заміряні і розрахункові значення параметрів профілю леза крила лапи

X, мм	20	40	60	80	100
Y, мм Заміряне значення	30	43	52	62	90
Y, мм Розрахункове значення	29,8	43,7	51,0	62,7	89,8

За наведеною методикою була виготовлена дослідна партія з чотирьох стріластих лап, які були досліджені в польових умовах. Методика досліджень передбачала тільки візуальну оцінку працездатності конструкції порівняно з серійними лапами близького конструкційного виконання. Основний досліджуваний показник – це сталість виконання технологічного процесу [8]. Серійні лапи горнуть перед собою рослинні рештки і, як результат, вони нависають на стояку. У дослідних лап таке явище практично не прослідковувалось.



Рис. 3 – Секція культиватора, обладнана дослідними зразками лап

Подальшими дослідженнями планується перевірити відмінність тягового опору стандартної і запропонованої конструкції.

Висновки.

Стандартні стріласті лапи розраховані на роботу в умовах підпінного різання і тому в умовах органічного землеробства в значній мірі знижують якість виконання технологічного процесу.

Підвищити ефективність роботи стріластих лап можна покращенням їх обтічності оброблюваним середовищем.

Форма тіла біологічного аналога не може бути прийнята за кінцевий варіант виконання знаряддя. Аналог може служити за прототип для розроблення геометричної моделі робочого органу, яка зі свого боку є

основою математичної моделі взаємодії знаряддя з ґрунтовим середовищем, а вже конструкція робочого органу обґрунтовується на основі розрахунків за цією моделлю.

Виконані польові дослідження показали, що конструкція цілком працездатна і забезпечує якісне виконання технологічного процесу.

Список літератури

1. Бабицкий Л.Ф., Москалевич В.Ю., Соболевский И.В. Бионико-механические основы сельскохозяйственных машин. Теория и методы. (ISBN 978-3-659-85703-4) – LAP LAMBERT Academic Publishing, Deutschland/Германия, 2016. – 384 с.
2. Бабицкий Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин / Л.Ф. Бабицкий. – К.: Урожай, 1998. – 164 с.
3. Бабицкий Л.Ф. Бионические основы технических решений. Учебное пособие для студентов механического факультета очной и заочной форм обучения по дисциплине «Бионические направления разработки сельскохозяйственных машин» / Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич. – Симферополь: ЮФ НУБиП Украины «КАТУ», 2010. – 84 с.
4. Гудков А.Н. Теоретические основы построения рабочих процессов сельскохозяйственных машин с учетом характера живой материи растений, животных, почвы. Кн.: Земледельческая механика. М.: Машиностроение, 1966. Т. 9. С. 86-97.
5. Гидроаэродинамика и ее использование в энергетике АПК / [Дидур В.А., Грачева Л.И., Радул Н.Н., Орел А.Н.] – Москва, МГАУ, 2008. – 395 с.
6. Казаков В.С. Методические указания по испытаниям рабочих органов в гидравлическом лотке / В.С.Казаков, Р.Г.Кожевникова, В.Г.Пальцев – М.: МИИСП, 1992. – 8с.
7. Кобець А. С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А. С. Кобець, Б. А. Волик, А. М. Пугач. - Дніпропетровськ: Свідлер А.Л., 2011. – 140 с.
8. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
9. Теслюк Г.В. Моделювання технологічних процесів ґрунтообробних машин. / Г.В. Теслюк Б.А. Волик, А.Н. Кобець А.М. Пугач // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2017. - №2 (44). – С.93-97.
10. Першин С.В. Гидродинамические аспекты изучения движения водных животных / Бионика. Под ред. Б.С. Сотскова. – М.: «Наука», 1965, С.207-215.

Аннотация. В статье представлена адаптация стрелчатой лапы для работы в условиях органического земледелия. Проблема состоит в том, что стандартные лапы ориентированы на работу в условиях подпорного резанья в то время, когда насыщенность поверхностного слоя растительными остатками сводит к минимуму этот режим. Решить проблему предложено путем придания лапе формы повышенной обтекаемости, которая позаимствована у тела мор-

ского ската, то есть методами бионики. Определены принципы и последовательность формирования конструкционной схемы рабочего органа. Отмечено, что форма тела биологического аналога не может быть принята за конечный вариант исполнения орудия. Аналог может служить за прототип при разработке геометрической модели рабочего органа, которая в свою очередь есть основой математической модели взаимодействия орудия с почвенной средой. А уже конструкция рабочего органа обосновывается на основании расчетов за этой моделью. В работе приведен пример конкретного выполнения лапы и методами регрессионного анализа получено уравнение рациональной формы режущей кромки крыльев. Проведенные полевые исследования показали, что конструкция работоспособна и обеспечивает качественное выполнение технологического процесса. Предложенная конструкция может быть использована в комбинированном почвообрабатывающем агрегате совместно с турбодисковой секцией и катком.

Summary. The work is devoted to the adaptation of the centre hoe to work in conditions of organic farming. The problem is that standard hoes are oriented to work in the condition of cutting, while the saturation of the blanket with plant's residues minimizes this procedure. To solve the problem is offered by configurating the hoe the form of increased fairness, taken from the body of the rays, that is the bionics methods. The outlined principles and logical stages of the formation of the working body's construction diagram. It is noted that the body shape of a biological analog can not be accepted for the final version of an instrument. An analogue can be a prototype for the development of a geometric model of the working body, which in part is the basis of the mathematical model of the interaction of the instrument with the soil environment. And the design of the working body is based on calculations for this model. In the work is given an example of a concrete execution of the hoe and methods of regressive analysis that is got by the equation of rational shape of the cutting edge of the wings. Made field studies are shown that the construction is fully operational and provides a qualitative realization of the technological process. The proposed construction can be used in a combined tilling aggregate with a turbo-disk section and a roller.

Стаття надійшла до редакції 5 лютого 2018 р.