

УДК 631.363.2

УТОЧНЕННЯ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗАТЯГУВАННЯ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ У МІЖВАЛЬЦЕВИЙ ПРОСТІР

Г. А. Голуб*, С. М. Кухарець**

e-mail: saveliy_76@ukr.net

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

**Житомирський національний агроєкологічний університет
Старий бульвар, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Одним із важливих елементів як технологічного процесу приготування кормів, так і функціонування машин, є механічний обробіток кормів. Тому формалізація процесів механічного обробітку сільськогосподарських матеріалів є важливим фактором як при експлуатації існуючих машин, так і при проектуванні нових.

Мета: важливим елементом технологічного процесу підготовки кормів та функціонування машин є механічний обробіток кормів. Пояснення процесів механічного обробітку сільськогосподарських матеріалів є важливим чинником роботи існуючих машин та передумовою для розробки нових.

Методи: для дослідницьких цілей використані методи енергетичного аналізу взаємодії робочих органів із рослинним матеріалом.

Обговорення: розглянуто, проаналізовано та обґрунтовано фізичну модель процесу затягування рослинних матеріалів. Встановлено, що матеріал у міжвальцевий простір затягується за рахунок сили, що виникає від дії крутного моменту на вальцях, який передається від приводу вальців. Наведено методіку встановлення кута затискування при різанні матеріалів сільськогосподарського походження та кута затягування в міжвалковий простір валкового живильника. Цікавим буде використання ножа та протиризальної пластини, виконаних у формі евольвента. Так як евольвента є такою кривою для форми ножа та протиризальної пластини, коли сума сил тиску ножа та протиризальної пластини не створює відштовхувальної сили. Ножі такої форми реалізовані фірмою Kroppe, що виготовляє прес-підбирачі великогабаритних тюків Big Pack.

Уточнена фізична модель процесу затягування рослинних матеріалів у міжвальцевий простір має виняткове значення для підвищення рівня універсальності і дозволяє формувати усвідомлення єдності природних явищ при розрахунку і проектуванні робочих органів машин і обладнання в агроінженерному середовищі.

Ключові слова: модель, сила тертя, крутний момент, зусилля, різання, валки, ніж, матеріал, евольвента

Постановка проблеми

Розробка фізичних і математичних моделей робочих органів машин і обладнання аграрного виробництва має визначальне значення для їх подальшої розробки, виготовлення і випробування.

Не менш важливе значення має використання адекватних фізичних і математичних моделей у навчальному процесі при підготовці інженерів аграрного профілю.

Фізичні і математичні моделі робочих органів повинні мати максимальний рівень універсальності (наприклад, якщо це стосується опису роботи обертового барабана вальців, то отримана модель повинна описувати також роботу приводного колеса).

Таким чином, підвищення рівня універсальності фізичних і математичних моделей є науковою проблемою в галузі аграрної інженерії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В сучасній науковій літературі стверджується, що при дії ножа на перероблюваний матеріал із деяким зусиллям виникає реакція матеріалу. При розкладанні цієї реакції одержують дотичну і нормальну сили, перша з них намагається вивести матеріал з-під ножа, а друга спричиняє виникнення тертя між матеріалом та лезом і цим протидіє виводу [2] та, відповідно, розглядаються умови, за яких буде забезпечено защемлення матеріалу між ножем і протиризальною пластиною [3]. Для забезпечення надійності защемлення стебел між ножами і протиризальною пластиною ножі виготовляють криволінійної форми з постійним кутом защемлення, який не змінюється при проходженні всього леза через матеріал [3], проте такі форми ножів не було досліджено на наявність відштовхувальної сили. Для вальців живильника указано постійний кут защемлення [3].

Найбільшого поширення для опису роботи вальців, які зтягують рослинний матеріал у міжвальцевий простір, набула фізична модель у якій зтягуюче зусилля обумовлено силою тертя вальців і рослинного матеріалу [2–4].

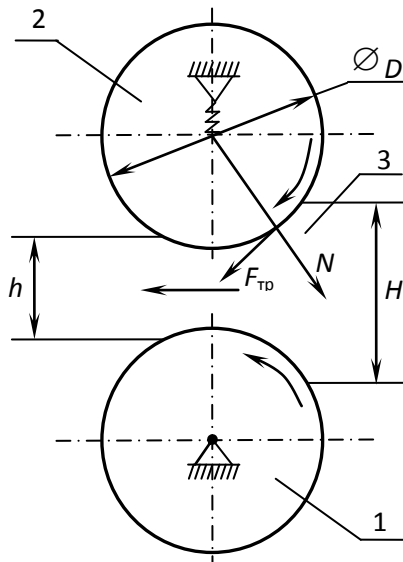


Рис. 1. Силова схема взаємодії вальців і рослинного матеріалу:

1 – стаціонарний валець; 2 – підпружинений валець; 3 – рослинний матеріал

Один із прикладів такого опису фізичної моделі приведений на рис. 1. Її робота описується наступним чином. Під дією підпружиненого одного або двох вальців на матеріал здійснюється тиск за рахунок дії нормальної сили N , яка перпендикулярна поверхні вальців. Під час обертання вальців виникає сила тертя F_m , яка і зтягує рослинний матеріал у міжвальцевий простір і є пропорційною нормальної сили з коефіцієнтом пропорційності f , який є коефіцієнтом тертя рослинного матеріалу по матеріалу вальців.

Найбільшим недоліком такого опису фізичної моделі зтягування рослинного матеріалу у міжвальцевий простір є те, що сила тертя завжди направлена проти напрямку руху. Однак, математичні і фізичні моделі, які б це враховували, нами в доступних наукових виданнях не виявлені, а тому постає питання створення фізичної моделі, яка б враховувала той

факт, що сила тертя має бути направлена проти напрямку руху рослинного матеріалу і вальців.

Методи досліджень

Для проведення досліджень використано методи силового аналізу взаємодії робочих органів із рослинним матеріалом [1, 5].

Результати досліджень

Для створення фізичної моделі зтягування рослинних матеріалів у міжвальцевий простір доцільно розглянути схему їх взаємодії, представлену на рис. 2.

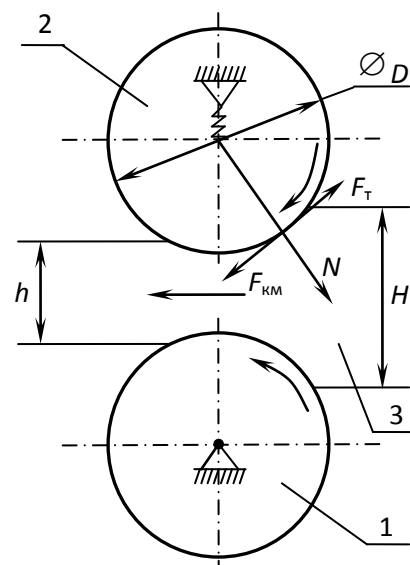


Рис. 2. Силова схема взаємодії вальців і рослинного матеріалу, яка пропонується авторами:

1 – стаціонарний валець; 2 – підпружинений валець; 3 – рослинний матеріал

На нашу думку, фізична модель даної взаємодії виглядає наступним чином. Під дією підпружиненого одного або двох вальців на матеріал здійснюється тиск за рахунок дії нормальної сили N . Під час обертання вальців виникає сила тертя F_m , яка направлена проти руху вальців та матеріалу. Крім того, привідний двигун передає на вальці крутний момент, який на радіусі барабана створює силу від приводного крутного моменту $F_{\text{км}}$, що дорівнює силі тертя в кожній точці контакту барабана із рослинним матеріалом. Оскільки сила тертя і відповідна сила від приводного крутного моменту змінюється від мінімального значення в найвищій точці контакту матеріалу з барабаном

до максимального в точці мінімального значення величини міжбарабанного простору, їх кількісну оцінку необхідно здійснювати інтегрально по дузі контакту вальців із матеріалом.

Розрахункова схема взаємодії вальців і рослинного матеріалу, яка пропонується авторами, приведена на рис. 3.

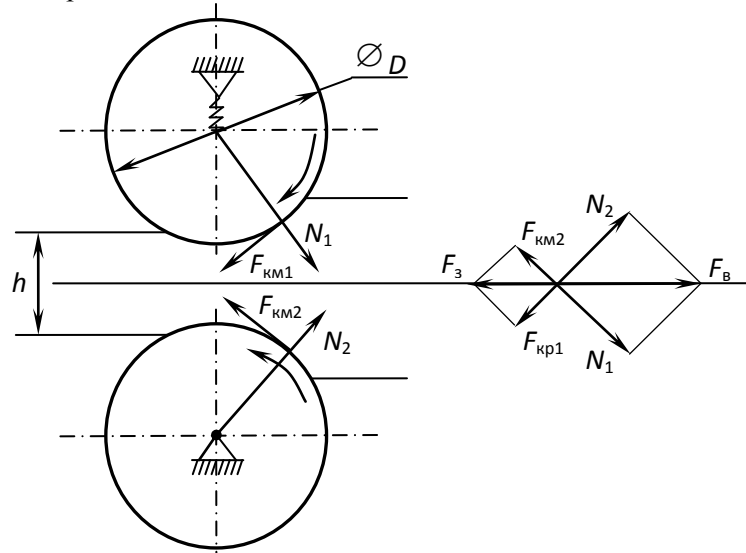


Рис. 3. Розрахункова схема взаємодії вальців і рослинного матеріалу, яка пропонується авторами

Виходячи із представленого аналізу, умову зтягування матеріалу в міжвальцевий простір необхідно здійснювати згідно з наступним виразом:

$$F_3 \geq F_6 \quad (1)$$

де F_3 – геометрична сума сил, від приводного крутного моменту, Н;

F_6 – геометрична сума нормальних сил, Н.

Оскільки величина сил створює привідний крутний момент чисельно дорівнює величині сил тертя, подальший математичний опис умови зтягування і розрахунку діаметра вальців формально не відрізняється від існуючих аналогів.

Одночасна дія двох лез на матеріал (рис. 4) спричиняє виникнення двох нормальних сил, які направлені перпендикулярно лезу.

Рівнодіюча цих двох сил спричиняє витискування матеріалу із під лез. Сили тертя, які діють вздовж лез, протидіють витискуванню матеріалу. Матеріал затискається між лезами в момент, коли рівнодіюча нормальних сил дорівнює рівнодіючій сил тертя. Ця умова запишеться наступним чином:

$$2fN \cos(a/2) \geq 2N \sin(a/2). \quad (2)$$

Аналогічна картина буде також і коли одне лезо рухається відносно іншого (рис. 2). Після скорочень отримуємо:

$$f \cos(a/2) \geq \sin(a/2); \quad (3)$$

$$tg \varphi \geq tg(a/2).$$

Із рівняння отримуємо граничне значення кута затискування матеріалу:

$$\varphi \geq a/2.$$

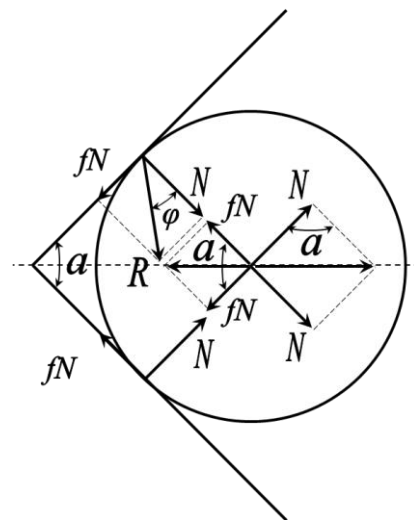


Рис. 4. Схема одночасної дії двох лез на матеріал при різанні:

N – нормальна сила, Н; R – ріжуча сила, Н; f – коефіцієнт тертя матеріалу поверхню леза; a – кут затискування матеріалу

Однчасна дія двох вальців на матеріал спричиняє виникнення двох нормальних сил, які направлені перпендикулярно поверхні вальців (рис. 5).

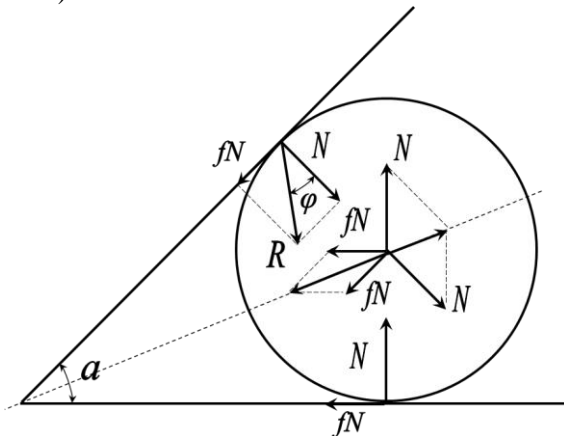


Рис. 5. Схема дії лез на матеріал при русі одного леза відносно іншого:

N – нормальна сила, H ; R – ріжуча сила, H ; f – коефіцієнт тертя матеріалу поверхнею леза; α – кут затискання матеріалу

Рівнодіюча цих двох сил спричиняє витискування матеріалу із-під вальців. Сили тертя, які діють по дотичній до вальців протидіють витискуванню матеріалу.

Із огляду на попередні міркування, цікавим буде використання ножа та протирізальної

пластини виконаних у формі евольвенти (рис. 6). Так як евольвента є такою кривою для форми ножа та протирізальної пластини, коли сума сил тиску ножа та протирізальної пластини не створює відштовхувальної сили.

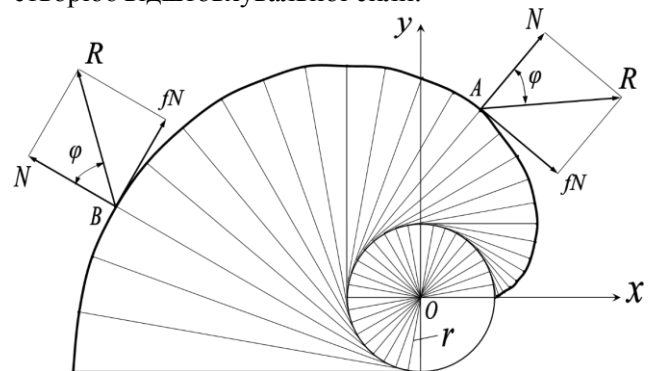


Рис. 6. Схема поверхні ножа у формі евольвенти:

N – нормальна сила, H ; R – ріжуча сила, H ; f – коефіцієнт тертя матеріалу поверхнею леза; α – кут затискання матеріалу

Ножи такої форми реалізовані фірмою Krone (рис. 7), що виготовляє прес-підбирачі великогабаритних тюків Big Pack [5] з розмірами пресувальної камери (ширина та висота) 0,80x0,90; 1,20x0,70; 1,20x0,90 та 1,20x1,30 м.

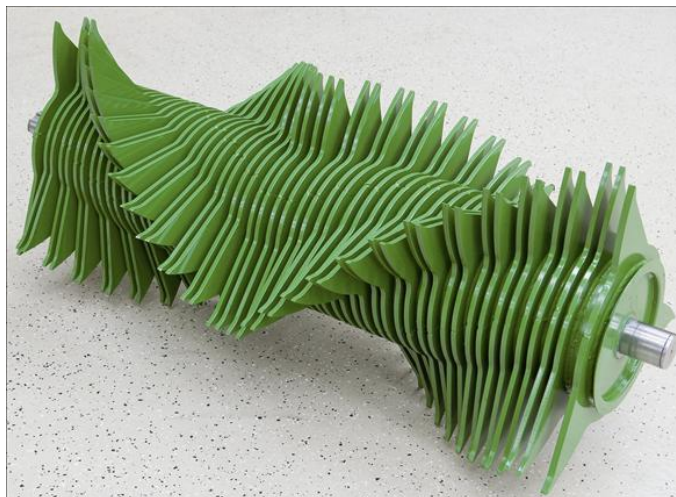


Рис. 7. Приклад реалізації евольвентного ножа та протирізальної пластини

За бажанням споживача прес-підбирач комплектується подрібнювальним пристроєм X-Cut, який може бути оснащений 16-а та 26-а ножами, що забезпечить довжину різання 44 мм. Живильний ротор має діаметр 55 см, робочу довжину захвату 80 см і 120 см та V-подібне

розташування зубів у три ряди, сприяє рівномірному розподілу потоку кормової маси по усій ширині каналу. Різальний пристрій X-Cut складається з двох ножових касет з 8-а або 13-а ножами різання в кожній касеті.

Висновки

Встановлено, що матеріал у міжвальцевий простір затягується за рахунок сили, що виникає від дії крутного моменту на вальцях, який передається від приводу вальців.

Проведенні уточнення щодо встановлення кута затискання при різанні матеріалів сільськогосподарського походження та кута затягування в міжвалковий простір двовалкового живильника дозволить формалізувати та спростити методики розрахунку основних конструкційно-технологічних параметрів живильників та подрібнювачів.

Уточнена фізична модель процесу затягування рослинних матеріалів у міжвальцевий простір має виняткове значення для підвищення рівня універсальності і дозволяє формувати усвідомлення єдності природних явищ при розрахунку і проектуванні робочих органів машин і обладнання в агроінженерному середовищі.

References

1. Golub, H. A. (2016). Upravlinnya tekhnolohichnymy protsesamy u tvarynnystvii [Management of technological processes in livestock breeding]. Kyiv: NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
2. Revenko, I. I. & Csherbak, V. M. (2004). Mekhanizatsiya tvarynnystvii [Mechanization of livestock]. Kyiv: Vyshcha osvita [in Ukrainian].
3. Revenko, I. I. (2012). Mashyny ta obladnannya dlya tvarynnystvii [Machines and equipment for livestock breeding]. Kyiv: Kondor [in Ukrainian].
4. Naumenko, O. A., Boyko, I. H., & Nanka, O. V. (2006). Mashyny ta obladnannya dlya tvarynnystvii [Machines and equipment for livestock breeding]. Kharkiv: KHNTUS [in Ukrainian].
5. Golub, G. A. & Kukharets, S. M. (2016). Formalizatsiya kutiv zatyskannya ta zatyahuvannya pry mekhanichnomu obrobitku silskohospodarskykh materialiv [Formalization of the angles of clamping and tightening during mechanical cultivation of agricultural materials]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychkykh*, 10/1 (29), 96–98 [in Ukrainian].

CLARIFICATION OF THE PHYSICAL MODEL OF THE PROCESS OF DELAYING PLANT MATERIALS

G. Golub*, S. Kukharets**

*National University of Life and environmental sciences of Ukraine

Heroyiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

**Zhytomyr National Agroecological University
Старый бульвар, 7, г. Житомир, 10002, Украина

The mechanical action of feed is an important part of the process feeding. Justification action processes of agricultural materials is an important factor to the operation of the existing machines and designing new ones.

Purpose: An important element of the technological process of feed preparation and the functioning of machines is the mechanical feeding of feed. Clarification of the processes of mechanical cultivation of agricultural materials is an important factor in the operation of existing machines and in the design of new ones.

Methods: For research purposes, methods of power analysis of the interaction of working organs with plant material have been used.

Discussion: The physical model of the process of tightening of plant materials is considered, analyzed and refined. It is established that the material is tightened due to the force arising from the action of torque on the rollers, which is transmitted from the drive rollers. The method of determining the angle clamping at cutting agricultural materials and angle tightening in the workspace roll feeder. It will be interesting to use a knife and a cutting blade made in the form of an involute. So, as the involute for the shape of the knife and the cutting insert allows to achieve the effect when the sum of the pressure forces of the knife and the opposing plate does not create a repulsive force. The knives of this form are sold by Krone, a large packer of Big Pack bale presses.

The refined physical model of the process of delaying plant materials allows to form awareness of the unity of natural phenomena when calculating and designing working bodies of machines and equipment in the engineering environment.

Keywords: model, friction, torque, force, cutting, felling, knife, material, evolvent.

**УТОЧНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ПРОЦЕССА ЗАТЯГИВАНИЯ
РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В МЕЖВАЛЬЦЕВОЕ ПРОСТРАНСТВО**

Г. А. Голуб^{*}, С. Н. Кухарец^{}**

^{*}Национальный университет биоресурсов
и природопользования Украины
ул. Героев Оборона, 15, Киев, 03041, Украина

^{**}Житомирський національний
агроэкологический университет
Sary Boulevard, 7, Zhytomyr, 10002, Ukraine

Одним из важных элементов как технологического процесса приготовления кормов, так и функционирования машин является механическая обработка кормов. Поэтому, формализация процессов механической обработки сельскохозяйственных материалов является важным фактором как при эксплуатации существующих машин, так и при проектировании новых.

Цель: важным элементом технологического процесса подготовки кормов и функционирования машин является механическая обработка кормов. Объяснения процессов механической обработки сельскохозяйственных материалов является важным фактором работы существующих машин и предпосылкой для разработки новых.

Методы: для исследовательских целей использованы методы энергетического анализа взаимодействия рабочих органов с растительным материалом.

Обсуждение: рассмотрена, проанализирована и обоснована физическая модель процесса затягивания растительных

материалов. Установлено, что материал в межвальцевое пространство затягивается за счет силы, возникающей от действия крутящего момента на вальцах, который передается от привода вальцов. Приведена методика установления угла защемления при резке материалов сельскохозяйственного происхождения и угла затягивания в рабочее пространство валкового питателя. Интересным будет использование ножа и противорежущей пластины выполненных в форме эвольвенты. Так как эвольвента для формы ножа и противорежущей пластины позволяет достичь эффекта, когда сумма сил давления ножа и противорежущей пластины не создает отталкивающей силы. Ножи такой формы реализованы фирмой Кроне, что производит пресс-подборщики крупногабаритных тюков Big Pack

Уточненная физическая модель процесса затягивания растительных материалов в межвальцевое пространство имеет исключительное значение для повышения уровня универсальности и позволяет формировать осознание единства природных явлений при расчете и проектировании рабочих органов машин и оборудования в агроинженерной среде.

Ключевые слова: модель, сила трения, крутящий момент, усилие, резание, валки, нож, материал, эвольвента