

## ПОДРІБНЮВАЧ СТЕБЛОВИХ МАТЕРІАЛІВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПУ

**Кіряцев Л.О., доцент, Романюха І.О., к.т.н., доцент**  
(Дніпропетровський державний аграрний університет)

*Запропоновано конструкцію подрібнювача стеблових матеріалів з дисковим ріжучим апаратом вертикального типу зі зменшеними витратами енергії на подрібнення і динамічними навантаженнями на робочий орган*

**Проблема.** Основними недоліками подрібнення стеблових кормів сучасними подрібнювачами є значні витрати енергії та динамічні навантаження на подрібнюючий механізм. Враховуючи, що подрібненню підлягають великі об'єми цих кормів, проблема удосконалення таких подрібнювачів для зменшення енергоємності процесу є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вперше процес подрібнення (різання) лезом теоретично розглянув академік В.П. Горячкін. В подальшому теорії подрібнення розвивали такі видатні вчені, як В.А. Желіговський, Н.Є Рєзнік, С.В. Мельников, Г.М. Кукта, А.І. Завражнов, Н.В.Сабліков, А.Е. М'янд, В.І. Сироватка, В.І. Передня та інші.

За результатами їх розробок створені сучасні подрібнюючі апарати декількох типів: дискові, барабанні, штифтові, бітерно - ножові та інші, принципи дії яких базуються на подрібненні різанням, розривом, дробленням, перетиранням, плющенням тощо.

Для подрібнення стеблових кормів серед цих принципів найменш енергоємним способом є різання лезом. Найбільше поширення мають два типи подрібнювальних апаратів, працюючих на цьому принципі: барабанний зі спіральними і дисковий з криволінійними ножами. З точки зору енергоємності дисковий різальний апарат має перевагу перед барабанним, бо в ньому більш повно реалізуємо ковзне різання (кут ковзання  $\tau > 50^\circ$ ), а в барабанному кут ковзання не перевищує  $30^\circ$ , тому маємо переважно похиле різання. З точки зору величини динамічних навантажень на ріжучий механізм перевагу має барабанний, бо в ньому момент різання сталий, тоді як в дискових радіус різання перемінний і, відповідно, змінюється момент різання. Усунення вказаних недоліків (енергоємність процесу барабанного і динамічні навантаження дискового різальних механізмів) є однією з основних проблем удосконалення процесу подрібнення стеблових кормів.

**Мета дослідження** - розробити подрібнювач стеблових кормів зі зменшеними витратами енергії, подрібнюючий апарат якого поєднував би позитивні якості дискових апаратів з криволінійним лезом та барабанних з постійним радіусом різання.

Для цього в розробку його ріжучого апарата нами покладено наступні принципи:

- подрібнення матеріалу проводити різанням лезом;

- різання лезом виконувати ковзним при значеннях кута ковзання  $\tau > (50...60)^\circ$ ;
- подрібнення проводити дисковими ножами, забезпечивши їх постійний радіус різання;
- подрібнення проводити безперервно
- різання проводити на швидкостях, які відповідають мінімуму витрат енергії.

**Результати досліджень.** Для забезпечення головної ідеї - безперервне ковзне різання ножами при постійному радіусі (моменті) різання ми запропонували наступну конструкції подрібнювача стеблових матеріалів (див. рисунок).

Подрібнювач складається з бункера, подаючого механізму, різального апарата, вивантажувального пристрою і приводу.

Бункер 1 циліндричної форми, до нижньої частини якого прикріплено протирізальну обечайку 2 з таким же внутрішнім діаметром. В бункері розташовано подаючий механізм шнекового типу. Витки 3 шнека мають постійні крок і зовнішній діаметр і закріплені на конічному валу 4, діаметр якого збільшується в напрямку подачі матеріалу.

Різальний апарат дискового типу з криволінійними ножами 5, розміщено під протирізальною обечайкою 2. Ножі 5 закріплені на диску 6 різального апарату, встановленому на ведучому валу 7 приводу. Форма лез ножів 5 забезпечує ковзне різання матеріалу з оптимальним кутом ковзання по всій ширині кільця (щілини) різання 8, створеного між зовнішнім діаметром нижнього кінця вала 4 шнека і внутрішнім діаметром протирізальної обечайки 2. Для зменшення витрат енергії на подрібнення матеріалу колову швидкість руху ножів рекомендують вибирати в межах 50 – 60 м/с, що відповідає мінімуму витрат енергії на різання [1,2] і забезпечить можливість використання в якості протиріза ще і інерцію матеріалу, тобто різання здійснюється постійно по кільцю різання спочатку інерційним різанням, при якому роль протиріза виконує інерція самого матеріалу, а далі воно поступово переходить в опорне різання, при якому матеріал стискується ножами 5 до обечайки 2. Для регулювання ступеню подрібнення при постійній швидкості подачі матеріалу подаючим механізмом на диску 6 передбачені отвори 9 для кріплення відповідної кількості ножів 5. Ступінь подрібнення можна регулювати і зміною передаточного відношення трансмісії приводу подаючого механізму.

Вивантажувальний пристрій являє собою вивідний лоток 10, на який падають і самотічно виводяться назовні відрізані частинки матеріалу.

Привід складається з електродвигуна 11, передачі 12 на різальний апарат (наприклад, жорстке з'єднання) і понижуючої передачі 13 (наприклад, планетарна) на вал 4 шнека подаючого механізму.

Бункер, подаючий і різальний механізми з приводом та вивідний лоток 10 закріплено на рамі 14.

Для регулювання ступеню подрібнення при постійній швидкості подачі матеріалу подаючим механізмом на диску 6 передбачені отвори 9 для кріплення

відповідної кількості ножів 5. Ступінь подрібнення можна регулювати і зміною передаточного відношення трансмісії приводу подаючого механізму.

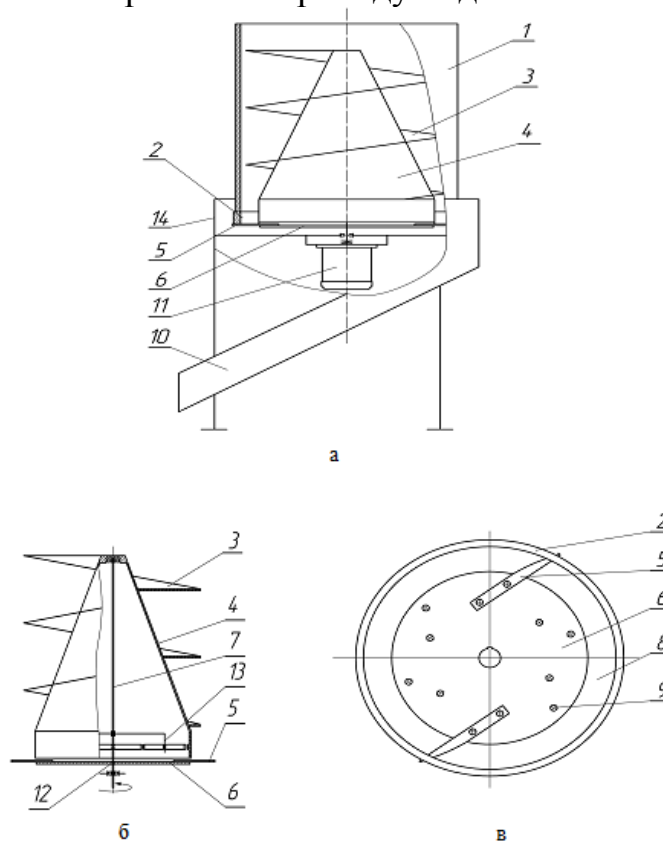


Рис. 1. Схема подрібнювача стеблових матеріалів: а – принципова схема подрібнювача; б – приклад кінематики приводу подрібнювача; в – різальний апарат подрібнювача (вид зверху)

Вивантажувальний пристрій являє собою вивідний лоток 10, на який падають і самотічно виводяться назовні відрізані частинки матеріалу.

Привід складається з електродвигуна 11, передачі 12 на різальний апарат (наприклад, жорстке з'єднання) і понижуючої передачі 13 (наприклад, планетарна) на вал 4 шнека подаючого механізму.

Бункер, подаючий і різальний механізми з приводом та вивідний лоток 10 закріплено на рамі 14.

Подрібнювач стеблових матеріалів працює наступним чином. Матеріал, який подаємо в бункер 1, захоплюється витками 3 шнека подаючого механізму і переміщується ним з відповідною швидкістю до різального апарату. За рахунок конічної форми вала 4 шнека і його відповідної частоти обертання подаючий механізм гальмує швидкість падіння матеріалу, притискає його до внутрішньої поверхні циліндра 1, а потім обечайки 2 і через кільце різання подає до ножів 5 різального апарату. Ножі 5 своїми лезами виконують ковзне різання матеріалу по всій ширині кільця різання 8, при цьому роль протиріза спочатку виконує інерція самого матеріалу, а потім - обечайка 2. Відрізані частинки матеріалу під дією сили тяжіння падають на вивідний лоток 10 і по ньому зсуваються назовні.

Розглянемо енергоємність процесу подрібнення стеблових кормів відомими подрібнювачами. В загальному вигляді потужність, необхідну на подрібнення ними стеблових кормів, можна описати виразом

$$N = N_{\Pi} + N_c + N_p + N_{\text{ш}} + N_o + N_v + N_{\text{вив}} + N_x ,$$

де  $N_{\Pi}$  – потужність, потрібна для подачі матеріалу в зону подрібнення;

$N_c$  – те ж саме, потрібна на попереднє стискання матеріалу перед подрібненням (різанням);

$N_p$  – те ж саме, потрібна на подрібнення;

$N_{\text{ш}}$  – те ж саме, потрібна на зміну швидкості руху часток подрібненої маси;

$N_o$  – те ж саме, потрібна на здолання опору руху матеріалу в подрібнювальному апараті; те ж саме, що  $N_3$ .

$N_v$  – те ж саме, потрібна на рух потоку повітря, створений подрібнюючими робочими органами;

$N_{\text{вив}}$  – те ж саме, потрібна на вивантаження подрібненої маси з камери подрібнення;

$N_x$  – те ж саме, потрібна на холостий хід (без вентиляційних витрат).

Порівняємо питому енергоємність кожної із складових процесу подрібнення запропонованою конструкцією з відомими подрібнювачами РСС – 6,0Б, ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5» перша і друга ступені подрібнення, ИГК – 30Б, ИСК – 3А, КДУ – 2, ДКМ – 5 (таблиця).

*За потужністю, потрібною для подачі матеріалу в зону подрібнення  $N_{\Pi}$ .* В запропонованій нами конструкції матеріал поступає на шнековий подаючий механізм самопливом і роль його полягає в подачі матеріалу на різання з одночасним його стисканням. Отже, в порівнянні з подаючими механізмами інших подрібнювачів він не має особливих переваг у витратах енергії.

Таблиця 1. Якісне порівняння впливу конструкцій подрібнювачів на складові їх потужності

Машини	Складові потужності									
	N <sub>п</sub>	N <sub>с</sub>	N <sub>р</sub>	N <sub>ш</sub>	N <sub>о</sub>	N <sub>в</sub>	N <sub>вив</sub>	N <sub>х</sub>		
РСС – 6,0 Б	Присутня (транспортер)	Присутня (вальцями ножами і)	Дисковими ножами з криволінійним лезом (різання ковзне, перервне зі змінним моментом)	Відсутня	Відсутня	Присутня (незначна)	Примусове (пневматичне, значна)	Присутня		
ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5», перша ступінь	Те ж саме	Присутня (стискуючими транспортерами і ножами)	Барабаний ріжучий орган (різання похиле)	Те ж саме	Присутня	Присутня	Самотічне	Те ж саме		
ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5», друга ступінь	Присутня (шнек)	Присутня (ножами)	Багатодисковий щілинного типу з прямими ножами (різання пуансоном з кутами від зацементлення до нуля)	Присутня (ножами)	Те ж саме	Те ж саме	Те ж саме	—    —		
ИГК – 30Б	Присутня (транспортер)	Відсутня	Штифтовий (розрив)	Присутня (штифтами, значна)	Присутня (значна)	Присутня (значна)	Примусове (пневматичне, значна)	—    —		
ИСК – 3А	Присутня (самопливна, пневмо-всмоктування)	Те ж саме	Багатодисковий з прямими ножами (розрив, різання)	Присутня (ножами кидалкою, значна)	Те ж саме	Те ж саме	Примусове (крилач)	—    —		
КДУ – 2,	Присутня (транспортер)	Присутня (транспортерами і ножами)	Барабани ріжучий і молотковий (різання, дроблення)	Присутня (барабаном молотковим, значна)	—    —	—    —	Примусове (барабаном)	—    —		
ДКМ - 5	Присутня (шнек)	Присутня (шнек з перемінним діаметром ножами)	Барабани ріжучий і молотковий (різання, дроблення)	Те ж саме	—    —	—    —	Те ж саме	—    —		
Запропонований	Присутня (самопливна гальмована)	Присутня (шнек з перемінним діаметром)	Дискові ножі з криволінійним лезом (різання ковзне, неперервне з постійним моментом)	Відсутня	Відсутня	Присутня (незначна)	Самотічне	—    —		

*За потужністю, потрібною на попереднє стискання матеріалу перед подрібненням  $N_c$ .* В подрібнювачах РСС – 6,0Б, ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5» (перша ступінь подрібнення), КДУ – 2 і ДКМ – 5 після виходу матеріалу з подаючого механізму він дещо розпушується, тому ножі повинні виконати повторне додаткове стискання перед різанням, на що витрачаємо відповідну енергію. В подрібнювачах ИГК – 30Б та ИСК – 3А стискання відсутнє, тому що основним принципом подрібнення є розрив. У подрібнювачі «Волгарь - 5» маємо перед подрібненням однократне стискання ножами (різання пуансоном). В запропонованій нами конструкції стискання матеріалу перед подрібненням виконуємо шнеком з перемінним діаметром і так стиснена вона відразу поступає на різання. Отже, ми маємо перевагу перед першою групою подрібнювачів завдяки однократному стисненню, а програємо другій і третій групам, зате вони мають значно енергоємніший принцип подрібнення.

*За потужністю, потрібною на подрібнення  $N_p$ .* Це найбільш вагома складова в формулі. З аналізу енергоємності процесу подрібнення робочими органами порівнюваних машин маємо наступне. За теорією подрібнення найбільш енергоємними є робочі органи подрібнювачів ИГК – 30Б та ИСК – 3А, в яких застосованим способом подрібнення є розрив. Менш енергоємний спосіб застосовано на другій стадії подрібнення у подрібнювачі «Волгарь - 5», де різання здійснюють пуансоном з кутами різання від нормального до похилого. Ще менш енергоємний спосіб подрібнення застосовано у подрібнювачах «Волгарь - 5» (перша стадія), КДУ – 2 і ДКМ – 5, в яких використовують похиле різання барабаними робочими органами. Найменш енергоємними є робочі органи запропонованої нами конструкції і подрібнювача РСС – 6,0Б, де застосовано ковзне різання. Але запропонована нами конструкція має суттєві переваги перед РСС – 6Б, які ще більше зменшують енергоємність процесу, а саме:

- різання неперервне;
- момент різання постійний;
- динамічне навантаження на робочий орган мінімальне.

*За потужністю, потрібною на зміну (величина, напрям) швидкості  $N_{ш}$  і опору руху  $N_o$  часток подрібненої маси.* В подрібнювачах ИГК – 30Б, ИСК – 3А, КДУ – 2 і ДКМ – 5 необхідні значні витрати енергії на зміну як величини і напрямку швидкості так і опору руху часток подрібненої маси в їх робочих органах, в ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5» (перша і друга ступінь подрібнення) вони менші, тоді як в РСС – 6,0Б, запропонованій нами конструкції вони практично відсутні.

*За потужністю, потрібною на рух потоку повітря, створений подрібнюючими робочими органами  $N_v$ .* В подрібнювачах ИГК – 30Б, ИСК – 3А, КДУ – 2 і ДКМ – 5 витрачається значна енергія на подолання опору руху повітря, створеного подрібнюючи ми робочими органами. Ці витрати менші в ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5» (перша і друга ступінь подрібнення), а в РСС – 6,0Б і запропонованій нами конструкції вони зовсім незначні.

*За потужністю, потрібною на вивантаження подрібненої маси з камери подрібнення  $N_{\text{вив}}$ . Витрати енергії на цю операцію залежать від задач, які поставлені перед вивантажувальним механізмом.*

Найбільші витрати енергії на вивантаження подрібненої маси маємо у подрібнювачах РСС – 6,0Б і ИГК – 30Б, порівняно менші в ИСК – 3А, але ці витрати пов'язані, в основному, з подальшим її транспортуванням. На саме видалення маси з робочої камери ці витрати незначні. В подрібнювачах КДУ – 2 і ДКМ – 5 через наявність молоткових барабанів, які практично не приймають участь у подрібненні (за винятком приготування трав'яного борошна), ці витрати менші ніж у попередніх машин. В решті подрібнювачів, в тому числі і в запропонованому нами, вивантаження маси самотічне тобто практично без витрат енергії.

*За потужністю, потрібною на холостий хід (без витрат на рух потоку повітря, створений робочими органами)  $N_x$ . Ці витрати енергії присутні у всіх подрібнювачах, вибраних для аналізу. Величина цих витрат залежить від особливостей кожної конструкції і коливається в незначних межах.*

Як видно з виконаного нами аналізу, запропонована нами конструкція дискового вертикального подрібнювача стеблових кормів за всіма складовими потужності з формули (1), не поступається відомим конструкціям подрібнювачів, а за такою складовою як величина потужності, яка потрібна безпосередньо на подрібнення, значно переважає інші і має практично однакові показники з РСС – 6Б. Але запропонована нами конструкція має суттєві переваги перед РСС – 6Б, а саме: різання неперервне; момент різання постійний; динамічне навантаження на робочий орган мінімальне.

Висновки. 1. Запропонована конструкція подрібнювача стеблових кормів з вертикальним дисковим робочим органом, який поєднує в собі позитивні якості ріжучих дискових апаратів з криволінійним лезом та барабанних з постійним радіусом різання.

2. Подрібнювач з вертикальним дисковим робочим органом забезпечує подрібнення матеріалу:

- ковзним різанням лезом при оптимальних значеннях кута ковзання;
- дисковими ножами безперервно, з постійним радіусом різання на швидкостях, які відповідають мінімуму витрат енергії.

3. Подрібнювач з вертикальним дисковим робочим органом за витратами питомої енергії має суттєві переваги перед відомими подрібнювачами стеблових кормів.

## **Список використаних джерел**

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм.- Л.: Колос, 1978. – 560 с.
2. Притченко С.А. Исследование процесса резания зеленых кормов для птицы. Автореф. Дисс. Канд. Тех. Наук, Киев 1965. – 22с

## **Аннотация**

### **Измельчитель стебельчатых материалов вертикального типа**

Кирыцев Л.А., Романюха И.Е.

*Предложена конструкция измельчителя стебельчатых материалов с дисковым режущим аппаратом вертикального типа с меньшими затратами энергии на измельчение и динамическими нагрузками на рабочий орган*

## **Abstract**

### **Flowing stalked materials vertical type**

L.Kiryatsev, I.Romanyukha

*The design of the chopper stalked feed disc cutter vertical type with less energy on crushing and dynamic loads on the working body*