

УДК 636.02



**ШЕЙКО**  
**Надія Володимирівна,**  
методист,  
НУБіПУ «Ніжинський  
агротехнічний інститут»  
(м. Ніжин)

## **ГЕНЕЗИС ВИДІВ МЕХАНІЧНОГО РУХУ ПРИ ПОДРІБНЕННІ КОРМОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

*У статті розглядається становлення та вдосконалення подрібнюючих інструментів кормоприготувальних машин, зміна умов взаємодії з перероблюваним матеріалом, а також розвиток способів механіки передачі руху до робочих органів.*

*В статье рассматривается становление и совершенствование измельчающих инструментов кормоприготовительных машин, изменение условий взаимодействия с перерабатываемым материалом, а также развитие способов механики передачи движения к рабочим органам.*

*In the article becoming and perfection of grindings down instruments of machines for feed preparing, change of terms of co-operating is examined with the processed material, and also development of methods of mechanics of transmission of motion to the workings organs.*

Становлення та рівень досконалості засобів переробки кормових матеріалів, на певних етапах розвитку суспільства, обумовлюються мірою знань про засвоєння корму тваринами та потенційними можливостями і економічною доцільністю проведення деяких підготовчих процесів над кормовими матеріалами перед видачею їх тваринам. У спрощеному вигляді споживання корму твариною можна розглядати як відділення від цілого стебла чи кореня частинок, які вільно вміщуються в ротовій порожнині тварини, та розщеплення частинок з метою створення доступності шлунковим сокам до кормових елементів, які знаходяться в цих частинках.

Прослідковуючи хронологію створення та використання засобів механізації підготовки кормів до згодовування тваринам протягом усього

історичного періоду розвитку тваринництва, можна вказати, що їхня еволюція проходила за трьома характерними етапами: I – копіювання процесів, які мають місце при споживанні корму тваринами; II – вдосконалення знарядь праці шляхом застосування раціональних конструкцій переробних інструментів і надання їм доцільних траєкторій рухів; III – застосування нових способів дії на кормовий матеріал, відмінних від існуючих в організмі тварин.

Процеси подрібнення кормів твариною та перенесення цих дій для виконання за допомогою технічних засобів не можна було в повній мірі зрозуміти без з'ясування механічної сторони і пошуку інших за природою дій, але таких, що дають аналогічні, або більш доцільні результати.

**Завданням** даної статті є висвітлення зміни типів та параметрів робочих органів подрібнювачів кормів та видів і способів передачі механічного руху для стабілізації їхньої взаємодії з перероблюваним кормом, зменшення зусиль на подрібнення, зручності підведення енергії та збільшення пропускної здатності знарядь та машин.

Аналізуючи доступну на кожному етапі розвитку людського суспільства повноту обізнаності по спектру процесів із переробки корму в організмі тварини та відбираючи з них ті процеси, які можуть бути адаптовані в знаряддях підготовки кормів до згодовування, людина поступово застосовувала способи механічної дії на корм: роздавлювання, перетирання, різання, змішування та їх комбіновані поєднання як між собою, так і спільно із зволоженням, нагрівом, дією хімічних реагентів та виконуючи підготовчі процеси в закритих ємкостях при підвищеному тиску.

Порівнюючи між собою технології виконання переробки корму твариною та переробки за допомогою технічних засобів, стосовно енергетичних та якісних показників процесу, слід відмітити, що для кожної стадії його обробки співвідношення показників різко відрізняється.

Процеси пов'язані з механічним подрібненням: руйнування цілісності зернових частинок роздавлюванням, відділення часточок потрібної довжини від кормової маси, розщеплення стеблових структур вздовж волокон та

перетирання кормових часточок можуть здійснюватися значно ефективніше засобами механізації, ніж це відбувається в організмі тварини. Якщо для здійснення всіх указаних механічних способів подрібненням тварина має один універсальний апарат, то людина може застосовувати спеціалізовані знаряддя, що відповідають певному механічному процесу. При цьому значно простіше контролювати задану якість одержаної продукції, витримувати показники якості у вузькому оптимальному діапазоні розмірів, змінювати величину якісних показників (що тварині практично недоступно), мінімізувати або виключити втрати корму при переробці та виконувати її з меншими енергетичними затратами.

Оскільки коефіцієнт використання твариною потенційних можливостей непідготовлених зернових матеріалів значно нижчий, ніж інших видів кормів, то саме на їхньому подрібненні була зосереджена першочергова увага ще з давніх часів. Подрібненням стеблових кормів людина стала займатися значно пізніше.

Переробка зерна технічними засобами дозволяє виконувати процес подрібнення до заданої зоотехнічної вимоги якості, яка змінюється в залежності від вікових видових груп тварин. Крім того, застосування технічних засобів дозволяє одержати зерновий корм у такому вигляді, який більш сприятливий для засвоєння, але недоступний для приготування організмом тварини. До таких видів зернових продуктів можна віднести розплющені чи зірвані пластівці, екструдоване зерно, концентратні гранули.

Види кормових матеріалів за геометричними розмірами, формою, фізико-механічними властивостями суттєво відрізняються між собою. Тому на відміну від універсального подрібнюючого апарату тварин людині доступно створити специфічні переробні знаряддя, застосовуючи ті чи інші способи подрібнення, робочі інструменти та системи передачі рухів.

Ознайомлення з матеріалами досліджень виявлених археологічних знахідок вказує, що найдавнішими кормопереробними знаряддями були зернотерки (спосіб подрібнення перетиранням), виготовлені, здебільшого із

каменю. В перших зразках процес подрібнення повністю імітувався подрібненням зерна в ротовій порожнині тварин. При цьому на зерно передавались зусилля стиску по вертикалі та дотичні зусилля зсуву по горизонталі, які в сукупності деформували зерно та викликали появу тріщин, зон розподілу і кінцевого руйнування цілих зерен або його окремих частинок на більш дрібні.

Незручність виконання зворотно-поступального руху привела до появи нової форми переміщення робочого каменю – колового руху в горизонтальній площині. Спосіб подрібнення зерна залишався попереднім, але траєкторія колового руху забезпечувала рівномірне навантаження на приводній рукоятці та спрощувала вивід подрібненого продукту за межі робочої зони. Коловий рух також виявився зручнішим при використанні інших джерел енергії, а також більш відповідав можливостям розгалуження приводу з передачею руху на допоміжні пристрої: подачі зерна та виводу подрібненого продукту.

Крім способу механічної дії перетиранням, для подрібнення кормового зерна в давнину також використовувався спосіб розбивання ударом із застосуванням ступ. Траєкторія руху робочого органу описувала дугу кола. Ефективність способу, в такому виконанні, порівнюючи з перетиранням зернотерками та жорнами, була нижчою.

Для подрібнення більш крупних, ніж фуражне зерно, кускових матеріалів рослинного походження, наприклад жолудів, горіхів і т.п., застосовувався механічний спосіб подрібнення ударом з використанням камінних молотків, товкачів та рубил. Траєкторія їхнього руху була зворотно-поступальна по вертикалі, а при наявності рукояток – близька до дуги кола. Застосування молотків, як і ступ, мало обмежене застосування через значні енергозатрати при невисокій якості продуктів переробки.

Домінуючим способом підготовки кормового зерна тваринам протягом тривалого часу, впритул до кінця XIX ст., було перетирання. Для цього застосовувалися жорнові постави та горизонтальні і вертикальні диски з лускоподібною поверхнею.

З появою та розширенням застосування більш потужних джерел енергії – механічної, а згодом електричної, починають використовуватись і набувають широкого застосування ще два способи переробки зерна: сухого – комбінованою дією стиску і сколювання; зволоженого – плющенням. Обидва способи переробки – тихохідні, швидкість вальців 2–6 м/с. У першому випадку на поверхні виконуються рифи, а вальці обертаються в одному напрямі, але з різними швидкостями. При плющенні швидкість вальців однакова.

Особливістю приводних механічних та електричних двигунів є їхня швидкохідність. Тому при комплектуванні ними подрібнювачів зерна, що працюють за принципами перетирання, сколювання та плющення, необхідно суттєво знижувати частоту обертання приводного валу, що ускладнює конструкцію машин. Разом із тим, висока робоча частота цих двигунів відповідає застосуванню способу розбивання (подрібнення ударом), де раціональний діапазон швидкостей робочих органів розміщений в межах 45–80 м/с. Це послужило базою для створення подрібнювачів зерна в яких руйнування матеріалу відбувається в результаті динамічного навантаження протягом дуже короткого періоду часу (дробарок). Робочими органами є шарнірно підвішені молотки, які завдяки великій частоті обертання встановлюються у радіальне положення. Перші зразки подрібнювачів зерна ударного типу створюються на початку ХХ ст., а вже в 60-х роках вони стали домінуючими засобами переробки кормового зерна. Виходячи з певної універсальності процесу розбивання, в 60–70-х р.р. були визначені режими взаємодії робочого органу з стебловими і крупнокусковими кормовими матеріалами, а також проведена відповідна доробка конструкцій дробарок, що дала можливість створювати конструкції для переробки стеблового корму та коренеплодів. Так як розмір зернинок невеликий по відношенню до лобової поверхні ударного інструменту, то в зернових дробарках застосований розподілений удар, що за динамікою руйнування схожий до процесу роздавлювання, але прискорений у багато разів. При подрібненні ударом стеблових чи крупнокускових матеріалів використаний зосереджений удар,

при якому в місцях концентрації напружень відбувається розколювання та розривання на частинки.

Про подрібнення крупнокускових кормових матеріалів із високою вологістю, наприклад коренеплодів, у початковий період ведення осілого тваринництва, не зустрічається прямих даних в історичних дослідженнях. Немає також вказівок на застосування спеціалізованих знарядь, якими могло провадитися подрібнення цих матеріалів у давнину. Але беручи до уваги відомі вже з кінця ХІХ ст. технічні засоби для переробки коренеплодів та способи подрібнення закладені в них, можна, базуючись на принципах ретроспективного методу, звернутись у минуле для виявлення в ньому зародків та тенденцій, що властиві сучасному стану подрібнення. Археологічними розкопками виявлена значна кількість кремінних та металевих ножів, які відрізняються між собою за формою, профілем леза та розмірами. Очевидно кожен з них виготовлявся у відповідності до різання певних матеріалів, які зустрічались у практичній діяльності людини. Були серед них ножі, які відповідали умовам подрібнення рослин, що вживались в їжу тваринами. Ножі такого типу могли бути використані також для подрібнення коренеплодів. Цілком вірогідно, що поряд із різанням застосовувалося роздавлювання коренеплодів, але при цьому процесі має місце втрата соків, що погіршує якість продукту. Тому співставляючи обидва процеси людина, очевидно, віддавала перевагу способу різання.

Аналіз примітивних видів знарядь з відомого арсеналу для переробки коренеплодів та подібних за властивостями кормових матеріалів, дозволяє зробити висновок, що деякі з них прийшли з глибокої давнини у мало видозміненому вигляді. Тому цілком очевидно, що в період застосування виробів із заліза були створені гнуті профілі ножів (сікачі), які закріплювалися на рукоятці і при переміщенні по вертикалі розрізали монолітну структуру коренеплодів до необхідних розмірів.

Зважаючи на невисоку енергоємність спосіб різання стає практично єдиним, що застосовується для подрібнення коренеплодів. Починаючи з

XIX ст. створюються коренерізки з застосуванням в них колового руху. Робочі органи виконуються у вигляді теркової поверхні із прохідними отворами, або клинових ножів, закріплених на диску чи барабані. В знаряддях, призначених для більших обсягів робіт, віддається перевага ножовим інструментам з різанням клином.

Аналіз фізико-механічних властивостей стеблових кормів, пристосованості тварин до їх споживання, набуття знань з вивчення фізичних явищ подрібнення та їх матеріалізації дозволяє прийти висновку, що на ранніх ступенях розвитку людського суспільства механічні способи підготовки як грубих, так і соковитих стеблових кормів не застосовувались. Разом з тим, нагромаджувався значний досвід спостережень споживання стеблових кормів тваринами, з якого випливала необхідність не лише подрібнювати стебла на часточки по довжині, але й розщеплювати їх уздовж волокон. І чим грубішими були стебла, тим гірше були пристосовані тварини до їх споживання, особливо свині. Слід відмітити, що в давні часи можливості підготовки стеблового корму людиною стосувалася лише заготовленого сіна та соломи, а стеблові у натуральному вигляді (траву) тварина споживала на випасах.

Підставою для вказаного висновку може бути співставлення знайденого при розкопках арсеналу інструментів, що використовувався в предметно-практичній діяльності людини, з необхідною для подрібнення стеблових кормів структурою механічних операцій (при умові організації переробки достатньої для видачі тваринам кількості матеріалу). Застосування цих інструментів, або навіть створення інших на зразок подрібнюючого апарату у ротовій порожнині, привело б до необхідності значних питомих енерговитрат, які не могли окупитися певним підвищенням продуктивності тварин.

Споживання твариною стеблових кормів, на початковій стадії, має дві послідовні механічні операції: відривання або відкушування частинок з довжиною зручною для подальшої переробки та розщеплення із зсувом волокнистої структури при пережовуванні. Першочерговою була операція подрібнення стебел на частинки. Її практичне здійснення в переробних

знаряддях, на початкових стадіях технізації цього виду діяльності людини, імовірно, пов'язане з запозиченням досвіду використання металевої коси, яка вже в часи середньовіччя широко застосовувалась для скошування трави. Пристосування коси для подрібнення корму дозволяло впровадити принцип різання лезом, при якому затрати енергії значно менші, ніж при роботі зубів тварини, оскільки лезо створює значно меншу зосереджену зону деформації в кормовому матеріалі. Разом з тим, цей спосіб вимагав вирішення питань формування пучка стебел, подачі його в зону переміщення леза та утримування матеріалу при зрізі. В спрощеному варіанті це було вирішено при умові переміщення коси у вертикальній площині з наданням їй зворотно-поступального руху. При цьому робочим ходом є рух вниз. Такий варіант технічного засобу зберігся у вжитку до кінця XIX ст. [2]. Застосування вказаного принципу різання надавало потенційні можливості для створення в переробному знарядді мінімально можливих зусиль різання. Практичні спостереження і вивчення механіки різання лезом показали, що напрямами до зниження величини зусилля різання є зменшення кута різання леза, зазору між лезом та протиризом, збільшення гостроти леза. Ще в давні часи було помічено, що при похилому до напряму переміщення розташуванні ножа процес прикладання сили розтягується у часі і зникають пікові навантаження. Одночасно набувалися знання щодо менш енергоємного косоного зрізу та технологічної величини його обмеження – кута защемлення.

Вказані принципи процесу перерізання стеблових кормів були в кінці XIX ст. перенесені на подрібнюючі апарати з коловим переміщенням ножів дискового та барабанного типів [3]. На відміну від циклового виконання роботи різання апаратами зворотно-поступального руху, коловий рух дозволяв організувати рівномірне навантаження на привод шляхом розміщення робочих органів по полю розгортки ножового поля з перекриттям та забезпечити неперервний процес різання, при якому можна суттєво збільшити пропускну здатність подрібнюючої машини при тій же величині потужності енергоджерела.



Наукові пошуки оптимального, з точки зору затрат енергії, розміщення ножа та виконання профілю його леза, який би адаптувався до умов застосування в засобах механізованого процесу подрібнення кормів, дозволили В.П. Горячкіну рекомендувати умови одержання ковзного різання без зміщення ножа в поперечному напрямі, що спрощувало конструкцію різальних апаратів та дозволяло виконувати різання в швидкісному режимі [1]. Визначені параметри процесу ковзного різання зменшували в 2–4 рази зусилля, яке було необхідно при перерізанні стеблових кормів нормальним способом різання.

Аналіз еволюції кормопереробних машин дозволяє прийти висновку, що для вирішення другого питання – подрібнення стеблових кормів шляхом їх розщеплення вздовж волокон, до кінця ХІХ ст. спеціальних технічних пристроїв не було створено. Причиною цьому, перш за все, була відсутність надійних у роботі подрібнюючих інструментів, які задовольняли б необхідним діям по розщепленню кормів, та недостатня кількість економічних енергоприводів у сільськогосподарському виробництві. Спосіб різання у варіанті розділення стебел на частинки в різальній парі суцільним ножом повною мірою не адаптувався до умов розщеплення. Тому поставало питання про вибір інших конструктивних рішень робочих органів та технологічних прийомів передачі зусиль до стеблової маси. Одним із перших підходів було застосування дископодібних пил та шарнірно закріплених шредерних бил з короткими поперечно закріпленими різцями. Ці робочі органи здирали стружку з монолітних крупних стебел, наприклад кукурудзи, але погано працювали при подрібненні соломи злакових культур. Крім того, довговічність робочих органів була невисокою.

Тому для виконання процесу розщеплення стебел необхідно було шукати інші форми взаємодії робочих органів з матеріалом. У більшості науково обґрунтованих варіантів передбачалось об'єднати обидва подрібнюючі процеси: перерізання стебел поперек волокон ножом та доподрібнення з розщепленням відокремлених частинок штифтовим апаратом. Перші подрібнювачі комбінованої дії мали поєднання в одному вузлі ножа і планки із

штифтовими виступами [3]. У 30-ті – 60-ті роки ХХ ст. були виконані дослідження по визначенню оптимальних кінематичних режимів процесів подрібнення. Виявилося, що зона рекомендованих для застосування в машинах швидкостей переміщення ножів значно менша ніж раціональна швидкість робочих органів діючих за способом розбивання.

Розповсюдження енергонасичених і швидкохідних технологій подрібнення дозволили створити у 50–60-ті роки ефективні засоби механізації подрібнення стеблових матеріалів у вигляді молоткових дробарок та штифтових апаратів. Перші зразки стеблових молоткових дробарок виконувались як послідовне поєднання двох ступенів подрібнення: ножового барабана і молоткового ротора, охопленого рифленою декою (рекатером), які працюють із різними кінематичними режимами. Велика кількість зіткнень відрізаної ножом стеблини з молотком та виступом деки дозволяє одночасно розщеплювати стебла вздовж волокон, змінити краї відрізаної часточки, руйнувати зовнішню структуру поверхневих лігнінових оболонок, що в цілому зменшує роботу жуйного апарату тварин, а відповідно, зберігає енергію для підвищення продуктивності тварин. У деяких зразках подрібнювачів стеблових, створених у 80-х роках, різальний апарат не застосовувався, а до функцій молоткового ротора додавалась операція первинного подрібнення – відокремлення частинки від загальної маси стебел. Таке спрощення зменшувало масу машини, але вводило енергоємну для стеблових матеріалів деформацію відриву та погіршувало показник вирівненості довжини одержаних частинок. Застосування штифтових апаратів для подрібнення сухих стеблових кормів створювало можливість виконання доцільної для вказаного стану матеріалу деформації зламу, вслід за якою відбувались зминання, зсув, розколювання та перетирання відокремлених частинок. Переробка стеблових підвищеної вологості обумовлювала деформацію відриву частинок і не забезпечувала раціональних показників як за питомою енергоємністю, так і за якістю продукту.

Подача сировини до робочих органів подрібнення є обов'язковою складовою частиною процесу як і відбір одержаного продукту. Ці складові пов'язані між собою в єдиному виробничому циклі. В залежності від організаційного поєднання подачі, подрібнення та відбору продукту процес подрібнення може відбуватись циклічно та неперервно. У перших кормопереробних знаряддях робота виконувалася за цикловим принципом, при якому наступна дія починала відбуватися лише після закінчення попередньої.

Пошук неперервних способів організації подрібнення, коли подача і відбір накладаються на час виконання основної операції, був предметом розвитку наукової думки та бажанням її практичного втілення ще в давні часи, коли з'явилося раціональне кінематичне підґрунтя – коловий рух. Як приклади, можна подати процес роботи римських конусних жорен або плоских жорнових поставів. У подальшому неперервність була обов'язковою умовою організації роботи у всіх конструкціях подрібнювачів.

Проведене історико-наукове дослідження генезису видів механічного руху, застосованого в засобах механізації подрібнення кормів, дозволяє прослідкувати його видозмінювання у відповідності з мірою набуття знань про природу використання кормів твариною та можливостей застосування технологічних і технічних надбань в реалізації процесу подрібнення за допомогою машин.

### ***Список використаної літератури***

1. *Горячкин В. П.* Теория соломорезки и силосорезки / В. П. Горячкин // Полное собрание сочинений. Т. 3. – М. : Колос, 1968. – С. 68–113.
2. *Дебу К. И.* Сельскохозяйственное машиноведение / К. И. Дебу. – М. ; Л. : Госиздат, 1930. – 476 с.
3. *Шиндлер К. Г.* Учение о земледельческих машинах и орудиях / К. Г. Шиндлер // Политипажи, эскизы и чертежи машин-орудий современного сельского хозяйства. –К. : Ведомости с.-х. пром-сти, 1902. – Вып. 3. – С. 56.