



Іванов М. І.
Грицун А. В.
Подолянин І. М.
Руткевич В. С.

**Вінницький
національний
аграрний
університет**

УДК 631.363:636.22/28

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЗУСИЛЬ РІЗАННЯ ВІД ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСЕРВОВАНИХ КОРМІВ

Рассматривается проблема повышения эффективности выемки консервированных кормов из хранилищ. Изложены физические процессы взаимодействия рабочих элементов погрузочных средств с упруговязкой средой силосного и сенажного массивов, а также методика исследования физико-механических свойств консервированных кормов.

The problem of increasing efficiency of coulisse of the canned forages from depositories is examined. The physical processes of cooperation of working elements of loadings facilities with a flex-tough environment silo and signage arrays, and also method research of physic-mechanical properties of the canned forages are given.

Вступ.

Створення нових і удосконалення існуючих вивантажувачів консервованих кормів із траншейних сховищ можливе лише шляхом раціонального використання фізико-механічних властивостей кормових монолітів. Згідно з визначенням академіка В.А. Желіговського[1], в будь-якому технологічному процесі беруть участь три елементи: матеріал, який представляє собою об'єкт дослідження; інструмент, або робочі органи машини, які діють на даний матеріал; енергія, за допомогою якої робочі органи приводяться в дію. Тому знання фізико-механічних властивостей матеріалу і конструктивного виконання робочого органу є обов'язковою умовою при дослідженні і розробці будь-якої машини.

Основні результати досліджень.

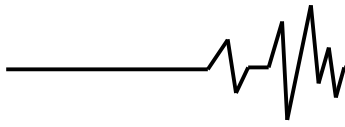
Процес різання – найпоширеніший вид руйнування сільськогосподарських матеріалів. Саме від його особливостей і конструктивних параметрів ріжучих елементів залежать енерговитрати на технологічний процес вивантаження консервованих кормів і продуктивність. Різання консервованого корму – складний механічний процес, при якому такі властивості матеріалу як пружність і в'язкість здобувають першорядне значення. Наявність у силосі й сенажі таких явищ, як релаксація й повзучість, дозволяє віднести ці матеріали до пружнов'язких. Вони являють собою тканини, утворенні просторовою волокнистою системою, порожнини якої заповнені рідиною й газом. При деформації волокна матеріалу давлять на рідке

й газоподібне середовище, що оточує їх, змушуючи її переміщатися в менш напружені зони. Для пружнов'язких матеріалів характерна залежність деформації не тільки від її розмірів, але також і від швидкості, з якою вона розвивається.

У реологічних схемах, що характеризують властивості матеріалу, пружність зображується у вигляді пружини, деформування якої підкоряється закону Гука, а в'язкість – у вигляді циліндра із грузлою рідиною. Тут переміщення поршня підлягає закону Ньютона. Послідовне й паралельне з'єднання наведених елементів дозволяють моделювати деформацію матеріалів зі складними властивостями.

Пружнов'язкі властивості розглянутих консервованих масивів найбільше повно може характеризувати фізична модель, що містить три послідовно з'єднаних елементи [2] (рис. 1). Ця модель досить повно відбиває картину поведінки волокнистих рослинних матеріалів під навантаженням. Вона включає елемент E_1 миттєвої пружності, елемент E_2 запізнілі пружності, паралельно з'єднаний з елементом в'язкості η_2 , елемент плинності η_1 , послідовно з'єднаний з першими двома.

Ця модель дозволяє пояснити сутність процесу деформації пружнов'язких матеріалів під навантаженням. При швидкому навантаженні моделі повна її деформація відбувається, головним чином, за рахунок стиску пружини – елемента E_1 . При фіксації в стислому стані пружина E_1 переміщує поршень елемента η_1 . У міру просування поршня



пружина E_1 розтискається й напруга зменшується. Це типова картина релаксації напруги при постійній деформації.

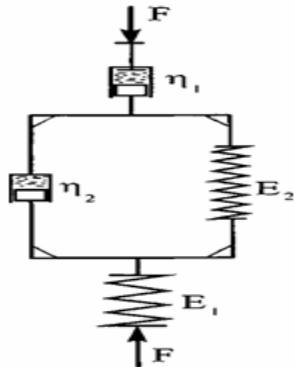


Рис. 1. Реологічна модель рослиного матеріалу

Додаткове навантаження в первісний момент часу викликає швидку деформацію за рахунок стиску пружини елемента E_1 , а потім - поступову деформацію за рахунок стиску пружини елемента E_2 разом з переміщенням поршня елемента η_2 . При знятті навантаження пружина елемента E_1 розтиснеться миттєво, а E_2 може розтиснутися лише поступово, діючи при цьому на поршень елемента η_2 . Положення поршня елемента η_1 зафіксує залишкову деформацію.

Реологічна модель дозволяє пояснити характер поведінки пружнов'язких матеріалів в процесі їх навантаження і представити процес

взаємодії кромки і фаску леза з матеріалом, особливо із врахуванням швидкості різання.

При різанні лезом нова поверхня утворюється безпосередньо в зоні контакту ріжучої кромки з матеріалом. Розділенню матеріалу на частини під дією леза передує процес попереднього стискання ним матеріалу до виникнення руйнуючої напруги G_p . Момент його виникнення визначається значенням критичного зусилля різання $F_{кр}$, прикладеного до ножа. При різанні пружнов'язких матеріалів зусилля $F_{кр}$, при якому завершується процес стиску матеріалу й починається його різання, є максимальним із всіх зусиль, що виникають у процесі різання. Умови, при яких зусилля різання приймає величину $F_{кр}$, є критичними. При силевій взаємодії леза з матеріалом зусилля $F_{кр}$ стає найбільш важливим.

Розглянемо взаємодію леза з матеріалом у випадку входження його в матеріал у нормальному щодо кромки напрямку[3].

При заглибленні однофаскового леза в шар матеріалу товщиною h (рис.2) на величину h_{cm} , коли на кромці леза виникає руйнуюче напруження G_p , починається процес різання. На ніж діють наступні сили: $F_{кр}$ - опір руйнуванню матеріалу під кромкою леза; $F_{обм}$ - сили обтиснення матеріалом, що мають горизонтальний напрямок і діють на фаску леза; F_{cm} - опір шару стиску фаскою леза, направлений уверх.

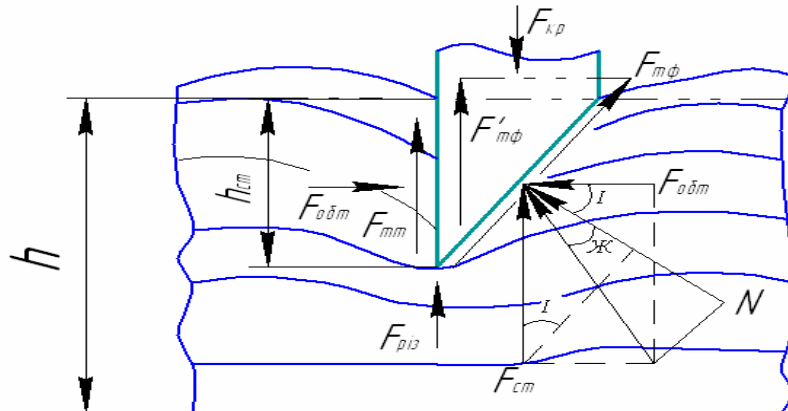


Рис. 2. Силова взаємодія леза з матеріалом

На фаску леза діє сила N , що є сумою проєкцій сил F_{cm} і $F_{обм}$ на напрямок нормалі:

$$N = F_{cm} \sin \beta + F_{обм} \cos \beta \quad (1)$$

Від сили на фасці виникає сила тертя $F_{мф}$:

$$F_{мф} = Nf, \quad (2)$$

де $f = \tan \phi$ - коефіцієнт тертя матеріалу об фаску леза, ϕ - кут тертя.

Аналогічно сила тертя $F_{мм}$ виникає на тильній стороні леза від сили $F_{обм}$:

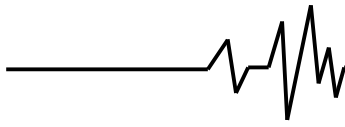
$$F_{мм} = F_{обм} f. \quad (3)$$

Сила $F_{мм}$ спрямована вертикально верх, а $F_{мф}$ - під кутом β нахилу фаски леза. Вертикальна проєкція сили $F_{мф}$ дорівнює

$$F'_{мф} = F_{мф} \cos \beta \quad (4)$$

Підставимо значення N з виразу (1) у вираз (2), одержимо

$$F'_{мф} = f \left(F_{ііо} \frac{1}{2} \sin 2\beta + F_{іао} \cos^2 \beta \right) \quad (5)$$



У момент початку різання критична сила прикладена до ножа, повинна перебороти суму всіх сил, що діють у вертикальному напрямку:

$$F_{кр} = F_{см} + F_{обт} + F_{мм} + F_{тф}. \quad (6)$$

Результати роботи.

Дослідження фізико-механічних властивостей консервованих кормів і конструктивно-технологічних параметрів робочого органу виконувалось в філії ім. Мічуріна ЗАТ «Зернопродукт МХП» Вінницької області Хмільницького району протягом 2008-2010 рр. в наземних силососховищах. Термін зберігання кукурудзяного силосу становив від 3 до 9 місяців. Густина корму у сховищі становить від 780 до 855 кг/м³, вологість – від 69 до 77%, кислотність – рН 3.7 -4.0.

Силосовані корми, які зберігаються в траншейних сховищах, характеризуються ботанічним і фракційним складом, густиною і вологістю, які змінюються по ширині і глибині залягання і в свою чергу впливають на процес роботи навантажувача. Тому програмою дослідження фізико-механічних властивостей силосованих монолітів передбачено дослідити:

- вологість силосованих монолітів;
- густину корму в траншеї;

- фракційний склад маси.

Дослідження даних властивостей здійснювали безпосередньо в траншейних сховищах, оскільки як показує досвід роботи з буртами силосованих кормів, вирізати блок корму для проведення лабораторних досліджень його фізико-механічних властивостей, не змінюючи його внутрішніх зв'язків, практично не можливо, а проведенні при цьому дослідження призводять до викривлення результатів.

Для визначення вологості та фракційного складу кормового моноліту було відібрано середній зразок корму. Силос та сінаж відбирали з траншеї невеликими порціями з різних ділянок зрізу силосної маси. Після чого перемішувалась і відбиралась середній зразок масою 1000 г для аналізу[4].

Дослідження фізико-механічних властивостей здійснювалось згідно ДСТУ 4782-2007. При проведенні досліджень фізико-механічних властивостей зазначалась культура, з якої був заготовлений корм, фаза її розвитку, вологість і об'ємна маса, фракційний склад при розподілі часток на класи – менше 3; 3.1-5; 5.1-7; 7.1-10; 10.1-12; 12.1-15; 15.1-20мм і більше 20мм (рис.3).



а



б

Рис. 3. Подрібнена маса з теоретичною довжиною різки 5мм (а), з теоретичною довжиною різки 20мм (б)

Розподіл фракційного складу подрібненої маси на класи наведені в табл. 1. Слід зазначити, що сьгоднішні кормозаготівельні комбайни дозволяють регулювати ступінь подрібнення зеленої маси у широких межах, що виключає додаткове подрібнення консервованого корму перед згодовуванням.

Згідно з ДСТУ 4782-2007 вологість силосної маси визначали за такою методикою. В бюкс наважували до 5 г подрібненого корму і висушували у сушильній шафі при температурі 130° протягом 40 хвилин Після висушування і охолодження в ексікаторі бюкси з наважкою знову зважували і за різницею у вазі до і після

висушування визначали вологість маси згідно ГОСТ 27548-87 за формулою

$$W_B = \frac{m - m_n}{m} \cdot 100, \quad (7)$$

де m - маса проби до висушування, г;
 m_n - маса проби після висушування, г.

На рис.4 показано зміну вологості консервованого корму від висоти H залягання у сховищі, з якого видно, що вологість корму у основи вища ніж у верхніх шарах кормового моноліту.

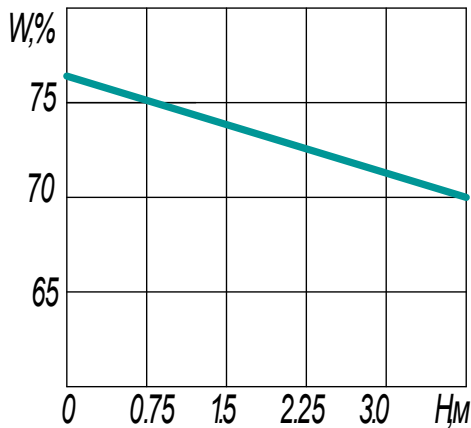


Рис. 4. Зміна вологості корму по висоті залягання

Визначення густини кормового моноліту здійснювалось у такий спосіб: на ущільнену масу накладали металевий ящик без дна розміром 100×50×20 см (об'єм 0.1м³). Потім вибирали масу з внутрішньої його сторони доти, поки ящик не осідав до верхнього краю і зважували на вагах і визначали густину за відомою формулою[5]

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (8)$$

де ρ - густина силосу, кг/м³,
 m - маса кубика, кг,
 V - об'єм кубика, м³.

Таблиця 1

Розподіл фракційного складу на частки

Клас часток (довжина, мм)	1-наважка		2-наважка		3-наважка		Середнє значення	
	Маса, г	%	Маса, г	%	Маса, г	%	Маса, г	%
Менше 3	57	4.07	30	3.0	52	5.2	46.33	4.09
3.1-5	72	5.14	37	3.7	49	4.9	52.67	4.58
5.1-7	154	11.00	90	9.0	125	12.5	123.00	10.83
7.1-10	356	25.43	232	23.2	210	21.0	266.0	23.21
10.1-12	314	22.43	217	21.7	233	23.3	254.67	23.55
12.1-15	136	9.72	151	15.1	132	13.2	139.66	12.67
15.1-20	149	10.64	143	14.3	98	9.8	130.0	11.58
Більше 20	162	11.57	100	10.0	101	10.1	121.0	9.49
Маса наважки, г	1400	100	1000	100	1000	100	1133.3	100

Густина консервованого корму так само як і вологість змінюється від основи до верхніх шарів корму, що видно із рис.5.

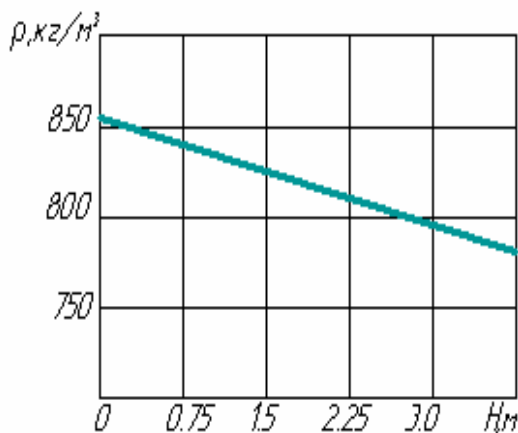
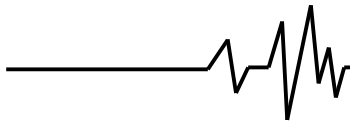


Рис. 5. Зміна щільності корму в залежності від висоти сховища

Для визначення зусиль різання консервованих кормів був розроблений спеціальний пристрій (рис.6), який складається із вертикальної рами 3, на якій закріплено штанги 4, які служать направляючими для ножа 7. Поступальний рух ножа здійснюється за допомогою гвинта 2 через рукоятку 1, визначення зусилля здійснюється за допомогою динамометра стискування 5, що закріплений в кожусі 6. Для запобігання підняття пристрою служить платформа 7.

При дослідженні зусиль різання консервованого корму пристрій ставився на вирівнювальну площадку кормового масиву, після чого на платформу 8 ставився вантаж, що запобігав його підняттю під час вимірювання. За допомогою рукоятки 1, що з'єднана із гвинтом 2, приводився у рух ніж 7. Для запобігання перекошу ножа 7 на рамі 3 змонтовано дві вертикальні штанги 4. В результаті переміщення гвинта 2, який своєю



конічною частиною діяв на динамометр стискання 5, що закріплений у кожусі 6, фіксувалось зусилля.

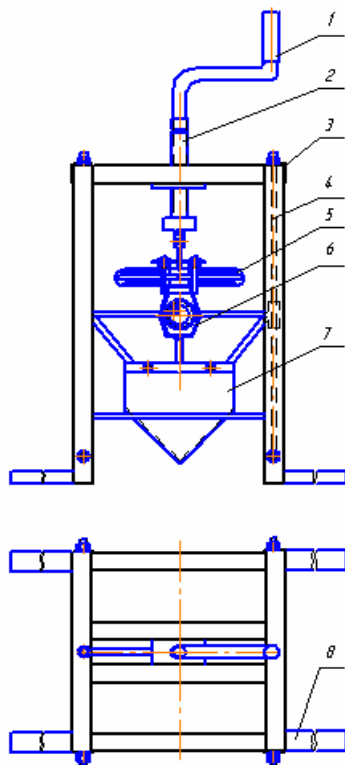


Рис. 6. Пристрій для визначення зусилля різання консервованих кормів:
1 - рукоятка; 2 - гвинт; 3 - рама; 4 - штанга;
5 - динамометр стискання; 6 - корпус динамометра; 7 - ніж; 8 - платформа

За допомогою даного приладу було досліджено залежність зусилля різання силосного масиву ріжучим елементом з остротою леза 0.01мм і товщиною 2-10мм. Результати досліджень показано на рис.7.

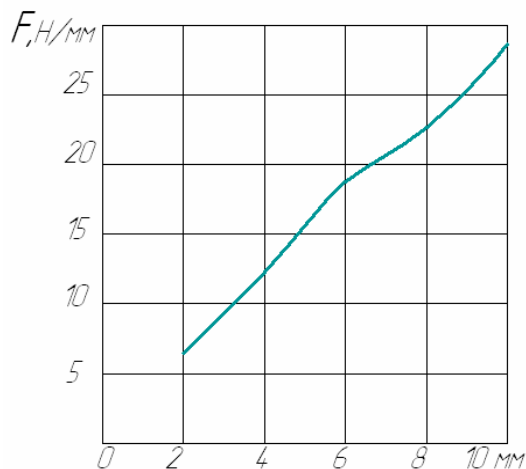


Рис. 7. Залежність зусилля різання від товщини ножа

Висновки

Ефективна робота навантажувача консервованих кормів можлива лише за умов максимального пристосування до технологічного процесу і фізико-механічних властивостей вивантажувального корму. Експериментальні дослідження фізико-механічних і технологічних властивостей кормових монолітів дозволяє встановити:

- із збільшенням висоти масиву густина корму знижується від 855 кг/м³ у основи до 780 кг/м³ на висоті 3 м.

- вологість також змінюється від висоти залягання корму від 69 до 77%.

- зусилля різання силосного масиву ріжучим елементом з остротою леза 0.01мм і товщиною 2-10 мм складає 5-30 Н/мм.

Тому при проектуванні вивантажувачів консервованих кормів слід враховувати фізико-механічні властивості корму, оскільки зміна їх призводить до порушення і тимчасових перевантажень гідросистеми навантажувача. А при виборі товщини леза робочого органу слід враховувати також і те, що в консервованій корм попадають абразивні матеріали (частинки пилу, піску, ґрунту, дрібне каміння), а також і те, що міжвузля кукурудзи має відносно високу міцність і зношувальну здатність. Вказані фактори призводять до інтенсивного збільшення товщини ножа, затуплення гостроти ножа.

Література

1. Желиговский В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов / Желиговский В.А. – Изд. ГСХИ. Тбилиси, 1960. – 146с.
2. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. / Резник Н.Е. – М.: Машиностроение, 1975. – 311с.
3. Завражнов А.И. Механизация приготовления и хранения кормов / А.Завражнов А., Д. Николаев. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. – 336с.
4. Вудмаска В. Ю. Визначення поживності і якості кормів у господарстві / В.Вудмаска, П. Прилуцький. - «Урожай»: Київ, 1975. – 254с.
5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів/ [Хайліс Г.А., Горбовий А.Ю., Гошко З.О., та ін.]- Ред.-вид. відділ ЛДТУ, Луцьк, 1998.- 268с.