

УДК 631.35 (477)

Л.В. Лось

д.т.н

Р.Ц. Новіцький

аспірант

В.В. Іванцов

аспірант

Житомирський національний агроекологічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЗЛИТТЯ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ З БІОПАЛИВОЗБИРАЛЬНИМИ

Розглянуті перспективи використання універсальних комбайнів для заготівлі кормів та збирання енергетичних культур (верба, тополя, міскантус) у сільському господарстві. Досліджені конструкції активних робочих органів універсальних кормозбиральних комбайнів у ході виконання технологічного процесу. Приведена порівняльна характеристика деяких закордонних і вітчизняних кормозбиральних комбайнів.

Постановка проблеми

Біоенергетика є однією з найперспективніших складових відновлюваної енергетики України. Вона заснована на використанні енергії біомаси – вуглецевмістких органічних речовин рослинного та тваринного походження (деревина, торф та їх відходи, солома, рослинні залишки сільськогосподарського виробництва, гній тощо), а також органічна частина твердих побутових біовідходів. Для виробництва енергії переважно застосовують тверду біомасу, а також отримані з неї рідкі та газоподібні палива – біогаз, біодизель, біоетанол. Біомаса є відновлюваним, переважно екологічно чистим паливом, використання якого не призводить до підсилення глобального парникового ефекту.

Основними складовими потенціалу біомаси є солома та інші відходи сільського господарства (стебла, початки, лушпиння тощо), а також деревні відходи, рідкі палива з біомаси, різні види біогазу та енергетичні культури. Першочергового використання в якості палива потребують наявні відходи твердої біомаси, починаючи з деревини та соломи, а також вирощування і використання енергетичних культур (верба, тополя, міскантус). Для збирання та подрібнення енергетичних культур необхідний комбайн. Найбільш оптимальним шляхом буде пристосування існуючих конструкцій кормозбиральних комбайнів до збирання також стеблових енергетичних культур (верби, міскантуса).

Серед кормозбиральних комбайнів конструктивно силосозбиральні комбайни за більшістю параметрів можуть співпадати з біопаливозбиральними комбайнами. Розміри паливних пелет співпадають з розмірами частинок силосу.

Аналіз останніх досліджень

Питання біоенергетики активно обговорюються, досліджуються й дискутуються не тільки в наукових колах, а також політиками, господарниками та менеджерами різних рівнів. Технології, екологічна вигідність виробництва і експорту сільськогосподарської біоенергетичної продукції знайшла своє відображення у працях вітчизняних і зарубіжних вчених [1, 2, 5, 6] та ін. Але не сформовано єдиного виваженого підходу з екологічної точки зору, щодо вирощування, збирання, подрібнення біоенергетичних культур.

Для виконання вищевикладених вимог необхідні нові високопродуктивні та екологічнобезпечні комбайни. Розроблений більш 35 років тому причіпний силосозбиральний комбайн КСС-2,6А для цієї технології малоприсадибний, тому що не забезпечує необхідної якості здрібнювання (80 % часток мають довжину більш 55–60 мм). Наразі випускають самохідний комбайн "Дон-680", кормозбиральний комплекс К-Г-6 (енергозасіб УЭС-250 + кормозбиральний комбайн "Полісся-3000"), що відповідають агротехнічним вимогам.

Для виявлення напрямку розвитку конструкцій вітчизняних кормозбиральних комбайнів доцільно вивчити досвід провідних закордонних фірм. Найбільш істотний показник, що визначає продуктивність комбайна – потужність двигуна – протягом більш ніж 30 років неухильно росте. Наприклад, фірма Claas випускала в 90-і рр. серію самохідних кормозбиральних комбайнів мод. Jaguar-820; 840; 860; 880 із двигунами потужністю 313, 364, 415 і 480 к. с. Відповідно до 2001 р. вона цілком обновила свій типорозмірний ряд і стала випускати Jaguar-830; 850; 870; 890; 900 (321, 389, 438, 503, 605 к.с.) [1].

Існуючі технологічні схеми компонування кормозбиральних комбайнів обумовлені, головним чином, різноманіттям конструкційних рішень робочих органів, змінних пристосувань, що навішуються, (жниварок і підбирачів), систем приводів і т. ін. Технологічний процес містить наступні операції: косіння рослинного матеріалу, підбирання скошеної підв'яленої маси, подачу її до живильного апарата, пресування, здрібнення і транспортування отриманої маси по силосопроводу у вивантажувальний візок. Зазначені операції виконуються активними робочими органами, в деяких з них можуть поєднуватися операції (наприклад, здрібнювання і транспортування рослинної маси апаратом, що подрібнює і шпурляє). Однак в останні 10–15 років намітилася стійка тенденція використання в багатьох комбайнах нешпурляючих подрібнювальних апаратів. За

подрібнювальним апаратом встановлюється транспортуючий робочий орган, як правило, прискорювач викиду. Така технологічна схема дозволяє створити більш раціональну конструкцію подрібнювального апарата і знизити енергоємність технологічного процесу. Вказана технологія дещо збігається з паливозбиральними процесами і робить поєднання кормозбиральних комбайнів з паливозбиральними ефективним шляхом створення нових універсальних комбайнів.

З появою додаткових вимог до якості здрібнювання рослинної маси в конструкцію різального апарата вводять додаткові елементи, що сприяють більш дрібному й однорідному здрібненню рослинного матеріалу і дробленню початків і зерен кукурудзи в стадії молочно-воскової та повної спілості. Однак, вони не змінюють істотно технологічну схему комбайна.

У Німеччині створено комбайн JAGUAR, призначений для збирання швидкорослих різновидів деревини, переважно верби. Плянотації верби розміщуються в здвоєному ряді так, щоб проводилось механізоване збирання на всіх рядах (рис.1). Наразі у світі досліджують процес різання і подрібнення – головної технологічної операції.

Фірма CLAAS розробила невелику жатку JAGUAR GREEN EYE, в якій польовий подрібнювач подрібнює деревину і транспортує безпосередньо на полі. Польовий подрібнювач підходить для сільськогосподарського використання і може призначатись не тільки для деревини, а також і для високої трави, кукурудзи, внаслідок чого економічність процесу буде підвищена [1].

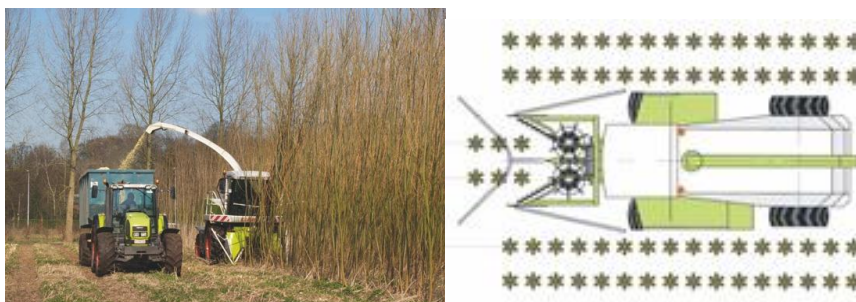


Рис. 1. Збирання енергетичних рослин і схема руху комбайна

Представляє інтерес новий пристрій HS-2, що працює на двох рядках. Стовбури зрізаються до 70 мм двома пилами, що оснащені зубами з твердого сплаву. На ньому розміщений гідравлічний пересувний шнек, що направляє стовбур до різальних органів. Два колеса, які оснащені пересувними зубами, приймають збиральний матеріал і направляють його до різального і подрібнювального барабанів. JAGUAR GREEN EYE має високу продуктивність і якість подрібнення.

Проведений аналіз використання універсальних комбайнів свідчить про те, що нам необхідно переглянути існуючі конструкції вітчизняних

кормозбиральних комбайнів та синтезувати силосозбиральні та біопаливозбиральні комбайни в один універсальний конструктив.

Об'єкти, предмет і методика досліджень

Вказані дослідження проведені на основі вітчизняних матеріалів і даних окремих зарубіжних країн. Об'єктом дослідження є технології заготівлі енергетичних рослин. Предметом дослідження є конструкції комбайнів для збирання енергетичних рослин та їх злиття з найбільш ефективними конструкціями силосозбиральних комбайнів. При цьому використані сучасні методи наукового дослідження, насамперед системно-структурний.

Результати досліджень

Спеціалістами Агентства з відновлюваної енергетики і НТЦ «Біомаса» визначено енергетичний потенціал біомаси та торфу в Україні (табл.1).

Таблиця 1. Енергетичний потенціал біомаси та торфу в Україні

Вид палива	Енергетичний потенціал, млн т у.п./рік
Солома зернових культур (без кукурудзи)	5,6
Стебло, початки кукурудзи та зерно	2,4
Стебло, лушпиння соняшника	2,3
Біогаз з гною	1,6
Біогаз зі стічних вод	0,2
Відходи деревини	2,0
Біогаз з полігонів твердих побутових відходів	0,3
Паливні брикети з твердих побутових відходів	1,9
Рідкі палива (біодизель, біоетанол)	2,2
Енергетичні культури (верба, тополя, міскантус)	5,1
Торф	0,6
ВСЬОГО	24,2

Аналізуючи енергетичний потенціал біомаси в Україні можна зробити висновок, що з зазначених видів палив провідне місце посідають енергетичні культури. Тому для їх збирання і подальшого виконання технологічного процесу необхідно використовувати спеціальну техніку.

Технічні характеристики закордонних і вітчизняних кормозбиральних комбайнів представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Технічні характеристики деяких закордонних і вітчизняних кормозбиральних комбайнів

Показники	Єнісей - КСК-324"	"Єнісей-720"	"Дон-680"	"Полісся-800"	"Полісся-800"	Jaguar 900 Claas	BIG X V12 Krone
1	2	3	4	5	6	7	8
Агрегування	Самохідний	Причіпний	Самохідний	Напівначіпний	Самохідний	Самохідний	Самохідний
Привід		ВВП		УЭС-350			
Потужність двигуна, кВт/к.с.	215/290	59/80-110/150	215/290	257/350	331/450	445/605	574/780
Тип подрібнювача	Циліндричний			Дисковий		Циліндричний	
Діаметр/шир. подрібнювача, мм	630/750	450/720	750/680	1500/-	630/800	630/750	660/780
Площа горловини, см	1350	790	1250	1020	1480	1400	1440
Число ножів, шт	4x12	4x6	2x12	12	4x10	2x12	2x14
Довжина різки, мм	7,0-22,0	12,0-30,0	3,5; 8,0; 20,0	5,0-25,0	4,0-30,0	4,0-17,0	4,0-20,0
Частота обертання, хв. ⁻¹	1150	1000	838	800	1000	1200	1100
Тип живильного апарату	Бітерний						
Напрямок вивантаження	Будь-який						
Наявність шпурлячки	Прискорювач	-	Прискорювач	-	Прискорювач		
Домолочувач зерен	є	-	є	є	є	є	є
Ширина захвату, м: підборщика трав'яної жатки кукурудзяної жатки	2,2;4,2 4,2;5,1 3	2,1 2,4 2-х рядна	2,2; 3 4,2; 4,95 4	4,1 5 4,5	3,42 5 4,5	2,2; 3;3,8 5,1 4,5; 6	3; 4,5 5,8 10-12 рядна
Металодетектор	є	-	є	є	є	є	є
Маса, кг: базової частини з адаптером	10510	2400	9400	2450	10700	10440	11280
Розміри, м	3,8x 3,4x6,1	3,9x4,1x5,6	3,8x3,78 (к) x 8,5 (к)	3,7x3,5x3,2	4,3x 5,4x7,3	3,73x3,3x6,43	3,82x3,3x7,86
Робоча/транспортна швидкість, км/год	10/25	10/20	10/20	10/30	12/25	14/30	14/40

Результати порівняльного аналізу технічних характеристик кормозбиральних комбайнів свідчать про невелику різницю у технічних показниках. Розглянемо конструкції активних робочих органів універсальних кормозбиральних комбайнів у ході виконання технологічного процесу.

Змінні адаптери (жниварки для збирання товстостеблових культур, косіння трав і підбирачі) застосовують тільки на універсальних кормозбиральних комбайнах. Основний їхній параметр – ширина захвату – значно впливає на продуктивність комбайна і вибирається виходячи, насамперед, з його збиральної потужності.

Жниварки для збирання товстостеблових культур призначені, головним чином, для збирання кукурудзи і соняшника. Можна виділити жниварки струмкові і суцільно зрізувальні (платформні і роторні). Платформні жниварки традиційні для сільського господарства нашої країни. Вони найбільш універсальні, тому що забезпечують збирання всього біологічного врожаю на даній ділянці незалежно від способу посіву. Такими жниварками комплектуються самохідні кормозбиральні комбайни КСК-100А, КСГ-Ф-70, Е-281 "Марал", КПИ-2,4А тощо. Їхні істотні недоліки – неможливість збирання високостеблової (4–5 м) кукурудзи і наявність коливань від зворотно-поступального руху ножа різального апарата, що знижує надійність жниварки і комбайна в цілому. Ширина захвату в залежності від потужності комбайна 1,8–3,4 м. [3, 7, 8].

Найбільше поширення за кордоном одержали рядкові жниварки. Вони можуть експлуатуватися тільки при збиранні культур рядкового посіву. Надійність їхньої роботи, незалежно від висоти стебел, може бути досягнута тільки за відсутності підсівів і засміченості міжрядь. Відстань між рядками у жниварці узгоджується з міжряддями посіву (як правило, 0,7 м). Вибір числа рядків визначається збиральною потужністю комбайна.

Причіпні моделі кормозбиральних комбайнів комплектуються дво-трирядковими жниварками, самохідні (більш енергоємкі) – чотири-восьмирядкові. Так, фірма Claas на мод. 7400 (310 кВт) застосовує шестирядкову жниварку для збирання кукурудзи, а на мод. 7800 (353 кВт) – восьмирядкову. [1].

Подача зрізаних стебел до живильного апарата комбайна в широкозахватних рядкових жниварках (чотири і більш рядки) здійснюється шнеком. Це дозволяє розташувати всі рядки на одному рівні, уніфікувати їхню конструкцію й елементи приводу з використанням блочно-модульного принципу.

Найбільший інтерес представляють принципово нові конструкції жниварок суцільного зрізу роторного (барабанного) типу. Уперше така жниварка (ширина захвату 3 м) була продемонстрована у середині 80-х рр. в агрегаті з напівначіпним кормозбиральним комбайном Champion-3000. У даний час їх конструкції значно модернізовані, ширина захвату складає 2,2–7,5 м [3, 7, 8].

Особливість конструкцій таких жниварок – наявність двох і більш вертикальних барабанів, що обертаються в різні сторони. Співвісно з ними обертаються ножі для зрізання товстих стебел. Зрізані стебла захоплюються виступами барабанів і транспортуються у вертикальному положенні в центр жниварки, де подаються комлем вперед у вальці живильного апарата. Головна перевага цих жниварок – поєднання позитивних якостей жниварок суцільного зрізу платформного типу і рядкових – можливість забирати товстостеблові культури незалежно від способу посіву й у будь-якому напрямку руху комбайна, упорядкована

подача стебел, відсутність коливань від приводу ножа апарата. Такі жниварки широко впроваджуються на самохідних кормозбиральних комбайнах Claas, John Deere, New Holland, "Полісся-3000", "Полісся-800", "Єнісей-324" тощо.

Жниварки для косіння трав, що використовуються в нашій країні і за кордоном, як правило, однотипні із шириною захвату 1,8–4,2 м. З підвищенням енергонасиченості комбайнів з'явилися жниварки із шириною захвату 5,1–6 м. Як різальний апарат, в основному, використовується традиційний сегментопальцевий, зі зворотно-поступальним рухом ножа. Незважаючи на відносну простоту конструкції, до недоліків належить невірноваженість, що призводить до значної вібрації жниварки і комбайна в цілому і підвищена схильність до забивання (особливо при полеглому агрофоні і заплутаних стеблах).

Останнім часом деякі фірми, наприклад Taarup, Mengele та ін., замість традиційних жниварок для косіння трав постачають кормозбиральні комбайни жниварками з апаратом ротаційного типу.

Аналогічний тип різального апарата жниварки для збирання трав використовується в комбайні "Єнісей-720". Привід роторів здійснюється шестернями, розміщеними у брусі, що являє собою корпус редуктора, заповнений маслом. Це підвищує термін служби різального апарата. Конструкції ротаційних різальних апаратів жниварок і ротаційних косарок практично ідентичні. Відсутність знакоперемінних навантажень у різального апарата обертального руху дозволяє за необхідності збільшити швидкість різання і, отже, підвищити поступальну швидкість руху комбайна. Крім того, такі різальні апарати мають кращі показники при роботі на високоврожайних і полеглих агрофонах.

Підбирачі випускаються, як правило, барабанного типу із шириною захвату 1,8–2,2 м. Для забезпечення копіювання рельєфу і регулювання відстані між пальцями підбирача і ґрунтом вони обладнані опорними пневматичними колесами, чи копіювальними башмаками.

Закордонні підбирачі оснащені барабаном невеликого діаметра (0,44–0,54 м). Для звуження потоку маси перед живильним апаратом шарнірно встановлений шнек, що може приймати різні положення по висоті в залежності від товщини шару. Притискний пристрій П-подібної конструкції сприяє рівномірному підбору валка. Останнім часом цей пристрій заміняють одним чи двома валками. Сучасні підбирачі виготовляють у полегшеному виконанні – без бічних стінок. Це дозволяє, крім зниження маси, полегшити технічне обслуговування.

З метою підвищення продуктивності комбайна на підбиранні пров'ялених трав, а також забезпечення повного завантаження двигуна фірми John Deere, Claas, New Holland та ін., комплектують енергонасичені комбайни-підбирачі зі збільшеною шириною захвату (3,6–5,8 м), що забезпечує підбір одночасно двох валків. Це є принциповим

нововведенням в розвитку підбирачів. Усі змінні робочі органи обладнані пристосуваннями, що забезпечують їх швидке навішення і заміну [1].

Живильні апарати бітерного типу – найменш енергоємні і найбільш надійні в роботі. Як правило, вони складаються з двох-трьох циліндричних бітерів і двох-трьох пресувальних вальців. Нижні бітери і пресувальні вальці жорстко закріплені на рамі живильного апарата, а верхні – можуть вертикально переміщатися, забезпечуючи тим самим необхідне пресування рослинного матеріалу при різній подачі. Така конструкція широко поширена в сучасних комбайнах (New Holland, Claas, John Deere, Kemper, КСК-100А, "Полісся-3000", "Полісся-800", КПИ-2.4А, "Єнісей-324", "Дон-680" тощо) [3, 7, 8].

Ширина бітерних живильних апаратів складає 0,45–0,58 м у залежності від ширини подрібнювального апарата. На моделях надвисокої продуктивності вона досягає 0,8 м і більше. Наприклад, на комбайнах фірми Claas ширина живильного апарата – 0,74 м (при ширині подрібнювального апарата 0,75 м), а на комбайнах серії BIG фірми Krone – 0,8 м. [1].

Живильні апарати служать для поступового ущільнення товстого шару рослинного матеріалу, тому бітерні апарати найбільш ефективні на широкозахватних жниварках з великим коефіцієнтом звуження. Найбільш поширені компактні живильні апарати з чотирма вальцями. Вони особливо раціональні для напівначіпних кормозбиральних комбайнів із фронтальним навішенням (Champion-3000, "Полісся-3000" та ін.).

У зв'язку з нерівномірністю подачі шнеком рослинного матеріалу товщина шару в живильному апараті постійно міняється, тому верхні вальці піджимають пружинами для ущільнення рослинного матеріалу. У конструкціях з чотирма вальцями сили притискання досягають 4–6 кН. У нових високопродуктивних комбайнах з потужністю двигуна 450–550 кВт (наприклад, BIG X VI2) використані шестивальцьові живильні апарати, оскільки з кукурудзяною жнивваркою захватом 12 рядків – чотиривальцева система не забезпечує надійного ущільнення рослинної маси. У цьому випадку потрібне попереднє пресування, а потім – остаточне пресування [1].

Для забезпечення стійкого захоплення рослинного матеріалу бітерні вальці виконуються рифленими.

Декілька (2–4) швидкостей роботи живильних апаратів дозволяють обрати необхідну довжину різання в залежності від виду корму, що заготовляється. Зміна швидкості здійснюється за допомогою коробки передач, однак більш перспективним є використання гідроприводу (комбайни сер. BIG, 600-700 к.с., фірми Krone) або поєднання механічного і гідроприводів [1].

Подрібнювальні апарати – основні і дуже енергоємні робочі органи. З великого різноманіття їхніх конструкцій найбільш поширені циліндричні і дискові, причому самохідні кормозбиральні комбайни оснащені першими. Це пояснюється, головним чином, їх високою пропускною здатністю і можливістю безупинного різання з постійним крутним моментом. Наразі почали застосовувати технологію заготівлі силосу з кукурудзи воскової і повної спілості з дробленням початків і зерен спеціальними пристроями, що встановлені в днищі кожуха подрібнювального апарата або в силосопроводі.

Діаметр подрібнювального апарата, що виконує тільки здрібнювання, як правило, складає 550–660 мм, подрібнювально-шпурляючого – 750–800 мм (для поліпшення їхніх аеродинамічних властивостей і створення необхідного повітряного потоку в силосопроводі). Частота обертання апаратів $80\text{--}120\text{ с}^{-1}$, швидкість різання 35–40 м/с. [3, 7, 8].

Для одержання високої продуктивності необхідно не тільки підвищення енергонасиченості комбайнів, але й оснащення їх подрібнювальними апаратами більшої ширини, що збільшує площу перетину прийомної горловини (у сучасних комбайнів – $1300\text{--}1450\text{ см}^2$). В апаратах шириною 700–800 мм застосовують гвинтоподібні або (у багатосекційних) прямі плоскі ножі. З метою зменшення довжини різання подрібнювальні апарати оснащують, як правило, 10–12 ножами. [8].

Конструкція багатосекційного подрібнювального апарата була вперше створена проф. Н.Є. Резником більш 30 років тому. Це рішення знаходить усе більше поширення як за кордоном, так і в нашій країні. До його переваг належать: простота конструкції ножа, забезпечення раціонального кута його нахилу стосовно утворюючого циліндра і кутів заточення ($23\text{--}30^\circ$) [1], що знижує енергоємність процесу здрібнювання.

Дискові подрібнювальні апарати найбільш ефективні в напівначіпних кормозбиральних комбайнах із фронтальним агрегуванням енергозасобу.

У конструкції самохідного кормозбирального комбайна "Єнісей-324" враховані найсучасніші тенденції: він оснащений двигуном 290 к.с., роторною (барабанною) жнивваркою для збирання кукурудзи, жнивваркою для косіння трав із захватом 5,1 м, чотирьохвальцевим живильним апаратом з чотирма швидкостями подачі, подрібнювальним апаратом шириною 0,75 м із прямими ножами, багатосекційним пристроєм подрібнення типу Corn-Cracker, прискорювачем викиду. Конструкція комбайна розрахована на потужність двигуна до 450 к. с. з розширеним використанням гідроприводу в активних робочих органах.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Оскільки ціни на природне викопне паливо неухильно зростають, використання альтернативних джерел енергії стало комерційно вигідним. Застосування універсальних комбайнів для збирання енергетичних культур

– перспектива сільського господарства України. Енергетичні культури можуть бути потужною базою для одержання моторного палива і служити реальною основою розвитку сільського господарства України. Перспективи подальших досліджень слід зосередити на конструюванні універсального комбайна, який приводився б у дію за допомогою газогенераторної установки, що виробляє паливо при спалюванні енергетичних культур.

Література

1. Energy and Security: Toward a New Foreign Policy Strategy / Jan H. Kalicki, D: Goldwyn - Washington – Baltimore: Woodrow Wilson Center Press, Johns Hopkins University Press, 2005.- 604p.
2. Гостюк М. Нові біотехнології у виробництві сільськогосподарської продукції // Економіка України.–2004. – №3. – С. 79–83.
3. Довідник з механізації кормовиробництва / За ред. В.Ю. Поєдинка.– К.: Урожай, 1980.– 216 с.
4. Короткевич А.В. Технологии и машины для заготовки кормов из трав и силосных культур.– Мн.: Урожай, 1991. – 383с.
5. Кузьмінський Є., Кухар В. Біоенергетика – вибір майбутнього // Дзеркало тижня.– 2005.– 16–23 липня.
6. Любарський В. Испытание биотоплива: мир становится чище // Зерно.– 2006.– №9. – С. 94–96
7. Спеціальні комбайни / М.В Тудель, А.М Мазуренко, Б.О Козаченко та ін. – К.: Урожай, 1982. – 152 с.
8. Ясенецький В.А., Гончаренко П.В. Машины для измельчения кормов.– К.: Техника, 1990.– 166 с.