УДК 677.051:677.312

І.А. Шевченко, член-кор. НААН, д-р техн. наук, В.М. Павліченко, канд. біол. наук, В.В. Лиходід, канд. техн. наук, В.М. Забудченко, інж.
ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААНУ, Відділ Біоекотехнічних систем у тваринництві, м.Запоріжжя

Аналіз конструкцій технічних засобів для виробництва вологих високозасвоюваних кормів

Виконано огляд конструкцій та аналіз особливостей роботи існуючих технічних засобів для виробництва вологих високозасвоюваних кормів. За результатами аналізу розроблено конструктивно-технологічну схему й створено експериментальний зразок роторного кавітаційного диспергатора РоКаДі-2. Стверджується, що запропонована конструкція має покращені технічні дані порівняно з аналогами й забезпечує ступінь подрібнення компонентів вологих кормів в межах норм технологічних вимог.
аналіз, технічні засоби, виробництво, вологі, високозасвоювані, корма, роторний кавітаційний диспергатор, робочий процес, ступінь подрібнення

И.А. Шевченко, В. Н. Павличенко, В.В. Лиходед, В. Н. Забудченко
ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААНУ, Отдел Биоэкотехнических систем в животноводстве , г. Запорожье
Анализ конструкций технических средств для производства влажных высокоусвояемых кормов

Выполнен обзор конструкций и анализ особенностей работы существующих технических средств для производства влажных высокоусвояемых кормов. По результатам анализа разработана конструктивно-технологическая схема и создан экспериментальный образец роторного кавитационного диспергатора РоКаДи-2. Утверждается, что предлагаемая конструкция имеет улучшенные технические данные по сравнению с аналогами и обеспечивает степень измельчения компонентов влажных кормов в пределах норм технологических требований.
анализ, технические средства, производство, влажные, высокоусвояемые, корма, роторный кавитационный диспергатор, рабочий процесс, степень измельчения

Зелена рослинна біомаса кормових трав – головне джерело протеїну та природних біохімічних компонентів для годівлі сільськогосподарських тварин. Так, в 1кг лугової трави міститься в середньому до 0,23 кормових одиниць, 25 г перетравного протеїну, 2,9 г кальцію, 0,7 г фосфору, 30-79 мг каротину. Але при реалізації сучасних технологій заготівлі кормів (сіна, сінажу, силосу) із свіжої зеленої біомаси кормових трав безповоротно втрачається від 25 до 50% перетравного протеїну та інших поживних речовин [1-3].

Технологічна задача скорочення втрат поживної цінності біомаси кормових трав при кормозабезпеченні є предметом дослідження багатьох вчених. Над її вирішенням працювали такі відомі вчені як І. А. Долгов, Ю. Ф. Новіков і М. Л. Яцко (1978), І. П. Проскура (1979), В. І. Гноєвий (1985-2004), О. М. Венедіктов (1988-2011), А. І. Дев'яткин (1990), А. І. Свєженцов і О. О. Ренсевич (1990-2006), М .Ф. Кулик (1991-2012), Ю. В. Обертюх (2001-2002), В. В. Попов (2001-2007), С. М. Хохрін (2002), В. Лєсницький (2004), А. Д. Гарькавий (2004), В. Ф. Петриченко (2005-2012), О. М. Курнаєв (2006-2012), Л. І. Подобєд (2006), В. О. Бондарєв і А. А. Панов (2007), П. Ковбасюк (2009), І. І. Ревенко (2010), Л. Г. Боярський (2011), В. С. Деркач (2012) та інші дослідники.

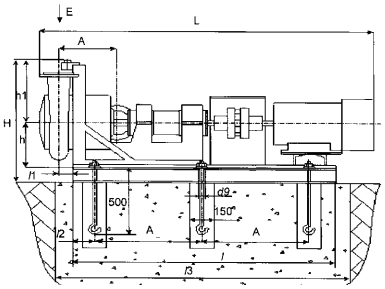
© І.А. Шевченко, В.М. Павліченко, В.В. Лиходід, В.М. Забудченко, 2013

За результатами аналізу останніх досліджень та публікацій [4-9] встановлено, що на теперішній час найбільш ефективними є технології виробництва гомогенних кормових добавок, які реалізують ідею створення умов для доставляння тваринам речовин в найбільш засвоюваних формах низькомолекулярних сполук, що напряму всмоктуються в їх шлунково-кишковому тракті. Це сприяє більшій доступності і перетравності речовин, зменшенню затрат власної енергії тварин на трофічні процеси асиміляції та знижує навантаження на ферментативну діяльність супутньої мікрофлори. При цьому зменшується потреба тварин в кормах, а відповідно і об'єм відходів – побічної продукції – гною.

На теперішній час існує безліч технічних засобів (подрібнювачів) для виробництва вологих гомогенних сумішей, над створенням яких працювали такі дослідники як І. А. Павловський (1989-2008), В. В.Чернін, О. В. Ковальов , О. В. Сидоров (2000-2012), В. Ю. Мелєхін (2001), Р. М. Басько (2002), В. Г. Грабов, В. І.Мерщій і Т. Л. Грабова (2006), В. Г. Мозговий, О. М. Алтухов, О. М. Анушенков, І. І. Скриль і О. М. Ковальчук (2008), М. Б. Соляник (2003-2012), О. Д. Петраков, і С. М. Радченко (2009) та інші розробники.

Розглянемо відомі й найбільш характерні конструкції подрібнювачів такого типу.

Певної уваги заслуговує розробка В. Г. Мозгового - кавітаційний гідроударний диспергатор КаГУД-1 (рис.1), який призначений для тонкого подрібнення, змішування і гомогенізації різних кормових компонентів [10].



Технічна характеристика

Подача, т/год	5-30-80
Встановлена потужність, кВт	30-45-110
Об'єм приготування кормів, кг	700-800
Розмір частинок, мкм	0-60
Температура обробки корму, ^{0}C	50-90
Маса, кг	340-710-1100

Рисунок 1 - Кавітаційний гідроударний диспергатор Ка ГУД-1

Суть розробки. Роторний робочий орган з двома ступенями подрібнення компонентів суміші в системах «рідина - рідина» або «рідина – тверде тіло», в якому порожній ротор з горизонтальною віссю обертання має лопаті, отвори та камеру кипіння, а статор з отворами й резонаторами встановлений за ротором співвісно.

Особливості конструкції. Запропонована конструкція подрібнювача забезпечує: кавітаційне подрібнення зерна пшениці, ячменю, вівса, жому, висівок та макухи до тонкодисперсного стану; розігрів емульсії до 50-90 °С; створення передумов для фізико-хімічних та біохімічних процесів ферментативного зброджування крохмалю; кавітаційне пригнічення всіх мікроорганізмів в оброблюваному середовищі.

Крім того, як стверджує автор, при кавітаційному приготуванні вологих кормосумішей, поряд з знезараженням кормів відбувається біологічна активація води. Така вода є сильним розчинником солі, активно вступає в реакцію гідратації біополімерів кормосуміші, інтенсивно екстрагує вітаміни та інші корисні речовини, не руйнуючи її природної структури, тому що має звичайну температуру.

Переваги. Універсальність, можливість використання дешевої сировини, невеликі капітальні витрати для створення виробництва, простота в керуванні, надійність в роботі, малі енергетичні витрати, невелика виробнича площа, невеликий час технологічного циклу, висока економічна ефективність виробництва, придатність обладнання для використання в інших технологіях.

Застосування такого подрібнювача у свинарстві забезпечує середньодобовий приріст живої маси в межах 650-850 г при значному зниженні витрат кормів на 1 кг приросту [13].

Недоліки. Обмежені функціональні можливості та асортимент виробляємої продукції; висока питома матеріаломісткість та енергоємність робочого процесу.

Створений в Україні агрегат кормоприготувальний серії АКГСМ «Мрія» (рис. 2), в основному, призначений для приготування ферментованих гомогенних кормових сумішей із зернових культур і комбікормів у водному середовищі при співвідношенні води до зернової суміші: для свиней 2 : 1, а при високій клейковині 2,5 : 1, для ВРХ 3 : 1 (у всіх агрегатах), не втрачаючи енергетичної цінності кормів [11].

Технічна характеристика

Продуктивність, т/год	0,7-0,8
Встановлена потужність, кВт	11,0
Об'єм приготування кормів, кг	700-800
Площа під обладнання, м^2	2,5
Температура обробки корму, ^{0}С	40-45
Маса, кг	350

Рисунок 2 - Агрегат кормоприготувальний АКГСМ-01 «Мрія»

Суть розробки. Роторний робочий орган з двома ступенями подрібнення зернових компонентів кормової суміші, в якому ротор, виконаний у формі диска з горизонтальним розташуванням вала, має наскрізні отвори у площині диска та основні і додаткові лопаті, встановлений між двома нерухомими жорнами з торцевими кільцевими вінцями, які мають зубці.

Особливість конструкції. Принцип приготування легкозасвоюваного, легкого для шлунково-кишкового тракту ферментованого корму полягає в тому, що завдяки спеціальній конструкції агрегату, в гідромлині-змішувачі відбуваються процеси ферментації і гомогенізації корму за рахунок тиску і розширення з великою частотою, періодичною вакуумізацією багатократних процесів подрібнення зернових і утворення колоїдної фракції з в'язкістю, що росте, і одночасним підвищенням температури від температури вхідного продукту на 10°С…15°С.

Принциповою різницею апарата «Мрія» від існуючих, на думку розробників, є досягнення руйнування кліткової структури зерна у водному середовищі, що досягається спеціальною конструкцією установки, де поперемінно діє стискання та розширення з високою частотою, що призводить до отримання колоїдної гомогенної кормової суміші з одночасним підвищенням температури до 40…45 °С й дає змогу досягати майже повного засвоєння поживних речовин кормової суміші.

Переваги. Малогабаритний; універсальний; заміняє комплекс машин кормоцеху, виконуючи чотири операції одночасно від одного приводу – подрібнення зернових, змішування, підігрів, видача корму; дозволяє зменшити витрати премікси до 50 % при відгодівлі свиней та ВРХ, збільшити вміст у тілі тварини азоту до 30 %, кальцію до 12 %, фосфору до 4 %, магнію до 4 %, збільшити перетравність сирого протеїну на 12,3 % та сирої клітковини на 14,5 %; забезпечує збільшення засвоюваності корму та зниження виходу калу до 44 %.

Недоліки. Обмежені функціональні можливості та асортимент вироблюваної продукції, висока питома матеріаломісткість та енергоємність процесу.

Значної уваги заслуговують дослідження Російської компанії ТОВ «Кавікорм інжиніринг» [12-15]., на основі яких розроблена технологія та створено установку приготування кормів "Cavikorm", основною складовою якої є роторний подрібнювач -

диспергатор «РІД-2» (рис. 3).

Технічна характеристика

Продуктивність, т/год	4,0
Потужність, кВт	55-75
Площа під обладнання, м^2	5,5
Температура обробки корму, ^{0}С	45-65
Маса, кг	
1250	

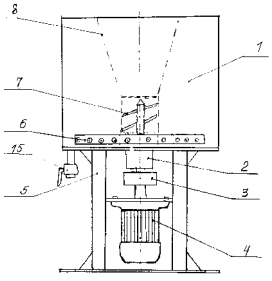
Рисунок 3 - Роторний подрібнювач диспергатор РІД-2

Суть розробки. Роторний робочий орган з двома ступенями подрібнення компонентів кормової суміші, в якому ротор з горизонтальною віссю обертання має резонатори, а кільцевий охоплюючий його статор - конфузори. При обертанні ротора відбувається періодичне перекриття вихідних отворів резонаторів. Подрібнення відбувається за рахунок дії на частинку явища кавітації, а також подвійного (прямого і зворотного) гідравлічного удару при перериванні потоку пульпи із заданою частотою. Частота спеціально підбирається рівній власній частоті ротора. Дія гідравлічного удару носить пульсуючий характер. Руйновані частинки піддаються гідравлічному удару в резонансних камерах (резонаторах). За рахунок збігу власної частоти резонаторів з частотою проходження імпульсів тиску в камерах відбувається багаторазове (у 10 разів в порівнянні з апаратами роторних пульсацій) збільшення амплітуди значення тиску. Гідродинамічні процеси в установці супроводжуються розвиненою турбулентністю.

Переваги. Широкі функціональні можливості диспергатора за рахунок переробки зелених кормів, консервованих продуктів з них, сіна, соломи, сінажу, силосу, корене- і бульбоплодів; висока ступінь гомогенізації оброблюваного матеріалу; дозволяє значно зменшити витрати кормів за рахунок збільшення засвоюваності поживних речовин і зниження енерговитрат на травлення.

Недоліки. Великогабаритний, має високу питому матеріаломісткість та енергоємність робочого процесу.

Особливої уваги заслуговує розробка Петракова А. Д. - гідрокавітаційний пристрій роторного типу (рис.4), який забезпечує приготування знезаражених рідких кормів шляхом подрібнення і кавітаційного диспергування у водному розчині 0,3-0,4 % соляної кислоти, розігрівом до температури 60-80°С з подальшою нейтралізацією отриманого корму їдким натром [16-17].



Технічна характеристика

Продуктивність, кг/год	250
Потужність електронасосу, кВт	до15
Температура обробки корму, ^{0}С	45-65
Тривалість робочого циклу, хв.	до 60
Маса, кг	до 165

Рисунок 4 – Гідрокавітаційний пристрій роторного типу

Суть розробки. Роторний робочий орган з трьома ступенями подрібнення компонентів кормової суміші, в якому ротор з вертикальною віссю обертання має два ряди ножів та лопаті, зовні яких розміщений статор з радіально встановленими в ньому

гідравлічними кавітаційними пристроями у вигляді насадок Вентурі та Борда.

Переваги. Широкі функціональні можливості пристрою за рахунок переробки широкого спектру рослинної сировини та відходів харчової переробної промисловості; висока ступінь гомогенізації оброблюваного матеріалу; дозволяє значно зменшити витрати кормів за рахунок збільшення засвоюваності поживних речовин і зниження енерговитрат на травлення.

Недоліки. Висока питома матеріаломісткість, енергоємність та тривалість в часі робочого процесу.

За результатами аналізу існуючих конструкцій технічних засобів для виробництва вологих високо засвоюваних кормів та результатів пошукових досліджень [18] розроблено конструкційну схему (рис. 5а) та виготовлено експериментальний зразок роторного кавітаційного диспергатора РоКаДі - 2 (рис. 5б), який позбавлений цих недоліків і за результатами попередніх випробувань [19] має покращені технічні характеристики порівняно з аналогами (табл.1).

а) конструкційна схема

б) загальний вигляд

Рисунок 5 – Роторний кавітаційний диспергатор РоКаДі - 2
(розробка Відділу ННЦ «ІМЕСГ» НААН)

Суть розробки. Роторний робочий орган з чотирма ступенями подрібнення компонентів кормової суміші, в якому ротор з вертикальною віссю обертання має два ряди ножів, радіальні лопаті й два ряди наскрізних отворів, зовні якого розміщений статор у вигляді двох коаксіально розміщених кілець з двома рядами радіально встановленими в них гідравлічними кавітаційними пристроями у вигляді насадок Вентурі та Борда.

Переваги. Широкі функціональні можливості та асортимент перероблюваної продукції (рослинна сировина та відходи харчової й переробної промисловості); висока ступінь гомогенізації оброблюваного матеріалу при незначній питомій матеріаломісткості та енергоємності робочого процесу, що дозволяє значно зменшити витрати кормів за рахунок збільшення засвоюваності поживних речовин і зниження енерговитрат на травлення.

Таблиця 1 – Технічні характеристики подрібнювачів для виробництва вологих високо засвоюваних кормів

Показник	Марка подрібнювача			
	РоКаДі-2 (Україна)	АКГСМ-01 «Мрія»(Україна)	КаГУД-1 (Росія)	РІД-2 (Росія)
Продуктивність, кг / год	240-320	700-800	5000	4000
Потужність, кВт	4,5	11,0	30	55-75
Маса, кг	120	350	340	1250
Питома енергоємність, кВт·год / кг	до 0,015	до 0,02	до 0,01	до 0,02
Питома матеріаломісткість, кг·год / кг	до 0,375	до 0,50	0,068	0,313

Із табл. 1 видно, що запропонована конструкція роторного кавітаційного диспергатора РоКаДі – 2 порівняно з вітчизняними та зарубіжними подрібнювачами аналогічного призначення не поступається за технічними даними і має ряд переваг: малогабаритна, універсальна щодо оброблюваної сировини, й забезпечує приготування широкого спектру кормових сумішей з продуктивністю до 320 кг/год при питомій матеріаломісткості (до 0,375 кг·год / кг) та енергоємності робочого процесу (до 0,015 кВт·год / кг).

Список літератури

1. Девяткин А. И. Рациональное использование кормов / А. И. Девяткин, М.: Росагропромиздат, 1990. – С. 105-158.
2. Лесницкий В. Белковые корма из зеленой массы трав / В. Лесницкий // Научно-пратический журнал «Животновод». – Корма. – М, 2004. – № 1. – С. 6-8.
3. http://innotech.net.ua/index.php?option=com
4. Скрыль И. И. Кавитационная технология и оборудование для производства жидких кормов [Интернет ресурс] / И. И. Скрыль, А. Н. Ковальчук // Материалы международной заочной научной конференции «Проблемы современной аграрной науки», 15 октября 2011 г. / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск. – КГАУ, 2011. – Режим доступа :http://www.kgau.ru/img/konferenc/2011/d3.doc.
5. Инновационные технологии кормления на животноводческих комплексах / Животноводство // Журнал "АПК Эксперт", 2011. – № 3 (24). – С. 82-85.
6. Инновационные технологии кормления на животноводческих комплексах / Животноводство // Журнал "АПК Эксперт", 2011. – № 3 (24). – С. 82-85.
7. Кавитация [Интернет ресурс] / © «Омега Пром Групп», 2012. – Режим доступа: http://omegaprom.com/ru/ techs/ tech2.
8. Использование технологий гидродинамического кавитационного диспергирования для производства пастообразных питательных кормов для животных : инновационный проект [Интернет ресурс] / ООО «НПП ЭКО-БИОН», ООО «БАСМ». – Воронеж, 2012. – Режим доступа: http://alltrend.ru/component/content/article/43-selskohozyajstvennoe-proizvodstvo/63-proizvodstvo-kormov-dlya-zhivotnyh.html
9. Производство белковых кормов и добавок к ним на основе кавитационного измельчителя [Интернет ресурс] / Федеральное Государственное Унитарное Предприятие Внешнеэкономическое Объединение. – Сайт ФГУП “Лицензинторг”, 2012 - Режим доступа: http://www.licenz.ru/protein_feed.html.
10. Пат. 74084 Российская Федерация, МПК B06B1/20. Кавитационный гидроударный диспергатор [Текст] / Мозговой В. Г., Алтухов А. М.; заявитель и патентообладатель Мозговой В. Г., Алтухов А. М. – № 2008107489/22; заявл. 26.02.08; опубл. 20.06.08, Бюл. № 17. – 3 с.
11. Кормоприготовительные агрегаты серии «Мрия» [Интернет ре-сурс] / Общество с ограниченной ответственностью Научно-Производственный Внедренческий Центр Академии Инженер-ных Наук Украины // Официальный сайт ООО НПЦ АИНУ. – Режим доступа : http://agrokorm.info/ru/kormoagregat/1/
12. Белково-витаминные кормовые концентраты Cavirost® [Интернет ресурс] / © Инновационная компания "Кавикорм", 2009-2011. – Режим доступа : http://www.cavikorm.ru/premixes/.
13. Ковалёв А. В. Технология влажного гомогенного кормления свиней, как инструмент повышения рентабельности и конкурентоспособности промышленных свинокомплексов / А. В. Ковалёв // Материалы международной конференции "Инновационные пути развития свиноводства в России" ("Свиноводство - 2011"). – Международная промышленная академия, 14-16 ноября 2011 г. – Пищепромиздат, 2011. – С. 10-14.
14. Мошкутело И. И. Научно-практические основы формирования инновационной технологии "cavikorm®" и их экспериментальная апробация на свиноводческих комплексах / И. И. Мошкутело // ВИЖ РАСХН, ООО «Кавикорм». – Научно-практический се-минар «Инновационные технологии кормления на животноводческих комплексах» в рамках 16-й Международной выставки «Зерно-Комбикорма-Ветеринария-2011», 3 февраля 2011 г. : итоговые материалы. – М, 2011. – С. 13-17.
15. Открытие завода кормовых добавок «Кавикорм-Лебяжье» [Интер-нет ресурс] / Раздел «Репортажи» // Научно-производственный журнал Молочное и мясное скотоводство. – Режим доступа : http://www.skotovodstvo.com/Reportage/Cavikorm-2011.html.
16. Пат. 2316227 Российская федерация, МПК A23K1/00; A23N17/00 Способ приготовления жидких кормов и установка для его осуществления [Текст] / Петраков А. Д., Гурков В. В., Яковлев О. П.;

заявитель и патентообладатель Петраков А. Д., Гурков В. В., Яковлев О. П. – № 2006113749/13; заявл. 21.04.06 ; опубл. 20.08.06, Бюл. № 8. – 3 с.
17. Пат. 2366270 Российская федерація, МПК A23K1/00. Способ приготовления обеззараженных жидких кормов и установка для его осуществления [Текст] / А. Д. Петраков , Радченко С. М. заявитель и патентообладатель Петраков А. Д., Радченко С. М. – № 2008107219/13. – заявл. 26.02.2008; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 2. – 3 с.
18. Шевченко І. А. Аналіз технологій виробництва білково-вітамінних кормових добавок / І. А. Шевченко, В. М. Павліченко // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2012. – Вип. 2 (10). – С. 3-17. – ISSN 2075-1591.
19. Павліченко В. М. Обгрунтування техніко-технологічних основ енергоощадного виробництва кормової добавки на основі рослинної сировини / В. М. Павліченко, О. О. Троїцька, В. В. Лиходід // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2012. – Вип. 1 (9). – С. 10-21. – ISSN 2075-1591.

Igor Shevchenko, Valentina Pavlichenko, Viktor Lykhodid, V. Zabudchenko
NSC "Institute of Agricultural Engineering and Electrification" of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Department Bioecotechnical systems in animal husbandry, Zaporozhye
Analysis of the constructions of the technical means to produce wet highly digestible food

The aim of the research is to reduce costs by increasing forage digestibility of nutritive substances and reducing energy consumption in animal digestion.

The review of the design and analysis of the characteristics of existing technical means for production of wet highly digestible food. According to the analysis developed constructive-technological scheme and created the experimental model of rotary cavitation dispersant RoCaDi-2. Approved that the proposed construction has improved specifications compared to analogues.

Alleged that the proposed construction of the dispersant can be expected high degree of grinding wet food components within the limits of technological requirements.
analysis, technical means, wet, highly digestible food, rotary cavitation dispersant, working process, degree of grinding

Одержано 09.09.13

УДК 515.2 : 631.3

В.П. Юрчук, проф., д-р техн. наук, М.А. Святина, асп.
НТУУ«Київський політехнічний інститут»

Геометричне обгрунтування активізації процесу дії нового комбінованого грунтообробного диску

У статті розглядаються методи конструювання та виготовлення робочих органів сільськогосподарських машин, а саме, дисків сферичних борін, які мають випукло-ввігнутий профіль самого диска та займають на твірній диска не більше половини її довжини.
робочі органи дискового типу, штампування дисків, сферичні пояси стискання та розтягування, внутрішньо-грунтові зв'язки

В.П. Юрчук, М.А. Святина
Национальный технический университет Украины «КПИ» (Киев, Украина)
Геометрическое обоснование активизации процесса действия нового комбинированного почвообрабатывающего диска

© В.П. Юрчук, М.А. Святина, 2013