

УДК 631.363.636

UDC 631.363.636

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Processes and machines of Agroengineering systems

К ВОПРОСУ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ГРУБЫХ КОРМОВ В ПРЕССОВАННОМ ВИДЕ

TO THE QUESTION OF GRINDING ROUGHAGE IN A PRESSED FORM

Фролов Владимир Юрьевич
д-р техн. наук, профессор
РИНЦ SPIN-код: 5236-4331;
Scopus ID:56735498300
e-mail:frolov_v65@mail.ru

Frolov Vladimir Yurievich
Dr. Tech. Sciences, Professor
SPIN-code:5236-4331; Scopus ID:56735498300
e-mail:frolov_v65@mail.ru

Туманова Марина Ивановна
аспирант
РИНЦ SPIN-код: 1927-7090
e-mail: tumanova - kgau @mail.ru
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

Tumanova Marina Ivanovna
Gradute student
SPIN-code:1927-7090
e-mail: tumanova - kgau @mail.ru
FGBOU VO "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russia

В статье приведена классификация измельчителей кормов, разработанная на основе анализа конструкций существующих технических средств по приготовлению кормов, предложена конструктивно-технологическая схема измельчителя грубых кормов в прессованном виде. Проанализированы результаты экспериментальных исследований при решении задачи оптимизации-нахождении оптимального сочетания конструктивно-технологических факторов оборудования, при котором заданное количество всех видов кормов будет произведено с более высоким качеством. В качестве критериев оптимизации были выбраны: энергоемкость, время измельчения материала, средневзвешенная длина частиц

The article has a classification of fodder shredders developed on the basis of the analysis of the existing technical means for the preparation of fodders. The constructive technological scheme of the grinder for coarse fodder in a pressed form is proposed. The results of experimental studies in solving the optimization problem-finding the optimal combination of constructive-technological factors of equipment are analyzed, in which a predetermined number of all types of feed will be produced with a higher quality. As optimization criteria, the following were chosen: energy intensity, material grinding time, weighted average particle length

Ключевые слова: КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА, ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ГРУБЫХ КОРМОВ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, УДЕЛЬНАЯ ЭНЕРГОЕМКОСТЬ

Keywords: DESIGN-TECHNOLOGICAL SCHEME, GRINDER OF ROUGHAGE, EXPERIMENTAL STUDIES, PERFORMANCE, SPECIFIC ENERGY INTEGRITY

Doi: 10.21515/1990-4665-138-002

Введение. Рацион кормления животных, сбалансированный по питательным веществам и размерам частиц, которые соответствуют зоотехническим требованиям, способствуют усвояемости и повышают продуктивность животных. В настоящее время важным является вопрос развития отечественного производства сельскохозяйственной техники,

используя результаты зарубежных фирм, работающих по современным технологиям. Поскольку трудоемкость процесса кормления составляет 40% от общих затрат по уходу животными практический интерес представляет разработка и применение мобильных измельчителей для погрузки грубых кормов в прессованном виде, измельчения подачи их как в кормушки, так и в стойла животных для подстилки. При комплексной механизации приготовления кормов на животноводческих фермах все операции технологического процесса, выполняемые на специализированных машинах, должны быть согласованы между собой по технологическому назначению и по производительности [7].

Технология обработки и приготовления кормов зависит от конкретных особенностей и условий хозяйства, экономической целесообразности применения тех или иных способов обработки кормов, зоотехнических требований, предъявляемых к кормам. При этом набор машин должен быть минимальным, но достаточным для того, чтобы процесс приготовления кормов происходил технологически правильно и экономично. Число машин, входящих в поточные технологические линии подготовки грубых кормов, определяют исходя из требований технологического процесса и их конструктивных особенностей. Технологические линии грубых кормов служат для выполнения операций механической (накопление, дозирование, измельчение) термохимической или биологической обработки. Механическая обработка грубых кормов включает следующие операции: погрузку, доставку, выгрузку, дозирование, измельчение, дозирование. В зависимости от типа заготовленных грубых кормов места хранения, принятой технологии переработки кормов число операций может увеличиваться или уменьшаться [5,6].

Измельчением называется процесс разделения твердого тела на части механическим путем, то есть приложением внешних сил, превосходящих

силы молекулярного сцепления. При приготовлении кормов измельчению подвергаются зерно злаковых, бобовых и масличных культур, мел, соль, прессованные корма, пищевые отходы, сено, солома, корнеклубнеплоды, зеленая масса трав. Теорию резания лезвием разработал академик В.П. Горячкин, а дальнейшее развитие она получила в работах В.А. Желиговского, Г.И. Бремера, А.Н. Карпенко, М.В. Собликова и других ученых. Факторами, которые влияют на процесс резания: удельное давление, скольжение, геометрические параметры ножа, свойства материала из которых изготовлен нож, рабочая скорость ножа, прочность и состояние разрезаемого материала, зазор режущей пары, угол резания, защемление материала. Эффективность работы измельчителя оценивается по производительности, качеству измельчения, удельной энергоемкости и материалоемкости. Эти показатели в значительной мере обуславливаются их конструктивными параметрами.

Так в измельчителе рулонов Uniball LUCLAR измельчающий ротор выполнен в виде диска с диаметром превышающий диаметр рулона, на котором находятся сменные ножи. Дисковый измельчитель рулонов соломы более эффективен в сравнении с барабанным, так как обеспечивает равномерное измельчение материала без рывков. Длина фракций измельченного материала в стандартной комплектации составляет от 8 до 12 см или 7-8 см при использовании усиленного ротора (с большим количеством ножей). Основной рабочий орган в измельчителе рулонов ИР-8 - барабан-измельчитель, расположенный в передней части камеры, с помощью установленных на нём ножей (лезвий), обеспечивает измельчение материала. Разгрузочное устройство имеет возможность с помощью гидравлики изменять высоту и дальность выброса измельчённого материала. Работа измельчителя рулонов корма ИРК-145 основана на организации встречного вращения находящегося в барабане измельчителя рулона корма и фрезы, которая представляет из себя диск с

8-ю ножами, находящийся в нижней части днища барабана. Рулон прижимается к фрезе под действием собственного веса, в результате чего происходит измельчение прессованной массы грубых кормов. Измельченная масса попадает в полость под фрезой, попадет на лопасти крыльчатки ротора, под их действием выносится вверх и поступает в выгрузной рукав. Принцип работы измельчителя соломы ИС-2000 состоит в том, что сырье с помощью транспортера поступает в барабан измельчителя соломы. Измельчение происходит режущими ножами, установленными на барабанах измельчителя. Разрушенная солома подается на молотковую дробилку.

Таблица 1 - Технические характеристики измельчителей

Наименование параметров	Показатели измельчителей							
	ИСРК-12	ИРК-145	ИРТ-Ф-80	ИГК-5	ИРТ-165	ИСС-180	ИР-1,8	ИРР-1М
Габаритные размеры, мм:								
длина	6300	3800	4400	5500	11550	1000	6100	2370
ширина	2200	2400	5000	2100	3025	2600	2875	2100
высота	2500	2500	3450	2650	3630	3300	3100	2300
Производительность, т/ч	7,6	3,18	3...8	3,5	16	2,5	3,9	2,0
Установленная мощность привода, кВт	70	50	58,8	40	160	49	55	40
Измельчающий аппарат	Шнек с измельчающими ножами	Диск с 8-ю ножами	Молотки	Штифты	Молотки	Ножи, молотки	Молотки	Молотки
Грузоподъемность, т	3,5-4,0	0,8	-	1,6	5,0	1,5	1,2	1,0

Проведенный анализ показывает, что с точки зрения снижения затрат в линиях приготовления и раздачи грубых кормов, рациональнее применять универсальные машины, позволяющие объединить в одной конструктивно-технологической схеме ряд технологических операций. На основе этого разработаны классификация и конструктивно-

технологическая схема измельчителя грубых кормов, которые позволяют снизить затраты труда, средств и энергии.

Цель исследования - снижение энергоемкости [8] процесса измельчения, путем разработки измельчителя с дисковым рабочим органом, оснащенный комбинированными режущими сегментами, и обоснование его конструктивно-режимных параметров.

Анализируя существующие технические средства для измельчения и раздачи кормов животным, измельчители можно классифицировать последующим признакам: по роду использования; по конструктивному исполнению; по способу подачи корма; по расположению режущего аппарата; по конструкции режущего аппарата; по способу измельчения кормов; по виду резания; по виду измельчающих элементов; по способу выгрузки кормов.

Анализ классификации [1], представленный на рисунке 1, позволил сделать вывод о том, что существует проблема: есть продуктовая линейка машин для приготовления кормов, но для малых форм хозяйствования таких машин нет. Было намечено перспективное направление в разработке и создании технических средств низкой энергоемкостью, чтобы повысить эффективность работы в фермерских хозяйствах.

Методика исследований. Разработана следующая конструктивно-технологическая схема измельчителя, которая включает в себя: бункер, измельчающий рабочий орган конусного типа с зубчатыми измельчающими элементами и двухплоскостными сегментами, лопастное колесо, выгрузной воздуховод (патент № 2581488, патент №№163827). Измельчитель работает следующим образом (рис.2,3).Корма, заготовленные в рулонные тюки 2, загружают в вертикальный цилиндрический бункер 1 с шнековой навивкой 8, размещенный на раме с ходовой частью 5, накалывают на иглу 7.

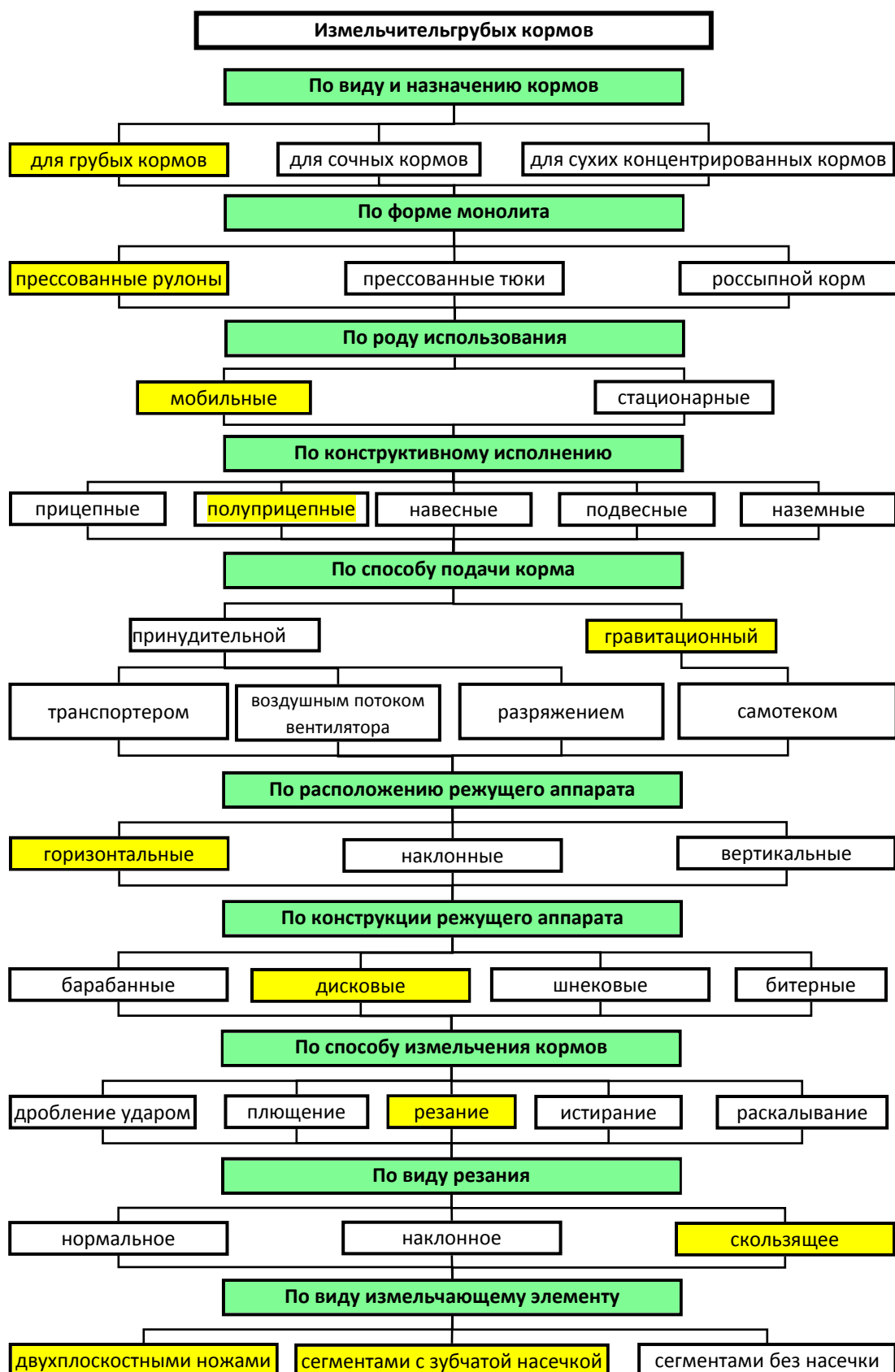


Рисунок 1 - Схема классификации измельчителей грубых кормов

За счет взаимодействия рулонного тюка с навивкой 8 и сил гравитации, принудительно тюк подается на измельчающий рабочий орган конусного типа 3. При взаимодействии материала с зубчатыми измельчающими элементами 11 и измельчающими двухплоскостными дуговым профилем сегментами 13 происходит измельчение как вдоль так и поперек волокон [2,3,4].

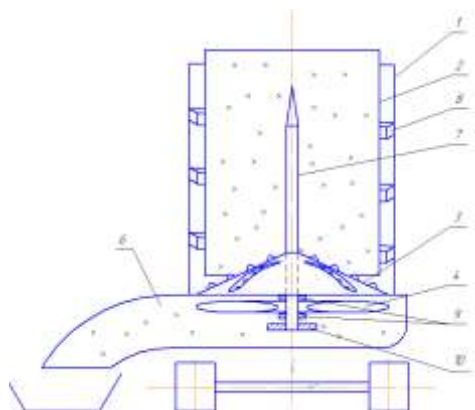


Рисунок 2- Общий вид измельчителя

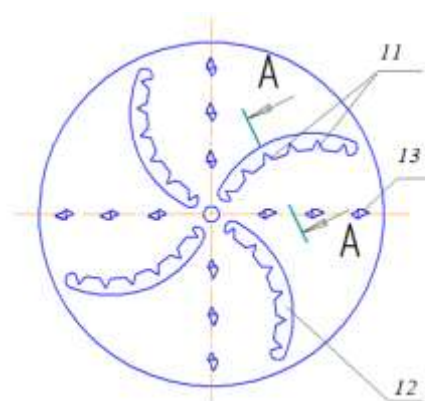


Рисунок 3- Измельчающий рабочий орган

Измельченный материал поступает в ромбообразные отверстия 12, откуда подается посредством лопастного колеса 4 в выгрузной воздуховод 6, посредством которого загружается в кормушки животных.

В процессе экспериментальных исследований решались вопросы по изучению физико-механических свойств стебельных кормов; исследованию процессов измельчения грубых кормов; оценка работоспособности предлагаемой конструктивно-технологической схемы измельчителя; выбор наиболее значимые факторы, влияющие на процессы в измельчителе, и оптимизация основных параметров, влияющих на эффективность рабочего процесса. Задача оптимизации заключается в нахождении оптимального сочетания конструктивно-технологических факторов оборудования, при котором заданное количество всех видов кормов будет произведено с более высоким качеством.

Результаты исследований. В результате поисковых исследований было выбрано оптимальное количество зубчатых сегментов, расположенных по периметру измельчающего рабочего органа $Z=6-9$; количество измельчающих двухплоскостных дугового профиля сегментов $n=7-9$; угол между измельчающим рабочим органом конусного типа и горизонтальными зубчатыми измельчающими элементами $\alpha=30^0$ до 35^0 . Поэтому дальнейшие экспериментальные исследования по оптимизации конструктивно-режимных параметров измельчителя грубых кормов [2]. График экспериментальной зависимости удельной энергоёмкости $N_{уд}$ на рисунке 4.2 показывает, что максимальные затраты удельной энергоёмкости $N_{уд} = 0,0079$ кВт ч/кг находятся при угловой скорости вращения измельчающего рабочего органа равной $\omega = 3,14$ с⁻¹. В первоначальный момент времени, затраты энергии минимальные и составляют $N_{уд} = 0,005$ кВт ч/кг, поэтому вначале показатель удельной энергоёмкости низкий, а затем нарастает.

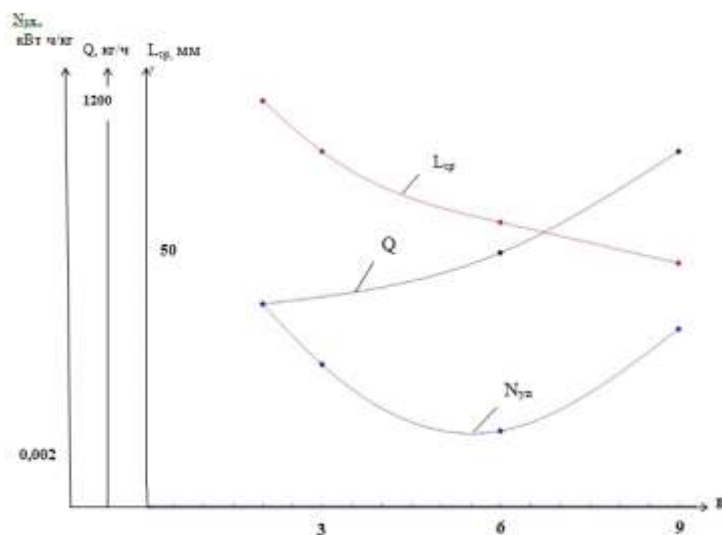


Рисунок 4-График экспериментальных зависимостей средневзвешенной длины частиц, удельной энергоёмкости, производительности от количества измельчающих двухплоскостных дугового профиля сегментов, n

Выводы

Анализ материалов исследований по зарубежным и отечественным литературным источникам показывает, что перспективным направлением заготовки и хранения грубых кормов является их прессование в рулоны и тюки. Разработанная классификация технических средств, предназначенных для раздачи кормов позволяет определить перспективное направление в создании указанных средств.

На основании проведенных исследований разработана конструктивно-технологическая схема раздатчика-измельчителя грубых кормов, заготовленных в прессованном виде, разработана программа и методика экспериментальных исследований.

Экспериментальные исследования подтвердили теоретические предпосылки для расчета конструктивно-режимных параметров раздатчика-измельчителя, такие как: угловая скорость вращения измельчающего рабочего органа, $\omega = 4,6-4,8, \text{ c}^{-1}$, количество зубчатых сегментов, расположенных по периметру измельчающего рабочего органа, $z = 9$; количество измельчающих двухплоскостных дугового профиля сегментов, $n = 8$; угол между измельчающим рабочим органом конусного типа и горизонтальными зубчатыми измельчающими элементами, $\alpha = 40^\circ$ при этом удельная энергоёмкость процесса составляет $N_{\text{уд}} = 0,05 - 0,079$ кВт·ч/кг.

Литература

1. Фролов, В.Ю. Классификация раздатчиков -измельчителей кормов / В.Ю. Фролов, Д.П. Сысоев, М.И. Туманова // Техника и оборудование для села. -2015. -№ 7, - С.18-20.
2. Фролов, В.Ю. Раздатчик-измельчитель грубых кормов [Текст] / В.Ю. Фролов, Д.П.Сысоев, М.И. Туманова // Сельский механизатор. – 2014. - № 3(61). – С.24-25.
3. Фролов В.Ю. Анализ факторов, влияющих на оптимальные конструктивно-режимные параметры раздатчика-измельчителя/ Фролов В.Ю., Туманова М.И.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Ответственный за выпуск: А.Г. Кощаев. 2016. С. 260-261.
4. Фоменко, В.П. Аналитические зависимости, полученные в результате исследований и их анализ / В.П. Фоменко, М.И. Туманова // В сборнике: Научное

обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. Отв. за вып. А. Г. Коцаев. 2017. С. 644-645.

5. Туманова, М.И. К вопросу по совершенствованию технических средств измельчения прессованных грубых кормов / М.И. Туманова // В сборнике: Инновационные тенденции развития российской науки материалы X Международной научно-практической конференция молодых ученых, посвященной Году экологии и 65-летию Красноярского ГАУ. 2017. С. 191-193.

6. Кулаковский И.В. и др. Машины и оборудование для приготовления кормов. Ч.II: Справочник/ И.В. Кулаковский, Ф.С. Кирпичников, Е.И. Резник. - М.: Росагропромиздат, 1988.-286 с.: ил.

7. Завражнов А. И. Технологическое проектирование ферм и комплексов./ А.И. Завражнов. - Алма-Ата.: Казнар. 1982.- 282 с.

8. Михеенко, А.А. Энергосберегающие технологии при уборке незерновой части урожая и зернобобовых культур / Михеенко А.А, Брусенцов А.С.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. Ответственный за выпуск: А.Г. Коцаев. 2016. С. 372.

References

1. Frolov, V.Ju. Klassifikacija razdatchikov -izmel'chitelej kormov / V.Ju. Frolov, D.P. Sysoev, M.I. Tumanova // Tehnika i oborudovanie dlja sela. -2015. -№ 7, -S.18-20.

2. Frolov, V.Ju. Razdatchik-izmel'chitel' grubyh kormov [Tekst] / V.Ju. Frolov, D.P.Sysoev, M.I. Tumanova // Sel'skij mehanizator. – 2014. - № 3(61). – S.24-25.

3. Frolov V.Ju. Analiz faktorov, vlijajushhij na optimal'nye konstruktivno-rezhimnye parametry razdatchika-izmel'chitelja/ Frolov V.Ju., Tumanova M.I.// V sbornike: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. Otvetstvennyj za vypusk: A.G. Koshhaev. 2016. S. 260-261.

4. Fomenko, V.P. Analiticheskie zavisimosti, poluchennye v rezul'tate issledovanij i ih analiz / V.P. Fomenko, M.I. Tumanova // V sbornike: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik statej po materialam H Vserossijskoj konferencii molodyh uchenyh, posvjashhennoj 120-letiju I. S. Kosenko. Otv. za vyp. A. G. Koshhaev. 2017. S. 644-645.

5. Tumanova, M.I. K voprosu po sovershenstvovaniju tehniceskijh sredstv izmel'chenija pressovannyh grubyh kormov / M.I. Tumanova // V sbornike: Innovacionnye tendencii razvitija rossijskoj nauki materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencija molodyh uchenyh, posvjashhennoj Godu jekologii i 65-letiju Krasnojarskogo GAU. 2017. S. 191-193.

6. Kulakovskij I.V. i dr. Mashiny i oborudovanie dlja prigotovlenija kormov. Ch.II: Spravochnik/ I.V. Kulakovskij, F.S. Kirpichnikov, E.I. Reznik. - M.: Rosagropromizdat, 1988.-286 s.: il.

7. Zavrazhnov A. I. Tehnologicheskoe proektirovanie ferm i kompleksov./ A.I. Zavrazhnov. - Alma-Ata.: Kaznar. 1982.- 282 s.

8. Miheenko, A.A. Jenergoberegajushhie tehnologii pri uborke nezernovoj chasti urozhaja i zernobobovyh kul'tur / Miheenko A.A, Brusencov A.S.// V sbornike: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik statej po materialam IX Vserossijskoj konferencii molodyh uchenyh. Otvetstvennyj za vypusk: A.G. Koshhaev. 2016. S. 372.