

# ЗАЩИЩЁННЫЕ ЖИРЫ. ДАВАЙТЕ РАЗБЕРЁМСЯ

Глухов Д.В. Научный консультант компании  
ПРОДИНВЕСТ  
e-mail: D.Gluhov@prodinvest.ru

Различные типы защищённых жиров появились на российском рынке кормов и кормовых добавок относительно недавно и постепенно приобретают всё более широкое распространение. Однако до сих пор не появилось ни одной статьи, которая в доступной и развёрнутой форме объяснила бы, что же такое защищённые жиры, чем один их тип отличается от другого, для чего они нужны и как действуют. Большая часть русскоязычных источников, посвящённых данной тематике носит коммерческий характер и информация, представленная в них, как правило, никак не обоснована и зачастую не соответствует действительности. В данной статье описанные выше вопросы рассматриваются, опираясь на опыт западных стран, где защищённые жиры применяются в кормлении молочных коров уже более 20 лет.

Защищённые жиры – это переработанные растительные, реже животные, масла и жиры, не подвергшиеся воздействию рубцовых микроорганизмов благодаря химическим (образование нерастворимых в нейтральной и слабокислой среде соединений) или физическим (высокая температура плавления) свойствам. Другие названия – транзитные или инертные

жиры. В настоящее время существует три основных типа защищённых жиров:

- кальциевые соли жирных кислот;
- фракционированные жиры;
- гидрогенизированные жиры.

Фракционированные и гидрогенизированные жиры могут выпускаться в двух формах: в виде триглицеридов или свободных жирных кислот. Однако прежде чем переходить к подробной характеристике каждого типа, стоит рассмотреть некоторые общие вопросы, касающиеся жиров.

## Особенности переваривания и усвоения жиров в организме жвачных

Для того чтобы в дальнейшем не быть голословным при обосновании эффективности тех или иных типов транзитных жиров в кормлении молочного скота приведу краткое описание биохимических процессов, которым подвергаются «незащищённые» жиры.

Итак, жиры, поступающие в организм коров с основными кормами, представлены в основном комплексными соединениями: триглицеридами (соединения жирных кислот и глицерина), гликолипидами (соединения жирных кислот и углеводов) и др. Примерно 85-90 % жирных кислот в этих соединениях представлены длинноцепочечными ненасыщенными, олеиновой С18:1 (25-45 %), линолевой С18:2 (55-70 %) и в меньшей степени линоленовой С18:3 (7-9%). Две трети насыщенных жирных кислот представлено пальмитиновой С16:0 [3].

Под воздействием жирорасщепляющих бактерий, например, *Anaerovibrio lipolitica*, *Butirivibrio fibrisolvens*, попавшие в рубец соединения практически полностью расщепляются до более простых составляющих: триглицериды – до жирных кислот и глицерина, гликолипиды – до жирных кислот и сахаров [9].

Затем 80-90 % ненасыщенных жирных кислот под воздействием рубцовых микроорганизмов подвергаются разной степени биогидрогенизации, т.е.

Таблица 1. Основные жирные кислоты коровьего молока (MacGibbon and Taylor, 2006)

ДЛИНА УГЛЕРОДНОЙ ЦЕПИ : ДВОЙНЫЕ СВЯЗИ (ненасыщенность)	НАЗВАНИЕ	СОДЕРЖАНИЕ, %
4:0	Масляная к-та	3,1-4,4
6:0	Капроновая к-та	1,8-2,7
8:0	Каприловая к-та	1,0-1,7
10:0	Каприновая к-та	2,2-2,8
12:0	Лауриновая к-та	2,6-4,2
14:0	Миристиновая к-та	9,1-11,9
14:1	Миристолеиновая к-та	0,5-1,1
15:0	Пентадекановая к-та	0,9-1,4
16:0	Пальмитиновая к-та	23,6-31,4
16:1	Пальмитолеиновая к-та	1,4-2,0
18:0	Стеариновая к-та	10,4-14,6
18:1 cis	Олеиновая к-та	14,9-22,0
18:1 trans	Транс-олеиновая к-та	≈3,9
18:2	Линолевая к-та	1,2-1,7
18:2 conj	Конъюгированная линолевая к-та	0,8-1,5
18:3	α-линоленовая к-та	0,9-1,5
	<b>Второстепенные кислоты</b>	<b>4,8-7,5</b>

«насыщению» двойных связей водородом. Продуктами этой реакции являются олеиновая С18:1 и стеариновая С18:0 кислоты. Стоит особо отметить, что поступление в рубец слишком большого количества ненасыщенных жиров отрицательно влияет на переваримость клетчатки (снижение до 50%) и белка [9], поэтому оптимальная норма ввода незащищённых жиров составляет 3-4% от сухого вещества рациона [1].

Часть жирных кислот поступающих с кормом используется микрофлорой рубца для синтеза собственных жиров, представленных в основном фосфолипидами. В результате примерно 85-90 % жиров, поступающих из рубца в нижние отделы пищеварительного тракта, представлены свободными жирными кислотами и 10-15 % микробными фосфолипидами [7,9,13].

В сетке, книжке и сычуге жиры не подвергаются каким-либо структурным изменениям. В тонком кишечнике ферменты поджелудочной железы расщепляют фосфолипиды. Под воздействием солей желчных кислот, образовавшиеся жирные кислоты, наряду с поступившими из рубца, формируют мицеллы, обеспечивающие их транспорт к стенке кишечника. Всасывание происходит диффузно (т.е. пассивно, против градиента концентрации), без затрат энергии. Затем, в кишечной стенке, из жирных кислот и глицерол-3-фосфата (соединения образующегося в печени из глюкозы) синтезируются триглицериды, которые, в свою очередь, «упаковываются» в специализированные структуры (липопротеины очень низкой плотности, ЛОНП), обеспечивающие их транспорт через лимфатическую систему и периферические кровеносные сосуды к тканям и органам [7].

## Значение жиров

Одна из основных ролей жиров – это обеспечение организма животного энергией: при окислении они выделяют её в 2,25 раза больше, чем углеводы [2,19]. В целом значение жиров как источника энергии растёт по мере увеличения молочной продуктивности, и потребность в них, как правило, возникает при суточных удоях свыше 20 кг молока [1]. Однако их применение также целесообразно для среднепродуктивных животных при скормливании основных

кормов 2 класса и ниже. В обоих случаях введение в рацион жиров способствует значительному увеличению его энергетической питательности при небольшом увеличении объёма. Это также позволяет снизить процент легкопереваримых углеводов (ЛПУ) в рационе [19], и соответственно уменьшить риск возникновения ацидоза.

Значение жиров определяется не только энергетической функцией. Они обеспечивают поступление в организм жирорастворимых витаминов (А, D, Е, К), являются структурными компонентами клеток. Длинноцепочечные жирные кислоты (линолевая, линоленовая) необходимы для синтеза биологически активных веществ, обеспечивающих нор-

мальный обмен веществ, рост, развитие и размножение животных. Кроме того, жирные кислоты, поступающие с кормами, необходимы для образования молочного жира.

## Жирнокислотный состав молочного жира

Жир коровьего молока считается одним из наиболее сложных жиров естественного происхождения, в его составе обнаружено более 400 различных жирных кислот [11]. Однако большая их часть представлена в чрезвычайно малых количествах (< 0,01%), только 15 из них достигают концентрации 1% и более [12]. Эти основные составляющие молочного жира представлены в Таблице 1. Наиболее значимые из них – пальмитиновая и олеиновая кислоты, которые в сумме занимают 50% объёма.

Все жирные кислоты коровьего молока имеют два источника: коротко- и среднецепочечные (от 4 до 14) синтезируются из уксусной кислоты непосредственно в молочной железе (эндогенные ЖК), длинноцепочечные (>16) поступают из кровотока (экзогенные ЖК). Пальмитиновая кислота «использует» оба пути: при недостатке жиров в рационе она практически полностью синтезируется молочной железой, а при достаточном их поступлении количество новообразованной жирной кислоты снижается до 30% и менее [14].

Эндогенные ЖК молочного жира занимают около 45% общего объёма [12]. Оставшаяся часть – это экзогенные ЖК, которые поступают из тонкого кишечника и выделяются из жировых депо. Однако жирные кислоты, выделяющиеся из жировой ткани, составляют менее 10% [4].

Таким образом, минимум 45% молочного жира находится в зависимости от кормов. Его концентрация снижается при скормливании рационов, богатых легкопереваримыми углеводами (крахмал) и ненасыщенными жирами, и напротив, может быть увеличена при применении защищённых жиров [14].

## Характеристика защищённых жиров и способы их получения

Как уже говорилось выше, существует три типа защищённых жиров.



**Защищённые жиры НУТРАКОР**  
проверенный и надёжный  
источник энергии  
в рационах жвачных животных



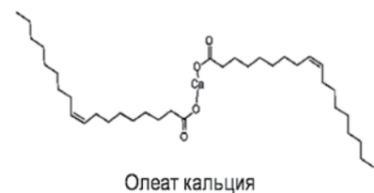
Таблица 2. Жирнокислотный состав КСЖК

КОМПОНЕНТ	СОДЕРЖАНИЕ, %
12:0 Лауриновая кислота	0,2
14:0 Миристиновая кислота	1,2-1,5
16:0 Пальмитиновая кислота	44-48
18:0 Стеариновая кислота	до 5
18:1 Олеиновая кислота	36-40
18:2 Линолевая кислота	8-10

ем масел или жиров с оксидом кальция (негашёная известь) в соотношении 1:1, добавлением воды и нагреванием до 100-150°C при давлении ≈1,9-3,9 атм.

В результате получают комплексные соединения жирных кислот с кальцием (Рис.1), с очень высокой температурой плавления (>120°C), стабильные в нейтральной и слабокислой среде: константа диссоциации (рН, при котором распадается 50% соединения) рК= 4,5 [5] Содержание сырого жира в них составляет 84-86%. Благодаря достаточно простому процессу переработки стоимость кальциевых солей жирных кислот меньше, чем фракционированных и гидрогенизированных жиров.

Характерной особенностью этого типа защищённого жира является высокая концентрация ненасыщенных жирных кислот, содержание которых может достигать 50% (Табл. 2). Основная их часть представлена олеиновой кислотой. Из насыщенных кислот



Олеат кальция

Рисунок 1. Кальциевая соль пальмитиновой кислоты

наибольшей по объёму является пальмитиновая. При нормальном рН рубца (6,0-7,3) КСЖК преодолевают его практически не подвергаясь расщеплению. В сычуге они распадаются на кальций и жирные кислоты, которые усваиваются, как описывалось выше, в тонком кишечнике. Усвоение кальция происходит там же, пассивно (диффузно) или активно – по специализированному ионному каналу (NRC 2001).

При снижении рН, например, при скармливании рационов, содержащих большое количество легкопереваримых углеводов, 10-40 % КСЖК распадается. Однако даже в этом случае его эффективность снижается незначительно, поскольку образовавшиеся при этом жирные кислоты усваиваются обычным путём, то есть ненасыщенные подвергаются гидрогенизации, а насыщенные транспортируются в кишечник (см. выше). Существует мнение, что распадаясь КСЖК оказывают отрицательное действие на расщепление клетчатки. Однако исследования проведённые ещё в 80 годах прошлого века указывают на то, что даже при введении в дозировке 10% от су-

Таблица 3. Жирнокислотный состав фракционированных жиров

КОМПОНЕНТ	СОДЕРЖАНИЕ, %
16:0 Пальмитиновая кислота	75-80
18:0 Стеариновая кислота	3-5
18:1 Олеиновая кислота	11-15
18:2 Линолевая кислота	3-4

Кальциевые соли жирных кислот (КСЖК) представляют собой мелкие гранулы желто-бежевого цвета. Их получают смешиванием

хого вещества рациона (рекомендуемая норма 3-5%) КСЖК не влияют на рубцовое пищеварение [6].

Фракционированные жиры (ФЖ) представляют собой мелкодисперсный порошок белого или светло-кремового цвета. Их получают тремя различными способами:

- фильтрацией пальмового масла через специальные мембранные фильтры под высоким давлением (5,9-29,9 атм.);
- центрифугированием или фильтрацией при постепенном охлаждении;
- смешиванием с растворителем (ацетоном), получением эмульсии, фильтрацией и промывкой чистым растворителем;

В результате отделяется тугоплавкая (температура плавления 55-58°C) твёрдая фракция, которая подвергается распылению и сушке. Она на 80-85% состоит из насыщенных жирных кислот (Табл. 3), преимущественно – из пальмитиновой и небольшого количества стеариновой, ненасыщенные кислоты представлены олеиновой и линолевой. Содержание сырого жира в ФЖ составляет 99%.

Фракционированные жиры производятся в двух формах:

- триглицериды (ТГ);
- свободные жирные кислоты (СЖК).

Также в их состав иногда включают различные добавки (кукурузный глютен, глюкоза). В этом случае содержание сырого жира в них снижено до 84-85%.

Благодаря высокой температуре плавления основная часть ФЖ преодолевает рубец не подвергаясь изменениям даже при низком рН. Исключение составляют ненасыщенные жирные кислоты, которые гидрогенизируются микроорганизмами, однако из-за низкой концентрации они не оказывают негативного влияния на рубцовое пищеварение. Усвояемость в тонком кишечнике зависит от формы фракционированного жира, подробнее это будет описано ниже.

Гидрогенизированные жиры (ГЖ) представляют собой хлопья или мелкодисперсный порошок светло-бежевого или кремового цвета. Это жиры или масла, подвергнутые отверждению путём насыщения водородом (гидрогенизация). Этот процесс происходит при высокой температуре (190-250°C) и давлении (1,9-9,9 атм.) в присутствии металлического катализатора (никелевого, никель-медного, металлокерамического и др.). Далее жиры отделяют в специальном сборнике от не вступившего в реакцию водорода и фильтруют при 110-130°C для освобождения от катализатора, его содержание в конечном продукте не должно превышать 1-2 мг/кг.

В процессе такой переработки насыщенные жирные кислоты (пальмитиновая С 16:0 и стеариновая С 18:0) остаются неизменными, а ненасыщенные (олеиновая С 18:1, линолевая С 18:2 и линоленовая

Таблица 4. Жирнокислотный состав гидрогенизированного жира

КОМПОНЕНТ	СОДЕРЖАНИЕ, %
12:0 Лауриновая кислота	1,0
14:0 Миристиновая кислота	0,9-2,0
16:0 Пальмитиновая кислота	47-53
18:0 Стеариновая кислота	35-44
18:1 Олеиновая кислота	1-11

С 18:3) - насыщаются атомами водорода и превращаются в стеариновую.

В конечном итоге ГЖ содержит большое количество стеариновой кислоты и практически не содержит ненасыщенных жирных кислот (Табл. 4).

Гидрогенизированные жиры, также как фракционированные, содержат 99% сырого жира, не подвергаются расщеплению в рубце благодаря высокой температуре плавления (58-60°C) и могут выпускаться в виде триглицеридов или свободных жирных кислот. В их состав также могут включаться различные добавки.

### Усвояемость и энергетическая ценность защищённых жиров

На усвоение (коэффициент переваримости) защищённых жиров в тонком кишечнике влияет множество показателей.

По мнению зарубежных авторов, наиболее важным является йодное число, характеризующее степень ненасыщенности жира. Чем оно выше, тем больше ненасыщенных ЖК входит в его состав [13]. Было установлено, что усвоение жира увеличивается с ростом йодного числа. Так коэффициент переваримости жиров с йодным числом выше 40 достигал 89%, ниже 40 – максимум 74% [10]. Это связывают с тем, что ненасыщенные жирные кислоты усваиваются лучше насыщенных (>90% против 60-70%) [18] и, возможно, обладают синергическим эффектом по отношению к последним, то есть при одновременном попадании в кишечник улучшают их всасывание [13].

Значение йодного числа сильно варьирует у разных типов защищённых жиров. У кальциевых солей жирных кислот оно составляет 40-49, у фракционированных – 14-19, у гидрогенизированных – 6-12, а иногда и ниже.

Вторым показателем, влияющим на коэффициент переваримости жиров в тонком кишечнике, является соотношение в них пальмитиновой и стеариновой кислот С16:С18. Ряд исследований показал, что усвояемость жиров улучшается по мере роста данного соотношения, то есть при увеличении количества пальмитиновой кислоты и снижении стеариновой [8,15,16,17]. Объяснить это можно тем, что в норме из-за процессов гидрогенизации в рубце (см. выше), стеариновая кислота является наибольшей по объёму из всех поступающих в тонкий кишечник жирных кислот, при этом её содержание в жировых тканях и молоке относительно невелико (11-19% и 10-15% соответственно). При усвоении организм «отдаёт предпочтение» более редкой в кормах, но при этом более «востребованной» в жировых тканях (22-26%) и молоке (23-31%) пальмитиновой кислоте. Примерное соотношение С16:С18 в защищённых жирах следующее:

- кальциевые соли жирных кислот – 9,2:1;
- фракционированные жиры – 19,4:1
- гидрогенизированные жиры – 1,3:1

Усвоение жиров также изменяется в зависимости от формы выпуска: свободные жирные кислоты усваиваются лучше, чем триглицериды [15], так, различия в переваримости гидрогенизированных СЖК и ТГ составляют около 36% [13]. Данная закономерность, скорее всего, также связана с особенностями пищеварения у жвачных: основная масса, поступающих в тонкий кишечник жиров представлена свобод-

ными жирными кислотами (см. выше). Для их дальнейшего усвоения не требуется большого количества жирорасщепляющих ферментов, недостаточная выработка которых может стать лимитирующим фактором при скармливании триглицеридов, защищённых от распада в рубце благодаря высокой температуре плавления (NRC, 2001).

Четвёртым, по-видимому, последним фактором, который может существенно повлиять на коэффициент переваримости защищённых жиров, является размер частиц. Продукты, производимые в виде хлопьев, усваиваются на 7-8% хуже гранулированных и порошкообразных [8].

Существует несколько публикаций, посвящённых сравнительному исследованию усвояемости различных типов защищённых жиров. Полученные данные касаются в основном кальциевых солей жирных кислот и гидрогенизированных жиров.

По данным американского национального научного совета [13] усвояемость КСЖК составляет 86%, гидрогенизированного животного жира – 43% в виде триглицеридов и 79% в виде свободных жирных кислот. Это, в целом, согласуется с результатами, полученными другими авторами, хотя подтверждения последнему показателю нет. Так в исследованиях Вейсса и Вайатта [21] коэффициент переваримости кальциевых солей жирных кислот составил 92,9%, гидрогенизированных триглицеридов пальмового масла – 39,0%. Данные Войта и коллег [20] несколько отличаются в меньшую сторону – 78,3% и 9,7% соответственно. В этой же работе была исследована усвояемость фракционированных триглицеридов, она составила 40,6%. Данных по переваримости фракционированных свободных жирных кислот в литературе нет. Однако если исходить из того, что усвояемость жирных кислот на 36% выше триглицеридов (см. выше), можно предположить, что коэффициент переваримости фракционированных СЖК составит минимум 76-77%, а возможно значительно выше, поскольку соотношение С16:С18 в них больше, чем в гидрогенизированных жирах.

Итак, по степени усвояемости защищённые жиры можно расположить следующим образом:

- 1) Кальциевые соли жирных кислот
- 2) Фракционированные и гидрогенизированные свободные жирные кислоты
- 3) Фракционированные и гидрогенизированные триглицериды

Энергетическая ценность защищённых жиров рассчитывается исходя из следующих показателей:

- процент сырого жира;
- форма жира (СЖК или триглицериды);
- коэффициент переваримости.

В 1 г жира, состоящего из свободных жирных кислот, содержится примерно 9,89 Ккал энергии, в триглицеридах – 9,33 Ккал (из-за содержащегося в них глицерина).

Валовая энергия рассчитывается следующим образом:

$$ВЭ=9,89(\text{либо } 9,33) * \% \text{ сырого жира (СЖ)}$$

Для КСЖК (85% СЖ) она составляет 8406,5 Ккал/кг (35,14 МДж/кг), для фракционированных и гидрогенизированных свободных жирных кислот (99% СЖ) – 9791,1 Ккал/кг (40,93 МДж/кг), для 99% триглицеридов – 9236,7 Ккал/кг (38,61 МДж/кг). Однако валовая энергия не может считаться адекватным показателем для оценки энергетической ценности жира, такими

критериями являются обменная энергия и чистая энергия лактации (NEL).

Обменная энергия вычисляется следующим образом:

$OЭ=ВЭ \cdot \text{коэффициент переваримости}$

ОЭ КСЖК – 32,64 МДж/кг; 99% свободных жирных кислот – 32,33 МДж/кг; 99% триглицеридов – 16,60 МДж/кг.

Чистая энергия лактации составляет примерно 82% от ОЭ, соответственно, NEL кальциевых солей жирных кислот составляет 28,24 МДж/кг; 99% СЖК – 26,51 МДж/кг; 99% триглицеридов – 13,61 МДж/кг.

Следует также учитывать, что при введении во фракционированные и гидрогенизированные жиры добавок, содержание сырого жира уменьшается, соответственно снижается их энергетическая ценность.

С экономической точки зрения кальциевые соли жирных кислот являются наиболее эффективными, так как при меньшей стоимости и одинаковой норме ввода (3-5%) они эквивалентны 99% жирам по показателям обменной энергии и NEL.

Что касается действия защищенных жиров на организм животных, то в первую очередь они положительно влияют на надои (увеличение, в среднем на 2 л/день) и жирность молока (увеличение на 0,3-0,6%). Кроме того, отмечено их воздействие на потребление и переваримость основных кормов, репродуктивную функцию коров. Эти вопросы широко отражены во множестве работ, обзор которых будет выполнен в следующей статье.

#### Список использованной литературы

1. Буряков Н.П. Кормление высокопродуктивного молочного скота. – М.: Проспект, 2009. – 416 с.

2. Калашников А.П. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. Издание 3-е дополненное и переработанное. – М. 2003. – 456 с.

3. Тютюнников Б.Н., Бухштаб З.И., Гладкий Ф.Ф. и др. Химия жиров. Учебное пособие. Издание 3-е дополненное и переработанное. – М.: Колос, 1992. – 448 с.

4. Bauman, D. E. and J. M. Griinari. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. Annu. Rev. Nutr. V. 23: pp. 203–227.

5. Block, E., W. Chalupa, E. Evans, T. Jenkins, P. Moate, D. Palmquist, C. Sniffen. 2005. Calcium salts are highly digestible. Feedstuffs. V. 77, № 30, pp. 1-7.

6. Downer, J.V., A.J. Kutches, K.R. Cummings and W. Chalupa. 1987. High fat rations for lactating cows supplemented with calcium salts of long chain fatty acids. J. Dairy Sci. V.70: p. 221.

7. Drackley, J.K. 2000 Lipid metabolism. In, Farm Animal Metabolism and Nutrition (J.P.F. D'Mello, ed.). CABI Publishing, Oxon, UK. pp. 97-121

8. Firkins, J.L., and M.L. Eastridge. 1994. Assessment of the effects of iodine value on fatty acid digestibility, feed intake and milk production. J. Dairy Sci. V. 77: pp. 2357-2366.

9. Jenkins, T.C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. J. Dairy Sci. V.76: p. 3851-3863.

10. Jenkins, T. C. 1994. Feeding fat to dairy cattle. In, Proc. Dairy Herd Management Conf. University of Georgia, Athens, GA. pp. 100– 109.

11. Jensen, R.G. 2002. Invited Review: The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. J. Dairy Sci. V.85: pp. 295–350.

12. MacGibbon, A.K. and M.W. Taylor. 2006. Composition and structure of bovine milk lipids. In,

Advanced Dairy Chemistry, Volume 2 Lipids. 3rd Ed. (P. F. Fox and P. L. H. McSweeney ed.). Springer Science and Business Media, Inc. pp. 1-42.

13. National Research Council 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Rev. Ed., Press, Washington, DC: Nat. Acad.

14. Palmquist, D.L. 2006. Milk Fat: Origin of fatty acids and influence of nutritional factors thereon. In, Advanced Dairy Chemistry, Volume 2 Lipids. 3rd Ed. (P. F. Fox and P. L. H. McSweeney ed.). Springer Science and Business Media, Inc. pp. 43-92.

15. Pantoja, J., J.L. Firkins and M.L. Eastridge. 1995. Site of digestion and milk production by cows fed fats differing in saturation, esterification and chain length. J. Dairy Sci. V. 78: pp. 2247-2258.

16. Pantoja, J., J.L. Firkins and M.L. Eastridge. 1996a. Fatty acid digestibility and lactation performance by dairy cows fed fats varying in degree of saturation. J. Dairy Sci. V. 79: pp. 429-437.

17. Pantoja, J., J.L. Firkins, M.L. Eastridge and B.L. Hull. 1996b. Fatty acid digestion in lactating dairy cows fed fats varying in degree of saturation and different fiber sources. J. Dairy Sci. V. 79: pp. 575-584.

18. Sklan, D., A. Arieli, W. Chalupa and D.S. Kronfeld. 1985. Digestion and absorption of lipids and bile acids in sheep fed stearic acid, oleic acid or tristearin. J. Dairy Sci. V. 68: p. 1667.

19. Smith, W.A. 1991 Fats for lactating dairy cows. S. Afr. J. Anim. Sci. V. 21(1): pp. 1-10.

20. Voigt J., S. Kuhla, K. Gaafar, M. Derno, H. Hagemeyer, 2006. Digestibility of rumen protected fat in cattle. Slovak J. Anim. Sci. V. 39, (1-2): pp. 16 – 19.

21. Weiss, W.P., and D.J. Wyatt. 2004. Digestible energy values of diets with different fat supplements when fed to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. V. 87: pp. 1446-1454.

молочное партнерство  
**prodiinvest**  
ВЕДУЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ НА РЫНКЕ  
заменителей цельного молока  
и защищенных жиров  
Более **60** регионов России  
ЗЦМ, ЗОМ;  
защищенные жиры, премиксы и БВМД  
ООО «Компания «Молторг»  
125424, Москва, Волоколамское шоссе, д.73  
Тел./Факс: (495)780-34-33, 780-30-85  
www.prodiinvest.ru

## РАБОЧИЙ ЭЛЕМЕНТ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРМОВ

В.Ю. Фролов, д.т.н.,  
Д.П. Сысоев, инженер

Кубанский Государственный Аграрный Университет

*Подготовка кормов к скармливанию и выбор технологического оборудования тесно связаны с принятой технологией содержания животных и качеством исходного кормового сырья. Правильность эксплуатации кормоприготовительной техники во многом зависит от принципа их работы, физико-механических свойств кормовых материалов и знаний основ теории рабочих процессов.*

Известные конструкции рабочих органов измельчителей грубых кормов представляя собой режущий аппарат, состоящий из вала или барабана с измельчающими элементами.

Недостатком большинства конструкций подобных устройств, является высокие затраты энергии на измельчение, за счет резания-рубки, характеризующиеся ударными воздействиями на измельчаемый материал и низкая эксплуатационная надежность машины за счет ударных нагрузок.

В целях уменьшения усилия резания, следовательно, и мощности на рабочий процесс, ножи должны подбираться таким образом, чтобы при работе измельчителя кормов, по всей длине режущей кромки ножа происходило резание материала со скольжением.

Еще одним недостатком большинства режущих элементов рабочих органов является воздействие режущей кромки на материал только в одной плоскости, а так же то, что в большинстве схем измельчающих аппаратов не учитывается хаотическое расположение стеблей.

Нами предлагается рабочий элемент измельчителя кормов, который осуществляет измельчение материала в продольно-поперечных плоскостях, за счет скользящего резания. Это позволит снизить энергоемкость рабочего процесса и улучшить качество измельчения кормов, повысить эксплуатационную надежность и срок службы машины путем снижения ударной нагрузки и вибрации.

Рабочий элемент измельчителя кормов выполнен в виде лопасти, которая воздействует на кормовой материал в продольно-поперечных плоскостях. Наличие кривизны у режущей кромки лопастей дает возможность захвата измельчаемой массы корма, постепенного ее уплотнения и плавного перерезания. Ввиду хаотичной ориентации стеблей в монолите происходит воздействие рабочего элемента на материал в различных направлениях (многоплоскостное резание,

в частности, продольно-поперечное). Рабочий элемент посредством отверстий соединяется по периметру дисков или шнековой навивки вала рабочего органа измельчителя кормов.

Рабочий элемент воздействует на кормовой материал следующим образом. Корм, подлежащий измельчению, попадая на зубчатую режущую кромку 3 горизонтальной плоскости 2, вначале уплотняется до определенного предела, а затем перерезается. При уплотнении корма возникает боковая сила, которая совпадает по направлению с боковым усилием, возникающим при резании, в результате чего возрастает доля скользящего резания и как следствие этого снижение расхода энергии на измельчение корма. Зубчатая режущая кромка 3 вертикальной плоскости 1 захватывает кормовой материал, уплотняет до определенного предела и, за счет скольжения по зубчатой кромке, перерезает его.

Учитывая, что часть передаваемого усилия на входе рабочего элемента в кормовую массу гасится дугвым профилем его лопасти, это позволит при работе измельчителя значительно снизить ударные нагрузки и вибрации, следовательно, повысить срок его службы.

Рабочий элемент измельчителя кормов может применяться в сочетании со шнековыми рабочими органами горизонтального и вертикального исполнения на серийно-выпускаемых кормораздатчиках как отечественного, так и зарубежного производства.

Предлагаемая конструкция по сравнению с прототипом и другими известными техническими решениями имеет следующие преимущества:

- воздействие на материал в различных направлениях (многоплоскостное резание, в частности, продольно-поперечное);
- снижение энергоемкости процесса измельчения;
- улучшение качества измельчения;
- повышение эксплуатационной надежности и срок службы машины.

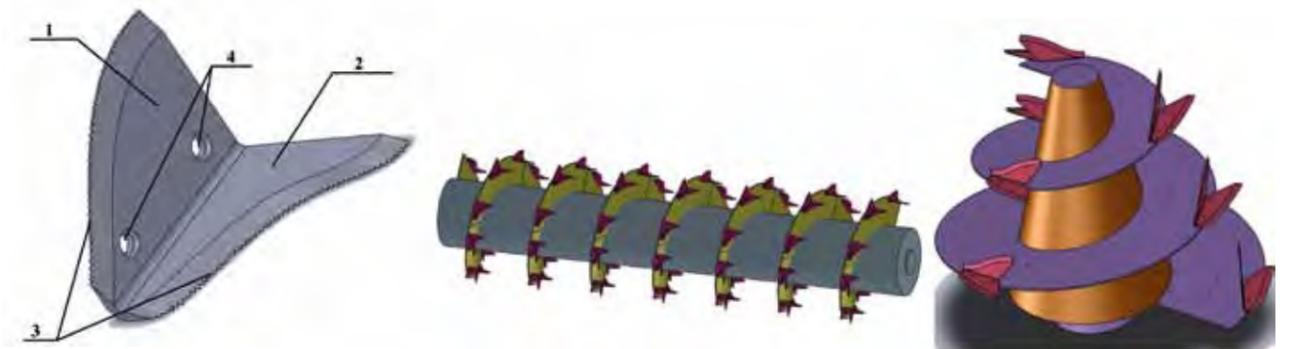


Рис. 1. Рабочий элемент измельчителя кормов