

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

**А. В. БРУСЕНКОВ, В. П. КАПУСТИН**

**ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА  
ПРИГОТОВЛЕНИЯ  
КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ  
ДЛЯ СКАРМЛИВАНИЯ  
КРУПНОМУ РОГАТОМУ СКОТУ**

Рекомендовано Научно-техническим советом  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет»  
в качестве монографии



---

**Тамбов**  
• Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ» •  
2019

УДК 631.3:636  
ББК П072.0я73  
Б89

Р е ц е н з е н т ы :

Кандидат педагогических наук, доцент,  
начальник отдела электронного обучения ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
*А. И. Попов*

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией  
управления качеством технологических процессов  
в сельском хозяйстве ФГБНУ ВНИИТИН  
*А. В. Анашкин*

**Брусенков, А. В.**

Б89      Технологии и средства приготовления корнеклубнеплодов  
для скармливания крупному рогатому скоту : монография /  
А. В. Брусенков, В. П. Капустин. – Тамбов : Издательский центр  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – 140 с. – 400 экз.  
ISBN 978-5-8265-2057-4

Представлены технологии производства корнеклубнеплодов, технологические процессы и технические средства, используемые для их приготовления, дано описание конструкций существующих технологических линий и машин для переработки корнеклубнеплодов на корм крупному рогатому скоту, их недостатки и преимущества, а также предложены направления совершенствования механизмов и узлов машин для мойки и измельчения корнеклубнеплодов на животноводческих фермах.

Предназначено для специалистов, занимающихся вопросами приготовления корнеклубнеплодов на животноводческих фермах, конструкторских бюро, разрабатывающих новую и совершенствующую старую технику, а также будет полезно студентам и аспирантам высших учебных заведений, обучающимся по инженерным сельскохозяйственным специальностям.

УДК 631.3:636  
ББК П072.0я73

ISBN 978-5-8265-2057-4      © Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тамбовский государственный технический  
университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2019

## ВВЕДЕНИЕ

---

Животноводство выполняет одну из важных задач в решении продовольственной безопасности страны. Одной из ключевых отраслей животноводства является скотоводство, которое оказывает существенное влияние на социально-экономическое развитие сельских территорий, выступает в качестве основного фактора развития аграрного сектора экономики и обеспечивает население полноценными продуктами питания.

В настоящее время производство животноводческой продукции сконцентрировано в основном на животноводческих фермах и комплексах сельхозпредприятий различных форм собственности. В структуре себестоимости животноводческой продукции наибольший удельный вес занимают корма и затраты труда, связанные с их заготовкой, хранением и приготовлением к скармливанию. Технической базой для механизации технологических процессов погрузки, смешивания, измельчения и раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота является серийная техника, предусмотренная «Системой технологий и машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства», основу которой составляют многофункциональные технические средства, отвечающие особенностям производства продукции животноводства.

В работе освещены наиболее прогрессивные способы и средства механизации выполнения технологических процессов заготовки, хранения и приготовления корнеклубнеплодов на фермах и комплексах для крупного рогатого скота с учётом особенностей производства продукции животноводства. Представленная информация позволяет выбрать необходимый состав технологических линий, в соответствии с принятой технологией приготовления корнеклубнеплодов. Входящие в состав технологических комплексов технические средства соответствуют Федеральной системе технологий и машин для производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

# 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

---

## 1.1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ И ИХ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ

В теле животного содержится около 100 химических элементов и соединений, которые расходуются на образование продукции. Пополнение их является обязательным условием не только получения продукции высокого качества, но и развития самого животного. Большое влияние на повышение продуктивности животных и развития их организма имеют такие биологически активные вещества, как витамины, ферменты, гормоны и различные азотосодержащие добавки [27, 32].

Корма называют естественные и специально приготовленные и используемые для сельскохозяйственных животных продукты, содержащие вещества в усвояемой форме и не оказывающие вредного воздействия на здоровье животных и качество получаемой от них продукции. Все кормовые средства, используемые для кормления животных, различают как по источникам получения, так и по химическому составу и питательности.

Под питательностью понимают свойство корма удовлетворять разносторонние потребности животных в пище. Чтобы оценить питательность корма, необходимо знать химический состав, калорийность, переваримость корма, а также усвояемость животными питательных веществ. Для правильной оценки питательной ценности кормов необходимо определить их химический состав и фактическую (энергетическую) питательность.

Основным показателем питательности кормов является их химический состав. В соответствии с принятой схемой зоотехнического анализа в кормах определяют шесть групп веществ: воду, сырую золу, сырой протеин, сырой жир, сырую клетчатку и безазотистые экстрактивные вещества (рис. 1), [7, 27, 32]. Под термином «сырой» понимают содержание не только чистого вещества, но и других сопутствующих соединений. Например, при извлечении жира в эфирную вытяжку кроме жира переходят смолы, воск, пигменты.

Любой корм состоит из сухого вещества и воды.

*Сухое вещество* определяет объём рациона и поступление в организм животного энергии и питательных элементов. В сухом веществе

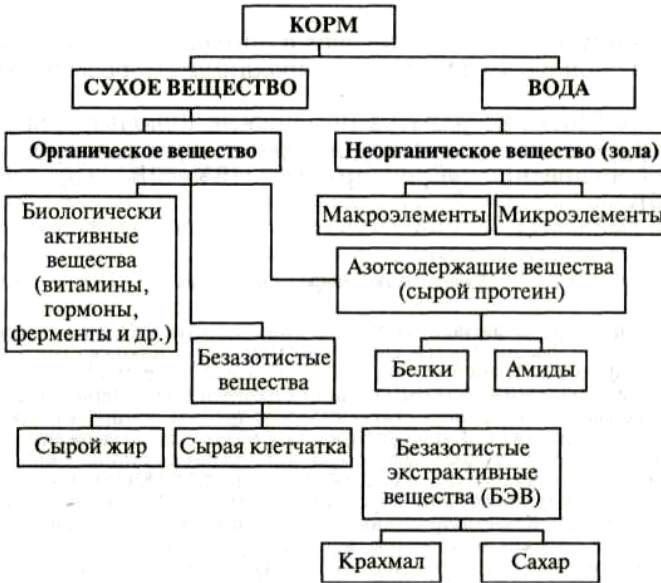


Рис. 1. Схема зоотехнического анализа кормов

различают минеральную и органическую части. Минеральная часть корма характеризуется наличием элементов минерального питания (кальций, фосфор, магний, калий, железо, медь и др.), находящихся в форме различных соединений. Органическая часть корма состоит из веществ двух видов: азотистый (сырой протеин) и безазотистые (сырой жир, сырая клетчатка, экстрактивные вещества). Оптимальное потребление сухого вещества в расчёте на 100 кг массы животного (кг): взрослым крупным рогатым скотом – 3,2...3,6; молодняком – 2,5...3,0. Сухое вещество корнеклубнеплодов состоит в основном из углеводов, главным компонентом которых являются легкоусвояемые сахара (сахароза), поэтому они имеют высокую переваримость органического вещества – 85...90%.

Разные сорта растений одного вида отличаются содержанием сухих веществ и витаминов. Например, в кормовой свёкле жёлтых сортов больше сухого вещества и витаминов, чем в свёкле белых сортов. Большое значение для повышения качества кормов имеют время и способы посева, качество посевных семян, густота посева, уход за растениями и другие приёмы агротехники. Корнеплоды при редкой посадке содержат меньше сухих веществ.

*Вода* является основным растворителем и участником важных физиологических процессов, в ходе которых впитавшиеся из кишечника питательные вещества доставляются ко всем клеткам и тканям организма, а от них выносятся продукты жизнедеятельности. Обладая высокой удельной теплоёмкостью, вода принимает участие в регуляции температуры тела животных. Содержание воды в организме животных зависит от их возраста и упитанности: у молодых оно составляет 72...80%, у взрослых – 50...60%. С возрастом количество воды снижается до 50...60%. Чем больше воды в корме, тем ниже его питательность. Содержание воды в корнеплодах составляет до 90%.

*Минеральные вещества* входят в состав всех органов и тканей животного организма и выполняют в организме важные физиологические функции. Они являются структурными элементами ряда ферментов и гормонов, некоторые из них составляют основу костной ткани, участвуют в регуляции деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем, белкового, углеводного, жирового и водного обмена. В тканях животных обнаружено более 60 минеральных веществ. Минеральные вещества делят на две группы – макроэлементы (кальций, фосфор, калий, натрий, магний, хлор, сера и др.) и микроэлементы (железо, медь, цинк, кобальт, марганец, йод и др.). Первых содержится от сотых долей до целых процентов, вторых – от миллионных (и меньше) до сотых долей процента. Кальций и фосфор составляют около 70% всех минеральных элементов, содержащихся в организме животного. Примерно 99% кальция и 80% фосфора приходится на костную ткань. Именно поэтому они необходимы животным в больших количествах. Кальций понижает возбудимость нервной системы, влияет на свёртываемость крови. Много его в листьях и стеблях растений. Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот, ряда ферментов и выполняет важную функцию в углеводном обмене. Если содержание кальция и фосфора в рационах недостаточно, молодые животные заболевают рахитом, а взрослые – остеопорозом. При рахите – уродливые кости, увеличенные суставы, при остеопорозе – кости слабые и ломкие.

*Сырой протеин* включает белки и азотистые вещества небелкового характера – амиды. Белки входят в состав всех органов и тканей организма. Их содержат ферменты, гормоны и иммунные тела, выполняющие важную роль в пищеварительных, обменных процессах и защитных реакциях организма. Белки состоят из заменимых и незаменимых (лизин, триптофан, метионин, валин, гистидин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, треонин и аргинин) аминокислот. Они особенно нужны для свиней и птицы, так как в зерновых кормах их содержание ничтожно мало. Содержание сырого протеина в сухом веществе кор-

неплодов колеблется в пределах 4...12%, при этом около половины его представлено в форме небелковых азотистых соединений [7, 27].

К *безазотистым соединениям* относятся углеводы и жиры.

В сухом веществе растительного происхождения содержится 70...80% углеводов, в то время как в организме животного – лишь 1,0...1,5% в виде животного крахмала (гликогена). По энергетической ценности углеводы являются лучшими источниками энергии, так как быстро всасываются и легко распадаются. Конечные продукты окисления углеводов в организме животных – вода и углекислый газ. В группу углеводов входят безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), клетчатка и ряд других соединений. Основные представители БЭВ – крахмал, сахар и пентозаны.

*Жир*, содержащийся в корме, – источник энергии. Сырая клетчатка – это полисахарид, состоящий из целлюлозы, гемицеллюлозы (пентозаны и гексозаны) и инкрустирующих веществ (лигнина, кутана, суберина). Много клетчатки в соломе и мякине (27...42%), меньше всего её в зерне кукурузы (около 2%) и корнеклубнеплодах (около 1%), совсем нет в кормах животного происхождения.

*Витамины* имеют большое значение для организма. Они входят в состав ферментов, принимающих участие в белковом, жировом и других обменах. Недостаток их приводит к заболеваниям – авитаминозам. Некоторые витамины влияют на окислительно-восстановительные процессы в организме, поэтому действуют как антиоксиданты. Витамины делятся на две группы: жирорастворимые (А, D, E, К) и водорастворимые (С и группы В).

*Общая (энергетическая) питательность корма* – это способность углеводов, жиров и частично белков в результате метаболизма откладываться в виде продукции (молоко, ткани тела, шерсть и др.). За энергетическую кормовую единицу (ЭКЕ) принято 10 МДж обменной энергии (ОЭ); 1 Дж (джоуль) энергии равен 0,2388 кал, а 1 кал равна 4,1868 Дж; 1 МДж равен 1 млн Дж.

Комплексная характеристика корнеклубнеплодов по содержанию отдельных питательных веществ приведена в таблице 1.

*Норма кормления* – это количество питательных веществ, необходимое для удовлетворения потребности животных в целях поддержания жизнедеятельности организма и получения намеченной продукции хорошего качества при сохранении здоровья. Нормы кормления периодически пересматривают, чтобы повысить продуктивность сельскохозяйственных животных. В них учитывают потребность животных в 22 – 30 элементах питания.

На основе норм кормления животных составляют суточный рацион.

*Рацион* – это набор кормов, соответствующий по питательности определённой норме кормления и удовлетворяющий физиологическую потребность животного в питании с учётом его продуктивности. К рационам для сельскохозяйственных животных предъявляют следующие требования. По питательности они должны соответствовать нормам кормления и биологическим особенностям определённого вида животных; содержать вещества, благоприятно влияющие на пищеварение; быть разнообразными по ассортименту кормов и достаточными по объёму. В рацион целесообразно включать корма по возможности дешёвые и производимые в основном в хозяйстве.

*Тип кормления* сельскохозяйственных животных характеризуется структурой рациона, соотношением между группами кормов, выраженным в процентах от их общего количества. Название типа кормления определяется видом преобладающих в рационе кормов. Различают следующие типы кормления: силосный, концентратный, силосно-корнеплодный, силосно-сенажный, силосно-сенажно-концентратный и др.

В практике нашли применение три основных технологии кормления КРС [4, 5, 7, 8, 66]: первая технология предусматривает скормливание кормовых компонентов отдельно или покомпонентно; вторая – кормление полнокомпонентной смесью в зимний период и поочерёдное кормление зелёными и концентрированными кормами в летний период и третья – круглогодичное дифференцированное кормление животных полнорационными кормосмесями, приготовленными в мобильных измельчителях-смесителях-раздатчиках кормов.

При первой технологии сначала раздают сочные и грубые корма, а затем на них насыпают концентрированные. Это даёт возможность выборочного поедания кормов скотом, что приводит к потерям сочных и грубых кормов до 15...20%. Потребляемые отдельно концентрированные корма повышают кислотность в рубце коровы и это приводит к заболеванию животных. Выдача тщательно перемешанной полнорационной кормосмеси к повышению кислотности среды рубца не приводит, при этом улучшаются показатели воспроизводства, здоровья и молочной продуктивности коров, снижаются потери кормов [8, 72].

При второй технологии полнокомпонентную кормосмесь готовят в стационарных кормоцехах, типа КОРК-15, а затем её раздают в кормушки животным [8, 33, 72].

Третья технология предусматривает кормление полноценными кормосмесями, приготовленными в мобильных многоцелевых агрегатах, совмещающих процессы измельчения, смешивания и дозированной раздачи кормов [33, 72].



## 1. Состав и питательность корнеклубнеплодов

| Показатель              | Корнеклубнеплоды |                 |                 |         |
|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------|
|                         | Картофель сырой  | Свёкла кормовая | Свёкла сахарная | Морковь |
| ЭКЕ:                    | –                | –               | –               | –       |
| крупного рогатого скота | 0,28             | 0,17            | 0,28            | 0,22    |
| свиней                  | 0,32             | 0,17            | 0,26            | 0,17    |
| овец                    | 0,32             | 0,17            | 0,26            | 0,17    |
| Обменная энергия, МДж:  | –                | –               | –               | –       |
| крупного рогатого скота | 2,8              | 1,7             | 2,8             | 2,2     |
| свиней                  | 3,2              | 1,7             | 2,6             | 1,7     |
| овец                    | 3,2              | 1,7             | 2,6             | 1,7     |
| Сухое вещество, г       | 220              | 120             | 230             | 120     |
| Сырой протеин, г        | 18               | 13              | 16              | 12      |
| РП, г                   | 16,6             | 12              | 14,7            | 11      |
| НРП, г                  | 1,4              | 1               | 1,3             | 1       |
| ПП КРС, г               | 10               | 9               | 6,5             | 6,2     |
| ПП свиней, г            | 12               | 10              | 9               | 7       |
| ПП овец, г              | 11,4             | 9,6             | 7               | 8       |
| Лизин, г                | 1                | 0,4             | 0,              | 0,5     |
| Метионин+цистин, г      | 0,5              | 0,2             | 0,2             | 0,4     |
| Триптофан, г            | 0,2              | 0,1             | 0,1             | 0,1     |
| Сырой жир, г            | 1                | 1               | 2               | 2       |
| Сырая клетчатка, г      | 8                | 9               | 14              | 11      |
| НДК, г                  | 36               | 40              | 62              | 49      |
| БЭВ, г                  | 36               | 40              | 62              | 49      |
| Крахмал, г              | 140              | 3               | 6               | 7       |
| Сахар, г                | 10,5             | 40              | 120             | 35      |

| Показатель        | Корнеклубнеплоды |                 |                 |         |
|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------|
|                   | Картофель сырой  | Свёкла кормовая | Свёкла сахарная | Морковь |
| Макроэлементы, г: | –                | –               | –               | –       |
| кальций           | 0,2              | 0,4             | 0,5             | 0,9     |
| фосфор            | 0,5              | 0,5             | 0,5             | 0,6     |
| сера              | 0,3              | 0,2             | 0,3             | 0,2     |
| Микроэлементы, г: | –                | –               | –               | –       |
| железо            | 21               | 8               | 31              | 10      |
| медь              | 0,8              | 1,9             | 2,3             | 1,1     |
| цинк              | 1,3              | 3,3             | 7,1             | 2,2     |
| йод               | 0,1              | –               | 0,2             | –       |
| Витамины:         | –                | –               | –               | –       |
| каротин, мг       | 0,2              | 0,1             | 0,3             | 54      |
| А, МЕ             | –                | –               | –               | –       |
| D, МЕ             | –                | –               | –               | –       |
| Е, мг             | 0,8              | 0,7             | 0,4             | 1,5     |

Наиболее распространённым типом кормления крупного рогатого скота в стойловый период является силосно-корнеплодно-концентратный с добавлением разного количества силоса, корнеклубнеплодов и концентрированных кормов в зависимости от вида и уровня продуктивности животных [7].

Как показывают практика и результаты проведённых исследований за рубежом, на крупных молочных фермах широкое распространение нашла технология кормления животных полнорационными многокомпонентными кормосмесями, которые позволяют повысить продуктивность животных на 15...20%, на 50% сократить расходы на лечение заболеваний, вызванных нарушениями обмена веществ и значительно снизить нормы расходов (на 10...15%) за счёт их лучшей усвояемости [46, 62]. Эта технология механизации приготовления и выдачи кормовых смесей успешно применяется на фермах как при привязном, так и беспривязном содержании коров, откорме крупного ро-

гатого скота в летних лагерях и на выгульных площадках [29]. В структуре общих годовых затрат совокупной энергии при привязной, комбинированной и беспривязной технологиях производства молока затраты энергии на производство и приготовление корма составляют около 170 ГДж на одну голову в год, или 76,7% от общих затрат на производство продукции [69]. Более прогрессивным способом является беспривязный способ содержания коров, который в Европейских странах составляет 68...70%, в США – 84...85% [18], в РФ – 5...6% [64]. Данный способ с внедрением автоматизированных систем управления технологическими процессами обеспечивает реализацию прогрессивных технологий, высокую производительность труда и минимальные затраты ресурсов [18]. Научой и практикой доказано, что наименее затратным способом является беспривязно-боксовое содержание коров, при котором сокращение затрат труда достигает в 1,7 раза, а при комбинированном – в 1,36 раза по сравнению с привязным содержанием животных (125...150 чел.·ч) [64, 75]. Кроме того, беспривязное содержание позволяет максимально механизировать выполнение всех технологических процессов обслуживания скота, при её применении удешевляется стоимость строительства зданий и сооружений, за счёт комплексной механизации процессов и группового обслуживания повышается производительность труда. Недостатком является увеличение затрат на корма на 15...18% в связи со свободным доступом и повышенной потребностью в них под воздействием моциона [75].

Проведённые ВНИИМЖ и АлтНИИСХ исследования показали, что при скармливании животным полнорационных кормовых смесей продуктивность возрастала на 9...20%, а расход кормов на 1 ц молока сокращался примерно на 7% [21]. Удельный расход кормов на 1 кг привеса КРС составляет почти 14 корм. ед., а на 1 кг молока расходуется 1,2...1,3 корм. ед., что в 1,5–2 раза больше, чем в передовых странах [67].

## **1.2. КОРНЕКЛУБНЕПЛОДЫ В РАЦИОНАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

Особенностью современного производства продукции животноводства является достижение полной реализации их наследственного потенциала. Имеющийся потенциал продуктивности коров из-за нарушений технологических регламентов содержания, кормления и доения реализуется только на 40...60% [8, 67]. Изменяя уровень и режим кормления, набор и соотношение кормов в рационе, можно воздействовать на весь обмен веществ, формировать желательный тип живот-

ного, способного к высокой молочной или мясной продуктивности. Только рациональное, нормированное кормление с использованием современных достижений науки и практики в полной мере может обеспечить высокую продуктивность животных, повысить качество животноводческой продукции и снизить её себестоимость [7, 12, 67]. Не решив проблему полноценного кормления животных, невозможно увеличить производство продукции животноводства.

В кормлении КРС используются корма растительного и животного происхождения и промышленного производства. Основу рациона КРС составляют корма растительного происхождения (грубые, сочные и концентрированные корма). Важными факторами успешного ведения животноводства являются: создание прочной кормовой базы и обеспечение скота качественными и дешёвыми сочными и грубыми кормами. Однако, как показывают проведённые исследования, обеспеченность объёмистыми кормами не превышает 75...80%, качество заготавливаемых сочных кормов не отвечает зоотехническим требованиям, недостаток питательных веществ восполняется за счёт применения в рационах животных дорогостоящих концентрированных кормов, что приводит к увеличению стоимости кормовой единицы более чем на 30% [47]. Кроме того, несбалансированность кормового баланса по основным видам кормов, их низкое качество предопределяют в целом дисбаланс в кормлении КРС по протеину и обменной энергии, что оказывает отрицательное влияние на продуктивность животных (ежегодно от коров недополучают по стране 4...5 млн т молока). На одну условную голову скота заготавливается грубых и сочных кормов 21...22 ц корм. ед., что на 20...25% ниже научно обоснованных зоотехнических норм [47]. Как показывает опыт многих хозяйств, увеличение производства говядины и снижения её себестоимости можно добиться при использовании местных дешёвых кормов.

Анализ современного состояния кормовой базы показывает, что уровень обеспеченности подотраслей кормами, и особенно белком, является недостаточным. Данные ВНИИ кормов свидетельствуют о том, что по сочным кормам ежегодно недополучают около 1,1 млн т кормового белка [42].

Известно, что тип кормления и физико-механические свойства кормов оказывают большое влияние на качество получаемой продукции. При определении типа кормления и набора элементов питания в рационах животных необходимо ориентироваться на местные корма, производимые в хозяйствах и имеющих низкую себестоимость и более высокое качество. При составлении рационов необходимо учитывать сочетание кормов и последовательность их выдачи. По данным Все-

союзного научно-исследовательского института животноводства, потери питательных веществ из-за несовершенства методов заготовки и хранения в корнеклубнеплодах достигают 20...25% [34].

Наибольшее количество высококачественного и дешёвого молока можно получать только при полноценном кормлении коровы. Отдельные корма по-разному влияют на молочную продуктивность, поэтому кормление коров должно быть разнообразным. Неполюценное однообразное кормление ухудшает качество молока: вкус, состав, технологические свойства [58, 76].

Наукой доказано, что у низкопродуктивных коров (2000...2300 кг молока в год) 65% питательности рациона уходит на поддержание жизни, в то время как у животных с продуктивностью 6000 кг – всего 37%. Поэтому повышение продуктивности животных на основе улучшения качества кормов и условий содержания имеет первостепенное значение. Исследованиями ВИЖ и ВИК было подтверждено, что за счёт этих факторов можно увеличить молочную продуктивность коров на 1000...1500 кг молока в год [79].

Скармливание корнеплодов положительно влияет на процессы перевариваемости, стимулирует лактацию, обеспечивает рационы необходимым количеством сахара. В хозяйствах с высокой молочной продуктивностью коров доля корнеплодов в сочных кормах достигает от 40 до 50% [7]. Включение корнеплодов в рационы крупного рогатого скота, особенно молочных коров, в период их стойлового содержания позволяет повысить усвояемость грубых кормов. Однако, вследствие высокого содержания воды, преобладание в сухом веществе легкорастворимых углеводов, недостаточности протеина и клетчатки, они не могут служить основным кормом для животных и их скармливают в рационах совместно с другими кормами. Их вводят в состав рационов бедных углеводами и богатых протеином и клетчаткой, как источники веществ, необходимых для развития желательной микрофлоры рубца [7].

К важнейшим кормовым клубнеплодам относят картофель, морковь, земляную грушу, к корнеплодам – свёклу кормовую и сахарную, брюкву, турнепс. Из всех видов используемых в нашей стране кормовых корнеклубнеплодов наибольшая доля приходится на кормовую и сахарную свёклу, картофель и морковь [26, 27, 57]. Корнеклубнеплоды относятся к объёмистым кормам растительного происхождения и входят в группу сочных кормов. К объёмистым относятся такие корма, в 1 кг которых содержится не более 0,65 корм. ед. (к ним относятся корнеклубнеплоды, силос, бахчевые и др.) [16]. Корнеклубнеплоды – вкусный, охотно поедаемый животными, прекрасный в диетическом отношении корм. По сбору питательных веществ с единицы площади

при высоком уровне агротехники корнеплоды занимают одно из первых мест среди кормовых культур. Конкуренцию им может составить только кукуруза [7].

На кормовые цели картофель используют в сыром, запаренном, силосованном и сушёном виде. Консервирование клубней методом силосования и высокотемпературной сушки является эффективным приёмом снижения их потерь при хранении и создаёт предпосылки для ликвидации сезонности использования картофеля в кормлении сельскохозяйственных животных.

Запаривание клубней повышает содержание в них свободных сахаров в результате частичного гидролиза крахмала. Такой картофель легко силосуется, причём 94% из всех содержащихся в картофельном силосе органических кислот приходится на долю молочной кислоты.

Питательность силосованного картофеля во многом определяется качеством хранилищ. Они должны быть изготовлены из водо- и воздухопроницаемого материала. Наиболее удобные и экономичные величина и форма хранилища для силосования картофеля – траншея на 250...300 м<sup>3</sup> с разделением её на секции ёмкостью 30...60 м<sup>3</sup>. Ширина такой секции – 3,5...4,0 м, длина – 3,5...4,0 и глубина – 2,5...3,0 м. При силосовании запаренного картофеля его очищают от камней и земли, моют, запаривают, разминают и охлаждают до температуры 50...60 °С. Для мойки клубней применяются агрегаты АПК-10, ИКМ-Ф-10 и др., а для запаривания – С-12, С-7, КН-3, ЗКП-4. Агрегаты устанавливают на краю траншеи с таким расчётом, чтобы мятый картофель из загрузочного шнека попадал непосредственно в ёмкость. Для снабжения паром рядом с картофелезапарочным агрегатом устанавливают котёл-парообразователь. Время пропаривания клубней – 30...40 мин. Перегрев ухудшает вкусовые качества картофеля, а недостаточное пропаривание затрудняет их размятие и уплотнение. Для охлаждения размятых клубней используют вентилятор, на выходной патрубок которого монтируют кожух, направленный в сторонусыпающегося из мялки агрегата и лежащего в яме картофеля.

Секция траншеи заполняется картофелем не более чем за 1...2 дня, после чего герметически укрывается плёнкой, землёй, а для утепления – соломой или торфом. Для выемки силоса из хранилищ используют универсальные погрузчики ПГ-02; ПЭ-0,8; ПУ-0,5 или универсальный экскаватор ЭО-2621.

В целях обогащения силосованного картофеля азотом, фосфором, кальцием, серой и другими питательными веществами в процессе силосования вносят добавки – диаммонийфосфат, карбамид, сульфат

натрия (0,5% к массе силоса) или хорошо измельчённую отаву клевера (20...25%).

В 1 кг силоса из запаренного картофеля без добавок содержится 0,33 корм. ед. и 11 г переваримого протеина, а после обогащения соответственно 0,39 и 16 г.

Силосованный вареный картофель имеет желтоватый цвет и приятный фруктовый запах, рН его находится в пределах 4,0...4,2. В условиях хорошей герметизации он сохраняет свои органолептические и питательные качества на протяжении 4...5 лет. Потери сухих веществ в силосе из запаренного картофеля составляют 10...14%, протеина – 4...5%. Его можно скармливать всем видам сельскохозяйственных животных.

В связи с тем, что картофельный силос на 70% состоит из углеводов, эффективность его скармливания в большой степени зависит от сбалансированности рациона по протеину, фосфору, кальцию, которые должны восполняться соответствующими минеральными и протеиносодержащими добавками. Норма разовой и суточной выдачи картофельного силоса зависит от возраста и физиологического состояния животных. Наиболее оптимальны следующие нормы скармливания силосованного вареного картофеля на одну голову в сутки: дойным коровам – 20...25; нетелям – 8...15 кг.

Силосование запаренного картофеля экономически выгодно: до 10...13% снижаются его потери (в буртах они составляют 25...30%), уменьшаются затраты на переборку клубней и ежедневную подготовку их к скармливанию путем запаривания. Расход топлива при этом сокращается на 30...40%.

В связи с низким содержанием сахара в сыром картофеле (0,2...0,5%) и высокой влажностью (до 84%) силосовать его в чистом виде не рекомендуется, так как при этом, как правило, корм получается недоброкачественный. Однако можно получить хороший силос из сырого картофеля, используя следующие приёмы:

а) силосование сырого картофеля с корнеплодами (свёкла, морковь), которые добавляют в количестве 10%, и сухими кормами (травяная, сенная мука, мякина) – 5...7%. Технология силосования предусматривает очистку картофеля и корнеплодов от загрязнений, измельчение, разравнивание и перемешивание в ёмкости, уплотнение и герметичность укрытия;

б) добавление к силосуемому сырому картофелю ферментных препаратов аваморина и оризина ПК, обладающих амилолитическим и протеолитическим действием. Эти препараты, вызывая частичный гидролиз крахмала до свободных сахаров, улучшают процесс силосо-

вания сырого картофеля. Для снижения влажности картофеля добавляют 5...7% сухого корма. Ферментные препараты равномерно вносят в дозе 0,05% в виде водного раствора с помощью гидропульта или садовой лейки;

в) использование химических консервантов подкисляющего действия – муравьиной, уксусной, пропионовой кислот в дозе 1% к массе сырого картофеля, а бензойной кислоты – 0,3%. Одновременно необходимо вносить 5...7% сухого корма, равномерно смешивая его с измельчённым сырым картофелем.

В связи с тем, что сырой измельчённый картофель при силосовании пенится и даёт усадку, ёмкости должны загружаться им не полностью – на 70...80 см от верхнего края. Окончательная догрузка их проводится после усадки массы – через 2...3 дня. Затем ёмкость укрывают плёнкой, землёй, а для утепления – соломой или торфом.

Силосованный сырой картофель, приготовленный по описанной технологии, характеризуется высокими кормовыми качествами: содержит в составе органических кислот до 80% молочной кислоты, рН его 4,1...4,3. В 1 кг силоса из сырого картофеля содержится 0,28...0,33 корм. ед. Потери сухих веществ в силосованном сыром картофеле составляют 12...15, а протеина – 4...5%.

Сушка фуражного картофеля – надёжный способ его консервирования. Мука из сушёного картофеля характеризуется высокими кормовыми достоинствами, может длительное время (годами) сохраняться с минимальными потерями и эффективно использоваться при кормлении всех видов сельскохозяйственных животных в любое время года. Сушеный картофель можно использовать как высокоэнергетический компонент полнорационных комбикормов или обезвоженных кормосмесей в виде брикетов и гранул, что значительно расширяет эффективность и объём использования на кормовые цели соломы и других малопитательных отходов зернового хозяйства. Для сушки картофеля используют сушильные агрегаты отечественного производства АВМ-0,4; АВМ-0,65; АВМ-1,5.

Для подготовки картофеля к сушке используют следующее оборудование: приёмный бункер ПБ-2 от картофелесортировального пункта КСП-15, подающий транспортёр, агрегат для мойки и резки корнеклубнеплодов, перекидной транспортёр. Приёмный бункер с подающим транспортёром предназначен для приёма картофеля из транспортных средств, дозированной подачи его в мойку измельчающего агрегата, предварительной очистки от мелких камней и почвы. Подготовительный агрегат служит для мойки, отделения камней и измельчения картофеля. Перекидной транспортёр СТ-2 перебрасывает подсу-



шенный картофель от первого агрегата АВМ-0,4 или АВМ-0,65 ко второму для окончательной сушки.

Технологический процесс сушки картофеля состоит из следующих операций. Клубни самосвальным транспортом доставляются к пункту сушки, загружаются в приёмный бункер, откуда транспортёром подаются в агрегат по очистке, а затем в измельчитель, где нарезаются на ломтики толщиной 4...5 мм, и загрузочным транспортёром подаются в первый сушильный агрегат АВМ-0,4 или АВМ-0,65. После предварительной подсушки (до 40...50%-ной влажности) ломтики поступают во второй сушильный агрегат, где окончательно досушиваются до влажности 10...12% с последующим измельчением на мельнице агрегата, имеющей решето с диаметром отверстий 10...12 мм, и загружаются в тару.

Температура сушильного агента при сушке картофеля находится в пределах: на выходе из первого барабана – 80...100, второго – 90...120 °С. Оптимальная подача картофеля в агрегаты АВМ-0,4 и АВМ-0,65 составляет 2,5...2,6 т/ч. При использовании агрегата АВМ-1,5 сушка проводится на одном агрегате. Температура сушильного агента при выходе из барабанов, этих сушилок 135...140 °С, подача картофеля – 5,0...5,2 т/ч. На приготовление тонны картофельной муки расходуется от 4,3 до 5,2 т клубней в зависимости от содержания в них крахмала.

В 1 кг сушёного картофеля содержится 12 МДж обменной энергии, 70 г переваримого протеина, 2,6 кальция и 1,2 г фосфора. Содержание зольных элементов не должно превышать 3...5%. В процессе сушки химический состав картофеля почти не изменяется. В расчёте на абсолютно сухое вещество в картофельной муке содержится, %: сухих веществ – 86,7, протеина – 12,4, жира – 0,1, клетчатки – 2,05, золы – 4,6, БЭВ – 81,3, кальция – 0,3, фосфора – 0,2, крахмала – 54,59.

Незначительно изменяется и его аминокислотный состав. В 1 кг картофельной муки содержится, г: цистина + цистеина – 2,57, лизина – 6,24, гистидина – 2,9, аргинина – 3,84, аспарагиновой кислоты – 4,19, серина – 4, глицина – 3,89, глутаминовой кислоты – 4,17, треонина – 2,96, аланина – 5,6, тирозина – 3,74, метионина – 3,56, валина – 4,53, фенилаланина – 6,5 и лейцина + изолейцина – 7,34.

Высококачественный сушёный картофель должен иметь слегка желтоватый цвет, сыпучую консистенцию, запах печёного картофеля без следов гари. Он хорошо сохраняется длительное время. Перед складированием его необходимо охладить и проверить влажность (она не должна быть выше 16%, так как возможно образование комков, что ухудшает качество продукта).

Хранить картофельную муку можно в бумажных или полиэтиленовых мешках, складировать в закромах высотой до 2 м или в бункерах. Способ упаковки не оказывает значительного влияния на качество сушёного продукта при хранении его на складе со средней температурой не выше 15...20 °С и относительной влажностью воздуха не более 75...80%. В таких условиях сушёный картофель можно хранить годами без снижения его питательности. За 4-летнее хранение потери сухих веществ в сушёном картофеле составляют 2...5, а протеина – 1...2%.

Снижение потерь с 15...20 при хранении в буртах до 2...3% в сушёном картофеле окупает все издержки на его приготовление. Следовательно, консервируя картофель методом сушки, можно сохранить 12% и более урожая и сэкономить значительные средства на каждую тонну клубней.

Сушёный картофель можно скармливать всем видам сельскохозяйственных животных в качестве компонента комбикорма или в чистом виде в составе рациона. Зоотехническая и экономическая целесообразность использования того или иного количества сушёного картофеля определяется видом, возрастом и физиологическим состоянием животного. Примерные нормы скармливания сушёного картофеля в составе комбикорма или концентратной части рациона: коровам с удоем до 20 кг молока – 15...20%, до 10 кг молока – 10...15, сухостойным – 10...15; телкам до 7 мес – 8...10, с 7 мес до осеменения – 10...12; нетелям – 6...8; молодняку на откорме – 20...25%.

Включение в рацион на откорме сушёного картофеля повышает переваримость органического вещества на 7,5%, протеина – на 4,5, БЭВ – на 8,4, использование азота – на 7,7%.

К корнеплодам относятся сахарная, полусахарная и кормовая свёкла, брюква, турнепс, морковь. Характерная особенность корнеплодов – высокое содержание в них влаги (75...92%) и низкое клетчатки (4...9% в сухом веществе) и жира. Сухое вещество их состоит в основном из углеводов, главным компонентом которых являются легкоусвояемые сахара (сахароза), поэтому корнеплоды имеют высокую переваримость органического вещества – 85...90%. Содержание сырого протеина в сухом веществе колеблется в пределах 4...12%, при этом около половины его представлено в форме небелковых азотистых соединений.

Корнеплоды характеризуются малым содержанием зольных элементов, из которых больше всего солей калия и очень мало кальция и фосфора. Богаты корнеплоды витамином С, витаминами группы В и каротином (морковь). Скармливание этих кормов возбуждает деятель-

ность пищеварительных желёз у крупного рогатого скота и свиней. У жвачных они способствуют развитию желательной микрофлоры в преджелудках. Однако избыточное потребление их может вызвать депрессию пищеварения. Кроме того, некоторые корнеплоды содержат специфические вещества, отрицательно влияющие на физиологическое состояние животных. Так, сахарная свёкла и её ботва содержат щавелевую кислоту, корни свёклы – сапонин, нитраты и др.

Кормовые корнеплоды охотно едят все сельскохозяйственные животные. Крупному рогатому скоту их скармливают сырыми как целыми корнями, так и резаными. Мелкие корни массой до 150 г целесообразно измельчать, так как животные могут подавиться. Молочным коровам можно скармливать до 30...35 кг корнеплодов в сутки на одну голову пропорционально удою из расчёта 0,5...1,0 кг на каждый килограмм молока; молодняку крупного рогатого скота на откорме – до 40 кг; племенным – 2...5 кг на 100 кг живой массы.

В сахарной свёкле содержится до 25% сухих веществ, в том числе до 17% сахаров. Это высокоэнергетический корм. В кормлении коров сахарная свёкла – ценный компонент рациона. Она обеспечивает высокий уровень в рубце уксусной кислоты, связанной с образованием молочного жира. Наиболее целесообразно скармливать коровам сахарную свёклу в смеси с силосом.

В зависимости от продуктивности дойных коров и наличия в хозяйстве сахарной свёклы рекомендуются следующие нормы её скармливания: стельным коровам в сухостойный период можно давать до 8 кг свёклы в сутки; молодняку на откорме – 10...15 кг, растущему молодняку в возрасте до года – до 5 кг, а телятам – до 2 кг. К поеданию сахарной свёклы животных приучают постепенно (в течение 7 – 10 дней). В первые дни её дают по 1...2 кг. Дневную норму свёклы (более 8...10 кг) рекомендуется давать в 2–3 приёма, так как увеличение норм выдачи может вызвать нарушение пищеварения и снижение продуктивности животных. Во второй половине сухостойного периода норму сахарной свёклы постепенно уменьшают, а за 8 – 10 дней до отёла полностью исключают из рациона. В первые 10 дней после отёла сахарную свёклу коровам давать не рекомендуется. Затем на протяжении 7 – 10 дней дачу её постепенно увеличивают и доводят до полной нормы.

Значительный резерв повышения эффективности использования корнеплодов, особенно сахарной свёклы и моркови, ликвидации их сезонного скармливания, а также снижения потерь в процессе хранения – применение новых технологий их переработки (высокотемпературная сушка, силосование, химическое консервирование и др.).

Высокотемпературная сушка сахарной и полусахарной свёклы повышает концентрацию в свёкле питательных веществ по сравнению с исходным сырьём в 4–5 раз, что значительно облегчает складирование, транспортировку, хранение, процесс смешивания этого компонента с другими кормами. Свекольную муку можно хранить с минимальными потерями длительное время (годами), что позволяет создавать необходимые запасы этого высокоэнергетического углеводистого корма. Для сушки свёклы используется то же сушильное оборудование, что и для сушки картофеля, – агрегаты АВМ-0,4 и АВМ-0,65, а при использовании АВМ-1,5 процесс сушки осуществляется на одном агрегате. Перед сушкой свёклу очищают от камней, моют, измельчают и подают в сушильный барабан. Всё это осуществляется на специальной приставке. Оптимальные технологические параметры следующие: толщина резки – 4...5 мм, производительность сушильного барабана – 2,5...2,6 т/ч, температура сушильного агента на выходе из первого барабана – 105...115 °С, второго барабана – 140...150 °С.

Влажность свекольной муки должна находиться в пределах 10...12%. При более высокой влажности продукт плохо сохраняется, а пересушивание приводит к чрезмерному расходу горючего и распылению части продукта при измельчении ломтиков.

Мука из сахарной и полусахарной свёклы имеет высокую кормовую ценность. На приготовление 1 т муки из сахарной свёклы расходуется 3,8...4,6 т корней, из полусахарной – 5,0...5,6 т. В сушёной свёкле должно быть не более 3,5% золы. Более высокий её уровень свидетельствует о недостаточной очистке корней от камней и земли.

Свекольная мука в процессе хранения стабильно сохраняет свой химический состав при минимальных потерях питательных веществ. Так, потери сахара за 7-месячное хранение составляют лишь 1,0...1,5% от его исходного содержания. Поскольку сушёная свёкла гигроскопична, то основное условие её высокой сохранности – предохранение от сырости. При хранении муки в бумажных и хлопчатобумажных мешках в условиях складского помещения влажность её повышается с 10 до 17%, в результате она слеживается, образуются комки, а следовательно, часть продукта теряется. Лучше сушёную свёклу упаковывать в мешки из полиэтиленовой плёнки и хранить на складе при температуре (в зимний период) от –3 до –10° и относительной влажности воздуха 70...75%.

Свекольную муку можно эффективно использовать в кормлении всех видов животных, включая в рацион или используя в составе комбикормов, а также в качестве одного из компонентов брикетов или гранул с высоким содержанием соломы.

Замена 20% комбикорма сушёной свёклой в рационе телок в возрасте 3...7 мес повышает сахаро-протеиновое отношение их рациона с 0,75 до 1,21, а в возрасте 7...11 мес – соответственно с 0,60 до 1,50. Такая замена способствует хорошему развитию животных, закладывает потенциальную основу их высокой будущей молочной продуктивности.

Уровень сахара в рационах коров, особенно высокопродуктивных, во многом определяет их продуктивность. Особенно остро ощущается дефицит сахара в период перехода от стойлового содержания к пастбищному, когда корнеплоды, как правило, уже отсутствуют и сахаро-протеиновое отношение в рационе резко снижается, что вызывает снижение удоев. Предотвратить снижение продуктивности дойных коров можно введением в их рацион свекольной муки. Замена 0,9 кг комбикорма на такое же количество свекольной муки повышает сахаро-протеиновое отношение с 0,7 до 1,4, обеспечивая тем самым повышение продуктивности коров на 12,5% [26, 34].

Свекольную муку используют при производстве полнорационных гранулированных и брикетированных смесей с высоким содержанием отходов полеводства, в частности соломы (от 30 до 70%). Добавка 6...8% (по массе) муки не только повышает питательные и вкусовые качества корма, но и улучшает технологичность процесса уплотнения кормосмесей.

Высокоэффективны при откорме молодняка крупного рогатого скота полнорационные брикеты следующего состава, по массе: травяная резка клевера – 50%, дроблёное зерно ячменя – 17, измельчённая ржаная солома – 25, мука свекольная – 6, минеральные добавки – 2%. В 1 кг таких брикетов содержится 0,7 корм. ед., 70 г перевариваемого протеина, 12 г кальция, 5 г фосфора и 70 мг каротина.

Рекомендуются следующие нормы скармливания свекольной муки в составе комбикорма или концентратной части рациона: коровам с удоем до 20 кг молока – 18...20%, с удоем до 10 кг – 8...10; коровам сухостойным – 5...8; тёлкам до 7 мес – 10...12, тёлкам с 7 мес и до осеменения – 10...15; нетелям – 5...8; молодняку крупного рогатого скота на откорме – 8...10%.

В связи с тем, что к весне в сахарной и полусахарной свёкле, хранившейся в буртах, теряется значительная часть наиболее легкоперевариваемых питательных веществ, целесообразно часть корнеплодов силосовать. Это позволяет до 8...10% снизить потери сухого вещества, до 4...5% – протеина, в то время как в буртах эти потери составляют к весне соответственно 25 и 15...20%.

Свёкла – специфическое сырьё для силосования. Она представляет собой углеводистый корм высокой влажности и при силосовании в чистом виде бурно сбраживается с образованием большого количества спирта, что увеличивает потери органического вещества и способствует переислению корма в результате накопления в нём большого количества уксусной кислоты. Поэтому свёклу силосуют не в чистом виде, а в смеси с сухими и трудносилосующимися кормами. Важное условие получения из свёклы высококачественного силоса – очистка корней от земли. Загрязнённость их не должна превышать 2...3%. Для получения свёклы и ботвы требуемой чистоты уборку их производят поточным методом – сначала удаляют ботву, а затем выкапывают корни.

Техника силосования свёклы сводится к следующему. Если силос закладывают для крупного рогатого скота, то свёклу измельчают с помощью корнерезок типа ИКМ на ломтики. Однако следует отметить, что при силосовании свёклы в виде мезги сокращаются потери от убыли в весе: в среднем они составляют 10,4%, а при силосовании в виде резки – 14,2%.

Перед началом силосования для поглощения сока на дно емкости укладывают слой (30...40 см) сухого корма – травяной или сеной муки, мякины, соломенной резки. Этот же сухой компонент в количестве 10% от массы свёклы равномерно добавляют и разравнивают в силосохранилище по мере его заполнения. Процесс силосования заканчивается уплотнением массы и тщательной её герметизацией.

Свекольный силос имеет высокую питательность. В нём содержится не более 3% клетчатки, 2 – протеина и 21,1% – безазотистых экстрактивных веществ. При влажности силоса 75% в 1 кг его содержится 0,30...0,32 корм. ед., 15 г протеина, 2 г кальция и 0,15 г фосфора, количество сахара в таком силосе составляет 20...25% от его исходного уровня.

Потери сухого вещества и протеина в силосованной свёкле с добавлением 10% сухого корма обычно не превышают 10...12%. По переваримости и влиянию на продуктивность животных силосованная и натуральная свёкла примерно одинаковы. Преимущество силосованной заключается в том, что в данном процессе разрушаются содержащиеся в свёкле нитриты, которые оказывают отрицательное влияние на физиологическое состояние животных и могут даже вызвать их отравление [34, 72].

Химическое консервирование сахарной и полусахарной свёклы является эффективным приёмом снижения потерь при силосовании свёклы и уменьшения кислотности полученного корма. В качестве консервантов используют бензойную кислоту и бензонат натрия в дозе

0,2% к массе свёклы, нитрит натрия в этой же дозе, а также органические кислоты – пропионовую, муравьиную и их смеси (1:1) в дозе 1%. Консерванты в указанных дозах вносят в предварительно вымытую и измельчённую свёклу с последующей герметизацией хранилища. Поскольку внесение консервантов ускоряет процесс подкисления silосовой массы и снижает интенсивность кислотообразования, то потери органического вещества в консервируемой свёкле снижаются до 8...10%, а содержание молочной кислоты увеличивается до 80...90%.

Из консервантов безвредны бензойная кислота и бензоат натрия. В организме животного эти соединения превращаются в гиппуровую кислоту, которая в процессе обмена веществ выделяется с мочой.

Химически консервированную свёклу можно скармливать всем видам сельскохозяйственных животных в таких же количествах, как и silосованную.

Морковь – это ценный корм для всех видов сельскохозяйственных животных, особенно для молодняка. В ней содержится 13...14% сухого вещества, состоящего на 30% из углеводов. Красные сорта моркови по содержанию каротина (провитамина А) занимают первое место среди кормовых культур: в 1 кг содержится от 100 до 200 мг и выше каротина на 1 корм. ед. приходится до 1400 мг.

Высокое содержание каротина, высокая переваримость и диетические качества обуславливают важное значение моркови в кормлении животных, особенно в устранении витаминной недостаточности в зимне-весенний период. Однако обычное хранение моркови в буртах и хранилищах сопряжено с большим отходом корней из-за их гниения и плесневения. В этой связи использование её как витаминной подкормки ограничено и носит сезонный характер – осенью и первую половину зимы, а к весне в организме животных ощущается дефицит каротина, что приводит к заболеваниям, снижению продуктивности, нарушениям воспроизводительных функций животных, отходу молодняка. Поэтому целесообразно определённую часть моркови консервировать методом высокотемпературной сушки и silосованием. В таком виде её можно использовать в качестве витаминной подкормки в любое время года.

Для сушки моркови используется такое же оборудование, что и для сушки картофеля и свёклы. Технологический процесс на спаренных агрегатах АВМ-0,4 и АВМ-0,65, а также на одном агрегате АВМ-1,5 состоит из доставки сырья самосвальным автотранспортом и загрузки его в приёмный бункер, подачи в подготовительный агрегат, где морковь очищается от камней и моется. После измельчения корней на ломтики они подаются в сушильный барабан первого агрегата и

подсушиваются до влажности 50...60%, затем в сушильной барабан второго агрегата, где окончательно досушиваются до влажности 10...12%, измельчаются на мельнице и упаковываются. Оптимальными режимами сушки моркови являются следующие: подача – 2,0...2,1 т/ч, толщина резки – 4...5 мм, температура сушильного агента на выходе из первого барабана – 105...115 °С, второго барабана – 140...150 °С. При сушке моркови на агрегате АВМ-1,5 подача моркови составляет 4,0...4,2 т/ч, а температура сушильного агента при выходе из барабана – 135...140 °С.

Морковная мука, полученная при указанных режимах сушки, характеризуется высокими питательными достоинствами. В 1 кг её содержится 1,02 корм. ед., 40 г перевариваемого протеина, 2 – кальция, 2,6 – фосфора, 533 – сахара и 895 г каротина. Потери каротина незначительны: всего 5...8% от его содержания в натуральной моркови.

Хранить сушёную морковь лучше в мешках из полиэтиленовой плёнки, надёжно предохраняющих её от влаги, в складском помещении при относительной влажности воздуха 75...80%. Температура помещения не оказывает влияния на качество морковной муки. Однако даже в этих условиях к концу 6-месячного хранения в морковной муке остаётся лишь около 40% каротина по отношению к его исходному содержанию.

Для повышения сохранности каротина в морковной муке рекомендуется при её затаривании вносить антиоксиданты – сантохин, дилудин и дибуг в дозе 0,3% к массе муки или пиросульфит натрия в дозе 0,5%. В качестве растворителя для сантохина и дибуга используют этиловый спирт, а для дилудина – муравьиную кислоту. Наполнителем во всех случаях служит водный раствор мелассы. Пиросульфит натрия вносят в сухом виде [26, 34].

Равномерное введение антиоксидантов повышает сохранность каротина в морковной муке к концу 6-месячного её хранения до 60%. Дольше 6 месяцев хранить сушёную морковь и использовать в качестве витаминной добавки нецелесообразно, так как более длительное её использование связано с большими потерями каротина (через 9 месяцев его остаётся лишь около 30%). Что касается других питательных веществ морковной муки (сахара, протеина, зольных элементов), то они характеризуются высокой сохранностью. Потери их за 9 месяцев составляют 2...3%.

Чтобы продлить срок использования моркови в кормлении животных, целесообразно часть имеющихся в хозяйстве корней засилосовать или законсервировать с добавлением химических реагентов. В корнях моркови при влажности 84...90% содержится 6...9% сахаров,



поэтому она хорошо силосуется как в чистом виде, так и в смеси с другими кормами. Особенно эффективна добавка 10...12% (по массе) сухого бобового компонента (травяной или сенной муки, гороховой, клеверной мякоти и др.). Это снижает влажность морковного силоса, обогащает его белком и минеральными веществами. Перед силосованием морковь необходимо вымыть. Если её силосуют без добавления сухого компонента, то измельчают на кусочки размером до 10 мм. При более крупном измельчении масса плохо уплотняется, а при измельчении до мезги часть питательных веществ теряется с соком. Для уменьшения этих потерь измельчённую морковь силосуют слоями толщиной 30...40 см с неизмельчёнными корнями. Измельчённая масса заполняет свободное пространство между целыми корнями, вытесняя воздух, и это улучшает качество корма.

Обязательное условие силосования моркови – укладка на дно хранилища слоя измельчённого сухого корма (30...40 см), уплотнение массы и тщательная её герметизация. Силосованная морковь характеризуется высокой сохранностью каротина. Так, при влажности морковного силоса 88,5% в 1 кг его в феврале содержится 175 мг каротина, а в корнях, хранившихся в бурте, – лишь 90 мг [26, 34].

Молочным коровам можно давать в день по 2,5 кг свежей моркови. Это благоприятно сказывается на вкусе и цвете сливок, сливочного масла. Скармливание моркови благоприятно сказывается на качестве и технологических свойствах мяса, улучшает воспроизводительные функции животных (повышает оплодотворяемость, плодовитость и др.). Особенно ценна морковь для молодняка и племенных животных.

Рекомендуются следующие нормы скармливания морковной муки в составе комбикорма или концентратной части рациона: тёлкам до 7 мес – 10...12%, с 7 мес до осеменения – 8...10%. Сушка моркови экономически оправдывается значительным снижением её потерь, а также сокращением затрат, связанных с хранением, транспортировкой и подготовкой к скармливанию.

Одним из основных способов повышения эффективности использования корнеплодов является измельчение, которое проводят в целях ускорения процессов переваривания кормов в желудке животных и повышения усвояемости питательных веществ. Это связано с тем, что скорость переваривания питательных веществ зависит от площади поверхности частиц корма [27, 55].

В зависимости от вида измельчения сочных кормов, а также от того, каким животным они предназначены, предъявляются различные требования к качеству и степени измельчения. Для КРС рекомендуемый размер частиц корнеклубнеплодов 10...15 мм. Однако для лучше-

го смачивания кормов клеточным соком корнеплодов и лучшего перемешивания их можно измельчать и более мелко, например при скармливании в смеси с концентрированными и грубыми кормами для КРС – в форме узких пластинок с размерами соответственно по толщине от 5 до 10 мм, по ширине – 10...30 мм и длине, равной длине продукта. Дополнительное измельчение и смешивание кормовых компонентов при раздаче корма позволяет повысить поедаемость кормов в 1,5 раза по сравнению с использованием в необработанном виде [5, 7, 27, 55].

В настоящее время одним из путей увеличения производства продукции животноводства является использование в рационах животных корнеклубнеплодов. Наибольшую отдачу от этих кормов можно получить, применяя их в измельчённом или запаренном виде. Однако применение запаренных кормов сдерживается высокой стоимостью источников энергии из-за постоянного роста тарифов, в результате чего их скармливают в сыром виде с предварительным измельчением в соответствии с зоотехническими требованиями. Поэтому использование машин и оборудования для приготовления корнеклубнеплодов, позволяющих повысить продуктивность животных при одновременном снижении затрат на их приготовление, является необходимым условием эффективного использования их в составе кормовых рационов [8]. Как показывают проведённые исследования, если скармливание корнеклубнеплодов определённой группе животных в сыром или запаренном виде приносит выгоду, значительно превышающую затраты на обработку корма, то тогда принимают ту технологию, которая даёт эту выгоду.

Важное значение для повышения полноценности кормления животных имеет правильно организованный летом зелёный конвейер и заготовка высококачественных кормов на зиму [7]. Основные компоненты рациона коров в летний период – зелёные корма; в зимний период – сено, сенаж, силос, корнеклубнеплоды и в качестве балансирующего компонента – комбикорма. Для восполнения недостающих элементов питания и повышения биологической ценности рационов в них включают минеральные добавки, витаминные препараты или премиксы [32]. Одним из главных факторов при выращивании крупного рогатого скота на всех этапах его роста, развития и хозяйственного использования является не только нормированное кормление, но и сбалансированность рационов.

Для улучшения процесса сбраживания и приготовления высокопитательных кормов из отдельных компонентов, дополняющих друг друга по питательным веществам и элементам питания используют смешивание ряда кормов при приготовлении комбисилоса. Для созда-

ния необходимой кислотности могут применяться химические консерванты или органические кислоты [7, 54].

При откорме крупного рогатого скота И. Л. Семак, Н. И. Мосолов и М. И. Книга рекомендуют скармливать сахарную свёклу только в измельчённом виде в смеси с грубыми кормами и силосом, что благоприятно влияет как на поедаемость, так и на усвояемость питательных веществ [34].

На эффективность усвояемости кормов большое значение оказывают способы их подготовки и переработки: измельчение и смешивание грубых и сочных кормов с добавлением концентрированных, углеводистых, азотосодержащих или минеральных добавок; термохимическая обработка грубых кормов; плющение зерна; введение фосфоросодержащих добавок; приготовление полнорационных кормосмесей. Наиболее эффективным приёмом является приготовление полнорационных кормосмесей из предварительно подготовленных компонентов и добавок, позволяющее повысить продуктивность животных на 18...24% [30, 67].

Полнорационная кормосмесь (монорацион) – это однородная, высокопитательная смесь нескольких видов кормовых средств, обогащённых минерально-витаминными добавками, полностью удовлетворяющая физиологические потребности животных. Такие смеси должны обеспечивать повышение продуктивности животных, снижение затрат труда и кормов на единицу продукции и высокий уровень механизации раздачи кормов.

Применение в животноводстве полнорационных кормосмесей с различными физико-механическими свойствами и структурой (гранулированные, брикетированные, рассыпные в сухом и влажном виде) позволяет точно нормировать рационы по уровню энергии, общей и протеиновой питательности, клетчатке и сахаро-протеиновому отношению, минеральным веществам и незаменимым аминокислотам, витаминам и другим биологически активным веществам с учётом возраста, пола, физиологических потребностей и уровня продуктивности животных.

Традиционные рационы для крупного рогатого скота обычно состоят из большого набора кормов (силоса, соломы, сена, сенажа, корнеплодов, концентратов и др.), которые характеризуются различными физико-химическими и механическими свойствами. Разнородность этих видов кормов является главным препятствием использования универсальных машин и механизмов для раздачи их животным. Поэтому кормление скота является самым трудоёмким процессом в животноводстве. Неудобство многокомпонентных рационов состоит ещё и в том, что в условиях крупных комплексов и ферм, особенно при

беспривязном содержании скота, трудно организовать и нормировать кормление высокопродуктивных лактирующих коров.

Многокомпонентность рационов, частая смена кормов отрицательно сказываются на пищеварении, обмене веществ и, как правило, на продуктивности животных. Исследования в области физиологии и биохимии питания жвачных животных показали, что при постоянном и стабильном составе рациона переваримость и усвоение питательных веществ происходят значительно лучше. Поэтому весьма важно, чтобы животные в течение более длительного периода находились на постоянном полноценном кормлении.

Полнорационные кормосмеси по форме и структуре весьма разнообразны. Они могут быть составлены из грубых, сочных и концентрированных кормов, в сухом и влажном состоянии, в рассыпном, гранулированном и брикетированном видах, с большим удельным весом отходов полеводства, пищевой перерабатывающей промышленности и кормов искусственной сушки.

Традиционные рационы кормления с многокомпонентным набором кормов не соответствуют современным требованиям интенсификации и специализации животноводства. Поэтому требуется разработка более новых и совершенных технологий производства кормов, кормоприготовления и кормления сельскохозяйственных животных [7].

### **1.3. ПРОГРЕССИВНЫЕ СПОСОБЫ ЗАГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

Перевод животноводства на промышленную основу выявил общую тенденцию в кормлении сельскохозяйственных животных – переход от многокомпонентного рациона к монодиете [32]. Это объясняется тем, что в условиях интенсификации животноводства большой набор кормов усложняет процессы механизации их заготовки, требует строительства разнотипных хранилищ, многообразия механизмов транспортировки, подготовки к скармливанию и раздачи кормов. Усложняется и составление рационов рассыпных кормосмесей. В связи с этим к кормам предъявляют повышенные требования не только по соотношению и концентрации основных питательных веществ (протеин, комплекс углеводов, жир), но и по их качеству и доступности переваривания в организме.

Одной из наиболее трудоёмких операций при возделывании корнеклубнеплодов является уборка, которая в условиях Центрально-Черноземной зоны проводится с сентября. В результате этого у уборочных машин происходит налипание почвы на рабочие органы, ухудшаются возможности очистки корнеплодов, что отрицательно сказывается на результатах уборки. При определении сроков уборки

учитывается интенсивный рост корнеплодов и накопление в них питательных веществ.

Для уборки корнеклубнеплодов применяются уборочные машины отечественного и импортного производства. Как показывает практика, отечественные машины позволяют механизировать процесс уборки корнеклубнеплодов, но по эксплуатационным и технологическим показателям работы применяемые уборочные машины не соответствуют современным агротехническим требованиям, особенно в условиях повышенной влажности [19, 39]. Использование в процессе уборки комбайнов импортного производства позволяет добиться неплохих результатов при работе на любых почвах, однако это не решает проблем, связанных с её налипанием на рабочие органы, что приводит к снижению сепарирующей способности и качества очистки. В существующих уборочных машинах корнеплоды извлекаются из рядка, попадают на транспортёр (шнековый, прутковый или роторный очиститель), где происходит процесс отделения примесей от корнеплодов в ворохе, что зачастую приводит к плохой очистке и повреждениям [19, 39]. В условиях Центрально-Черноземной зоны, когда период увеличения массы корнеклубнеплодов совпадает с периодом времени сильной переувлажнённости почвы (около 30%), добиться при уборке их качественной очистки в соответствии с зоотехническими требованиями не представляется возможным [39].

На рисунке 2 приведены основные технологические схемы заготовки корнеплодов [48].

Качественные показатели работы свёклоуборочных машин должны отвечать определённым агротехническим требованиям [39, 56, 74]. Свёклоуборочные машины обязаны обеспечить качественную уборку ботвы и корней на скоростях до 9 км/ч; плоскость среза головки корнеплодов должна проходить не ниже прикрепления черешка зелёного листа и не выше 2 см от верхушки головки, поверхность среза прямая, гладкая, без сколов; отходы сахароносной массы в срезанных головках не должны превышать 3,7%, потери ботвы – 10...20, загрязнённость ботвы землёй – 0,5...1,0; количество корнеплодов с низким и косым срезом – 10...15, высоко обрезанных и с необрезанной ботвой – до 5; наличие зелёной массы в ворохе корнеплодов – до 3; механически повреждённых корнеплодов – не более 20, в том числе сильно – 5; количество неподкопанных и оставшихся в почве корнеплодов не должно превышать 1, утерянных на её поверхности – 5%. Фактическая загрязнённость корнеплодов после уборки может достигать 12...20% по массе и более, в зависимости от типа почв [15, 40]. Корни очищают частично при погрузке в транспортное средство и на конвейере подачи их в мойку.

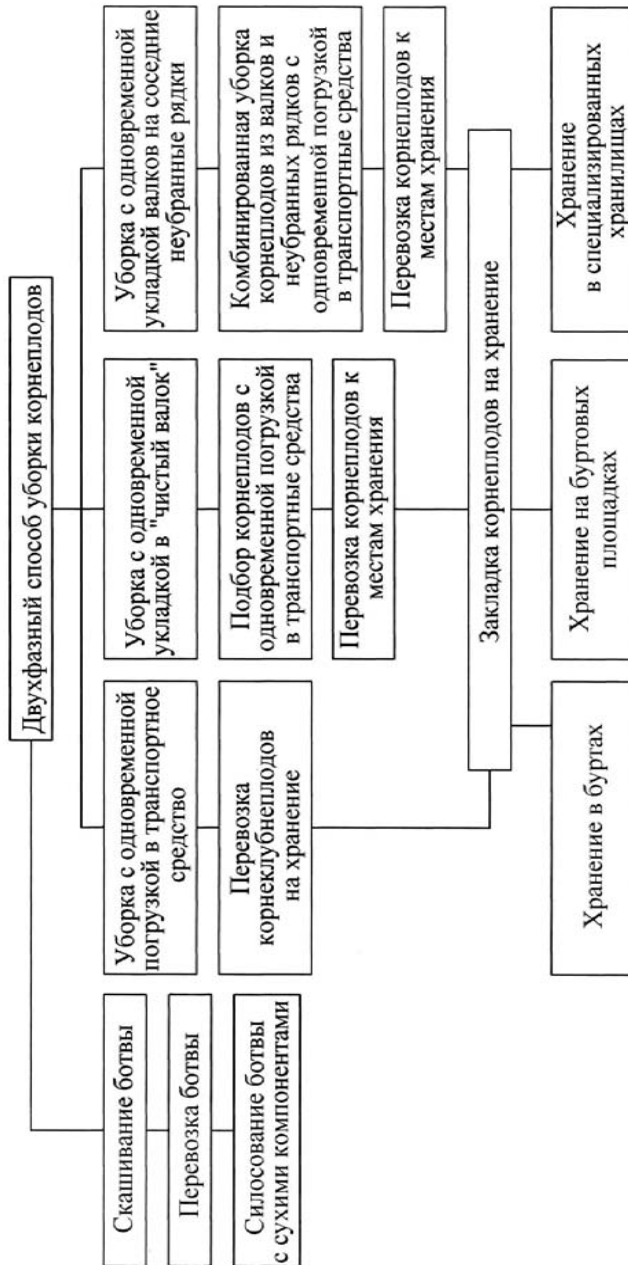


Рис. 2. Технологические схемы заготовки корнеплодов

На сельхозпредприятиях для погрузки корней из кагатов в тракторные прицепы используют прутковые конвейеры или свёклопогрузчики типа ППС-6, ПС-13, ПКП-0,8, ПС-2, СПС-4,2А и другие, что значительно уменьшает общую загрязнённость корнеплодов, поступающих в линию кормоцеха с буртов или хранилищ, и способствует улучшению работы моек-измельчителей.

Корни корнеклубнеплодов в рационах животных используют 200 – 220 дней в году – с октября по май следующего года, поэтому важно сохранить их в свежем виде с минимальными потерями. Это возможно только при хранении целых и слабоповреждённых при уборке корнеклубнеплодов при температуре 1...3 °С и относительной влажности воздуха 85...95% [40]. Следует отметить, что основная масса убранной свёклы закладывается на хранение и лишь сравнительно небольшое её количество скармливается сразу в течение уборочных работ.

В целях снижения потерь питательных веществ нельзя допустить длительный по времени разрыв двух операций – извлечения корнеплодов из почвы и закладки их на хранение.

Убранные корнеплоды перевозят к хранилищу или местам буртования. При закладке бурта на длительное хранение отбирают сильно травмированные корнеплоды (разрезанные и со срезанной головкой), которые сразу используют на корм скоту.

Хранят корнеплоды во временных (бурты, кагаты, траншеи) и постоянных хранилищах (специализированные корнеплодохранилища, подвалы и др.) с применением активного вентилирования. При выборе способа хранения учитывают почвенно-климатические условия зоны, вид и назначение корнеплодов, время их использования.

Корнеплоды особенно чувствительны к условиям хранения. Основными факторами, влияющими на сохранность корнеплодов, являются температура и влажность воздуха. Оптимальная для хранения влажность 90...95% [58]. При хранении в буртах влажность обычно повышается из-за выделения влаги при дыхании корнеплодов. В результате дыхания корнеплодов образуются углекислый газ, вода и тепло. При этом наблюдаются потери массы корнеплодов – естественная убыль, которая при хранении с сентября до мая в буртах составляет 5...8% от массы загруженных корнеплодов. Интенсивность испарения зависит от сорта корнеплодов, степени их зрелости, времени уборки, способов перевозки и хранения, режима хранения. Корнеплоды с толстой кожурой медленнее испаряют влагу, чем с более тонкой.

Бурты размещают на возвышенных, незатопляемых и сухих местах. Ширина бурта 2,5...3,0 м, высота 1,2...1,5 м, длина 25...30 м

[51, 58]. Площадку для размещения буртов располагают так, чтобы их торцевые стороны ориентировались с юга на север для защиты буртов от холодных ветров и промерзаний. Для вентиляции в центре площадки под буртом по всей его длине выкапывают канавку шириной и глубиной 25...30 см и покрывают её сверху решёткой. Если канавку не делают, то по центру будущего бурта ставят деревянный решетчатый короб в виде двухскатной крыши с углом у вершины 45° и шириной у основания около 90 см. Уложенные в бурт корнеплоды укрывают соломой, а затем землёй, оставляя незасыпанным лишь гребень бурта шириной 60...70 см. Этот открытый гребень укрывают соломой и землёй при наступлении устойчивого похолодания. Общая толщина укрытия на гребне 40...100 см, а у основания – 75...150 см.

Целесообразно применять в буртах активное вентилирование [56, 58]. Для этого используют вентиляторы, которыми в летнее время вентилируют сено. Количество подаваемого в бурт воздуха 50...60 м<sup>3</sup>/ч.

В первые пять-семь дней укладки корнеплодов вентиляцию буртов ведут в дневные часы, а затем и в ночные или утренние. Процесс вентилирования можно прекратить, если выравнялась температура наружного воздуха и воздуха, вытесняемого из бурта. Активное вентилирование особенно необходимо при закладке на хранение корнеплодов, в которых имеется до 4...6% свободной земли, листьев и зеленой массы сорняков и черешков.

Вентилирование в 3 раза уменьшает количество загнивших корнеплодов, так как снижает уровень дыхания и активность физиологических и микробиологических процессов. Оптимальная температура хранения в северных районах 3...5 °С, в районах, где нет опасности внезапного сильного похолодания, температура поддерживается на уровне 2...3 °С.

При хранении корнеплодов, например, в более крупных буртах с активным вентилированием наземные бурты со свёклой накрывают прессованной соломой и полиэтиленовой плёнкой и оборудуют воздухоотделными каналами. По одному из них воздух нагнетается, а по другому – откачивается. Это даёт возможность при длительном хранении корнеплодов хорошо регулировать температурный режим в буртах.

Бурты кормовой свёклы размещают на кормовом дворе рядом с силовой линией электропередачи на возвышенном месте, защищённом от ветров. Грейдером формируют полусферическую площадку под бурт. Здесь же строят небольшое помещение шириной 4,5 м и длиной 8...9 м. Помещение состоит из тамбура и отделения или камеры, где



устанавливаются два вентилятора типа Ц 4-70. Стены и односкатная крыша помещения – дощатые, снаружи укрываются рубероидом. Входные двери тамбура и камеры размещают в противоположных концах стены. Тамбур шириной 1,5 м служит для защиты камеры от прямого попадания в неё холодного воздуха и препятствует резкому снижению температуры. На площадке у передней стенки камеры устанавливают два вентиляционных канала на расстоянии 3,5...4,0 м один от другого. Длина каналов на 2 м короче, чем ожидаемая длина бурта. Каналы делаются из деревянных решёток в виде треугольника высотой 1,1 м и шириной у основания 0,9 м. Чтобы холодный воздух постепенно нагревался, каналы, начиная от вентиляторов, покрывают полиэтиленовой плёнкой так, чтобы в начале каналов она находилась от земли на высоте 30...40 см, а в конце их неукрытая часть была бы максимальной.

Между стенкой и будущим буртом корнеплодов укладывают один или два ряда тюков прессованной соломы. При формировании основания бурта вдоль его обеих сторон одно- и двухкорпусным плугом нарезают разъёмные борозды для отвода воды. С внутренней стороны борозды почву разравнивают для создания наклонной площадки шириной 80...100 см, на которую потом параллельно один к одному укладывают ребром два ряда тюков соломы. Между ними расстилают полотнище плёнки, прижимая его сверху одним слоем тюков (широкой стороной). Ширина соломенных стенок бурта около 80 см, высота примерно 100...120 см.

Бурт заполняют свёклой с помощью транспортёра-загрузчика ТЗК-30, не допуская падения корнеплодов с большой высоты, так как они дополнительно травмируются. Сильно мятые корнеплоды отбирают вручную для скармливания животным. Бурт формируют в виде полукруга и на погонном метре бурта размещают 8...10 т корнеплодов. При использовании вентиляторов Ц 4-70 бурт можно формировать длиной 30...35 и 40...45 м [58]. Буртовать можно и в дождливую погоду. Для подсушивания корнеплодов вентиляторы включают на ночь.

По мере формирования бурта (длиной 7...9 м) сверху его постепенно покрывают первым слоем тюков соломы, на который укладывают плёнку такой же ширины. На плёнку плотно укладывают ещё один слой тюков и обязательно уплотняют рассыпанной соломой возможные зазоры между ними. Для дополнительного отвода теплого воздуха с вершины бурта при перекрытии последующих 7...8 м бурта края плёнок перекрывают на 50 см, прокладывая между плёнкой солому толщиной 1 см.

Во время заполнения бурта через каждые 7...9 м его длины заблаговременно устанавливают деревянные короба сечением 80x80 мм (допустимо 60x60 мм) или взамен их – пластмассовые трубы диаметром 50...60 мм. В отверстия помещают термометры или температурные датчики при автоматическом режиме работы вентиляторов. Размещение коробов даёт возможность измерять температуру в центре бурта между каналами на высоте около 1 м от земли.

Для быстрого заживления травм на корнеплодах осенью, когда ещё стоит теплая погода, бурты вентилируют на протяжении двух недель в дневные часы. Затем вентилируют вечером и утром, чтобы постепенно снизить температуру в буртах, а с наступлением холодов, при температуре в бурте 5...6 °С, вентилируют один раз в день на протяжении 3...5 ч, чтобы понизить температуру до 1,5...2,0 °С.

Несмотря на простоту и дешевизну таких хранилищ, они не получили повсеместного распространения из-за повышенных потерь кормов, зависимости хранения от погодных условий и значительных затрат труда.

Корнеплоды и картофель кормового назначения в основном хранят в кагатах вблизи кормоцеха на специальной площадке кормовой зоны животноводческой фермы. Наиболее доступен и распространён способ хранения свёклы и картофеля в специальных траншеях или кагатах, оборудованных вентиляцией. В таких кагатах потери свёклы за период хранения не превышают 15%. При хранении картофеля в специально оборудованных хранилищах потери к апрелю не превышают 4...5%. Нарушение указанных выше условий вызывает потери питательных веществ кормовой свёклы и картофеля до 20...30% [40]. К тому же хранение в обычных кагатах, укрытых соломой и землёй, способствует попаданию значительного количества грязи в систему мойки линии переработки корнеплодов, что снижает производительность оборудования и вызывает дополнительные затраты на удаление загрязнений.

В этой связи заслуживает внимания способ хранения корнеплодов в кагатах под специальной надувной или армированной плёнкой (без укрытия землёй и соломой), с устройствами для подачи холодного или подогретого воздуха (в зависимости от наружной температуры). Как показывает зарубежный опыт, потери питательной массы при таком способе хранения не превышают 10%, а капитальные вложения в несколько раз меньше, чем при строительстве традиционных хранилищ из кирпича и бетона.

## **2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

---

### **2.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

Необходимыми и обязательными условиями интенсивного ведения животноводства являются не только обеспечение устойчивой кормовой базы, но и применение современных способов и приёмов переработки и приготовления кормов, обеспечивающих их наиболее эффективное использование. Для этого в соответствии с прогрессивными технологиями для конкретных условий определяют комплекты машин и оборудования и организацию их использования [40]. На животноводческих фермах и комплексах большое внимание уделяют предварительной подготовке корнеклубнеплодов перед их скармливанием животным, так как в результате этого повышается перевариваемость и питательная ценность. Известно, что животные усваивают лишь 20...25% содержащихся в корме питательных веществ, около 30% расходуется на физиологические нужды, а остальная часть выделяется с отходами, поэтому при решении задач рационального приготовления кормов необходимо добиваться снижения их непроизводительных потерь [40].

Как показывают практика и проведённые исследования, на средних и крупных животноводческих фермах обрабатывать и готовить корма нужно в кормоцехах, а для более мелких ферм более экономично и проще использовать универсальные кормоприготовительные агрегаты. Качественно заготовленные корма являются необходимым, но ещё не достаточным условием для получения максимальной продуктивности животных. Задача приготовления кормов к скармливанию сводится к тому, чтобы в результате механической (измельчение, смешивание) или тепловой обработки (запаривание) повысить содержание химических элементов и перевариваемость скотом потребляемой кормосмеси. Этот принцип составляет основу как конструкции машин и оборудования, так и выполнения всего технологического процесса приготовления кормов на животноводческих фермах и комплексах.

В рационах кормления животных применяется много различных компонентов, в результате чего процесс кормоприготовления в настоящее время отработан не до конца, так как его довольно трудно

механизировать одной машиной. Для механизации производственных процессов на животноводческих фермах и комплексах используют различные машины и оборудование, которые служат для приготовления, транспортировки и раздачи кормов и используются как индивидуально, так и в составе поточно-технологических линий (ПТЛ) [9].

Различают два основных варианта технологии приготовления корнеклубнеплодов на корм животным и птице [60]:

1) приём, накопление – очистка от грязи (влажная или сухая) – отделение камней – измельчение – дозирование – выдача готового продукта;

2) приём, накопление – очистка от грязи (влажная) – отделение камней – тепловая обработка (запаривание) – мятые – разбавление водой – дозирование картофеля.

Первый вариант применяют в основном при кормлении крупного рогатого скота, а второй – при кормлении свиней и для коров при использовании только подмороженных корнеклубнеплодов. Анализируя представленные технологии приготовления корнеклубнеплодов, следует отметить, что по энергоёмкости процесса приготовления их можно разделить на две группы – с применением тепловой обработки и без неё. В зависимости от этого в технологические линии включаются машины, функциональное назначение которых соответствует выбранной технологической схеме.

Стационарные машины ПТЛ корнеклубнеплодов характеризуются жёсткой связью, т.е. все они от первой до последней работают в ритме основной машины. Машины и оборудование животноводческих ферм, в отличие от многих сельскохозяйственных машин, используются не сезонно, а на протяжении всего года или непосредственно работают в контакте с животными и воздействуют на их органы. Поэтому каждая технологическая операция или процесс на фермах, в отличие от полевых работ, должны выполняться в строго определённое время. Несвоевременное выполнение их ведёт к нарушению функциональных процессов в организме, что оказывает влияние на продуктивность и здоровье животных. Известно, что несоблюдение режима кормления и поения животных снижает их продуктивность на 15...20%, что в результате приводит к повышению себестоимости продукции и уменьшению её валового производства [2, 13, 67]. Недополученная продуктивность животных восстанавливается не сразу. Например, задержка кормления дойных коров на 2 ч вызывает снижение удоев на 1 л, а восстанавливается при нормальном режиме кормления только через 4 дня [9].

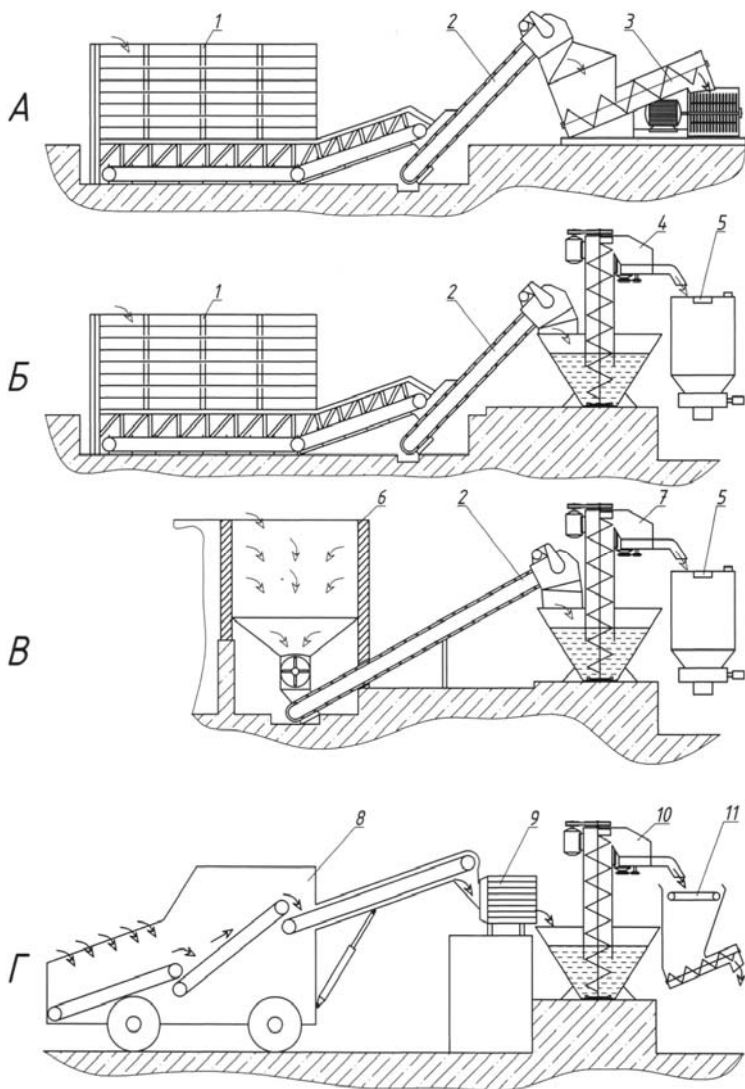
Технологические линии приготовления корнеклубнеплодов (рис. 3) обеспечивают выполнение операций погрузки, доставки, выгрузки, накопления (хранения), подачи, очистки или мойки, измельчения и дозированной подачи на линию смешивания [28]. Оборудование и машины ПТЛ монтируют в помещении цеха с минимальным заглублением (не более 700 мм), оно рассчитано для работы при температуре от 5 до 35 °С и относительной влажности воздуха не более 95%. Линия должна обеспечивать механизированную загрузку из транспортных средств, мойку обычных и крупных корнеплодов, их измельчение и дозированную подачу, а также отдаление от массы загрязнений (земли, ботвы, соломы) влажным или сухим способом. Оборудование ПТЛ совмещают с выгрузными механизмами хранилища корнеплодов. Для мойки корнеклубнеплодов используют обратное водоснабжение с рециркуляцией грязной воды. Расход воды на 1 т корнеклубнеплодов – 20...50 л.

Приведённое на схеме оборудование показывает, что без учёта хранилищ в состав ПТЛ входит от четырёх до шести машин.

Погрузка корнеплодов из хранилищ или кагатов в транспортные средства на всех ПТЛ одинакова: она осуществляется тракторным свёклопогрузчиком или грейферным погрузчиком ПЭ-0,8Б; загрузка в промежуточное хранилище – самосвальным транспортом. Во избежание перебоев в работе ПТЛ из-за отсутствия корма необходим бункер-накопитель или питатель. Этот текущий запас корнеплодов в ПТЛ (операция накопления) создаётся в бункерах-питателях ПБ-2М (ПБ-15), ТК-5 или ТК-5Б, ТЗК-30М или ПЗМ-1,5, в которые корнеплоды выгружают опрокидыванием кузова прицепа или подачей транспортёрами из хранилищ (см. рис. 3). Операции очистки, мойки, измельчения и дозированной выдачи подготовленных корнеплодов на ПТЛ выполняют измельчителями ИКС-5М, АПК-10А, ИКМ-Ф-10, ИКМ-5, ИКУ-Ф-10 и др. Для регулирования дозы выдачи корнеплодов за счёт изменения частоты вращения рабочих органов применяют бункера-дозаторы различного типа.

Согласно первой *схеме А* доставленные транспортными средствами корнеклубнеплоды порциями по 2...4 т выгружают в приёмный бункер-питатель ПБ-2М, заглубленный на 700 мм, либо на площадку цеха, откуда их периодически сталкивают в бункер ПБ-2М бульдозером. Из бункера корнеклубнеплоды транспортёром ТС-40М подают в мойку-дозатор агрегата АПК-10А, где они отмываются от грязи, затем дозированно подают в измельчитель-смеситель агрегата АПК-10А.

По *схеме Б* корнеклубнеплоды в той же последовательности доставляют и выгружают в приёмный бункер ПБ-2М или ПБ-15 и скребковым транспортёром подают в мойку-измельчитель ИКМ-Ф-10,



**Рис. 3. Схемы основных ПТЛ для приёма и обработки корнеклубнеплодов:**  
 1 – приёмный бункер (ПБ-15 или ПБ-2М); 2 – скребковый транспортёр ТС-40М;  
 3 – шнековая мойка агрегата АПК-10А; 4 – мойка-измельчитель ИКМ-Ф-10;  
 5 – бункер-дозатор КОРК-15.03.01; 6 – питатель ТК-5,0Б; 7 – мойка-измельчитель ИКМ-5; 8 – транспортёр-загрузчик ТЗК-30М; 9 – барабан сухой очистки корнеплодов; 10 – мойка-измельчитель; 11 – дозатор сочных кормов ДС-15

в котором они отмываются от грунта и песка вихревыми потоками воды, создаваемыми вращающимся крыльчатом или диском. Будучи во взвешенном состоянии, подхватываются шнеком и направляются к измельчителю. Частично отмытые в ванне корнеклубнеплоды дополнительно омываются струёй воды в кожухе шнека. Камни и другие тяжёлые предметы опускаются на дно ванны и отбрасываются крыльчатом на выгрузной транспортёр. В измельчителе корнеклубнеплоды на верхнем диске измельчаются горизонтальными ножами и поступают на нижний диск, где происходит их окончательное доизмельчение вертикальными ножами. Измельчённая масса выгружается в дозатор через лоток с помощью лопаток нижнего диска, в бункере-дозаторе самотёком направляется в рабочую зону дозирующего устройства. Вращающиеся скребки захватывают измельчённый корм порциями и сталкивают с тарелки дозатора в кольцевую щель между тарелкой и кожухом. Количество дозируемых корнеклубнеплодов в каждой порции регулируют вращением винта регулировочного устройства. Достоинство данной ПТЛ является малое заглубление питателя и высокая пропускная способность измельчителя, а недостатком – низкая надёжность дозатора.

Согласно *схеме В* (рис. 3) каждый приёмный бункер шнеков-питателей ТК-5Б загружают кормами из транспортных средств. Шнеки-питатели включают в работу поочерёдно. При пуске линии первым включают скребковый транспортёр, а затем один из шнеков-питателей. Корнеклубнеплоды подаются в мойку-измельчитель ИКМ-Ф-5, где подвергаются мойке, очистке от загрязнений и камней, измельчению, после чего поступают в дозатор КОРК-15.03.01 и далее – на ПТЛ смешивания. Недостатком данной ПТЛ является то, что в ёмкости приёмной части питателя, заглубленного на 3000 мм, во время работы ежедневно накапливается много грязи, замерзающей в зимнее время, что затрудняет очистку, вызывает перегрузку электродвигателя, обрыв цепей и т.п. Кроме того, основным недостатком шнеков-питателей ТК-5Б является необходимость их заглубления, что требует дополнительных затрат на строительные-монтажные работы и затрудняет техническое обслуживание. Поэтому, по мнению ряда учёных, наиболее совершенным является питатель-дозатор корнеклубнеплодов ПДК-Ф-15-1, который по сравнению с питателями типа ПБ-2М или ПБ-15 обеспечивает большую равномерность подачи продукта, для его установки не требуется больших капитальных вложений, устанавливается на любой ровной горизонтальной площадке. Питатель-дозатор корнеклубнеплодов ПДК-Ф-15-1 устроен следующим образом. На раме шарнирно закреплён лоток, в который самосвальным транспортёром

загружаются корнеклубнеплоды. Лоток с помощью двух гидроцилиндров может подниматься на угол до 60°. Корнеклубнеплоды, перемещаясь под собственным весом, захватываются шнеком и дозированно подаются далее согласно технологии приготовления. Аналогично устроен питатель ПКЖ-Ф-15.

По четвёртой технологической *схеме Г* (рис. 3) корнеплоды, загруженные в приёмный лоток питателя ТЗК-30М, ленточным скребковым транспортёром подаются во вращающийся барабан сухой очистки, в котором отделяется основная масса грунта, соломы и растительных остатков. Из барабана, установленного с зазором относительно загрузочного лотка, корнеклубнеплоды попадают в ванну мойки-камнеотделителя, где потоком воды, создаваемым рабочим колесом с лопастями совместно с витками шнека, отмываются и шнеком транспортируются к измельчителю. Камни и другие тяжёлые примеси коническое рабочее колесо отбрасывает к периферии и удаляет из ванны через окно на транспортёр удаления примесей. Очищенные от земли, песка и камней и превращённые в стружку корнеплоды поступают в бункер-дозатор. Отсюда измельчённую массу в дозированном количестве подают на линию смешивания. ТЗК-30М не требует заглубления, легко транспортируется и может использоваться в других технологических линиях. Основным недостатком данной машины – неравномерность подачи корнеклубнеплодов.

Технико-экономический расчёт по ПТЛ (рис. 3) для различного суточного объёма погрузки и доставки кормов – от 5,6 (для 400 коров) до 28 т (для 2000 коров) – показывает, что для небольших ферм при одинаковой эксплуатационной производительности по линиям А, Б, В от 2 до 4 т/ч [28]. Здесь наиболее эффективен вариант А. Для крупных ферм на 1200...2000 коров по вариантам А, Б и Г приведённые затраты снижаются почти наполовину, причём оптимальной является ПТЛ, совмещённая с корнеплодохранилищем [28]. При оптимизации линий кормоприготовления важное значение имеет вместимость хранилища корнеклубнеплодов, заблокированного с ПТЛ. Предельные значения вместимости: минимальный – бункер на 5...8 м<sup>3</sup>, максимальный – хранилище на годовой запас. Оптимальная вместимость хранилища должна соответствовать 1,0–1,5-месячной потребности корма [28].

Опыт эксплуатации показал, что производительность транспортёров корнеклубнеплодов типа ТК-5, равная 5 т/ч, недостаточна для работы с измельчающими машинами АПК-10А, ИКМ-Ф-10 и другими, имеющими производительность 10 т/ч, и не регулируется в нужных пределах. Данные типы транспортёров неработоспособны при перемещении крупных корнеклубнеплодов из-за недостаточных размеров



горизонтального шнека, а в бункере зачастую образуются своды. Кроме того, транспортёры часто выходят из строя в результате того, что привод горизонтального шнека приёмного бункера расположен на глубине 2,5...3,0 м и оказывается в воде, особенно в хозяйствах с близкими подпочвенными водами [77].

На молочных фермах и комплексах приготовление, доставка и раздача кормосмесей осуществляется мобильными машинами различных типов, адаптированных к отечественным условиям, совмещающих в себе функции мобильных кормоцехов, кормовыдающих агрегатов и средств подвоза кормов к животноводческим объектам. Анализ информационных материалов и периодических специализированных изданий крупнейших отечественных и международных выставок показал, что реализация достижений научных исследований по созданию новой техники и применению ресурсосберегающих технологий для приготовления и выдачи кормов на животноводческих фермах и комплексах крупного рогатого скота осуществляется не только по пути разработки мобильных универсальных раздатчиков-смесителей с вертикальной или горизонтальной системами измельчения-смешивания, но и по направлению разработки семейства специализированных внутрифермерских самоходных раздатчиков-смесителей на шасси с низким дорожным просветом; самоходных кормосмесителей на базе шасси автомобиля для ферм небольших размеров; раздатчиков-смесителей модульного типа, приспособленных к эксплуатации на фермах с различными объёмно-планировочными решениями; стационарных кормосмесителей, осуществляющих функции малогабаритных цехов [24, 25, 50, 61]. Основным их конструктивным элементом является система электронного взвешивания компонентов рациона (позволяет приготавливать в зависимости от используемых кормовых ресурсов до 100 рационов, точность взвешивания – до 1 кг), которая превращает обычный кормораздатчик в машину нового поколения. По мнению специалистов, наиболее предпочтительными являются кормосмесители с вертикальным расположением шнека в кузове машины, который помимо высокой однородности смешивания обеспечивает максимальную эффективность работы раздатчика [23, 46]. За рубежом и у нас в стране крупные производители молока и мяса в последнее время склоняются к применению самоходных кормораздатчиков, отличительной особенностью которых, по сравнению с прицепными, является высокая производительность и точность дозирования, более качественное смешивание кормовых компонентов, а также они обладают хорошей манёвренностью при загрузке и раздаче [65].

Однако миксеры – дорогие и энергоёмкие машины, для эффективного использования которых необходимы механизированные хранилища компонентов рациона. Поэтому более рационально готовить кормосмеси стационарными миксерами, а доставку и раздачу осуществлять обычными кормораздатчиками. Немецкими учёными были выявлены два фактора, оказывающие влияние на качество смешивания и раздачу кормов кормораздатчиками: равномерная загрузка кормов в бункер и конструкция битеров [36].

Смесители-кормораздатчики предназначены для загрузки, транспортирования, измельчения и смешивания кормов, а также дозированной выдачи ими приготовленных кормосмесей на животноводческих фермах и комплексах. Многие специалисты фирм-производителей животноводческой техники считают, что кормораздатчики являются экономичной альтернативой миксерам. Кормораздатчики с системой веоизмерения и с дополнительным бункером для минеральных добавок идеально подходят для смешивания измельчённых трав, кукурузы и концентратов, стоимость их ниже стоимости миксеров, имеют низкие потребляемую мощность и износ машины, не тратится время на подготовку кормовой смеси [37].

Несовершенные технологии и технические средства в процессе подготовки кормов создают условия для недоиспользования их потенциальной питательности на 25...30, по пути перемещения теряется кормов ещё до 8 и при неравномерной раздаче – до 24%. Результаты проведённых исследований показывают, что более 40% всех трудовых затрат, связанных с кормлением КРС приходится на выемку из хранилищ и погрузку кормовых материалов. Как показывает практика, если в хозяйстве отсутствует поточно-технологическая линия, то мобильными раздатчиками раздают только силос и сенаж, а для корнеклубнеплодов такие машины не предназначены и их раздают вручную, а из этих кормов возможно приготовить полнорационную кормосмесь. Следовательно, для полной механизации приготовления кормов на фермах обязательно необходимо иметь кормоцех (или кормокухню). Правильное соотношение грубых кормов и корнеклубнеплодов позволяет равномерно нагружать пищеварительный тракт и полнее использовать пищеварительные способности животных [17].

Техническую и технологическую модернизацию производства, составляющую сердцевину технического прогресса, необходимо осуществлять с учётом специфических особенностей каждой подотрасли животноводства, физиологических требований животных к условиям выполнения каждого производственного процесса, а также климатических и организационно-экономических условий производства продукции [48].

Для ускоренного развития отечественного агрокомплекса, обеспечения населения страны конкурентоспособным продовольствием собственного производства необходимо техническое и технологическое переоснащение сельского хозяйства, формирования парка ресурсоэффективных машин нового поколения. Рациональный комплект машин для механизации и автоматизации процессов в животноводстве необходимо формировать с учётом интенсивности использования техники, обусловленной объёмом работ, численностью и видом обслуживаемых животных, состава рациона кормления [55].

Анализ применяемых технологий показывает, что машины и оборудование, необходимые для оснащения существующих, реконструируемых и вновь строящихся ферм в России, выпускаются лишь частично. Поэтому новое перспективное оборудование требует разработки и освоения в производстве. По мнению профессора В. К. Скоркина и ряда других учёных, модернизация по сравнению с созданием новых машин является более экономичным мероприятием, так как замена морально устаревших узлов и агрегатов позволяет повысить их технический уровень с минимальными финансовыми затратами [10, 16, 64]. Модернизация позволяет не только повысить сроки эксплуатации действующих машин и установок, но и на качественно новый уровень поднять их технико-экономические параметры – надёжность, производительность, снизить удельные затраты энергии и других ресурсов, улучшить условия труда работников ферм. Особенно необходимо и целесообразно проводить модернизацию технологических машин и оборудования, отличающихся высокой металлоёмкостью корпусных элементов конструкции – дробилки, мобильные раздатчики кормов, измельчители и др. Замена морально устаревших узлов и агрегатов позволяет повысить их технический уровень с минимальными инвестициями.

## **2.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРИЁМА И ТРАНСПОРТИРОВКИ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

К техническим средствам для приёма, накопления и подачи корнеклубнеплодов относятся накопители-питатели и транспортирующие механизмы кормоцехов (транспортёры), предназначенные для подачи их в линию смешивания с другими кормами или на дальнейшую переработку (прил. А, табл. А1).

Неотъемлемой частью ПТЛ переработки, приготовления и раздачи кормов являются накопители-питатели и ёмкостные устройства (или расходные ёмкости) [40]. Накопители-питатели при определённых условиях (не обеспечивается требуемая точность подачи) могут

выполнять функцию дозирующих устройств или выравнивателей потоков. По назначению ёмкостные устройства разделяют на приёмные, аккумулирующие, технологические, регулирующие и расходные [40]. Приёмные предназначены для подачи кормов от транспорта и перемещения их непосредственно в линию переработки и приготовления, загрузки в аккумулирующие или технологические ёмкости; аккумулирующие – для накопления материалов для продолжительной работы машин и линий (они могут выполнять роль распределителя по нескольким линиям или машинам); технологические служат составной частью кормоперерабатывающих машин; регулирующие бункера выполняют роль сглаживателя потока и устанавливаются в линиях между двумя последовательно работающими машинами; расходные накапливают готовый продукт для выдачи по назначению. Тип ёмкостного устройства для каждого конкретного случая обусловлен назначением и характеристикой вида корма, а показатель сохранения корма определяется периодом стабильности его свойств (измельчённые корнеклубнеплоды нельзя хранить более 1,5...2,0 ч из-за окисления и порчи кормовой массы).

*Кормоприёмник-питатель КП-10* предназначен для приёма корнеклубнеплодов, зелёной массы и силоса от транспортных средств и равномерной подачи (до 5 т/ч) её в измельчитель. Он включает в себя сварную раму, на которой установлены нижний горизонтальный транспортёр, шесть боковин бункера вместимостью 5 м<sup>3</sup> и шнек. В бункере к передним боковинам на кронштейнах перед шнеком крепится дозирующий отбивной транспортёр, с помощью которого регулируют производительность кормоприёмника-питателя. На раме этого транспортёра смонтированы три замкнутых роликовых цепи с шагом 38 мм. К цепям в шахматном порядке прикреплены очёсывающие планки.

Доставленные корма (массой до 3 т) самосвалом поступают в бункер-питатель, оттуда со скоростью 0,013...0,014 м/с перемещаются горизонтальным транспортёром к выгрузному шнеку. Дозирование кормовой массы осуществляется изменением скорости цепи отбивного транспортёра (0,64...0,72 м/с) и высоты подаваемого слоя. Шнек выгружает корм в приёмную воронку транспортёра загрузки кормов и подаёт его скребками (со скоростью 0,5 м/с) на питающий транспортёр измельчителя сочных кормов.

Производительность КП-10 регулируют изменением зазора между нижним подающим и отбивным транспортёрами.

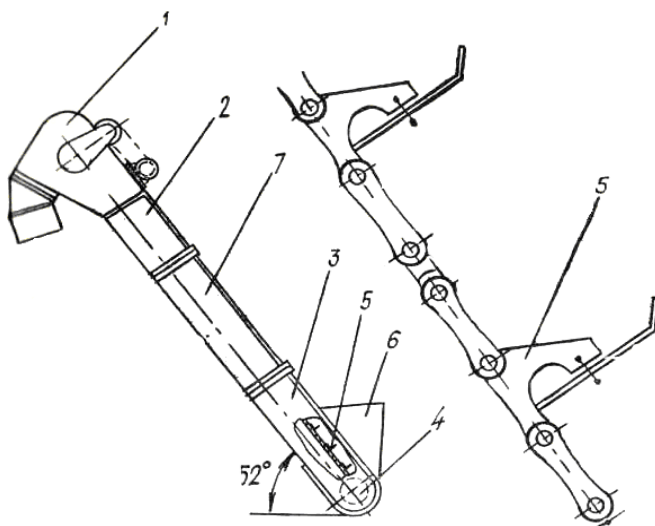
К транспортирующим механизмам кормоцехов относятся скребковые транспортёры, ленточные транспортёры роликового и безроли-

кового типа, шнеки загрузочного и выгрузного действия, ленточные и ковшовые нории [32, 40, 57, 59]. Их технические характеристики представлены в прил. А.

Транспортёр скребковый ТС-40М предназначен для приёма готовых кормов из смесителей и погрузки их в транспортные средства или кормораздатчики (рис. 4). Основными сборочными единицами транспортёра ТС-40М являются приводная секция 1, промежуточная секция 2, концевая секция 3, вал ведомый 4, полотно транспортёра 5, бункер 6, промежуточная секция 7.

Основание транспортёра представляет собой короб прямоугольного сечения, составленный из трёх основных секций. Крайняя верхняя секция короба – приводная 1, крайняя нижняя – концевая 3. Между этими секциями находятся промежуточные секции 2 и 7.

На приводной секции 1 сверху установлена качающаяся плита с приводной станцией, от которой цепной передачей вращение передаётся на ведущий вал транспортёра, установленный в пазах боковин концевой секции. Концевая секция оборудована приёмным бункером, приводная – выгрузным окном.



**Рис. 4. Транспортёр ТС-40М:**

- 1 – секция приводная с электроприводом; 2, 7 – секции промежуточные;  
3 – секция концевая; 4 – вал ведомый; 5 – полотно транспортёра;  
6 – бункер загрузочный

Основным рабочим органом транспортёра ТС-40М является полотно 5, состоящее из двух параллельно расположенных втулочно-роликовых цепей шагом 38 мм, на которых установлены скребки. С помощью скребков транспортёрное полотно принудительно перемещает корм от выгрузной горловины смесителя до приёмной ёмкости транспортных средств. Привод транспортёра осуществляется от электродвигателя А 02-32-4СХVI мощностью 3 кВт при частоте вращения 1430 об/мин.

Приводная секция 1 состоит из сварного корпуса, в боковинах которого имеются пазы с направляющими для установки ведущего вала транспортёра.

Сверху на приводной секции установлен на пальце качающийся привод. В состав привода входит плита с закреплённым электродвигателем, клинорёмённая и цепная передачи с контрприводным валом. В приводной секции имеется смотровой люк, закрытый съёмными крышками.

В транспортёр входят две одинаковые промежуточные секции сварной конструкции из уголка и листового проката – секция 2 длиной 3500 мм и секция 7 – 2000 мм. Боковые стойки секций 2 и 7 по всей длине отбортованы наружу. В отбортовке имеются отверстия для крепления крышек. Вдоль всей секции параллельно днищу приварен лист. По торцам секций приварены фланцы для их соединения.

Концевая секция 3 по конструкции аналогична промежуточным. На одном торце её имеется фланец для соединения с промежуточной секцией 7. Другой торец заварен листом. На боковинах у заваренного торца одна против другой приварены специальные скобы, в которых монтируется ведомый вал транспортёра.

Вал ведомый 4 предназначен для удержания от боковых смещений и перекатывания по нему цепей полотна транспортёра. Вал ведомый состоит из оси, которая вращается в железграфитовых втулках, дистанционных шайб и двух звёздочек с числом зубьев  $Z = 10$ , по которым перемещается втулочно-роликовая цепь в нижней части транспортёра.

Процесс работы заключается в следующем. Приготовленный корм из смесителя или из шнека-загрузчика поступает через загрузочный бункер 6 в нижнюю концевую секцию 3 транспортёра. При поступательном движении скребки захватывают корм и принудительно перемещают его по рабочему дну кожуха вверх через промежуточные секции 2 и 7. В приводной секции 1 корм под действием сил тяжести и

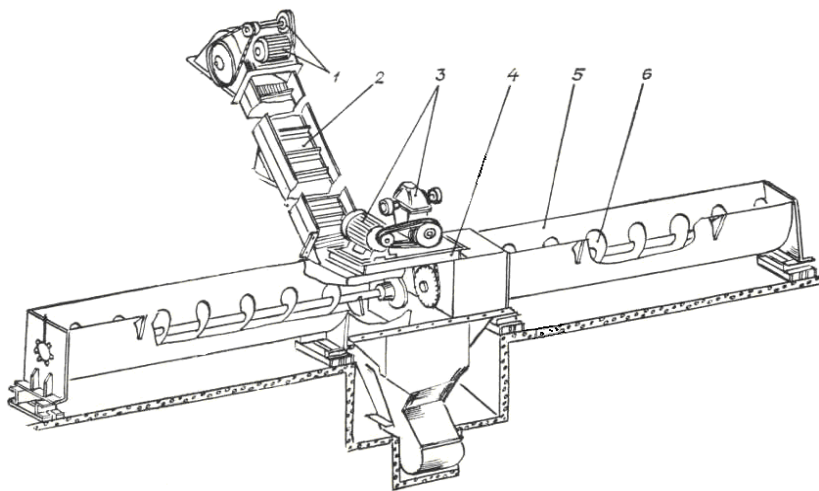
отброса скребками при их повороте на ведущем валу падает вниз в кормораздатчик или транспортное средство.

Регулировка натяжения полотна транспортёра осуществляется перемещением ведущего вала в направляющих с помощью натяжных винтов, расположенных на боковых стенках кожуха приводной станции.

Натяжение цепи звёздочек регулируют изменением положения качающегося привода.

Натяжение клиноремённой передачи осуществляется перемещением электродвигателя с помощью натяжных винтов.

*Транспортёр скребковый ТС-40К* предназначен для транспортирования корнеклубнеплодов от шнеков-питателей ТК-5Б и ТК-5 и подачи массы на обработку в измельчители. Скребковый транспортёр ТС-40К отличается от транспортёра ТС-40М тем, что рабочая ветвь транспортёра открыта, днище кожуха частично выполнено в виде решётки и верхняя секция имеет люк для удаления земли, мелких камней, а в нижней части транспортёра ТС-40К расположен приёмный бункер, который примыкает к шнекам-питателям транспортёра ТК-5Б (рис. 5).



**Рис. 5. Общий вид транспортёра корнеклубнеплодов ТК-5Б:**

- 1 – приводная станция наклонного транспортёра;
- 2 – наклонный скребковый транспортёр;
- 3 – приводная станция шнеков питателей;
- 4 – рама;
- 5 – кожух (лоток);
- 6 – шнеки-питатели

Поступающие из шнеков-питателей транспортёра ТК-5Б корнеклубнеплоды через приёмный бункер попадают на верхнюю рабочую ветвь транспортёра ТС-40К и с помощью скребков перемещаются вверх по желобу. В процессе передвижения от корнеклубнеплодов отделяются частицы земли, которые проваливаются через решетчатое дно и собираются в люке, а частично очищенный продукт поступает через выгрузную горловину на дальнейшую обработку. В связи с тем, что транспортёр ТС-40К унифицирован с базовым транспортёром ТС-40М, то их основные регулировки однотипны.

Питатель корнеклубнеплодов ТК-5 отличается от ТК-5Б тем, что в нём один шнековый питатель, а в приводном механизме нет муфт, вращение передаётся цепной передачей со звёздочки редуктора на звёздочку шнека-питателя.

Ленточные транспортёры предназначены для непрерывного горизонтального и наклонного (не более  $15^\circ$ ) перемещения сыпучих и штучных грузов. По конструкции опорных элементов ленточные транспортёры могут быть роликовые и безроликовые (волокуши). В сельскохозяйственном производстве в кормоцехах наибольшее применение находят транспортёры ленточные стационарные с роликовыми опорами типа ТЛ-65 и ТЛ-75-096, предназначенные для подачи сочных, грубых кормов и кормосмесей.

Основными узлами ленточных транспортёров служат приводная и натяжная станции, загрузочное и разгрузочное устройство, лента, верхняя и нижняя роликовые опоры, станина, барабан и рама.

Приводная станция предназначена для передачи тягового усилия ленте и приведения её в движение. Приводную станцию комплектуют опорными плитами для установки подшипников приводного барабана и щеточным механизмом. Приводную станцию обычно монтируют в конце рабочей ветви.

Натяжная станция предназначена для создания предварительного натяжения ленты, обеспечивающего передачу на неё тягового усилия с приводного барабана. Такую станцию монтируют в месте наименьшего натяжения ленты. Натяжные станции выпускают двух типов: грузовые и винтовые. Грузовые станции автоматически поддерживают постоянное натяжение ленты. В сельскохозяйственном производстве в сборных ленточных транспортёрах кормоцехов используются винтовые станции. Винтовые натяжные станции используют обычно в транспортёрах длиной не более 50 м. Винты, действуя на подшипники оси, перемещают барабан в направляющих рамы и обеспечивают необходимое натяжение ленты. Винтовую станцию монтируют в начале грузовой ветви транспортёра.



В качестве натяжных барабанов для станций всех типов, а также отклоняющих и поворотных барабанов, предназначенных для изменения направления движения ленты, используют неприводные барабаны.

Прямые роликовые опоры устанавливают на рабочей ветви транспортёров для штучных грузов и на холостой ветви для всех грузов. Их используют также вместо отклоняющихся барабанов. Расстояние между роликовыми опорами на рабочей ветви принимают не более 1,5 м, а на холостой – 3 м. Под каждым загрузочным устройством предусматривают одну роликовую опору.

Процесс работы заключается в следующем. Продукт из бункера-загрузчика подаётся на движущуюся ленту и, перемещаясь по длине кормоцепа, сбрасывается в конце ленты в приёмное устройство. С помощью сбрасывающего устройства корм может разгружаться в произвольном месте по длине ленты в зависимости от технологической схемы работы кормоцепа.

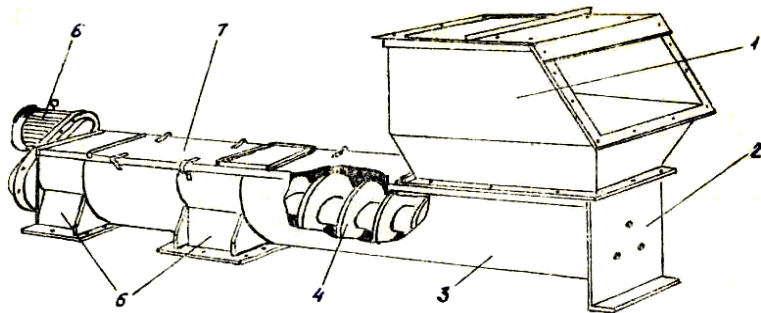
Для уменьшения вытяжки ленты во время работы её подвергают предварительному (до установки в транспортёре) растяжению в течение трёх суток. Усилие вытяжки каждой ветви принимают равным максимальному расчётному натяжению рабочей ветви или максимальной допустимой рабочей нагрузке на все поперечное сечение ленты.

*Шнек загрузочный ШЗС-40М* предназначен для загрузки измельчённых концентрированных кормов, травяной муки, корнеклубнеплодов, зелёной массы или силоса в смесители (типа С-7, С-12), дозаторы и питатели.

Приёмный бункер 1 (рис. 6) сварной конструкции имеет два окна, к которым крепят выгрузную горловину транспортёра ТС-40С и выгрузной патрубков мойки измельчителя корнеклубнеплодов типа ИКМ-Ф-10, ИКМ-5. Шнек 4 диаметром 250 мм однозаходный с левым направлением витков изготовлен из трубы, на которую приварены витки шнека с шагом, равным 200 мм. Привод шнека от мотора-редуктора с дистанционным управлением от шкафа управления ОМ-500 (II тип).

Основные узлы (сборочные единицы) шнека: приёмный бункер, кожух, шнек, мотор-редуктор, а также боковины, крышка и выгрузные горловины.

Процесс работы заключается в следующем. Корма из измельчающих машин или компоненты кормовой смеси подаются через окна бункера 1 внутрь кожуха 3. При вращении шнека 4 кормовой продукт перемещается по длине шнека и выгружается последовательно через первую горловину 5 или (при перекрытии заслонки); во вторую выгрузную точку 5 и направляется в смеситель.



**Рис. 6. Общий вид загрузочного шнека ШЗС-40М:**  
 1 – приёмный бункер; 2 – боковина; 3 – кожух; 4 – шнек;  
 5 – горловина выгрузная; 6 – мотор-редуктор; 7 – крышка

Основные регулировки шнека ШЗС-40М в основном сводятся к проверке правильности направления вращения мотора-редуктора и его надежности крепления к корпусу. Для определения направления вращения шнека включают мотор-редуктор; если вращение по ходу часовой стрелки (со стороны загрузочного бункера), шнек включен правильно. При обратном вращении перебрасывают две фазы на клеммной коробке мотора-редуктора. В процессе работы шнеки включают за 2...3 мин до начала подачи корма, выключают только после полной разгрузки приёмного бункера и 2...3 мин работы на холостом ходу, чтобы полностью освободить полость шнека от остатков корма.

*Шнек выгрузной сборный модернизированный ШВС-40М* предназначен для подачи готовых (запаренных или смешанных) кормовых смесей влажностью до 80% от смесителя до выгрузного транспортёра ТС-40М, но может применяться и для транспортировки различных кормов к смесителям, дозаторам и питателям. К торцевой части корпуса крепится мотор-редуктора, выходной вал которого соединён с валом шнека через муфту. Другой конец вала шнека опоры не имеет.

Для кормощехов ферм крупного рогатого скота выпускается *шнековый транспортёр ТШК-32*, предназначенный для приёма сыпучих кормов от одного или двух бункеров-накопителей, транспортировки и выдачи их в бункер дозатора (рис. 7). Транспортёр удобен, прост в эксплуатации и при техническом обслуживании. Он состоит из трёх секций 7, 8 и 10, транспортирующего рабочего органа (шнек) 3 и привода 1.

Секции транспортёра, соединённые между собой, образуют желоб, по которому груз перемещается шнековым рабочим органом. Каждая секция имеет полукруглую форму и присоединяется к соседней

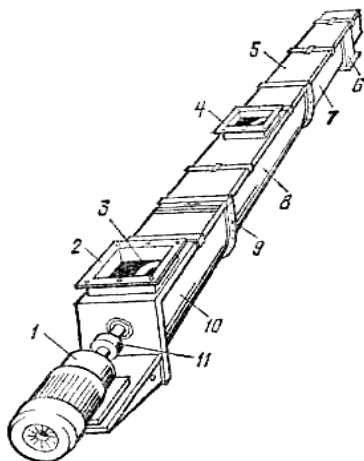
с помощью отбортовок через болтовые соединения. На передней и средней секциях смонтированы приёмные воронки 2 и 4, на задней – разгрузочная воронка 6. На каждой секции предусмотрены герметически закрывающиеся крышки 5, при снятии которых легко очищается весь транспортёр. Для вала шнека внутри средней секции установлен подшипник скольжения. На передней стенке первой секции и задней стенке последней – подшипники качения.

В качестве транспортирующего рабочего органа используется шнек 3, вращающийся в неподвижном кожухе секции. Шнек состоит из трёх частей, валы которых соединены трубчатой муфтой. Вал шнека опирается на промежуточный и крайний подшипник.

Привод предназначен для вращения шнека и включает в себя мотор-редуктор, соединённый с валом шнека через зубчатую муфту 11. В мотор-редуктор встроены электродвигатель мощностью 2,2 кВт. От токов перегрузки и токов короткого замыкания электродвигатель защищён соответствующей аппаратурой.

Принцип работы заключается в следующем. Из бункеров-накопителей корма поступают в загрузочные воронки и вращающимся шнеком перемещаются к разгрузочной воронке, из которой самотёком поступают в бункер-дозатор. Загрузка транспортёра должна быть равномерной, так как слишком быстрое заполнение желоба вызовет его забивание, а при недостаточном заполнении снижается производительность транспортёра.

Дальнейшее совершенствование накопителей-дозаторов кормов следует вести в направлении совмещения функций системы питатель-дозатор, применения для привода всережимных электродвигателей и автоматического управления технологическим процессом, комплексного решения операций транспортирования, выгрузки и приёма корнеклубнеплодов. Конфигурация днищ бункеров для сыпучих материалов должна исключать образование сводов и застойных зон в условиях экстремальных значений физико-механических свойств [32].



**Рис. 7. Шнековый транспортёр кормов ТШК-32:**

- 1 – привод; 2, 4 – приёмные воронки; 3 – шнек; 5 – крышка; 6 – разгрузочная воронка; 7, 8, 10 – секции; 9 – отбортовка секции; 11 – зубчатая муфта

### 2.3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

В технологическом процессе приготовления корнеклубнеплодов для скармливания животным используется операция по их очистке от примесей.

Очистка корнеклубнеплодов на животноводческих фермах и комплексах является одной из самых трудоёмких. Обычно корнеклубнеплоды загрязнены землёй, песком и могут содержать посторонние примеси (камни, куски дерева, металла и др.), поэтому перед скармливанием животным их необходимо обязательно мыть. Физико-механические свойства корнеплодов и почвы весьма разнообразны и зависят от многих факторов, в числе которых и природно-климатические условия [15, 27, 43]. Как известно, при повышении влажности почвы загрязнённость увеличивается, которая в основном концентрируется во впадинах корнеклубнеплода. К поверхности прилипают соломистые включения, камни и другие примеси, которые отрицательно воздействуют на здоровье животных и выводят из строя рабочие органы машин. Как показывает практика, при поступлении с поля корнеклубнеплодов, имеющих повышенную загрязнённость увеличивается расход воды и снижается производительность очистных машин [15, 43].

К машинам для переработки корнеклубнеплодов предъявляют следующие технологические и зоотехнические требования [11, 15, 27, 53]:

- универсальность в отношении обработки различных видов и сортов корнеклубнеплодов;
- высокое качество мойки и измельчения продуктов при относительно малом расходе воды (до 0,4 л/кг) и электроэнергии;
- отсутствие порчи частиц продукта рабочими органами машин;
- возможность регулировки времени пребывания продуктов в воде с целью пропуска продуктов с различной степенью загрязнённости;
- наличие устройства для отделения камней и других посторонних предметов;
- удобство очистки и удаления грязи и грязной воды;
- возможность максимальной степени механизации и автоматизации загрузки и выгрузки продукта;
- высокая производительность, позволяющая за 1...2 ч приготовить порцию корнеплодов, требуемую для разового кормления;
- высокое качество измельчения, определяемое однородностью стружки и минимальным образованием мезги и сока;

- хороший доступ к рабочим органам машины для быстрой регулировки или замены их и очистки;
- наличие предохранительного устройства, предупреждающего поломку рабочих органов;
- малые габаритные размеры, простота устройства, надёжность в эксплуатации, долговечность работы.

В линиях измельчения корнеплодов при приготовлении кормовых смесей либо их сушке для доочистки корнеклубнеплодов от свободной и прилипшей к корням почвы и других примесей используют различные мойки, конструктивно выполненные как отдельная машина или как транспортирующий узел измельчителя [2, 40]. К первому типу относят в основном барабанные лопастные мойки, ко второму – винтовые (шнековые) мойки измельчителей ИКС-5М, ИКМ-5 и ИКМ-10, мойки картофеля запарных агрегатов КН-3, ЗПК-4 и агрегата АПК-10. Все эти мойки относят к установкам непрерывного действия с повторным использованием воды и последующим удалением накопленной в сборниках грязи [40].

Корнеклубнемоющие машины классифицируют по следующим признакам: по способу выполнения рабочего процесса – периодического и непрерывного действия; по режиму работы – длительного (4...5 мин) и кратковременного (1...2 мин) действия; по наличию сепарирующих устройств – с камнеотделителем и без него; по принципу циркуляции жидкости – проточные и постоянно замкнутые; по конструкции рабочего органа – барабанные, кулачковые, вибрационные, роликовые, цетробежные, дисковые, шнековые, вентиляторные, струйные [11, 35, 53, 60].

Отмывание загрязнённых корнеклубнеплодов у всех моечных машин так или иначе связано с использованием воды. По мере пребывания обрабатываемого продукта в затопленном состоянии загрязнение частично насыщается водой и становится более рыхлыми.

Барабанные корнеклубнемойки различаются по габаритным размерам, конструкции и числу секций (одно- и двухкамерные). При очистке корнеклубнеплодов в барабанных и кулачковых машинах они совершают сложное движение как в самом слое, так и относительно рабочих органов и поверхностей машин. Находясь, как правило, в свободном положении, корнеклубнеплоды могут двигаться в том же направлении, что и рабочие органы. В результате такого динамического взаимодействия загрязнения в местах контакта испытывают деформацию и сдвигаются. Дальнейшее взаимное перетирание продукта приводит к потере прочностных связей частиц, которые уносятся вместе с водой. Это не обеспечивает эффективного удаления загрязнений, но

чрезмерно увеличивает энергоёмкость процесса, так как большая часть энергии расходуется на перемещение материала. Степень очистки в таких машинах невысока. Так, у машин барабанного типа (МП-2,5) она составляет 2,6...5,0%, а при мойке корнеплодов ещё меньше [35]. Кулачковые мойки, используемые в сахарной промышленности, в сочетании с гидроэлеваторами обеспечивают высокую степень очистки свёклы.

Недостатками барабанных корнеклубнемоек являются: малая производительность, длительность пребывания корнеклубнеплодов в воде (до 6 мин) и низкая частота вращения барабана [53]. Недостатками кулачковых моек являются: повышенное повреждение корнеклубнеплодов, малая производительность, большие удельные объёмы мочечного аппарата, повышенная загрязнённость рабочих мест вычерпываемой водой [53].

В вибрационных и роликовых мочечных машинах загрязнения с поверхности корнеклубнеплодов отделяются в результате более активного перемещения продукта рабочими органами и интенсивного промывания их водой, вытекающей под напором из отверстий оросителя [35]. При этом вибрация с перекачиванием служит для пространственного изменения положения корней, клубней и повышения эффективности струйной очистки. Струи, имея достаточный напор, обеспечивают удаление загрязнений с мест обильного скопления и с труднодоступных участков: углублений, корневой системы. Такие машины хотя и обладают малой производительностью, но обеспечивают высокую степень очистки благодаря гидродинамическому воздействию напорных струй.

У центробежных машин типа МРК-5 степень очистки ниже, что объясняется ограниченной зоной струйной обработки, определяемой их конструкцией.

Недостатками дисковых корнеклубнемоек является низкое качество вымытых корнеклубнеплодов, их повреждение, высокий расход воды, избыточное попадание воды в измельчённый продукт и невозможность отделения механических примесей [53].

Шнековые мойки относятся к машинам непрерывного действия. В конструктивном исполнении они наиболее хорошо сочетаются с различными измельчителями (ИКС-5М, ИКМ-Ф-10, АПК-10). Преимуществом шнековых моек: простота устройства, высокая пропускная способность и возможность обрабатывать корнеклубнеплоды без удаления ботвы [40]. Рабочий орган – шнек установлен под углом 20...90° к горизонту. Переменный шаг спирали увеличивается по мере подъёма в пределах 0,40...0,55 мм. При вращении шнек витками захватывает

клубни, поднимает их в зону водяных струй, нагнетаемых насосами через распределительные трубопроводы. Недостатком шнековых моек является невозможность пропускать корнеклубнеплоды диаметром более 150 мм (при степени загрязнённости 20% длина шнека должна быть порядка 6 м, что делают конструкцию корнеклубнемойки трудновыполнимой или требуется установка двух, трёх и более машин в технологической линии) [53]. Кроме того, применение моечных машин связано с большим расходом воды, что требует их размещения в отапливаемых помещениях, оборудованных водопроводом, канализацией и полами с твёрдым покрытием, а также возникают трудности с остатками ботвы (приводит к загрязнённости корма гнилостными бактериями). Это чрезмерно затрудняет их эксплуатацию, особенно в районах с суровым климатом.

Кроме того, шнековые мойки ИКС-5М и АПК-10, совмещая в себе принципы простого перетирания в ванне с водой и перетирания и одновременного орошения водой, при большей производительности машины не позволяют получать высокую степень очистки из-за непродолжительного пребывания корнеклубнеплодов в зоне интенсивной обработки [35]. Машина ИКМ-5, широко применяемая в кормоцехах животноводческих ферм и комплексов, имеет комбинированную мойку, в которой сочетаются принципы перетирания и одновременного орошения водой и активного трения воды о поверхность продукта. Однако назначение вертикального вихревого потока в мойке машины состоит и в том, чтобы отделять камни и твёрдые комки почвы, что не позволяет увеличить его скоростной режим. Это в определённой мере снижает эффективность очистки корнеклубнеплодов, а небольшие размеры камеры мойки и кратковременность пребывания продукта также не позволяют увеличить степень очистки. При исходной загрязнённости корней и клубней 8...10% они снижают её до 2...5% [35].

Наиболее высокое качество обеспечивают мойки, в основу которых положен принцип активного трения воды о поверхности движущихся корнеклубнеплодов [35]. Поток жидкости можно организовать вентилятором, ротором, струёй и др. Клубни в потоке жидкости имеют возможность свободно ориентироваться и хаотически изменять своё пространственное положение. При этом вода воздействует на загрязнения со всех сторон и они разрушаются интенсивнее.

Вентиляторные и струйные машины, имея достаточную длину рабочей зоны, обеспечивают почти полное отделение загрязнений, но при этом обладают высокой энергоёмкостью. В данных типах машин, в отличие от барабанных, центробежных и кулачковых нет совокупной обработки массива продукта водой, а превалирует индивидуальное

соприкосновение каждого клубня с гидродинамическим потоком жидкости, скорость движения которого значительно превышает скорость перемещения обрабатываемого продукта. Режим движения жидкости имеет турбулентный характер. У центробежных моек типа МРК-5 вода оказывает слабое моющее действие на корни и клубни. Поэтому на труднообрабатываемых участках процесс носит случайный характер с поверхностным разрушением загрязнений. Это подтверждается малыми производительностью и степенью очистки (около 4%) [35].

По иному протекает процесс при использовании ультразвуковых колебаний в жидкости [35]. Распространение упругих волн сопровождается рядом эффектов, важнейшие из которых – акустическая кавитация, акустические потоки и давление. Эти явления оказывают основное физическое воздействие на процесс и одновременно усиливают физико-механическое взаимодействие моющей среды с загрязнениями. Главный фактор, разрушающий загрязнения, – кавитация, которая проявляется в разрывах жидкости под действием звуковой волны с образованием мелких пузырьков (диаметром 10...1000 мкм). Часть их после кратковременного существования (10...50 мкс) схлопывается, создавая при этом местные гидравлические удары, достигающие давления в десятки мегапаскалей. Другая часть под действием акустических потоков интенсивно пульсирует и перемещается вместе с гидродинамическими потоками, способствуя интенсификации очистки.

В водной среде загрязнения разрушаются силами, возникающими от схлопывания пузырьков. При этом на частицы действуют большие динамические нагрузки, изменяющиеся как по направлению, так и по значению, что способствует быстрому отрыву частиц с поверхности клубней и переводу их во взвешенное состояние. Однако данный способ очистки пока не нашёл широкого распространения в сельском хозяйстве из-за сложности применяемого оборудования. При длительном перетирании корней и клубней в ванне с водой качество очистки существенно улучшается, однако снижается производительность и повышается энергоёмкость процесса. Сочетание механических приёмов и одновременного орошения водой позволяет получать продукт требуемого качества при сравнительно невысоких затратах энергии и времени обработки. Гидроразмывные устройства способны обеспечивать 100%-ное отделение загрязнений, однако они мало изучены и требуют значительных энергозатрат.

По мнению ряда исследователей, наиболее совершенными машинами являются вибромойки, принцип работы которых заключается в следующем. Корнеклубнеплоды подаются транспортёром в заполнен-



ную водой ванну, где предварительно отмываются, затем захватываются вращающимся и совершающим осевые колебания шнеком и, транспортируясь вверх, подвергаются активному воздействию вибрирующего в осевом направлении вращающегося шнека и окончательно отмываются водой, подаваемой через гребёнку. Исследованиями установлено, что благодаря вибрационному возвратно-поступательному движению продукта в трубе моечной машины резко сокращается расход воды и улучшается качество отмыва [6].

Таким образом, дальнейшее развитие конструкций моечных машин для корнеклубнеплодов возможно на основе использования принципов перетирания с одновременным орошением корнеклубнеплодов водой и активным трением воды об их поверхность. Совершенствование технологического процесса очистки корнеклубнеплодов позволит значительно ускорить удаление связанной почвы, добиться получения продукта требуемого качества, соответствующего зоотехническим требованиям, и снизить расход воды за счёт увеличения механических воздействий на продукт в моечных машинах.

Большое внимание в нашей стране и за рубежом уделяется изысканию высокоэффективных способов и средств для очистки корнеклубнеплодов от загрязнений без применения воды, что позволяет проводить очистку непосредственно в хранилищах и кормоцехах. Ряд организаций и учёных занимались и продолжают заниматься решением этой проблемы, но до сих пор не разработано рациональной конструкции. В настоящее время заслуживает внимания и является перспективной сухая очистка корнеклубнеплодов от загрязнений на винтовых конвейерах. При этом отпадает необходимость в воде, снимаются проблемы с утилизацией грязной воды в окружающую среду, а сам процесс удешевляется. Хотя сухой способ очистки корнеклубнеплодов лишён ряда недостатков, присущих водному, однако при этом высок процент повреждаемости корней при сравнительно низком качестве очистки. Кроме того, существующие механические рабочие органы не полностью разделяют корнеклубнеплоды и соразмерные с ними твёрдые включения (камни, металл и др.) [43], что приводит к поломкам измельчающих устройств.

В УНИИМЭСХе [35] проводились полевые опыты по вибрационной очистке корней свёклы от земли. Исследования показали, что обработка корней на вибрационном грохоте является эффективным средством очистки от почвы, но практически трудно применимым, так как для его надёжности необходима определённая влажность загрязнителя.

К рабочим органам для сухой очистки корнеплодов предъявляют следующие требования:

- возможность копирования поверхности корней, т.е. поверхность рабочих органов должна максимально совпадать с поверхностью очищаемого материала;

- минимальная повреждаемость корней в процессе очистки;

- одновременная очистка корней разных типоразмеров.

Механические безводные способы позволяют очистить ворох корнеклубнеплодов на 60...90%. Механические рабочие органы делятся на: щёточные, шнековые, прутковые, барабанно-щёточные, барабанно-шнековые, транспортно-щёточные и др.

Щёточные рабочие органы выполняются по двум схемам: барабанно-щёточные и щёточно-шнековые. Барабанно-щёточные рабочие органы представляют собой вращающийся сетчатый (планчатый, решётный) барабан с цилиндрической щёткой, установленной внутри барабана с радиальным смещением. Скорость вращения щётки значительно выше скорости вращения барабана, при вращении которого корнеплоды поднимаются и попадают в зазор между барабаном и щёткой. Часть корней перебрасывается через щётку, а другая возвращается из зазора и цикл повторяется. Движение продукта вдоль оси барабана осуществляется за счёт угла наклона барабана.

В щёточно-шнековых рабочих органах основным является транспортирующий шнек с щётками, расположенными на нём по дуге 180...200°. Корнеклубнеплоды, транспортируемые шнеком, находятся под воздействием прутков быстро вращающихся щёток. Устройства данного типа позволяют получить наиболее высокий процент очистки, но производительность их сравнительно невысока.

Прутковые и кулачковые рабочие органы обеспечивают низкий процент очистки 40...48%, отличаются высокой повреждаемостью корней – 4,7...4,9%, что ограничивает возможности использования их в качестве очистителей корнеклубнеплодов.

Отечественными учёными разработаны машины для сухой очистки и измельчения корнеклубнеплодов МСОК-10, МСОК-18, а в республике Беларусь выпускают унифицированный измельчитель корнеклубнеплодов ИУК-2 для сухой очистки. Проведённый обзор машин для сухой очистки показывает, что они имеют положительные стороны, связанные с тем, что устройства обеспечивают выполнение в одной машине двух операций – очистку от механических примесей и сортирование корнеклубнеплодов. Однако вместе с тем, они также металлоёмки, энергоёмки и при этом рабочие органы не всегда могут обеспечить качество процесса и сохранность клубней от повреждений [15, 53].



**Рис. 8. Машина для мойки корнеклубнеплодов МКЛ-10**

*Машина МКЛ-10* предназначена для мойки корнеклубнеплодов (картофеля, сахарной и кормовой свёклы) и отделения посторонних примесей. Обеспечивает полное отделение примесей (рис. 8).

Производительность машины составляет 10 т/ч, остаточная загрязнённость – 3%, степень удаления камней – 100%, удельный расход воды – 90 л·ч/т, установленная мощность – 2,2 кВт, габаритные размеры, мм, – 2900×1800×1450, масса – 800 кг.

Расчёты показывают, что эффективность сравниваемых установок выявляется лишь на фермах с поголовьем около 1000 коров, которые расположены в центральных и северных районах страны. В южных районах, где корнеклубнеплоды скармливаются непродолжительное время (100...150 дней), агрегаты для сухой очистки корнеплодов не эффективны даже на крупных фермах [38].

Щёточным рабочим органом, имеющим постоянное количество очищающих элементов, нельзя с одинаковым качеством очистить корнеплоды от примесей. К их недостаткам можно отнести ненадёжность в работе, качество отделения примесей не соответствует зоотехническим требованиям. Применение устройств с наполнителем из эластичных гранул также не позволяет отделять камни от продукта [70]. Поэтому следует разрабатывать новую технологию переработки корнеплодов и новые машины, основанные на безводном принципе работы, изолирующие отделённые примеси [31]. Анализ результатов ряда учёных показывает, что для сухой очистки корнеклубнеплодов наиболее перспективными являются шнековые рабочие органы [45]. Поэтому для качественной очистки корнеклубнеплодов необходимо найти оптимальный вариант, при котором остаточная загрязнённость корнеплодов будет соответствовать зоотехническим требованиям, а поверхность их не будет повреждаться. В связи с этим возникает необходи-

мость разработки более нового и совершенного устройства для очистки корнеклубнеплодов, лишённого вышеперечисленных недостатков. Решение данной проблемы имеет важное хозяйственное значение для животноводческой отрасли.

## **2.4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

Одним из основных способов повышения эффективности использования корнеклубнеплодов является измельчение, которое проводят в целях ускорения процессов переваривания кормов в желудке животных и повышения усвояемости питательных веществ. Это связано с тем, что скорость переваривания питательных веществ зависит от площади поверхности частиц корма [27, 55, 63, 78].

При подготовке кормов к скармливанию или консервированию, и особенно при приготовлении полнорационных смесей, компоненты измельчают в зависимости от требований наиболее полного их усвоения животными, возможности выполнения механических операций (транспортировки, загрузки и выгрузки из ёмкостей, дозирования, смешивания), а также условий минимальных потерь при хранении. В каждом конкретном случае принимают решение в зависимости от соответствующих требований или их сочетаний. Место измельчения в общем технологическом процессе переработки и приготовления кормов от поля до кормушки обусловлено в основном условиями минимума суммарных потерь питательных веществ и затрат энергии. Так, корнеклубнеплоды измельчают непосредственно перед включением их в кормосмеси. Каждому виду корма с резко отличающимися физико-механическими свойствами и требуемой степенью измельчения соответствуют определённые рабочие органы измельчителей [40, 63].

Дополнительное измельчение и смешивание кормовых компонентов при раздаче корма позволяет повысить поедаемость кормов в 1,5 раза по сравнению с использованием в необработанном виде [59].

Способ подготовки выбирают в зависимости от вида кормов, их состояния и качества, с учётом вида, породы и возраста животных и в соответствии с нормами технологического проектирования кормоцехов НТП АПК 1.10.16.001–02 [52]. На корм животным и птице используют корнеклубнеплоды в сыром виде в составе влажных кормосмесей или комбинированного силоса, в виде сухой стружки или в запаренном виде (например, картофель) в смеси с другими кормами. В соответствии с зоотехническими требованиями при скармливании корнеклубнеплодов свежими их очищают от посторонних включений так, чтобы загрязнённость не превышала 2%. Для КРС рекомендуемый размер

частиц корнеклубнеплодов 10...15 мм [8, 55, 63]. Поэтому для лучшего смачивания кормов клеточным соком корнеклубнеплодов и лучшего перемешивания их можно измельчать и более мелко, например при скармливании в смеси с концентрированными и грубыми кормами для КРС – в форме узких пластинок размерами соответственно по толщине от 5...10, по ширине – 10...30 мм и длине, равной длине продукта [5, 7, 27, 49, 73, 78].

Корнеклубнеплоды измельчают непосредственно перед скармливанием или не более чем за 1,5–2,0 часа до скармливания, так как измельчённая масса, окисляясь, быстро темнеет, теряет сок и покрывается плесенью [11, 60].

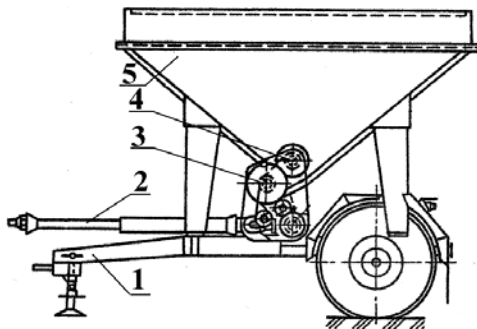
Эти операции, как правило, осуществляются в технологических линиях кормоцехов в процессе приготовления влажных кормовых смесей либо при подготовке корнеклубнеплодов к сушке или раздаче [2].

К измельчителям корнеклубнеплодов относятся корнерезки, корнетёрки и различные измельчители, отличающиеся друг от друга устройством рабочих органов и степенью измельчения материала (прил. Б, табл. Б1). За рубежом и в нашей стране в технологических линиях заготовки и приготовления кормов применяют разнообразные по конструкции измельчители корнеклубнеплодов, как выпускаемые промышленностью, так и образцы, разработанные научно-исследовательскими организациями, изготовленные аспирантами и соискателями высших учебных заведений, а также специалистами и рационализаторами предприятий.

Выбор перспективной конструктивно-технологической схемы измельчителя для технологических линий заготовки и приготовления кормов может быть обоснован на основании сравнительной оценки уже известных измельчающих машин.

По способу использования машины для измельчения делятся на стационарные и мобильные. Стационарные измельчители с приводом от электродвигателей устанавливаются в технологических линиях кормоцехов или заготовки кормов. Мобильные подразделяются на навесные и прицепные раздатчики – корнерезки, которые применяются для самозагрузки и раздачи корнеклубнеплодов с их одновременным измельчением.

*Раздатчик-корнерезка КРК-Ф-1* (рис. 9) предназначен для самозагрузки, измельчения корнеплодов и дозированной их раздачи. Разработана в навесном и прицепном вариантах [20]. При раздаче загружаемые в V-образный бункер корнеклубнеплоды сперва поступают на измельчающий барабан 4 с ножами, а затем расположенным в бункере 5 шнеком 3 со съёмными ножами доизмельчаются. Средневзвешенный размер частиц составляет 10...15 мм.



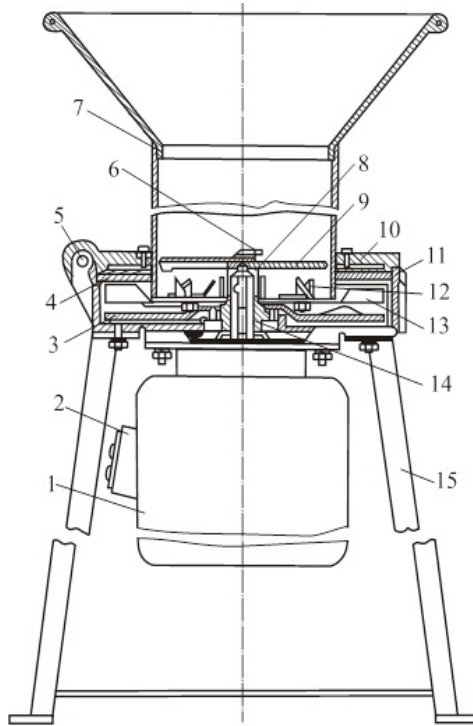
**Рис. 9. Схема раздатчика-корнерезки КПК-Ф-1:**

1 – рама; 2 – вал отбора мощности; 3 – шнек с доизмельчителем;  
4 – измельчающий барабан; 5 – бункер

Измельчение корнеклубнеплодов непосредственно перед выдачей их животным уменьшает потери питательных веществ. Общим недостатком мобильных измельчителей корнеклубнеплодов является отсутствие устройств для очистки от загрязнений и отделения камней.

*Измельчитель ИКС-5* (и его модификации) предназначен для мойки и измельчения корнеклубнеплодов [14, 27, 41, 78]. Он разработан в двух вариантах: с открытым загрузочным бункером и закрытым. Имеет винтовой конвейер, ванну, систему мойки и измельчитель. Ширина открытой части загрузочного бункера в первом варианте 2,5 м, ёмкость – 3 м<sup>3</sup>, что позволяет этой модели работать самостоятельно и загружать её автосамосвалами. Она рассчитана для загрузки транспортерами ТК-5 или ТК-5Б в поточной линии кормоцеха. При выполнении технологического процесса очищенные в моечной ванне корнеклубнеплоды и отмытые в шнековой мойке подаются шнеком к ротору, где под действием шарнирных молотков и противорежущей гребёнки измельчаются, а затем выгружаются.

*Корнерезка КПИ-4* стационарного типа предназначена для измельчения предварительно вымытых корнеклубнеплодов в стружку и мелкую мезгу (пасту) [2, 40]. Можно использовать в технологических линиях кормоприготовительных отделений или цехов животноводческих ферм, а также в условиях небольших ферм и фермерских хозяйств. Машина выпускается в двух исполнениях: основное исполнение КПИ-4 предназначено для грубого (крупного) измельчения; исполнение КПИ-4-01 предназначено для мелкого измельчения корма. Они имеют два диска со сменными ножами, что позволяет получить более широкий диапазон измельчения кормов в зависимости от вида животных, для которых необходимо измельчать корм.



**Рис. 10. Схема корнерезки КПИ-4:**

- 1 – электродвигатель; 2 – магнитный пускатель; 3 – выбрасыватель; 4 – дека;  
 5 – палец шарнира; 6 – специальный болт; 7 – бункер; 8 – ступица верхнего  
 диска; 9 – верхний диск с ножом; 10 – крышка камеры измельчения;  
 11 – корпус камеры измельчения; 12 – вертикальные ножи;  
 13 – лопасти нижнего диска; 14 – ступица выбрасывателя; 15 – станина

Корнерезка состоит (рис. 10) из станины 15, бункера 7, измельчающего аппарата и системы электрооборудования. Станина изготовлена из прокатных профилей. На ней закреплены все другие узлы. На внутренней стороне бункера крепится угольник, удерживающий вместе с диском 9 корнеклубнеплоды от вращения.

Измельчающий аппарат состоит из корпуса 11, в котором размещены две части: верхняя и нижняя. Верхняя часть состоит из диска 9 с горизонтальным заменяемым ножом. Нижняя часть аппарата состоит из двух дисков, скрепленных между собой болтами. Между дисками расположены четыре лопатки 13 (две внутренние и две внешние) и четыре вертикальных ножа 12, два из которых имеют внутреннюю,

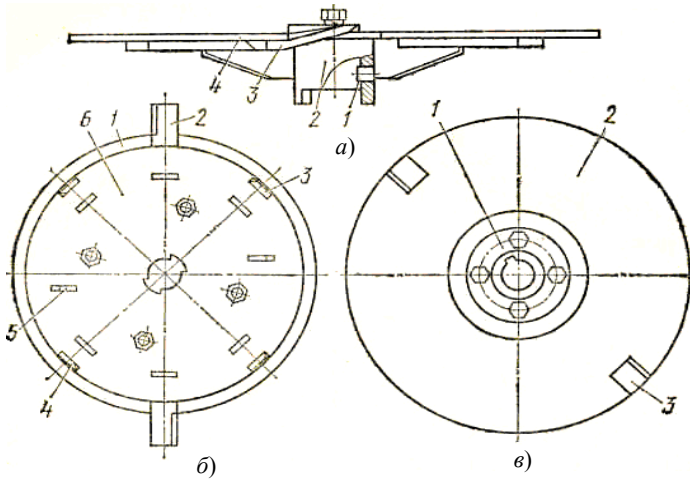
а два – внешнюю заточку. В корпусе измельчающего аппарата устанавливают деку с зубьями или без зубьев. Корпус укреплен на станине болтами. Сбоку к нему присоединен выбросной рукав, снизу – фланцевый электродвигатель 1. Ступица 14 швырялки (выбрасывателя) закреплена шпонкой на валу электродвигателя, на ней посажены нижние диски и ступица верхнего диска. Между дисками установлены шайбы для сохранения зазора 2...3 мм. Для предотвращения попадания влаги в электродвигатель на валу устанавливают резиновый сальник. Сменный горизонтальный нож крепится дужками и болтом 6 в прорези верхнего диска 9. Вертикальные ножи закреплены между нижними дисками. Крышка 10 шарнирно соединена с корпусом и в рабочем положении фиксируется двумя накидными болтами. На крышке жестко закреплен бункер 7. Нижняя цилиндрическая часть деки 4 выполнена в виде зубьев. С машиной также поставляется дека без зубьев (для исполнения КПИ-4) с укороченной цилиндрической частью. Дека прижимается к корпусу крышкой.

В состав электрооборудования корнерезки входят электродвигатель 4AM112MB6CY1 (для корнерезки КПИ-4) и 4AM112M4CY1 (для корнерезки КПИ-4-01) мощностью соответственно 4,0 и 5,5 кВт и автоматический выключатель 2 типа АЕ, который защищает электродвигатель от коротких замыканий в электросети и от длительных перегрузок.

Технологический процесс заключается в следующем. При измельчении корнеклубнеплодов в стружку, на валу электродвигателя монтируют швырялку (выбрасыватель) 3 и верхний диск 9. Толщина стружки зависит от номера ножа. Ножи верхнего диска маркированы цифрами 5 и 8. При использовании ножа с № 5 основная масса частиц будет толщиной 7...10 мм, с № 8 – больше 10 мм. При этом в корпус измельчающего аппарата устанавливают деку без зубьев. Рабочий процесс в этом случае протекает следующим образом. Загружаемые в бункер корнеплоды попадают на верхний диск и удерживаются от вращения угольником. Нож, прикрепленный к диску, измельчает их. Срезанные частицы попадают на выбрасыватель, лопасти которого выносят их из машины через выбросной рукав в кормораздатчик или другие машины для дальнейшей обработки.

При измельчении корнеклубнеплодов в мезгу на ступицу выбрасывателя устанавливают нижний диск с лопастями и вертикальными ножами 12, а в корпусе измельчающего аппарата – деку с зубьями (для исполнения КПИ-4-01). В этом случае измельченная верхним ножом масса падает на нижний диск и отбрасывается к деке. На пути движения масса измельчается ножами с внешней заточкой. Частицы, застрявшие в деке, обрезаются ножами с внутренней заточкой и





**Рис. 11. Диск корнерезки КПИ-4:**

*а* – верхний диск, вид сбоку: 1 – штифт фиксации; 2 – ступица; 3 – сменные ножи; 4 – диск; б – нижний диск с ножами, вид сверху: 1, 6 – диски; 2, 5 – наружные и внутренние лопасти; 3, 4 – ножи внутренней и внешней заточки; в – диск выбрасывателя, вид сверху: 1 – ступица; 2 – диск; 3 – лопасти

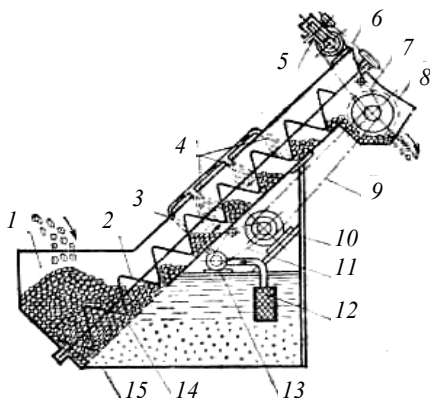
протираются между зубьями. Переработанная масса выносятся из машины внешними лопастями выбрасывателя через выбросной рукав. Степень измельчения – 1...6 мм (мезга).

Верхний диск служит для грубого (крупного) измельчения корнеплодов и состоит из диска 4 (рис. 11, *а*), ступицы 2 со штифтом фиксации 1 и сменными ножами 3, которые крепятся к диску 4 болтами.

Нижний диск с ножами предназначен для мелкого измельчения корнеплодов. Он состоит из двух дисков 1 и 6 (рис. 11, *б*), ножей 3 и 4 внутренней и внешней заточки, наружных и внутренних лопастей 2 и 5. Ножи и лопасти крепятся между зажатыми дисками болтами.

Диск выбрасывателя обеспечивает выталкивание измельчённых корнеплодов и состоит из ступицы 1 (рис. 11, *в*), к которой четырьмя болтами крепится диск 2 с лопастями 3.

Модификацией ИКС-5 является *измельчитель ИКС-5М* (рис. 12), который моет и измельчает корнеклубнеплоды, а также погружает массу в транспортные средства [41, 78]. Он состоит из загрузочного бункера 1, шнекового транспортёра 2, измельчающего аппарата 8, ванны 15, центробежного насоса 13 и механизма привода. В приёмный бункер корма подают из самосвальных кузовов автомобилей и прицепов тракторов, а из него шнеком транспортируются к измельчающему



**Рис. 12. Схема работы измельчителя корнеклубнеплодов ИКС-5М:**

- 1 – загрузочный бункер; 2 – шнековый транспортёр; 3 – напорная труба;  
 4 – патрубки с распределителями; 5 – редуктор; 6 – цепная передача;  
 7, 9 и 11 – клиноремённые передачи; 8 – измельчающий аппарат;  
 10 – электродвигатель; 12 – фильтр; 13 – центробежный насос;  
 14 – сетка; 15 – ванна для воды

барбану и перемешиваются в процессе отмыwania и движения. Привод шнека включает электродвигатель, червячный редуктор, клиноремённую и цепную передачи.

Измельчающий барабан состоит из вала, вращающегося в самоустанавливающихся подшипниках, дисков с осями и молотками.

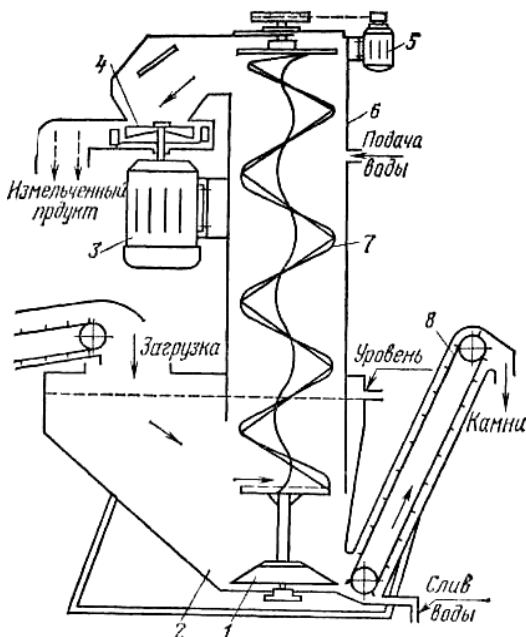
В боковых стенках моечной ванны имеются люки и патрубки для удаления воды и грязи, а в отсеке с водой размещён заборный патрубок водяного насоса. Производительность измельчителя 5 т/ч; установленная мощность – 9 кВт.

Мойка-измельчитель ИКС-5М наиболее устойчиво работает по производительности в том случае, если вода в ванне налита до уровня не ниже 180...200 мм от верхней кромки и при наличии 0,35...0,4 т корнеплодов. Производительность при этом на измельчении корней сахарной свёклы составляет 5,0...5,2 т/ч. Это условие необходимо учитывать при использовании ИКС-5М в поточных линиях приготовления кормов, так как специальной регулировки производительности эта машина не имеет. С уменьшением уровня воды в ванне производительность возрастает, достигая 6...7 т/ч при снижении уровня воды до нижнего контрольного патрубка в заполненном корнеплодами бункере [40].

*Мойка-измельчитель ИКМ-5* оборудована камнеотделителем, имеет два режима – 500 и 1000 об/мин частоты вращения диска, для изменения степени измельчения для крупного рогатого скота и свиней. Испытания показали, что особой надобности в двухрежимном электродвигателе нет. При этом измельчение свёклы для крупного рогатого скота осуществляется без деки, а для свиней – с декой. Существенный недостаток ИКМ-5 – сравнительно быстрый выход из строя электродвигателя в связи с попаданием на обмотки статора воды и сока корнеплодов, а также повреждение корней винтовым конвейером, что вызывает невозвратимые потери, доходящие до 6% по массе (вынос за пределы машины с загрязнённой водой) [40]. В модернизированном измельчителе ИКМ-5М двигатель вынесен за пределы измельчающего аппарата, который проводится через клиноремённую передачу.

На крупных животноводческих фермах, обрабатывающих в сутки свыше 15...20 т корнеплодов, производительность ИКС-5М и ИКМ-5 недостаточна. Поэтому поставлена на производство новая машина – *измельчитель ИКМ-Ф-10* (рис. 13), диаметр винтового конвейера которой увеличен до 600 мм (шаг – 380 мм), что позволяет перерабатывать более крупные корни (средний диаметр которых достигает 250...350 мм), выращенные в условиях полива. Измельчитель агрегируется с транспортёрами-питателями ТК-5 или ТК-5Б, а также может быть использован как самостоятельная машина при установке в утеплённых помещениях, оборудованных водопроводом и простейшей системой канализации. Измельчающий аппарат приводится в действие через клиноремённую передачу. Для крупного измельчения корнеплодов (режим с частотой вращения диска 770 об/мин) на вал привода устанавливается шкив диаметром 280 мм, снимаются дека и вертикальные ножи, для мелкого – шкив диаметром 250 мм (режим 1350 об/мин). При наличии мёрзлых корнеплодов на диск устанавливают горизонтальные зубчатые ножи. Винтовой конвейер мойки и подачи корнеплодов в измельчитель выполнен без вала. На нижней цапфе укреплен крылач для отбрасывания камней в приёмник цепочно-планчатого конвейера и их удаления. Привод каждого рабочего органа выполнен отдельным электродвигателем. Производительность ИКМ-Ф-10 составляет на корнеклубнеплодах 8,4...9,7 т/ч, степень измельчения частиц до 15 мм – 100% (насыпная плотность 705 кг/м<sup>3</sup>), частиц до 10 мм – 97,4% (насыпная плотность 850 кг/м<sup>3</sup>) [2, 11, 40].

Технологический процесс работы заключается в следующем. Перед началом работы ванна 2 заполнена водой. Необходимый уровень воды в ванне поддерживается сливным патрубком на кожухе шнека.



**Рис. 13. Технологическая схема мойки-камнеуловителя ИКМ-Ф-10:**

- 1 – диск-активатор; 2 – ванна; 3, 5 – электродвигатели;  
 4 – измельчающий аппарат; 6 – кожух винтового конвейера;  
 7 – винтовой конвейер; 8 – скребковый конвейер для удаления камней

Вращательное движение воды в ванне создается диском-активатором 1, закреплённым на валу шнека. Корнеклубнеплоды, загружаемые в ванну, под действием вращающегося потока воды приводятся во вращательное движение и подхватываемые шнеком направляются к измельчителю. Частично отмытые в ванне корнеклубнеплоды дополнительно омываются струями воды в корпусе шнека. Камни и другие тяжёлые предметы опускаются на дно и отбрасываются крыльцом к периферии ванны. При вращении камни встречаются с упором выгрузного окна и, преодолев сопротивление резинового клапана, сбрасываются на транспортёр.

Агрегат для сухой очистки и измельчения корнеклубнеплодов ИКУ-Ф-10 полностью унифицирован с измельчителем ИКМ-Ф-10 [2, 40]. Особенностью технологического процесса, осуществляемого ИКУ-Ф-10, является то, что корнеклубнеплоды загружаются в ванну мойки камнеотделителя не сразу (как у ИКМ-5 и ИКМ-Ф-10). Сначала их загружа-

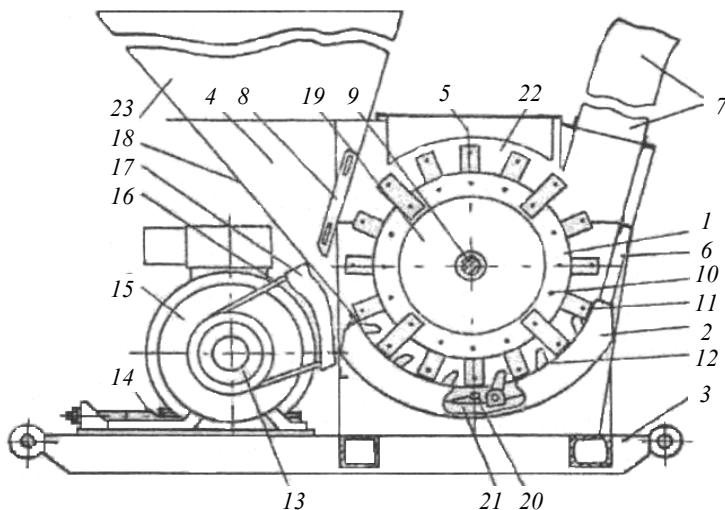
ют во вращающийся барабан сухой очистки диаметром 660 мм и длиной 950 мм, который представляет собой обечайку с двумя каналами для клиновых ремней, соединённую с пальцами, которые с одной стороны вварены в обечайку, а с другой – оставлены открытыми. Барабан, приводимый в действие с помощью электродвигателя, опирается бандажами на две пары опорных роликов, установленных на раме. Третья пара, размещённая на кожухе, создаёт замкнутую систему, в которой вращается барабан. Здесь отделяется основная масса земли, соломы и растительных остатков. Из барабана, установленного с зазором относительно загрузочного лотка, корнеклубнеплоды поступают в ванну мойки-камнеотделителя, где потоком воды, создаваемым рабочим колесом и витками шнека, отмываются и подаются в измельчающий аппарат. Камни диаметром более 100 мм и другие тяжёлые примеси отделяются от корнеклубнеплодов ещё на наклонной стенке лотка мойки, а, попадая на лопасть колеса, отбрасываются к наклонному транспортеру. Производительность агрегата ИКУ-Ф-10 при измельчении кормовой свёклы – 18,3 т/ч, картофеля – 17 т/ч. Применение сухой очистки обеспечивает снижение на 50 л расхода воды на 1 т корнеплодов по сравнению с измельчителем ИКМ-Ф-10 [28]. Потери измельчённого корма в 9,5, а расход воды – в 1,5–2 раза меньше, чем у измельчителя ИКМ-5.

На животноводческих фермах в настоящее время нашли применение ИКМ-Ф-10 – модернизированный измельчитель для удаления камней, мойки и измельчения корнеплодов и агрегат ИКУ-Ф-10 с барабаном предварительной очистки – для отделения земли, камней, мойки и предварительного измельчения корнеплодов [31]. Машины типа ИКМ имеют существенные недостатки. Исследователи и производственники сделали одинаковый вывод: причиной невысокой производительности машины ИКМ-5 является низкая пропускная способность моечного шнека [31]. На устранение этого недостатка были направлены усилия конструкторов, практически реализовавшиеся в более поздних устройствах – ИКМ-Ф-10 и ИКУ-Ф-10. Это выразилось в увеличении диаметра вертикального шнека и выполнение его безвальным, что может быть оправдано лишь с позиции переработки крупных корнеплодов. Но истинная причина невысокой производительности машины заключается в случайном характере попадания корнеплодов в зону забора спиралью шнека. Сделанный вывод подтверждает тот факт, что при переработке мелких корнеплодов или картофеля производительность ИКМ также невысока.

Учёные ЦНИИПТИМЭМ установили, что на ИКМ-5 приходится до 7,2% всех отказов оборудования кормоцеха [31]. Нарботка на отказ

составляет 190...250 ч, а время восстановления самое большое и равняется 3,59 ч. Выходят из строя ножи и дека режущего аппарата, вал шнека и втулка подпятника, подшипники шнека и электродвигатель привода измельчителя. Так же следует отнести плохое выделение из жидкой среды лёгких примесей, значительные безвозвратные потери в виде кусочков корнеплодов, выбрасываемых из ванны вместе с грязью транспортёром отвода примесей. Форма моечной ванны и расположение электроприводов способствуют возникновению вибрации в процессе работы. Транспортёр отвода примесей не исключает ручной труд: грязь выводится только из ванны, а далее убирается вручную. Недостатки ИКМ-5 вполне могут быть перенесены и на более поздние конструкции машин этого типа, поскольку общая их схема практически не изменилась.

*Измельчитель растительных материалов ИРМ-50* (рис. 14) предназначен для измельчения початков и зерна кукурузы повышенной влажности при заготовке зерноостержевой массы в силосные траншеи, сенажные башни и плёночные рукава по технологии AG-BAG (США),



**Рис. 14. Технологическая схема работы измельчителя ИРМ-50:**

- 1 – барабан; 2 – дека; 3 – рама; 4 – камера загрузочная;
- 5 – крышка верхней камеры; 6 – рамка; 7 – силосопровод;
- 8 – рамка подвижная; 9 – вал барабана; 10 – ось ножа; 11 – нож барабана;
- 12 – нож деки; 13 – шкив электромотора; 14 – винт натяжного устройства;
- 15 – электродвигатель; 16 – ремень клиновидной;
- 17 – кожух клиноремённой передачи; 18 – корпус бункера; 19 – диск барабана; 20 – бичи деки;
- 21 – сварная дека; 22 – верхняя камера; 23 – бункер загрузочный

одновременного измельчения компонентов при заготовке комбинированного силоса для свиней и приготовления кормовых смесей из грубых и сочных кормов крупному рогатому скоту и овцам [57, 78]. Измельчитель ИРМ-50 может применяться как в поточных линиях кормоприготовительных цехов, так и в качестве самостоятельного агрегата при приготовлении кормовых мешанок. ИРМ-50 используется для переработки початков кукурузы повышенной влажности при заготовке комбинированного силоса для свиней, приготовления силоса для крупного рогатого скота из початков кукурузы в фазе восковой спелости. Он должен комплектоваться бункерами-питателями кормов типа КТУ-10А, ПДК-Ф-12, ПЗМ-1,5М и др. При переработке соломы и сена измельчитель растительных материалов устанавливается на открытых площадках.

Загрузка осуществляется механизированным способом. Привод ИРМ-50 может быть или от электродвигателя мощностью 90 кВт с частотой вращения 26 об/с через клиноремённую передачу или от трактора. Привод от трактора К-701А – с помощью редуктора ВОМ и заднего кардана, а от Т-150К – редуктора ВОМ и телескопического вала ИРТ-26.000. Указанный вал в комплект поставки не входит.

Измельчитель состоит из барабана 1, деки в сборе 2, рамы измельчителя 3, силосопровода 7, вала барабана 9, оси 10, ножей барабана 11, ножей деки 12, шкива электромотора 13, электродвигателя 16, корпуса бункера 18, диска барабана 19 и загрузочного бункера 23.

Рама 3 измельчителя сварной конструкции предназначена для расположения на ней всех основных узлов агрегата. На задней части рамы расположены направляющие для крепления электродвигателя 15 мощностью 90 кВт. На левой и правой боковинах рамы приварены кронштейны – для крепления рычагов противорезающих ножей 12 деки 2.

Загрузочный бункер 23 служит для предварительного приёма, дозирования и подачи измельчаемого материала в загрузочное окно измельчителя. Он состоит из корпуса бункера 18, заслонки 8. Бункер 23 монтируется на верхнюю камеру 4 измельчителя. Стойка с приводом заслонок, регулирующих загрузку измельчителя, состоит из сварной системы шибберных задвижек шарнирного типа, перемещение которых осуществляется с помощью винтов.

Барабан измельчающий 1 молоткового типа является основной сборочной единицей ИРМ-50. Барабан состоит из вала 9, на котором на шпонках установлено восемь дисков 19. Через все диски проходят шестнадцать осей 10, на которых подвешены ножи 11 (молотки). Необходимая расстановка ножей с шагом 76 мм на осях достигается с

помощью распорных втулок. Молотки устанавливаются со смещением на 38 мм в каждом ряду. Оси подвески молотков (ножей) крепятся в дисках с помощью шайб, гаек и шплинтов.

Вал барабана в сборе с дисками, осями и ножами опирается на подшипники. Корпус подшипников в сборе крепится с валом к раме измельчителя. Непосредственно на вал барабана с левой стороны насаживается сменный шкив клиноремённой передачи 16, с помощью которой осуществляется передача крутящего момента со шкива 13 электродвигателя 15.

Если привод измельчителя осуществляется от трактора Т-150К, то шкив с вала барабана снимается (шкив условно не показан), а на шлицевой конец вала барабана монтируется вал телескопический ИРТ-26.000.

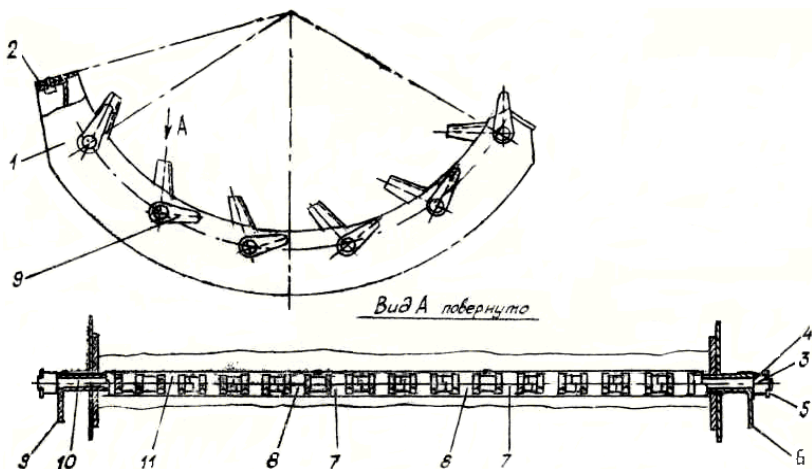
В ряде случаев для привода ИРМ-50 используется трактор К-701А. В этом случае на правый конец барабана крепится переходной фланец (поставляется с измельчителем) и через переходной задний кардан осуществляется подключение к редуктору ВОМ трактора К-701А. В этом случае длина заднего кардана по осям шарниров должна быть 1600 мм.

Дека на измельчителе ИРМ-50 конструктивно выполнена с изменяющимся (регулируемым) количеством противорежущих ножей и оснащена направляющими пластинами – бичами.

Дека в сборе (рис. 15) состоит из сварной деки 1, противореза 2, ножей 7, 8, 11, осей 10; рычагов противорежущих ножей 6, 9. Сварная дека 1 является несущей конструкцией и выполнена в виде правой и левой щеки. В щеках имеются шесть рядов отверстий, на которые надеваются ножи 7, 8 и 11, соединённые между собой кулачковыми выступами. Ножи 7 и 8 имеют цилиндрические хвостовики, которые выполняют роль подшипников скольжения и фиксируют ножи от осевого перемещения. На концах осей 10 надеты рычаги 9, с помощью которых каждый ряд противорежущих ножей фиксируется в рабочем положении. Фиксация осуществляется с помощью предохранительных срезных штифтов. Верхняя камера 22 (рис. 15) измельчителя ИРМ-50 устанавливается на раму. Каркас камеры выполнен в виде сварной конструкции и является основной несущей частью верхней камеры. В каркасе камеры имеются два окна, перекрываемые крышками, через которые осуществляется демонтаж осей при замене изношенных или сломанных ножей (молотков) измельчителя.

Сверху на каркасе верхней камеры шарнирно на осях закреплена крышка барабана 5, которая удерживается от открытия с помощью специальных болтов с гайками-барашками.





**Рис. 15. Дека измельчителя ИРМ-50 в сборе:**

1 – дека сварная; 2 – противорез; 3 – гайка; 4 – шайба; 5 – шплинт; 6 – рычаг; 7 – нож средний; 8 – нож левый средний; 9 – рычаг; 10 – ось; 11 – нож

В комплект ИРМ-50 входят два дефлектора. Нижний выполнен в виде цельной конструкции. Верхний дефлектор снабжён шарнирно закреплённым козырьком, который позволяет изменять направление потока измельчённого корма при его подаче в транспортное средство или накопительную ёмкость.

Электрооборудование измельчителя состоит из электродвигателя и шкафа управления.

В шкафу управления смонтирована аппаратура пуска, защиты и контроля за работой измельчителя. Включение и отключение шкафа управления от сети осуществляется поворотом рукоятки. Подключение к сети и нахождение шкафа под напряжением сигнализируется загоранием лампочки красного цвета.

Работа измельчителя происходит следующим образом. Корма, подлежащие измельчению, подаются в загрузочный бункер ИРМ-50. Загрузка измельчителя может осуществляться погрузчиками периодического действия (типа ПФ-0,5Б или ПЭ-0,8) или загрузочными бункерами-дозаторами кормов (типа КТУ-10А, ПДК-Ф-12). При любом варианте загрузки необходимо обеспечить равномерное поступление массы в приёмный бункер измельчителя. Из бункера корм через регулируемые окна, проходное сечение которых изменяется с помощью заслонки, подаётся в рабочую камеру измельчителя, где захватывается ножами барабана, разрывается на отдельные части и перетирается о

рифлёные планки деки. Поток воздуха измельчённый продукт по нижнему силосопроводу подаётся в сборный транспортёр кормоцеха. При работе с решетом на измельчении початков кукурузы (или отдельно зерна) полученная мука по сборному лотку направляется в отводящий транспортёр и далее в бункер-накопитель кормов.

Регулировка загрузки измельчителя осуществляется заслонкой, изменяющей проходное сечение окна, через которое в камеру дробления подаётся материал. Степень загрузки приводного электродвигателя определяется по показанию индикатора-амперметра. Наиболее экономичная и производительная работа измельчителя растительных материалов достигается при загрузке электродвигателя 4А 250МУЗ мощностью 90 кВт и частоте вращения 26 об/с при показании амперметра-индикатора до 160 А.

Степень измельчения корма можно регулировать путём ввода в работу от одного (крупное дробление) до шести (мелкое дробление) рядов противорезающих дек или изменением частоты вращения вала барабана за счёт установки двух сменных шкивов, входящих в комплект измельчителя. В заводском исполнении барабан настроен на частоту вращения 1500 об/мин. При регулировке на частоту вращения 2000 об/мин необходимо заменить шкивы на барабане и электродвигателе. С возрастанием частоты вращения степень измельчения уменьшается, т.е. частицы корма будут меньше по длине.

Регулировка (настройка) ИРМ-50 для измельчения кукурузы на муку производится за счёт установки сменного решета. Для этого необходимо предварительно демонтировать продуктопровод, рамку верхней камеры и снять с деки противорезы. На деку устанавливается решето. Крепление решета к боковинам рамы измельчителя и верхней камеры осуществляется болтами М10х30. К перегородке каркаса верхней камеры решето крепится с помощью шести болтов М8х25 с плоскими и пружинными шайбами.

Регулировка натяжения клиновидных ремней привода барабана осуществляется за счёт перемещения приводного электродвигателя натяжным винтом по направляющим в раме. Прогиб нерабочей ветви ремня в средней части между шкивами при усилии 43 Н (4,3 кгс) не должен превышать 12...14 мм.

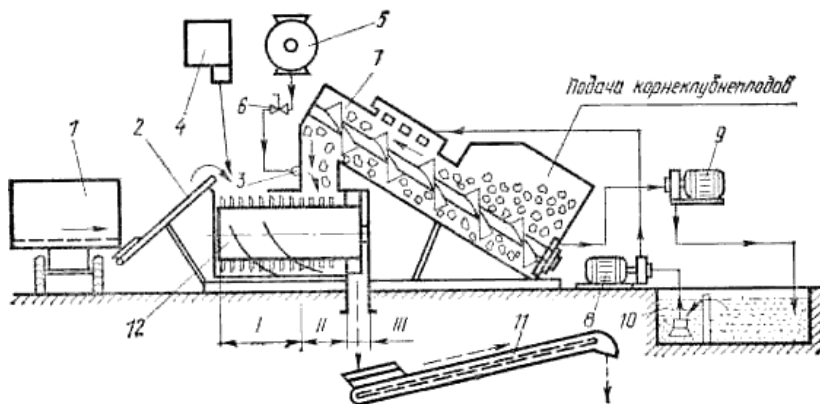
В процессе настройки и регулировки измельчителя ИРМ-50 проверяют и регулируют установку ножей барабана относительно противорезающих ножей деки. Номинальный зазор между боковыми плоскостями ножей барабана и противорезающими ножами деки должен быть  $5 \pm 1$  мм.

В технологических линиях приготовления комбинированного силоса, а также кормоцехах ферм КРС используется агрегат АПК-10А

(рис. 16). С учётом дополнительного оборудования он приготавливает поточным способом сбалансированные кормосмеси из корнеклубнеплодов, зелёной массы, грубых и концентрированных кормов, растворов микродобавок [6, 41, 78]. С учётом дополнительного оборудования он состоит из кормораздатчика-питателя кормов *1*, приёмного транспортёра *2*, распылителя растворов микродобавок *3*, дозатора концкормов *4*, смесителя микродобавок *5*, тарировочного крана *6*, шнековой мойки-дозатора *7*, насосов *8*, *9*, отстойника *10*, транспортёра готовой смеси *11*, измельчителя-смесителя *12*.

На раме агрегата установлена шнековая мойка, которая включает приёмный бункер, шнек с кожухом, оросительную систему и привод. Цилиндрический кожух шнека, наклонённый к горизонту под углом  $25^\circ$ , вверху переходит в выгрузную горловину, через которую корнеплоды ссыпаются в измельчитель-смеситель.

Для приготовления кормосмесей с различным содержанием корнеплодов шнековая мойка агрегата имеет несколько ступеней изменения производительности в диапазоне от 0,5 до 5,0 т/ч. С этой целью привод шнека мойки осуществлён от самостоятельного электродвигателя мощностью 2,2 кВт с пятью сменными венцами звёздочек, обеспечивающими 16 ступеней производительности.



**Рис. 16. Технологическая схема агрегата АПК-10А:**

- 1* – кормораздатчик-питатель кормов КТУ-10А;
  - 2* – приёмный транспортёр АПК-10А; *3* – распылитель растворов микродобавок;
  - 4* – дозатор концкормов; *5* – смеситель микродобавок; *6* – тарировочный кран;
  - 7* – шнековая мойка-дозатор; *8* – насос 2К-6; *9* – насос 3Ф-12;
  - 10* – отстойник; *11* – транспортёр готовой смеси; *12* – измельчитель-смеситель.
- I – зона ножей; II – зона молотков; III – зона швырлялки

На дробильном барабане размещены ножи для измельчения стебельчатых кормов, молотки для измельчения корнеплодов и швырялка.

По окружности барабана установлены две деки. На каждой из них может быть закреплена либо противорежущая чугунная колодка, либо 12 противорежущих ножей.

Основные рабочие органы АПК-10А приводятся в действие от электродвигателя мощностью 55 кВт.

В систему подачи и отвода воды входят центробежный насос 2К-6, трубы для подачи чистой воды, насос 3О-12, бак для чистой воды и привод. Центробежный насос производительностью 8 л/с подаёт чистую воду в шнековую мойку. Насосом 3Ф-12 откачивают грязную воду из мойки.

Грубые и сочные корма (солома, силос, сенаж) через один или два бункера-дозатора дозированно подаются на приёмный загрузочный транспортёр АПК-10А и направляются в зону ножей, где они предварительно измельчаются и далее направляются в зону работы молотков, которыми дополнительно расщепляются вдоль волокон и смешиваются с корнеклубнеплодами. Корнеплоды предварительно порциями около 0,5 т загружаются в приёмный бункер мойки-дозатора и с помощью шнека проходят по его цилиндрическому кожуху, где отмываются от грязи струями воды. Отмытые корнеклубнеплоды через горловину подаются в измельчитель-смеситель в зону шарнирных молотков, где они измельчаются и смешиваются с другими кормами.

Концентрированные корма в размолотом виде из дозатора кормоцека подаются через приёмную воронку в измельчитель-смеситель, где они смешиваются с остальными кормами.

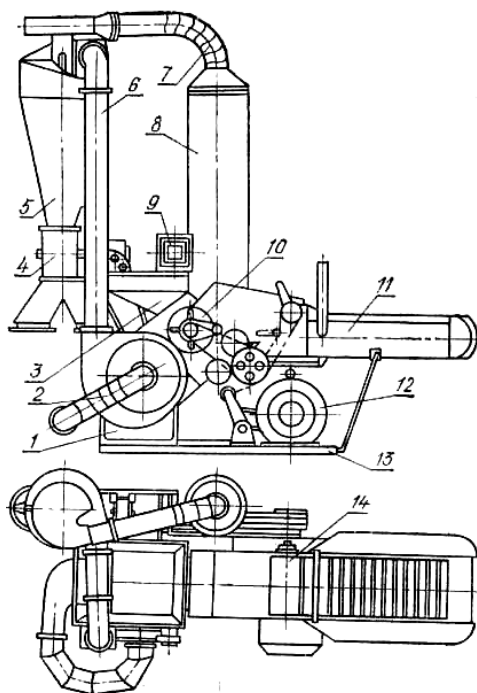
Включаемые в кормосмесь добавки (соли, карбамид, меласса) в виде раствора дозированно через тарированный кран подаются в измельчитель-смеситель через распылитель, установленный в стенке горловины для подачи корнеклубнеплодов.

За счёт изгиба ножей и молотков корма в измельчителе-смесителе продвигаются тонким слоем по периферии кожуха вдоль его оси и постепенно измельчаются и смешиваются. Готовая кормосмесь тремя лопастями швырялки выводится из камеры на выгрузной транспортёр.

Степень измельчения грубых кормов регулируют изменением количества установленных ножей. Так, для уменьшения длины резки на барабан устанавливают 54, а для увеличения – 30 ножей. Чтобы увеличить число ножей с 30 до 54, длинные распорные втулки заменяют короткими, между которыми и устанавливают дополнительные ножи. Степень измельчения грубых кормов регулируют также изменением зазора между концами ножей и подвижной декой.

Подачу корнеклубнеплодов в АПК-10А регулируют изменением частоты вращения мойки (сменой венцов звёздочек на входном валу червячного редуктора и выходном валу мотор-редуктора). Частоту вращения шнека можно изменять от 0,52 до 5,8 об/мин, что соответствует изменению подачи, например картофеля от 0,7 до 7,0 т/ч.

Универсальная дробилка КДУ-2А может работать по одному из трёх схем настройки: дробление сыпучих зерновых продуктов в муку; измельчение грубых кормов в муку; измельчение сочных кормов в пастообразную массу. Она служит и для приготовления кормовых смесей, состоящих из 2–3 компонентов, с введением жидких добавок [6, 41, 78]. Она состоит из рамы 13, дробильного аппарата 1, измельчающего устройства, загрузочного бункера 3, вентилятора 2, циклона 5 со шлюзовым затвором 4, нагнетательным 6 и отводящим 7 пневмопроводами, электродвигателя 12 (рис. 17).



**Рис. 17. Универсальная дробилка кормов КДУ-2А:**

1 – дробильный аппарат; 2 – вентилятор; 3 – загрузочный бункер; 4 – шлюзовой затвор; 5 – циклон; 6 и 7 – нагнетательный и отводящий пневмопровода; 8 – фильтр; 9 – указатель нагрузки; 10 – режущий барабан; 11 и 14 – питающий и прессующий транспортёры; 12 – электродвигатель; 13 – рама

Ротор дробильного аппарата вращается в дробильной камере, в которой размещены сменные решета, верхняя и нижняя деки. При измельчении влажных и сочных кормов вместо решет в дробильную камеру вставляют специальную стенку с горловиной.

Измельчающее устройство, имеющее режущий барабан, питающий и прессующий транспортёры, предназначено для обработки грубых и сочных кормов перед их поступлением в дробильную камеру. При измельчении зерна режущий барабан отключают.

Питающий и прессующий транспортёры приводятся в действие цепными передачами через редуктор, закреплённый под рамкой питающего транспортёра. В нижней части загрузочного бункера установлена поворотная заслонка, с помощью которой регулируют подачу продукта в дробилку.

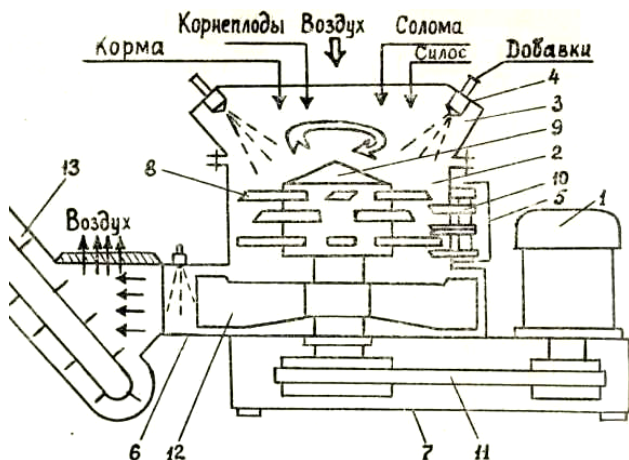
При измельчении сочных кормов дробилка КДУ-2А работает по прямоточному циклу [78]. Сочные корма загружаются ровным слоем на подающий транспортёр, прессующий транспортёр уплотняет массу и подаёт под спиралевидные ножи. Отрезанные частицы поступают в дробильную камеру, где под действием молотков дробильного барабана доизмельчаются и через горловину пастообразная масса выбрасывается из машины.

Производительность дробилки на измельчении фуражного зерна составляет 2 т/ч, сена в муку – до 0,8 т/ч, корнеклубнеплодов – до 5 т/ч.

Благодаря универсальности кормодробилка КДУ-2А нашла широкое применение, хотя имеет низкое качество и высокую энергоёмкость измельчения [41].

*Измельчитель-смеситель кормов ИСК-3* предназначен для измельчения и смешивания кормов любой влажности с другими компонентами рациона на фермах крупного рогатого скота со степенью равномерности не менее 80...90% [2, 6, 14, 68, 78]. Измельчитель входит в комплект оборудования КОРК-15 в качестве завершающей машины всего технологического цикла, обеспечивая измельчение и смешивание всех составных частей рациона (корнеплоды, солома, силос) с различными добавками (меласса, микроэлементы и др.). Данный измельчитель в сочетании со стационарным питателем ПЗМ-1,5 входит в комплект линии измельчения соломы ЛИС-3 в качестве самостоятельного агрегата.

Измельчитель (рис. 18) состоит из следующих основных узлов: приёмной камеры 3, рамы 7, приводного электродвигателя 1, рабочей камеры 2, где располагаются ножи 8, ротор 9 и дека 10 с противорезами. Шарнирно-пружинные крепления противорезов позволяют пропускать твёрдые включения без поломок. Для внесения в измельчаемую массу жидких добавок установлены две форсунки 4 на приёмной и две на выгрузной камере 6. Для выгрузки продукта используется крыльчатка 12, транспортёр подачи смеси 13.



**Рис. 18. Схеме технологического процесса  
измельчителя-смесителя ИСК-3:**

- 1 – электродвигатель; 2 – камера рабочая; 3 – камера приёмная; 4 – форсунка;  
5 – кожух деки; 6 – камера выгрузная; 7 – рама; 8 – нож; 9 – ротор;  
10 – дека (противорезы); 11 – передача клиноремённая; 12 – швырялки;  
13 – транспортёр выгрузной

Приёмная камера 3 представляет собой сварную конструкцию и предназначена для приёма кормов из транспортёра-загрузчика. На корпусе приёмного бункера крепятся форсунки 4 (слева) для ввода мелассы и для ввода кормового карбамида (с правой стороны).

Рама 7 изготовлена из профильного проката и стального листа сварной конструкции. На раме устанавливается выгрузная камера измельчителя-смесителя и приводной электродвигатель. В корпусе камеры сделаны люки для удобства монтажа и технического обслуживания привода.

Рабочая камера 2 представляет собой сварной цилиндр, в котором происходит измельчение и смешивание продукта. На внутренних поверхностях рабочей камеры монтируются противорезы или деки 10.

Работа измельчителя протекает следующим образом. При пуске измельчителя-смесителя рекомендуется следующая очередность выполнения операций. Вначале необходимо расстопорить ротор: стопор надо вывернуть из выгрузной камеры 6 и гладким концом ввернуть внутрь камеры. Выключатель блоков РУС поставить в положение «ВКЛ». Открыть заслонку выгрузной горловины измельчителя-смесителя, последовательно включить привод транспортёра выгрузки гото-

вой кормосмеси 13, электродвигатель смесителя-измельчителя 1 и, убедившись в отсутствии посторонних шумов и стуков, подать корм в приёмный бункер 3. В период нормальной загрузки камеры измельчителя открытием запорного устройства подать карбамид и мелассу в приёмный бункер 3, а кормовые добавки – в выгрузную камеру 6 измельчителя через форсунки 4. В период работы нельзя допускать забивания транспортёра выгрузки готовой кормосмеси. Степень измельчения регулируют, изменяя число ножей на роторе, числом противорезов и временем нахождения продукта в рабочей камере.

В режиме смешивания измельчитель-смеситель комплектуется шестью деками. На ротор устанавливают четыре укороченных ножа в первом (относительно ввода корма) ряду, два длинных ножа в третьем ряду и два зубчатых ножа в четвёртом ряду.

В режиме смешивания можно также производить доизмельчение продукта. В этом случае в рабочую камеру устанавливают три противореза и три деки.

В режиме смешивания дозированные корма сборочным транспортёром подаются в приёмную камеру 3 измельчителя. Попадая под удары вращающихся ножей 8 верхнего, а затем нижнего яруса, корм равномерно распределяется вдоль стенок рабочей камеры и опускается вниз. Однородная кормосмесь швырялкой выбрасывается в приёмный транспортёр. При работе ИСК-3 в режиме смешивания для выгрузки готового корма в транспортные средства необходимо устанавливать транспортёр ТС-40 с переоборудованным приёмным бункером. В режиме измельчения ИСК-3 комплектуется шестью пакетами противорезов. На роторе установки 9 устанавливается четыре укороченных ножа 8 в первом ряду, два или четыре длинных ножа во втором ряду и два или четыре зубчатых ножа в третьем и четвертом рядах. Увеличение количества ножей рекомендуется при возрастании в рационе дозы соломистых кормов.

При работе ИСК-3 в режиме измельчения корма из приёмной камеры 3 попадают в зону взаимодействия ножей верхнего яруса, где частично измельчаются. Под действием силы тяжести корм поступает вниз, попадает под действие длинных ножей и противорезов. При выходе на завершающий участок камеры измельчения частицы кормов встречаются на своём пути зубчатые грани ножей и режущие элементы нижнего яруса. В этой зоне происходит окончательное измельчение кормов с интенсивным разрывом кормов вдоль и поперёк стеблей. В процессе измельчения режущие грани противорезов постоянно совершают колебания вокруг оси вращения. Это обеспечивает их равномерный износ.



При измельчении на ИСК-3 только одной соломы технологическая линия дополнительно комплектуется пневмопроводом до бункера-накопителя грубых кормов, который подаёт стебельные корма в приёмную камеру измельчителя-смесителя.

Во всех режимах машина обеспечивает смешивание соломы, силоса, корнеплодов и жидких добавок со степенью равномерности не менее 80...90%.

Качество смешивания и доизмельчения корма в ИСК-3 регулируется тремя способами:

- за счёт подбора количества ножей;
- за счёт подбора количества противорезов и зубчатых дек;
- посредством изменения положения шибера, установленного перед швырялкой, чем изменяется время пребывания продукта в рабочей камере измельчителя.

В зависимости от физико-механических свойств исходного корма и зоотехнических требований к качеству получаемой кормосмеси возможны следующие комбинации установки пакетов противорезов и зубчатых дек.

В первом варианте устанавливается шесть зубчатых дек, смещённых относительно друг друга на 60°. Указанная схема расстановки рекомендуется в том случае, если исходные компоненты корма (особенно солома и силос) были предварительно хорошо измельчены.

Во втором варианте в рабочую камеру устанавливают три пакета противорезов и три пакета зубчатых дек так, чтобы они чередовались друг с другом. В этом случае недостаточно измельчённые компоненты кормосмеси доизмельчаются, интенсивно смешиваются при любой исходной влажности корма.

В третьем режиме интенсивного измельчения в рабочую камеру устанавливают шесть пакетов противорезов, смещённых один относительно другого на угол 60°. Эта схема используется при измельчении одного вида корма (например, соломы) или при дополнительном измельчении нескольких видов кормов.

В зависимости от настройки производительность ИСК-3 может быть 25 т/ч – в режиме смешивания (отвод противорезов из рабочей зоны), 15 т/ч – на измельчении и смешивании (второй вариант установки), 3...4 т/ч – при измельчении одной соломы с длиной резки до 30 мм и 4...8 т/ч – при длине до 50 мм (третий вариант установки рабочих органов).

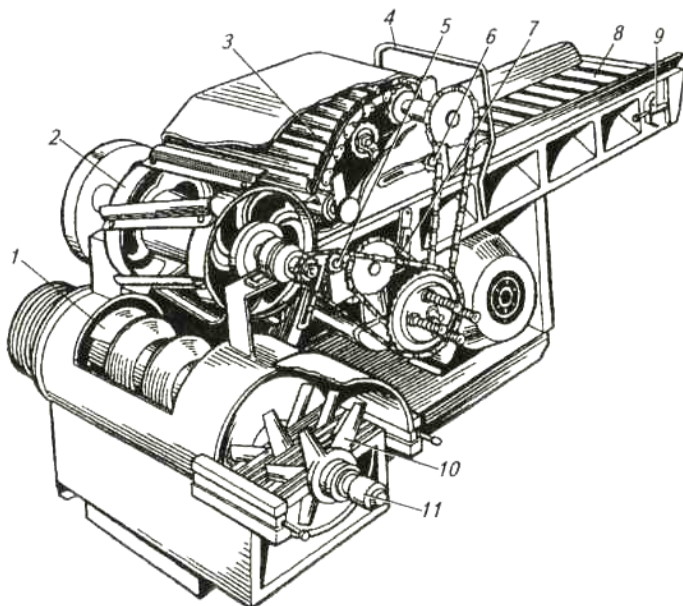
Как показывает опыт эксплуатации кормоцехов типа КОРК-15 в Нечерноземной зоне, измельчитель ИСК-3 переизмельчает смесь и сдерживает пропускную способность линии и всего цеха. Анализ при-

чин поломок измельчителя-смесителя ИСК-3 показал, что 75...80% отказов являлись следствием попадания в ротор инородных предметов. Поэтому нужно использовать отделители тяжёлых предметов.

*Измельчитель кормов ИКВ-Ф-5А «Волгарь-5»* предназначен для равномерного измельчения предварительно очищенных всех видов сочных и грубых кормов, бахчевых культур, зелёной массы, веточного корма, а также рыбы [28, 41, 78].

Измельчитель (рис. 19) состоит из подающего 8 и уплотняющего 3 транспортёров, аппаратов первичного и вторичного резания, натяжного устройства 9, натяжных звёздочек 5, 6, 7 и автомата отключения 11.

Под аппаратом первичного резания расположен шнек 7, по концам которого предусмотрены консольные валы. На консольный вал со стороны выхода продукта надета посредством шпонки втулка со шлицевой наружной поверхностью. На шлицевую часть этой втулки надето по девять чередующихся подвижных (со шлицами) и неподвижных (без шлицев) ножей. Наружные концы неподвижных ножей вставлены в паз корпуса, образуя пакет ножей. Указанный пакет сжат с боков винтами.



**Рис. 19. Измельчитель ИКВ-Ф-5А «Волгарь-5»:**

1 – шнек; 2 – ножевой барабан; 3 – уплотняющий транспортёр; 4 – скоба управления; 5, 6, 7 – звёздочки; 8 – подающий транспортёр; 9 – натяжное устройство; 10 – аппарат вторичного резания; 11 – автомат отключения

Зазор между ножами в пределах 0,05...0,65 мм (у трёх последних – 0,07...0,70 мм) обеспечивается распорными кольцами. Угол заточки ножей аппарата вторичного резания  $90^\circ$  обеспечивается заточным устройством, расположенным у шкива барабана 2.

В измельчителе для предупреждения поломок установлены предохранительные устройства: ведомые шкивы со срезными шпильками и фрикционная муфта в приводе транспортёров. Противорежущая пластина закреплена срезными шпильками. Натяжение клиновых ремней и цепей производится перемещением электродвигателя и натяжных шкивов и звёздочек.

Подаваемый питателем корм поступает (либо укладывается вручную) ровным слоем на подающий транспортёр 8, уплотняется транспортёром 3 и направляется в аппарат первичного резания. Барабан 2 с шестью спиральными ножами предварительно измельчает массу на частицы размерами 20...80 мм. Зазор между ножами и противорежущей пластиной устанавливают в пределах 0,5...1,0 мм за счёт перемещения корпусов подшипников барабана после заточки ножей. Зазор контролируют щупом. Заточное устройство установлено над барабаном 2 (на рис. 19 не показано). Измельчённый режущим барабаном 2 корм шнеком 1 направляется в аппарат вторичного резания 10, измельчающий корм на фракции размером 2...10 мм.

ИКВ-Ф-5А («Волгарь-5А») может измельчать корма для крупного рогатого скота (КРС), свиней и птицы. При измельчении грубых и сочных кормов для КРС в работу включают только аппарат первичного резания. Необходимую крупность частиц для свиней и птицы устанавливают, изменяя угол установки лезвия первого подвижного ножа аппарата вторичного резания относительно края витка шнека. При измельчении корма для птицы этот угол должен быть  $9^\circ$ , для свиней –  $54^\circ$  (против направления вращения ножей). Остальные ножи «отстают» на  $72^\circ$  от предыдущего. Ножи аппарата первичного резания (барабана 2) затачивают до остроты лезвия 20...40 мкм непосредственно на месте имеющимся в наличии заточным устройством после измельчения 200...250 т корма. Ножи аппарата вторичного резания 10 затачивают после измельчения 100...150 т. Для этого их снимают с машины. После измельчения 500 т корма противорежущую пластину переворачивают другой стороной, а после 1000 т – снимают и затачивают.

Эксплуатационная производительность машины на корнеплодах составляет 9 т/ч, зелёных кормах и силосе – 5,5, сене и соломе – 0,8...1,0, рыбе и мясе – 0,5 т/ч. Потребляемая мощность 22 кВт. Частота вращения рабочего органа первой ступени  $725 \text{ мин}^{-1}$ , второй –  $1015 \text{ мин}^{-1}$ .



**Рис. 20. Измельчитель унифицированный корнеклубнеплодов ИУК-2**

*Измельчитель унифицированный корнеклубнеплодов ИУК-2* стационарного типа предназначен для сухой очистки корнеклубнеплодов и измельчения их перед скармливанием животным (рис. 20). Измельчение осуществляется методом послыного вырывания ломтиков по линиям наименьшего сопротивления волокон корнеплодов, что исключает потери сока [24, 25].

Производительность – 2 т/ч; частота вращения: шнека – 50 мин<sup>-1</sup>, измельчающего барабана – 90 мин<sup>-1</sup>; размеры корнеклубнеплодов, мм, – 150...400, измельчённого корма – 15...40, установленная мощность – 2,2 кВт, габаритные размеры – 2750×1100×2400 мм, масса – 300 кг.

*Агрегат для измельчения кормов АИК* предназначен для измельчения травы, силоса, корнеклубнеплодов, веточного материала, початков кукурузы на корм сельскохозяйственным животным (рис. 21) [24, 25, 69].



**Рис. 21. Агрегат для измельчения кормов АИК**

Производительность при измельчении: сено, солома – до 0,5 т/ч, трава, силос – 2, корнеклубнеплоды – до 4 т/ч; установленная мощность – 5,5 кВт, напряжение питающей сети – 380 В, габаритные размеры – 1300×700×650 мм, масса – 110 кг.

*Малогабаритный универсальный измельчитель кормов МУИК-10* (рис. 22) предназначен для измельчения грубых (сено, солома и др.),



**Рис. 22. Малогабаритный универсальный  
измельчитель кормов МУИК-10**

сочных (свёкла, тыква, силос и др.) и концентрированных (зерно, початки кукурузы, жмых, шрот и др.) кормов перед скармливанием их животным. Может быть использован в составе технологических линий для приготовления кормов на животноводческих фермах, а также как самостоятельная машина для измельчения кормов в коллективных и фермерских хозяйствах [25, 69].

Состоит из сварного корпуса, ленточного транспортёра-питателя, приёмного битера, измельчающего барабана молоткового типа, деки с противорежущими пластинами, загрузочного бункера зерна, сменных решет, выгрузного шнека, низкого и высокого дефлекторов, привода. Подача кормов в измельчитель производится с помощью транспортёра-питателя. Привод осуществляется от электродвигателя или ВОМ трактора типа МТЗ-80.

Производительность в час основного времени: на переработке грубых кормов – 3 т, при измельчении сочных кормов – 5...10, дроблении зерна и початков кукурузы – 3...5, измельчении кормовых смесей – 5...6 т; установленная мощность электродвигателя – 22 кВт; средний размер частиц измельчённых кормов: грубых – 20...40 мм, сочных – 10...15, зерна и початков кукурузы – 1...3, кормовых смесей – 30...40 мм; ширина ленты питателя и рабочей камеры – 650 мм; диаметр/длина измельчающего барабана – 600/650 мм; противорежущая дека – с прячущимися противорежущими пластинами (четыре ряда) и рифлёными планками (3 шт.); диаметр отверстий сменных решет – 4; 8; 20 и 40 мм; частота вращения измельчающего барабана –

1500...2000 мин<sup>-1</sup>; масса без электродвигателя – 700, с электродвигателем – 800 кг.

Универсальный измельчитель-смеситель кормов УИСК-0,4-КГСХА предназначен для измельчения стебельчатых кормов, корнеплодов и фуражного зерна, их смешивания и выгрузки в транспортное средство (рис. 23) [25, 69].

Состоит из транспортёра 1 для загрузки стебельчатых кормов, прижимного транспортёра 10, бункеров для загрузки фуражного зерна и корнеплодов 9, рабочих органов 7, шнека-смесителя 5, электродвигателей 2 и мотор-редуктора 4. Рабочие органы для измельчения стебельчатых кормов и фуражного зерна снабжены молотками 11, для измельчения корнеплодов – ножом 12. В измельчающих аппаратах для стебельчатых кормов и корнеплодов установлены гребенки 3. Измельчающий аппарат для фуражного зерна снабжен декой 8 и решетом 6.

Транспортёр подаёт стебельчатые корма в измельчающий аппарат. Корнеплоды и концентраты также направляются в соответствующие измельчающие аппараты. Измельчённые компоненты корма поступают в шнек-смеситель, который выполняет две функции: смешивает компоненты, превращая их в однородную кормовую смесь, затем транспортирует и погружает её в транспортное средство.

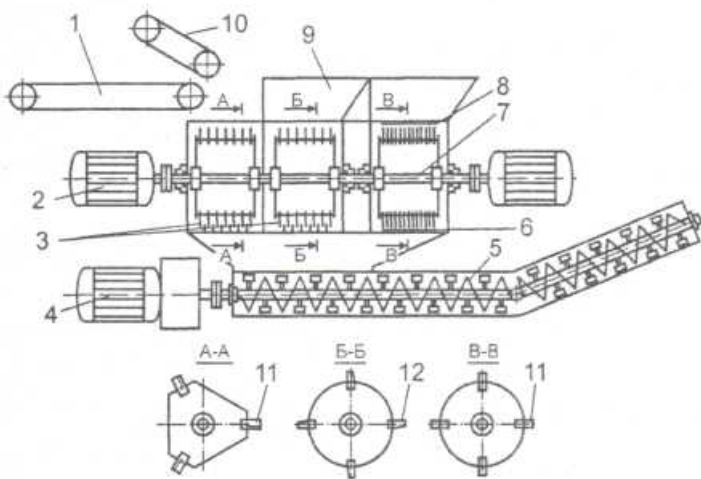


Рис. 23. Универсальный измельчитель-смеситель кормов малой производительности УИСК-0,4-КГСХА

*Измельчитель-смеситель кормов ИСК-Ф-10* предназначен для измельчения грубых кормов, зелёной массы, силоса, корнеплодов, зерна, а также смешивания различных кормов с дозированным внесением сыпучих добавок в технологических линиях кормоцехов ферм крупного рогатого скота. В конструкции предусмотрен отделитель инородных предметов, что повышает срок службы машины. Загрузка может проводиться одновременно тремя транспортёрами.

## **2.5 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

Приготовление корнеклубнеплодов с применением тепловой обработки довольно широкое распространение получило в Беларуси, Германии, Польше, Австралии и других странах. Для тепловой обработки корнеклубнеплодов чаще всего используют кормозапарники, запарники-смесители и кормозапарочные агрегаты (прил. В, табл. В1). Установки для тепловой обработки классифицируются: по назначению – для обработки корнеклубнеплодов, пищевых отходов и грубых кормов; по виду источника теплоты – паровые и электрические; технологическому назначению – запарники, варочные, сушильные; по способу выполнения рабочего процесса – периодического и непрерывного; по создаваемому давлению – низкого и повышенного; по способу эксплуатации – стационарные и передвижные [2, 27]. Проведённые исследования показывают, что запарники непрерывного действия являются наиболее экономичными.

В условиях хозяйств возникает необходимость запаривать и варить картофель и корнеплоды в основном в случаях нарушения режимов их хранения или предварительной подготовки. Картофель наиболее эффективно скармливать в запаренном виде в смеси с другими кормами при вводе его до 85% рациона по питательности. При скармливании запаренного картофеля привесы больше на 15...17%, чем при скармливании сырого. Готовят картофель непосредственно перед скармливанием или силосованием, так как в измельчённом запаренном виде он быстро закисает.

Запаривают картофель в специальных стационарных и передвижных агрегатах [2, 3, 27, 60]. Эти запарники непрерывного действия, но могут работать и в цикличном режиме; оборудованы конвейерами, устройствами для механической очистки картофеля и мойки, запарными чанами с выгрузными винтовыми конвейерами и мялкой.

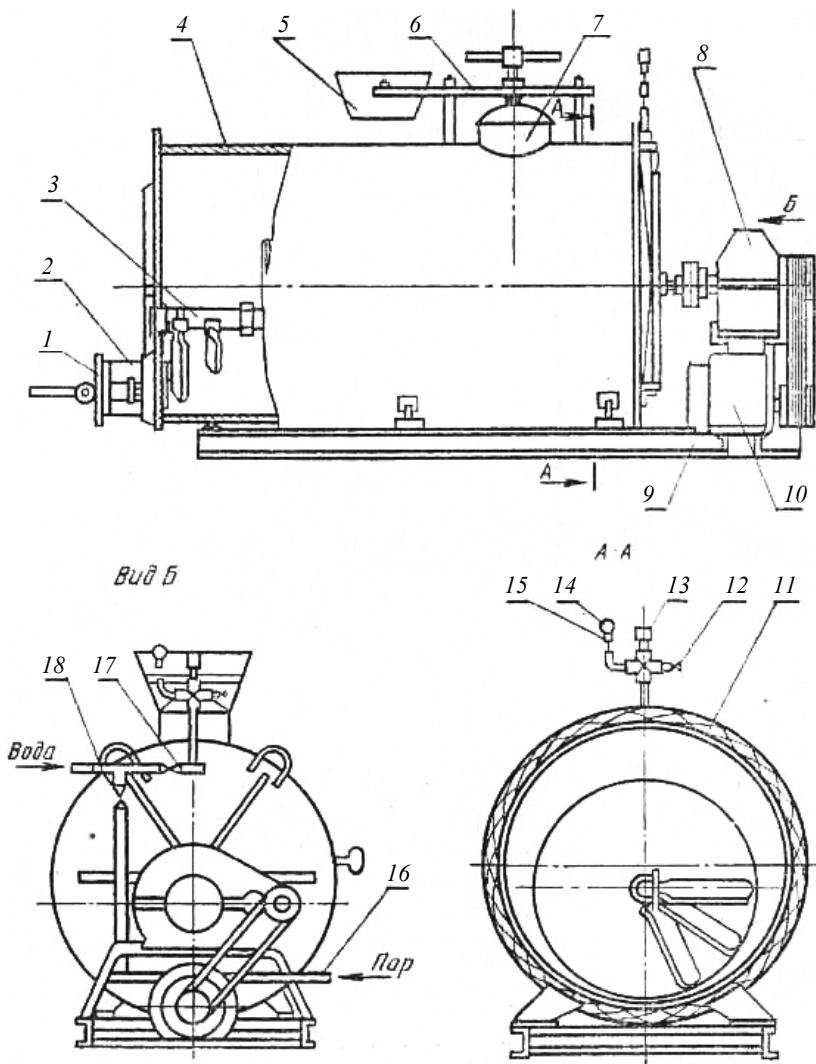
Картофель после очистки измельчают; при работе в цикличном режиме и давлении пара 0,04...0,07 МПа время запаривания составляет 40...45 мин; в непрерывном режиме производительность регулируется так, чтобы на выходе картофель свободно разминался до частиц менее 5 мм. Расход пара на 1 т клубней составляет около 200 кг [3, 60]. Как показывают результаты проведённых исследований, нагрев свыше 105 °С ухудшает питательную ценность запаренных продуктов [40].

Для тепловой, химической и биологической обработки кормов необходимы источники теплоты и машины. Поэтому ряд технологических процессов выполняют с использованием нагретой воды и пара. Для нагрева воды используют электроводонагреватели типов ЭПЗ, САЗС, САОС, ВЭП и другие; для получения пара служат котлы-парообразователи на твёрдом топливе – КТ-Ф-300, КС-Ф-500, КТ-500А, КТ-100, на жидком топливе – КВ-300Л, КЖ-Ф-500, Д-721А, Д-900, на газе – КТГ-300, КГ-500, Д-721Г, КГ-1500 с блочными горелками типа ГБ и турбинными горелками типа ГТГ [27].

*Запарник-смеситель ВКС-3М* предназначен для варки корнеплодов или пищевых отходов и смешивания их с другими компонентами [22, 48]. Он состоит из рамы, котла, мешалки и привода (рис. 24). Котёл выполнен из металла, снаружи для теплоизоляции имеет деревянную облицовку. В верхней части котла на оси вращения укреплен воронка, которая при загрузке котла устанавливается под загрузочным бункером. Внутри котла по всей его длине проходит вал мешалки, вращающийся на чугунных подшипниках. Котёл оборудован паропроводом, который позволяет варить некоторые виды кормов. При работе смесителя в котёл через воронку и верхний люк загружают корма, затем горловину закрывают и подают пар. В процессе варки масса перемешивается лопатками смесителя. По окончании варки открывают загрузочный люк и добавляют другие компоненты корма, не требующие варки. Вся масса интенсивно перемешивается в течение 5...20 мин и затем через нижний люк выгружается из машины. Скорость выдачи корма регулируют с помощью шибера. Уплотнение вала с лопастями для перемешивания корма в котле осуществляется подающим устройством. Положение воронки над горловиной котла-смесителя фиксируется стопором.

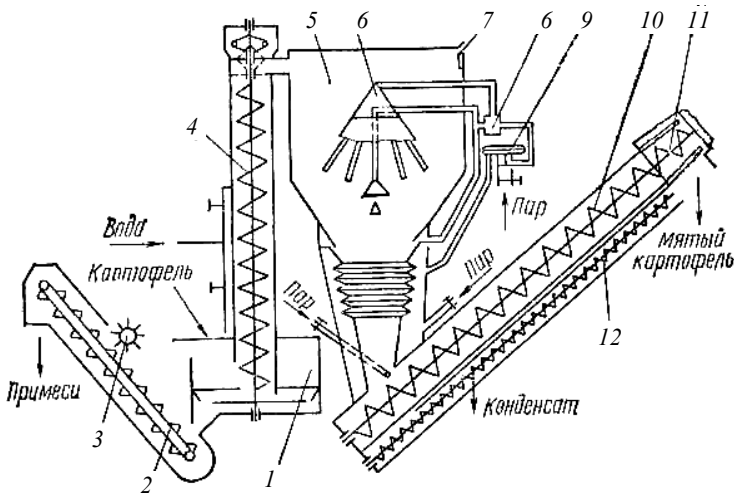
Привод запарника-смесителя осуществляется электродвигателем АО-52-4 с напряжением 380/220 через редуктор РМ-40-1-1.





**Рис. 24. Запарник-смеситель ВКС-3М:**

- 1 – крышка люка; 2 – разгрузочный люк; 3 – вал запарника; 4 – корпус;  
 5 – загрузочная воронка; 6 – планка; 7 – загрузочный люк; 8 – редуктор;  
 9 – рама; 10 – электродвигатель; 11 – изоляционное покрытие;  
 12, 15 – краны; 13 – предохранительный клапан; 14 – манометр;  
 16, 18 – трубопроводы подвода воды и пара; 17 – водяной кран



**Рис. 25. Картофелезапарочный агрегат АЗК-3:**

- 1 – мойка; 2 – грязевыгрузной транспортёр; 3 – барабан; 4 – загрузочный шнек;  
 5 – запарочный чан; 6 – парораспределительное устройство;  
 7 – датчик уровня; 8 – переключатель пара; 9 – редукционный клапан;  
 10 – выгрузной шнек; 11 – мялка; 12 – шнек для выгрузки мезги

*Агрегат АЗК-3* (рис. 25) предназначен для мойки и запаривания картофеля [40]. Основные сборочные единицы агрегата: мойка 1, грязевыгрузной транспортёр 2, барабан 3, загрузочный шнек 4, запарочный чан 5, парораспределительное устройство 6, датчик уровня 7, переключатель пара 8, редукционный клапан 9, выгрузной шнек 10, мялка 11, шнек для выгрузки мезги 12. Все рабочие органы смонтированы на общей раме.

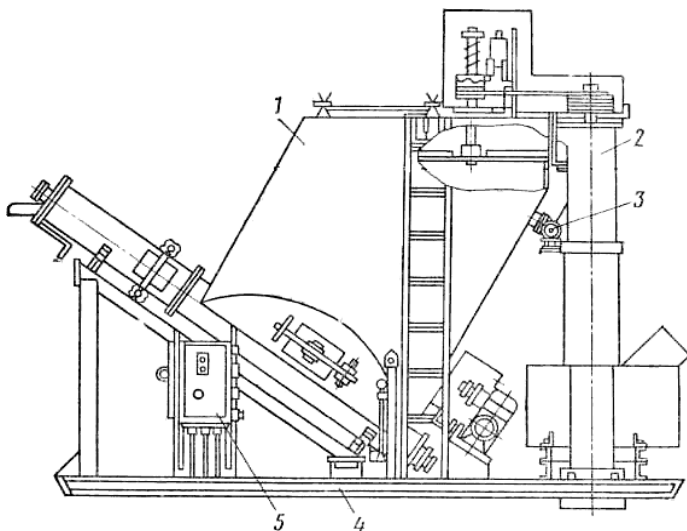
Мойка состоит из корпуса, ковшового транспортёра для выгрузки отмытой грязи и барабана для плавающих соломистых примесей. К корпусу мойки крепится загрузочный бункер. В нижней части ковшового транспортёра предусмотрено окно слива грязной воды. Привод транспортёра осуществляется от электродвигателя через клиноремённую передачу и червячный редуктор, а барабан – от ковшей транспортёра. На нижнем конце загрузочного шнека закреплён мочный диск, создающий при вращении круговой поток воды в мочной камере, а на верхнем конце шнека имеется загрузочно-запорный механизм. Диаметр шнека 320 мм, шаг витков – 200 мм. Привод осуществляется от электродвигателя клиноремённой передачей. Картофель загружают в чан конвейерами типа ТК-3 или ТК-5.

Сверху на чане установлен предохранительный клапан для сброса избыточного давления и предотвращения возникновения разряжения в чане. В конической части чана предусмотрено устройство для отвода конденсата. Редукционный клапан поддерживает в запарном чане давление 0,003 МПа.

Мялка состоит из корпуса, задвижки, ножей и крышки. Запарный картофель измельчается при продавливании его шнеком через зазоры между ножами. Привод выгрузного шнека осуществляется от электродвигателя через вариатор, червячный редуктор и цепную передачу. Агрегат снабжён пультом управления и работает с паробразователем типа Д-721А. Может работать как в цикличном, так и в непрерывном режимах. При работе под действием вращающегося мочного диска картофель отмывается от грязи, захватывается вилками шнека, в кожухе которого дополнительно отмывается струями воды. Тяжёлые примеси оседают на мочном диске и отражающей пластиной отбрасываются через окно в камеру ковшового транспортёра и выносятся им из мойки. Всплывшие лёгкие примеси барабаном также удаляются на ковшовый транспортёр. При вращении загрузочного шнека под действием центробежных сил загрузочно-запорный механизм поднимается в верхнее положение и открывает окно чана, через которое картофель загружается в запарный чан. После 10 мин загрузки в нижнюю часть чана подаётся пар, а после окончания загрузки пар подаётся в верхнюю часть.

Агрегат автоматизирован. Как только чан полностью заполнится, посредством датчика верхнего уровня отключаются все транспортёры и мойка. Производительность агрегата при непрерывном цикле 2...3 т/ч. Расход пара на запаривание картофеля составляет 190 кг на тонну, расход воды на мойку картофеля – 480 кг на тонну. Качество частиц картофеля после мятия составляет: размером до 10 мм – 70%, частиц размером от 10 до 20 мм – 30%.

*Запарник кормов ЗПК-4* предназначен для мытья картофеля, отделения его от камней, запаривания и приготовления из него пюре [3, 22, 40]. Состоит из запарочного чана; мойки с камнеборником; вертикального загрузочного шнека с активатором на нижнем конце для подачи вымытого картофеля на запаривание; парораспределительного устройства, включающего выходной патрубок и трубчатый коллектор; мяльного шнека с шестью ножами на нижнем конце; выгрузного шнека с высотой выгрузки 2050 мм; шкафа с пусковой и защитной аппаратурой, электропривода и рамы (рис. 26).



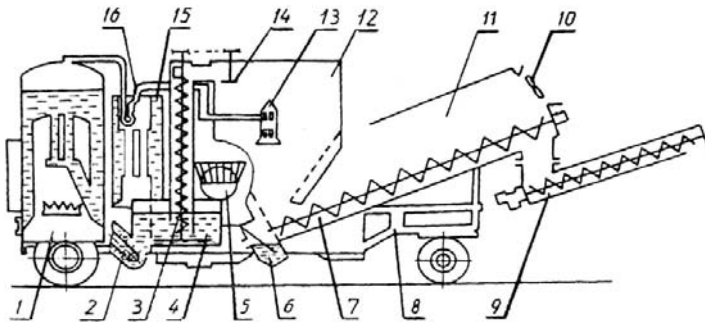
**Рис. 26. Кормоприготовительный агрегат-запарник ЗПК-4:**

1 – запарочный чан; 2 – мойка для корнеплодов; 3 – паропровод;  
4 – рама; 5 – пульт управления

Картофель из загрузочного транспортёра подаётся на мойку, отмывается от грязи и по шнеку подаётся в запарочный чан до уровня смотровых окон. Затем открывают верхний и нижний вентили для подачи пара. После того как пар начнет выходить из отверстия для стекания конденсата, закрывают нижний вентиль. После 10...20 мин запаривания на 5...7 мин включают мойку и освобождают её от оставшегося картофеля. Запаренный картофель под действием собственного веса опускается и выгрузным шнеком отводится в картофелемялку. Готовая масса выгружается по шнеку в транспортные средства.

Во время промывки картофеля при скоплении на поверхности соломистых примесей необходимо движением соломоулавливающего щитка периодически (2–3 раза за время загрузки чана) сбрасывать их в сливное окно. При повышенном засорении картофеля камнями следует 2–3 раза открывать люк на 3...5 с и сбрасывать камни, скопившиеся в камнесборнике.

*Агрегат F-405A* производства Германии передвижного типа предназначен для консервирования запаренного картофеля (рис. 27). Для этого он оборудован вентиляционным охлаждающим устройством над выгрузным винтовым конвейером, что позволяет снизить температуру картофеля с 75...76 до 54...57 °С на выходе с конвейера [40].



**Рис. 27. Технологическая схема передвижного картофелезапарочного агрегата F-405A:**

- 1 – паробразователь; 2 – транспортёр камневыгрузной; 3 – шнек загрузочный;  
 4 – мойка; 5 – барабан сухой очистки; 6 – конденсатосборник;  
 7 – шнек выгрузной; 8 – рама; 9 – шнек распределительный; 10 – вентилятор;  
 11 – кожу охладителя; 12 – чан запарочный; 13 – парораспределитель;  
 14 – диск распределительный; 15 – водоподогреватель; 16 – паронагреватель

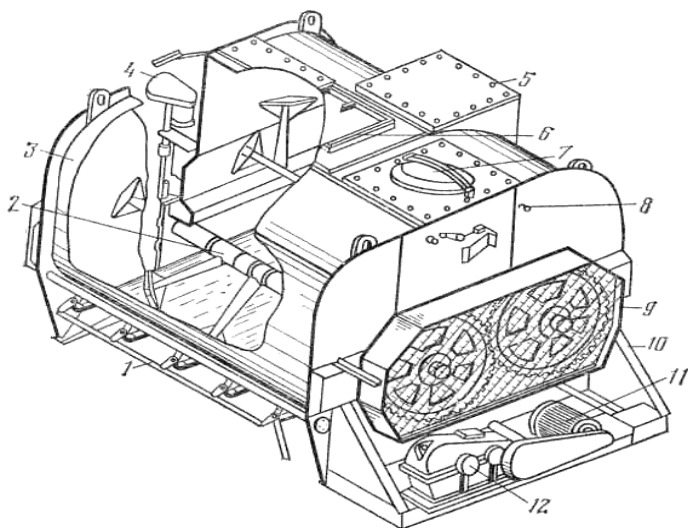
Он выполняет следующие операции: предварительную сухую очистку картофеля, его мойку, отделение камней и других тяжёлых включений, загрузку картофеля в запарочный чан, производство пара до 0,07 МПа. Так как он рассчитан на непрерывный режим работы, то это ограничивает его возможности применения в технологических линиях кормоцехов.

Смесители-запарники периодического действия С-12, С-7, С-2 предназначены для приготовления кормовых смесей влажностью 65...80% из концентрированных кормов, корнеклубнеплодов, зелёной массы или силоса, травяной муки и различных добавок как с запариванием, так и без него [40, 48].

Смесители С-12 и С-7 выпускаются в двух исполнениях: для использования в кормоцехах и для самостоятельного использования (с загрузочным и выгрузочным транспортёрами).

Смеситель С-12 (рис. 28) состоит из парораспределителя 1, мешалки 2, корпуса 3, системы управления задвижкой 4, крышки 5, люка загрузочного 6, люка смотрового 7, оросителя 8, ограждения 9, рамы привода 10, электродвигателя 11 и редуктора 12.

В нижней части корпуса, под мешалками, расположен выгрузной шнек с горловиной. Отверстие этой горловины закрывается клиновой задвижкой. Подъём и опускание задвижки, а также включение в работу и остановка после работы выгрузного шнека осуществляются посредством системы управления, состоящей из электродвигателя



**Рис. 28. Смеситель-запарник С-12:**

- 1 – парораспределитель; 2 – мешалка; 3 – корпус;  
 4 – система управления задвижкой; 5 – крышка; 6 – люк загрузочный;  
 7 – люк смотровой; 8 – ороситель; 9 – ограждение; 10 – рама привода;  
 11 – электродвигатель; 12 – редуктор

с редуктором, штока, рычага с копиром, стального троса с обводными роликами, двухплечевого рычага, трёх конечных выключателей и зубчатой муфты.

В верхней части корпуса смесителя закрывается крышкой из съёмных деревянных щитов. В крышке имеется смотровой люк с предохранительной сеткой для наблюдения за смешиванием кормов и люк для загрузки кормов. Этот люк имеет шиберную задвижку с тягой.

Система подачи пара в смеситель состоит из парораспределителя, выполненного в виде коллектора, расположенного на торцевой стенке, и двух распределительных труб по бокам смесителя. Каждая распределительная труба сообщается с внутренним пространством смесителя посредством паропроводящих патрубков с кранами. Паропроводящие патрубки вварены своим концом в днище корпуса смесителя. Включение и выключение подачи пара производится переключателем.

Привод мешалок смесителя осуществляется от электродвигателя посредством клиноременной передачи и цилиндрического двухступенчатого редуктора. На тихоходном валу редуктора установлена шестерня, через которую передаётся вращение на мешалки непосредст-

венным зацеплением с зубчатыми колёсами. Выгрузной шнек приводится во вращение от ведущей звёздочки, расположенной на тихоходном валу редуктора.

Для получения кормосмеси заданной влажности в смеситель сначала заливают воду по подведённому заранее водопроводу. Измельчённые компоненты корма в соответствии с заданным рационом загружают от кормоприготовительных машин в смеситель через загрузочный люк. Загружать смеситель рекомендуется на  $\frac{2}{3}$  объёма. Все компоненты кормосмеси можно загружать одновременно. Мешалки включают тогда, когда объём смесителя заполнится примерно на 30%.

При включении электродвигателя смесителя лопасти одной мешалки начинают перемешивать корм в одну сторону, а лопасти другой мешалки в другую сторону, т.е. создаются два встречных потока, за счёт которых происходит перемешивание компонентов корма.

Для улучшения работы смесителя С-12 на грубых кормах рекомендуется снять с него часть кронштейнов вместе с лопатками, а также лопатки на оставшихся кронштейнах. При этом необходимо усилить крепление к валу оставшихся кронштейнов.

После окончания загрузки смешивание длится в течение 10...15 мин. Готовая кормовая смесь должна сразу же выгружаться из смесителя. Хранить длительное время приготовленный корм в смесителе не рекомендуется.

Смеситель С-7, как и смеситель С-12, предназначен для приготовления кормовых смесей (в том числе и с высоким содержанием измельчённой соломы) влажностью 60...85%. В нем также можно запаривать корма при давлении подаваемого пара 68,6 кПа. Смеситель выпускается в двух модификациях: С-7-I – для работы в кормоцехах; С-7-II – для работы как самостоятельный агрегат.

В состав смесителя С-7 входят парораспределитель, выгрузной шнек, лопастные мешалки, вал, корпус, патрубок, крышка, блокирующее устройство, кран, распределитель, ограждение, шестерня, рама привода, привод, кожух, натяжной ролик, цепь, маслопровод, электрооборудование.

Парораспределитель состоит из двух парораспределительных труб и восьми паропроводов, по которым пар подаётся в смеситель. Каждая из двух лопастных мешалок включает в себя вал и 6 лопастей (вместо 8 лопастей у С-12). В состав электрооборудования запарника С-7 входят: шкаф управления; электродвигатель главного привода АОП2-52-4СХ мощностью 11 кВт с частотой вращения ротора  $24,5 \text{ с}^{-1}$ ; электродвигатель привода клиновой задвижки смесителя мощностью 0,37 кВт с частотой вращения ротора  $22,9 \text{ с}^{-1}$ ; электродвигатель загруз-

зочного транспортёра мощностью 2,2 кВт, электродвигатель выгрузного транспортёра мощностью 3 кВт; конечный выключатель ВПК-2112, расположенный на люке, и три конечных выключателя ВПК-2111, установленные на механизме подъёма клиновой задвижки. На боковой стенке шкафа находится пакетный выключатель ПВМЗ-60, который обеспечивает подачу и отключение электропитания. На двери шкафа размещены сигнальная арматура АСЛ и посты управления ПКЕ 122-2 и ПКЕ 122-3, которые предназначены для пуска и остановки отдельных механизмов смесителя. Внутри шкафа управления на панели установлены автоматические выключатели АЕ 2033-00 и АЕ 2033-10 для защиты электродвигателей от токов короткого замыкания; магнитные пускатели ПМЕ-211, ПМЕ-111 и ПМЕ-071 для пуска электродвигателей, нулевой защиты и защиты от перегрузок; предохранители ПР1М для защиты цепей управления; устройство УВТЗ-1 для защиты электродвигателей от температурных перегрузок и промежуточное реле РПУ-0-122.

Корма в смеситель подают загрузочным транспортёром при работающих лопастных мешалках. Корма обогащают дрожжами, мелассным раствором и другими компонентами и увлажняют до 60...85% после заполнения смесителя основным продуктом. При необходимости увлажнения смеси в смеситель добавляют воду.

Для кормовых смесей, содержащих солому и силос, коэффициент заполнения смесителя не должен превышать 0,6...0,7 и 0,8 – для кашеобразных смесей.

Во время работы мешалок лопасти правой мешалки передвигают кормосмесь в сторону привода, левой мешалки – в сторону выгрузной горловины. При этом компоненты кормосмеси одновременно перемещаются в полости вращения лопастей, что обеспечивает их хорошее перемешивание за 10...15 мин. Для приготовления кормосмесей с запариванием исходные компоненты (солома, корнеклубнеплоды) должны быть измельчены до размера 20...50 мм. После заполнения ёмкости кормами крышки плотно закрывают и пускают пар. Расход пара 160...200 кг/ч при давлении не более 68,6 кПа. Температура запаривания составляет 90...95 °С, продолжительность – 50...65 мин.

Перед работой смесителя проверяют и регулируют натяжение клиноремённой передачи и цепи привода смесителя; прогиб ремня при приложении усилия 30 Н посередине ветви должен составлять 15...20 мм, а стрела провисания рабочей ветви цепи 12...15 мм.

Клиновую задвижку опускают в крайнее нижнее положение; ослабляют гайку крепления малого упора и устанавливают упор так, чтобы шток конечного выключателя опирался на прямолинейный уча-



сток упора; упор закрепляют гайкой; устанавливают конечный выключатель, отрегулированный на величину хода штока 5,5 мм.

Проверяют момент выключения электропривода мешалок во время выключения и включения штока в такой последовательности: вручную вращением рукоятки поворачивают вал редуктора подъёма клиновой задвижки; задвижку опускают до тех пор, пока тяга при воздействии на рычаг не начнет выключать муфту; вал редуктора поворачивают в обратную сторону на два оборота; большой упор устанавливают так, чтобы шток конечного выключателя опирался на прямолинейный участок упора; упор закрепляют гайкой.

Проверяют зацепление кулачковых полумуфт при включении выгрузного шнека – оно должно быть полным. Зазор между вершинами кулачков полумуфт при выключенном положении должен составлять 7...12 мм. Зацеплением полумуфт и зазор между кулачками регулируют гайками, с помощью которых конец рычага включения полумуфт устанавливают в нужном положении на шток.

По данным М. И. Книга [34], запаривание и проваривание корнеклубнеплодов не влияет на их перевариваемость. Поэтому, например, питательность сырой свёклы на 11% выше, чем варенной или запаренной.

## **2.6. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

В технологических линиях кормоцехов сбалансированиеготавливаемых кормовых смесей по питательности осуществляется путём дозированной подачи всех исходных компонентов (в том числе и корнеклубнеплодов) на сборный транспортёр, который загружает их в измельчитель-смеситель. Количество вносимого продукта каждого вида по-разному влияет на вкусовые и питательные свойства получаемой кормосмеси. В связи с этим в технологии приготовления кормов на фермах введено понятие «точность дозирования». Дозирование зависит от вида кормового компонента, зоотехнических и экономических требований производства [55, 57].

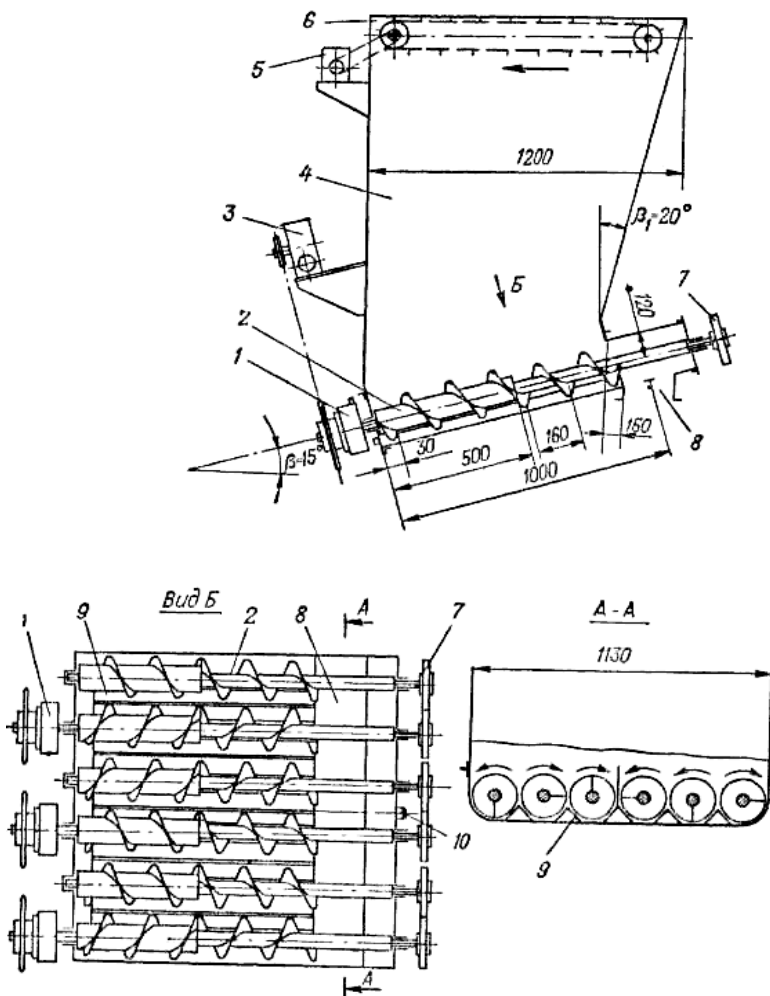
Для грубых и сочных компонентов рациона используются объёмные дозаторы, обеспечивающие выдачу корма с погрешностью 10...12% от нормы. Технические характеристики дозаторов приведены в прил. Г (табл. Г1). Они просты по конструкции и в эксплуатации, но дают меньшую точность дозирования. По технологическому процессу они подразделяются на порционные и непрерывного действия. В большинстве кормоприготовительных цехов применяются в основном барабанные, тарельчатые, ленточные, вибрационные и шнековые дозаторы непрерывного действия [55, 57]. Как показывает практика,

наибольшей универсальностью обладают шнековые дозаторы, которые могут работать с различными видами кормов (влажные, сухие и др.) [1]. В поточных технологических линиях дозаторы могут представлять собой отдельные самостоятельные машины или рабочие органы, встроенные в другие машины. В последние годы всё большее распространение находят агрегаты, осуществляющие процесс накопления и дозирования отдельных компонентов рациона кормления животных – бункеры-дозаторы, которые широко применяются при выдаче корнеклубнеплодов и стебельных кормов.

Для дозированной подачи измельчённых корнеплодов в линии приготовления влажных кормосмесей ВНИИживмаш разработан *шнековый дозатор сочных кормов ДС-15* (тип I) [22, 28, 40]. Он состоит из цельнометаллического бункера ёмкостью 1,0...1,5 м<sup>3</sup> с шестью вращающимися шнеками у основания и цепочно-планчатый разравнивающим транспортёром сверху (рис. 29). Каждый шнек имеет диаметр витка 160 мм при шаге 160 мм и диаметр вала, ступенчато уменьшающийся по направлению к выгрузному отверстию с 90 до 45 мм, что способствует более равномерной выгрузке корнеплодов из бункера. При этом два средних шнека вращаются навстречу друг другу, а две пары крайних – в разные стороны. Привод шнеков осуществляется от электропривода мощностью 3,0 кВт через электромагнитные муфты, установленные на каждой паре шнеков. Валы шнеков соединены между собой зубчатым зацеплением. Производительность дозатора регулируют с помощью включения соответствующего количества шнеков (одна, две, три пары) через электромагнитные муфты. Для установки требуемой подачи предусмотрена шкала-указатель, фиксирующая положение шкивов вариатора.

В процессе подготовки оборудования к работе выполняют тарировку подачи с учётом делений шкалы, которую затем используют в работе при изменении рецепта. Поверочную тарировку выполняют примерно один раз в месяц при изменении вида материала или для технологического контроля. При выполнении технологического процесса измельчённые корнеплоды из мойки-корнерезки загружают в бункер дозатора. Во время загрузки включают верхний транспортёр, который равномерно распределяет массу по всей длине бункера. Для дозированной выдачи открывают заслонку и включают в работу необходимое число шнеков, которые витками перемещают корнеклубнеплоды к выгрузному окну на линию смешивания.

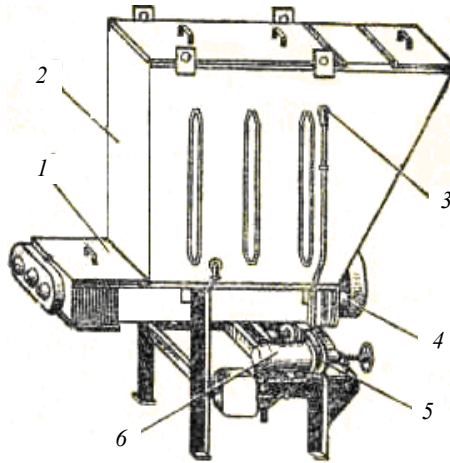
Результаты опытов показали, что неравномерность выдачи измельчённой свёклы наблюдается наименьшей при работе трёх пар дозирующих шнеков и не превышает зоотехнические нормы  $\pm 15\%$  [71].



**Рис. 29. Шнековый дозатор ДС-15 (тип I):**

1 – электромагнитная муфта; 2 – шнек; 3 – редуктор; 4 – бункер; 5 – редуктор транспортера-выравнивателя; 6 – транспортер-выравниватель; 7 – шестерня; 8 – выгрузное окно; 9 – перегородка; 10 – пробка сливного отверстия

*Шнековый дозатор сочных кормов ДС-15 (тип II)* представляет собой бункер с расположенными в нижней части тремя горизонтальными винтами-разгрузителями (рис. 30). Подачу материала от 3 до 15 т/ч регулируют, изменяя частоту вращения винтов с помощью клиноремённого



**Рис. 30. Шнековый дозатор ДС-15 (тип II):**

- 1 – винтовые конвейеры; 2 – бункер; 3 – датчик уровня;  
 4 – привод винтовых конвейеров; 5 – клиноремённый вариатор;  
 6 – электродвигатель (мотор-редуктор)

вариатора. Для установки требуемой подачи предусмотрена шкала-указатель, фиксирующая положение шкивов вариатора. В процессе подготовки оборудования к работе выполняют тарировку подачи с учётом делений шкалы, которую затем используют в работе при изменении рецепта. Проверочную тарировку выполняют примерно один раз в месяц при изменении вида материала или для технологического контроля [22, 28, 40].

Тарировку проводят при наполнении на  $\frac{2}{3}$  бункера измельчёнными корнеплодами. В работу включают сборный ленточный конвейер, предварительно размеченный на 10...15 отрезков, соответствующих секундной подаче (если скорость ленты 0,8 м/с, то разметка делается через 0,8 м). Затем включают дозатор. При установившемся режиме (определяется визуально, чтобы на размеченные отрезки попадало примерно по 1 кг) дозатор и конвейер останавливают. С размеченных промежутков на ленте выбирают порции материала и взвешивают, определяют среднее значение порции. Это и будет подача (кг/с) на данном делении шкалы (т.е. данной частоте вращения винтов). Опыт проводят до получения средней подачи 4...5 кг/с. При этом следует поддерживать один и тот же уровень материала в бункере. Полученные данные сводят в таблицу или по ним строят тарировочный график для практического пользования.

В КОРК-15А установлен *новый дозатор измельчённых корнеплодов*, представляющий подбункерную цилиндрическую обечайку с лопа-

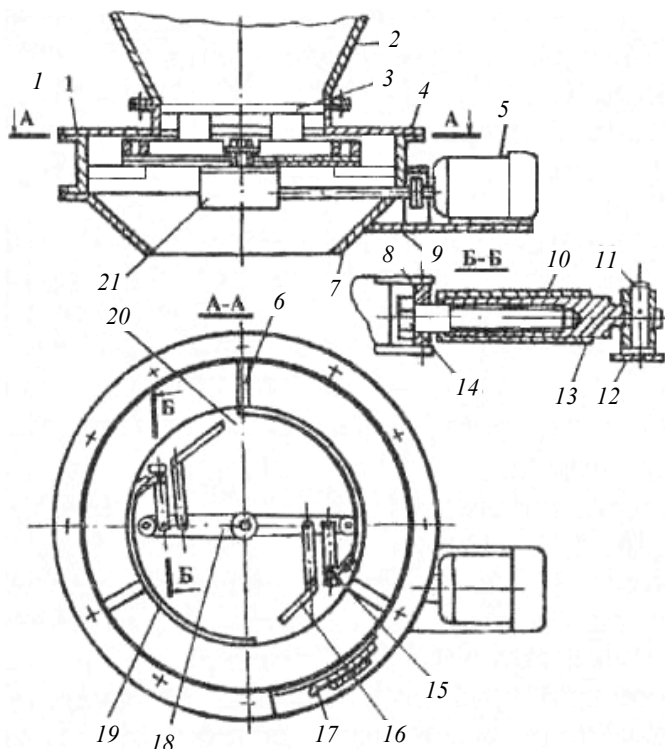
стным выталкивателем [40]. Корм захватывается лопастями и выталкивается ими в регулируемую щель. Для устранения зависания на вертикальном валу установлены прутковые лопасти. Положение задвижки устанавливается по шкале градуированной, согласно тарифовочным опытам для конкретного корма (измельчённые корнеплоды, концкорма). Высота цилиндрической обечайки 334, диаметр 346 мм, частота вращения лопастного выталкивателя 100 об/мин, установленная мощность привода (через редуктор) 1,5 кВт. Подачу измельчённых корнеплодов и концентрированных кормов регулируют в пределах 0,4...3,9 и 0,1...4,7 т/ч.

*Дозатор ЦНИПТИМЭЖа скребкового типа* предназначен для дозированной подачи измельчённых корнеплодов [22]. Состоит из бункера ёмкостью 1,5 м<sup>3</sup> с нижним цепочно-планчатый транспортёром, верхним разравнивающим транспортёром и дозирующей заслонкой у выгрузного окна. Оба транспортёра унифицированы с поперечным транспортёром кормораздатчика КТУ-10. Нижний транспортёр служит для выдачи массы через дозирующую щель (скорость движения транспортёра – 0,10...0,15 м/с, шаг расстановки планок – 190 мм), верхний – для распределения массы по длине бункера во время его дозагрузки. Норму выдачи регулируют с помощью дозирующей заслонки. Производительность дозатора – 4...15 т/ч, масса – 420 кг, мощность привода – 2,1 кВт, неравномерность дозирования ± 10%. Во время работы дозатора измельчённые корнеплоды загружают в его бункер. При загрузке включают верхний транспортёр, который распределяет массу по всей длине бункера. Для дозированной выдачи открывают заслонки и включают нижний транспортёр дозатора, который подаёт корнеклубнеплоды на линию смешивания. Исследования рабочего процесса дозатора измельчённых корнеплодов показали, что по качеству дозирования он соответствует технологическому допуску, однако конструкция его несовершенна, так как имеет потери сока [71].

*Бункер-дозатор* на базе переоборудованного КУТ-3А (ёмкость – 3 м<sup>3</sup>, производительность – 4...18 т/ч) предназначен для приёма из мойки-корнерезки, накопления и дозированной выдачи измельчённых корнеплодов на линию смешивания кормоцеха [22]. Состоит из цельнометаллического каркаса, скребкового транспортёра, выгрузных шнеков и электропривода. Скребковый транспортёр представляет собой две замкнутые по контуру бункера параллельно установленные цепи, к которым приклепаны металлические планки-скребки (высота – 60, длина – 800 и шаг – 228 мм). Для нормальной работы дозатора скребковую цепь натягивают с помощью винтового натяжного устройства, размещённого в задней верхней части транспортёра. Выгрузной шнек имеет витки левой и правой навивки, что обеспечивает регулиро-

вание дозированием корма на одну или две стороны. Неравномерность дозирования – 10...20%. При выполнении технологического процесса через загрузочное окно, расположенное в верхней части бункера, загружают измельчённые в мойке-корнерезке корнеплоды. При этом периодически включают скребковый транспортёр, выгрузные окна должны быть перекрыты. Для дозированной выдачи открывают выгрузные окна, включают скребковый транспортёр, которым подают корнеплоды на шнеки, которые направляют их по лоткам на линию смешивания.

*Бункер-дозатор КОРК-15.03.01* (рис. 31) состоит из корпуса 1, верхней крышки 4, собирающего конуса 7 [78]. Внутри корпуса



**Рис. 31. Дозатор корнеклубнеплодов КОРК-15.03.01:**

- 1 – корпус; 2 – бункер; 3 – перемычка; 4 – верхняя крышка;  
 5 – электродвигатель; 6 – косынка; 7 – конус; 8 – коромысло; 9 – плита;  
 10 – цилиндр; 11 – ось; 12, 18 – водило; 13 – резьбовая втулка; 14 – винт;  
 15 – регулировочное устройство; 16 – защитный щиток; 17 – задвижка;  
 19 – криволинейный скребок; 20 – тарелка; 21 – редуктор

с помощью трёх косынок 6 жёстко закреплена тарелка 20, к которой снизу крепится редуктор 21. На выходном валу редуктора установлено водило 18, на концах которого шарнирно закреплены два дозирующих криволинейных скребка 19. На нерабочих концах скребков помещены регулировочные устройства 15, противоположные концы которых надеты на оси 11, приваренные к водилу 12.

Регулировочное устройство дозатора состоит из винта 14, резьбовой втулки 13, защитного цилиндра 10 и коромысла 8. На корпусе 1 имеется окно, закрываемое задвижкой 17 и предназначенное для доступа к регулировочным винтам 14. На водиле со стороны нерабочих частей скребков 19 жёстко закреплены защитные щитки 16. В верхней крышке 4 приварена перемычка 3 для удержания дозируемого материала от вращения. Верхней крышкой 4 дозатор крепится к бункеру 2. К собирающему конусу 7 приварена плита 9 для крепления электродвигателя 5.

Производительность дозатора регулируют вращением винта 14 регулировочного устройства 15 торцевым ключом, входящим в комплект дозатора. Для этого открывают защитный кожух соединительной муфты электропривода и, поворачивая вручную последнюю, устанавливают регулировочное устройство против окон в корпусе дозатора. Вращая ключом винт регулировочного устройства по часовой стрелке до упора, устанавливают скребок 19 в исходное положение. Затем, повернув винт 14 против часовой стрелки на число оборотов согласно тарировочному графику, фиксируют требуемую производительность. При регулировке дозирования измельчённых корнеклубнеплодов подвижную часть 16 щитков устанавливают в правое крайнее положение или вообще снимают.

Как показали исследования ряда институтов (УНИИМЭСХ, ВНИИМЖ, ЦНИПТИМЭЖ и др.), измельчители ИКС-5М и ИКМ-5 не обеспечивают необходимой точности дозирования частиц измельчённых корнеплодов путём включения их в работу на фиксированное время (ошибка до  $\pm 80\%$ ) [71].

Проведённые испытания питателей и дозаторов, применяемых в технологических линиях кормоцехов, показали, что независимо от типа и назначения все они выгружают материал с определённой неравномерностью (погрешностью). При ручном способе дозирования корнеклубнеплодов отклонения достигают до 50% от заданной нормы [30]. Для объёмных дозаторов непрерывного действия характерно уменьшение неравномерности с увеличением подачи и выравнивания фракционного состава корма.

Как показывают проведённые исследования, при дозировании корнеклубнеплодов КРС с отклонениями до  $\pm 15\%$  от заданной нормы рациона не оказало отрицательного влияния на молочную продуктивность коров. Дозирование с отклонениями  $\pm 20\%$  снизило молочную продуктивность коров на 6,4% [30]. Из этого следует, что отклонение выдаваемых дозатором норм корнеклубнеплодов не должно превышать  $\pm 15\%$  от заданной нормы.

Обеспечение концентрации конкретного компонента в смеси в заданных рецептом пределах является одной из важных показателей работы дозаторов непрерывного действия. Эта задача решается двумя путями [40]:

- подбором к имеющимся дозаторам, питателям (число которых определяется количеством смешиваемых компонентов) смесительного устройства с характеристикой, обеспечивающей сглаживание неравномерности подачи компонентов указанными дозаторами так, чтобы в готовой смеси было выполнено требование допуска на их отклонение;

- подбором дозаторов или установкой дополнительных устройств к имеющимся для выравнивания потоков в пределах отклонений, обеспечивающих требование допуска при использовании заданного (имеющегося) смесительного устройства.

Поэтому в каждом конкретном случае следует проводить анализ возможных вариантов сочетания дозаторов и смесителей по показателям их технологических характеристик.



### **3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

---

#### **3.1. КОМПЛЕКТЫ ОБОРУДОВАНИЯ КОРМОЦЕХОВ ДЛЯ ФЕРМ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

В настоящее время на практике используются два способа кормления животных:

- 1) раздача каждого вида корма животным осуществляется раздельно в определённой последовательности с временным разрывом;
- 2) все виды кормов раздаются в виде сбалансированной по питательным веществам кормосмеси (в Германии такие корма получили название TMR – Total Mischration, в англоязычных странах – Unifeed).

При реализации первого способа кормления животных осуществляется подготовка к скармливанию отдельно каждого вида корма с использованием специализированных технологических линий или отдельных машин. По данным немецких учёных переход с раздельной раздачи кормов на кормосмеси с заранее заданной питательной ценностью позволяет повысить продуктивность коров на 0,9 кг молока в сутки, сократить расход основных кормов на 20...30% [69].

Технология кормления животных кормосмесями (второй способ) имеет преимущество перед раздельным способом скармливания всех видов кормов, которое заключается в равномерности протекания процесса пищеварения, так как с каждой порцией животные принимают сбалансированную по питательности кормосмесь. Для рубца созданы оптимальные условия, поскольку все питательные вещества и структурообразующие компоненты корма поступают в равномерном отношении. Колебания величины рН в рубце практически отсутствуют, чем предупреждаются нарушения нормального метаболизма. Наряду с улучшением здоровья животных достигается и более эффективное использование корма за счёт полной его поедаемости, практически исключено выборочное поедание наиболее аппетитных компонентов и снижение потерь. Кроме того, появляется возможность включать в рационы альтернативные виды корма, которые, обладая питательными свойствами и удовлетворительной усвояемостью, плохо поедаются в натуральном виде, а также составлять и подбирать оптимальные рационы кормления. Готовые кормосмеси должны удовлетворять следующим требованиям: влажность – не более 75%, равномерность смешивания – не менее 80%, допускаемые отклонения содержания компонентов кормосмеси (по отношению к массе компонента) – корнеклуб-

неплоды, плоды бахчевых культур и других –  $\pm 15\%$ ; равномерность смешивания кормосмесей при использовании в них карбамида должна составлять не менее 90%.

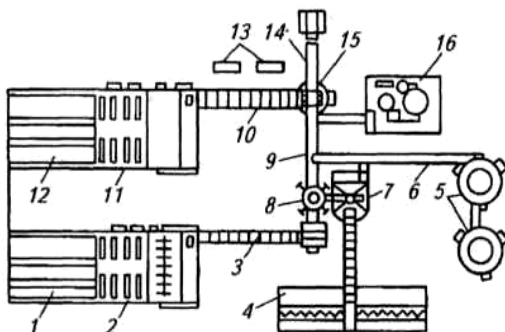
Приготовление сбалансированных по питательным веществам кормосмесей осуществляется в кормоцехах, в основу которых могут быть положены поточно-непрерывная, периодическая или смешанная технологические схемы приготовления кормосмесей в одну стадию (в цехе с помощью смесителей или смесителей-измельчителей готовится смесь одновременно из всех компонентов рациона) или в две стадии. Первая стадия – в цехе с помощью смесителей-измельчителей готовится смесь из грубых кормов, корнеклубнеплодов, концентрированных кормов и питательных растворов, которая выгружается в бункер мобильного раздатчика-смесителя. Вторая стадия – догрузка в указанный бункер силоса или сенажа в местах их хранения, дополнительное перемешивание кормов в кормораздатчике в процессе их доставки к местам скармливания. Выбор технологической схемы определяется с учётом условий строительства и эксплуатации цеха, сырьевой базы и др. Предпочтение следует отдавать поточно-непрерывной схеме.

Для приготовления кормосмесей промышленностью выпускаются различные технологические линии и специальные комплекты оборудования кормоцехов.

Технологическая линия подготовки корнеплодов, разработанная ЦНИПТИМЭЖ, состоит из бункера-накопителя (гидрофицированный лоток ПЗМ-1,5 с поперечным подающим винтовым конвейером), транспортёра-очистителя и измельчителя-дозатора [40]. Корнеплоды очищаются на барабанах конвейера. Дозирование измельчённой массы при подаче 5...10 т/ч осуществляется изменением рабочей длины ножей путём перемещения их по высоте камеры; неравномерность подачи  $\pm 15\%$ , остаточная загрязнённость в пределах 3%, установленная мощность привода 17 кВт.

Поточная линия приготовления корнеклубнеплодов, входящая в основу кормоцеха, разработанного УКРНИИГипросельхозом [44], создана на базе измельчителя ИКС-5М. Подвезённые к кормоцеху корнеплоды скребковым транспортёром подаются в измельчитель, где моются и тщательно измельчаются штифтовым барабаном. Измельчённые корнеплоды сбрасываются на наклонный скребковый транспортёр для последующего смешивания с запаренной соломой и концентратами. Производительность линии обработки корнеплодов – 5 т/ч.

*Комплект оборудования кормоцеха КОРК-15* (рис. 32) предназначен для приготовления в потоке полнорационных рассыпных кормосмесей из силоса, сенажа, грубых кормов, корнеклубнеплодов, концентрированных



**Рис. 32. Схема размещения оборудования кормоцеха КОРК-15:**

1 – лоток питателя-загрузчика грубых кормов ЛИС-3.01.001; 2 – подающий транспортер питателя-загрузчика грубых кормов; 3 – скребковый дозирующий транспортер грубых кормов ЛИС-3.02.00; 4 – транспортер корнеклубнеплодов ТК-5,0Б; 5 – бункера-дозаторы концентрированных кормов КОРК-15.04.15; 6 – винтовой конвейер КОРК-15.04.08; 7 – измельчитель-камнеуловитель корнеклубнеплодов ИКМ-5; 8 – дозатор корнеклубнеплодов КОРК-15.03.01; 9 – сборный транспортер КОРК-15.05.01; 10 – скребковый дозирующий транспортер силоса АВБ-04.00; 11 – подающий транспортер питателя-загрузчика силоса; 12 – лоток питателя-загрузчика силоса ПЗМ-1,5; 13 – электрооборудование; 14 – выгрузной транспортер; 15 – измельчитель-смеситель кормов ИСК-3; 16 – оборудование мелассы и карбамида ОМК-4 или СМ-1,7

кормов, питательных растворов. Комплект поставляют в нескольких исполнениях: для приготовления рассыпных кормосмесей с оборудованием для внесения мелассы и карбамида; без такого оборудования; для термохимической обработки соломы [40].

В составе комплекта предусмотрены: линия соломы (машины 1 – 3); линия силоса (10 – 12); линия корнеклубнеплодов (4, 7 и 9); линия концентрированных кормов (5 и 6); оборудование для внесения мелассы и карбамида (16); линия сбора, смешивания кормов и выдачи кормосмеси (9, 14 и 15) и электрооборудование 13.

Технологический процесс приготовления кормосмесей заключается в следующем.

Солому в тюках, обвязанных шпагатом, в рулонах или россыпью выгружают из транспортных средств в лоток 1 питателя-загрузчика. Далее она перегружается на подающий транспортер 2 питателя-загрузчика. Здесь режущими барабанами солома частично измельчается с одновременным разрыхлением. Затем по транспортеру 3 с одновременным дозированием она поступает на сборный транспортер 9.

Силос, сенаж и зеленую массу выгружает из транспортных средств в лоток 12 питателя-загрузчика, а с него – в подающий транспортёр 11, откуда по транспортёру 10 корм с одновременным дозированием подаётся на транспортёр 9.

Корнеклубнеплоды транспортными самосвальными средствами или транспортёрами из корнеклубнехранилища загружают в приёмный бункер транспортёра 4. Здесь они захватываются скребковым наклонным транспортёром и подаются в измельчитель-камнеуловитель корнеклубнеплодов 7. Далее они направляются в дозатор 8, затем на сборный транспортёр 9.

Собранные на непрерывно движущемся транспортёре 9 компоненты кормосмеси послойно подаются этим транспортёром в измельчитель-смеситель 15. Сюда же при необходимости через его форсунки из оборудования 16 поступает раствор мелассы, карбамида и других обогатительных добавок. Равномерно перемешанные и дополнительно измельчённые в измельчителе-смесителе 15 корма в виде однородной массы выгрузным транспортёром 14 выгружаются в кормораздатчики. Далее их отвозят для раздачи животным.

Производительность кормоцеха за 1 ч чистого времени составляет по линиям, т/ч: грубых кормов влажностью 10% – до 3, влажностью 40% – до 5, силоса и сенажа – 4,5...10,5; концентрированных кормов – 0,2...6,0; корнеклубнеплодов – до 5; смешивания – 15.

С учётом опыта эксплуатации КОРК-15 была проведена его модернизация в направлении доукомплектования линией свекловичного жома для районов свеклосеяния, повышения надёжности работы отдельных узлов (дозатора корнеплодов и концкормов), а также технической надёжности, в частности цепочно-планчатых транспортёров и измельчителя-смесителя [40].

*Комплект оборудования кормоцеха для приготовления рассыпных кормосмесей, модернизированный КОРК-15А*, предназначен для приготовления полнорационных рассыпных кормосмесей на фермах и комплексах крупного рогатого скота до 1200 коров или до 500 голов на откорме [40]. Выпускается в следующих модификациях: КОРК-15А – без линии жома, КОРК-15А-9 – полнокомплектный, КОРК-15А-10 – без линии корнеклубнеплодов и жома, КОРК-15А-11 – без линии корнеклубнеплодов. В модернизированном комплекте для накопления и подачи свекловичного жома и корнеплодов предусмотрено пользование гидрофицированных лотков с донными винтовыми конвейерами, что позволяет осуществлять монтаж всей линии на нулевой отметке без заглубления, за исключением прямков для отдельных узлов и транспортёров. Для удаления грязи и механических включений после

ИКМ-5 предусмотрен конвейер типа ТСН-5, который перемещает отходы за пределы кормоцеха в контейнеры или в тракторный прицеп.

*Комплект оборудования кормоцеха КЦК-5* предназначен для приготовления полнорационных влажных кормовых смесей из силоса, сенажа, грубых кормов, корнеклубнеплодов и кормовых добавок без тепловой обработки компонентов. [22, 28, 55]. В кормоцехе предусмотрены следующие технологические линии: приёма и дозированной подачи силоса, сенажа, грубых кормов и зелёной массы; приёма, мойки, измельчения и дозированной подачи корнеплодов; приготовления и дозированной подачи обогатительных растворов; смешивания, измельчения и выдачи готовой смеси.

Технологический процесс приготовления заключается в следующем.

Солома, измельчённая фуражиром ФН-1,4, доставляется к кормоцеху раздатчиком КТУ-10 и загружается в накопитель-питатель, откуда масса поступает в дозатор и далее – на сборный ленточный транспортёр.

Силос, измельчённый и погруженный погрузчиком ПСК-5 (или ПСС-5,5), доставляется самосвальным транспортом к кормоцеху, разгружается в накопитель-питатель и через дозатор ровным слоем подается на транспортёр.

Корнеплоды из бункера, установленного над транспортёром, поступают в измельчитель-камнеуловитель и далее – в дозатор корнеплодов и на сборный транспортёр. Концентрированные корма доставляют к кормоцеху и загружают в бункер. Из бункера корм направляется в дозатор и далее – на транспортёр, и каждый компонент располагается на нем непрерывной лентой разной толщины (в зависимости от рациона) в виде слоёного пирога. Поступившие в смеситель С-30 слоёные компоненты перемешиваются, образуя кормовую смесь заданного качества. Для обогащения смеси сюда же подаются питательные растворы и минеральные добавки. Производительность кормоцеха 10...15 т/ч при влажности кормосмеси 55...75%.

*Комплект оборудования кормоцеха КОРК-5* предназначен для приготовления многокомпонентных рассыпных кормосмесей на молочных фермах с поголовьем 200...400 коров и откормочных до 1000 голов КРС. Выпускается в двух исполнениях: КОРК-5 – базовое исполнение, КОРК-5-1 – без линии корнеклубнеплодов (для откормочных ферм) [40, 41].

*Линия приготовления кормовых корнеплодов ЛПК-15*, разработанная СЗ НИИМЭСХ, предназначена для приёма и мойки вороха кормовых корнеплодов, подачи их в накопители или транспортные средства на фермах крупного рогатого скота. Изготовлена в виде ком-

плекта стационарного оборудования. Состоит из питателя, мойки-камнеуловителя и выгрузного транспортёра [24, 25, 69].

*Линия приёма и мойки корнеплодов для ферм крупного рогатого скота*, разработанная СЗ НИИМЭСХ, предназначена для подготовки корнеплодов к скармливанию животным. Может использоваться как самостоятельная машина, а также в составе кормоцехов. Состоит из питателя, мойки-камнеуловителя и шкафа управления [25, 69].

Для приготовления сбалансированных по питательности кормосмесей за рубежом разработаны и выпускаются универсальные транспортно-технологические комплексы, называемые смесителями-кормораздатчиками. Потенциально смесители-кормораздатчики могут выполнять следующие операции: загрузку исходных компонентов кормосмеси (загрузочное устройство может быть выполнено в виде фрезы, грейфера, U-образного резака или заднего гидрофицированного борта), измельчение компонентов до частиц требуемых размеров, взвешивание всех исходных компонентов в строгом соответствии с принятым рецептом, смешивание всех кормовых компонентов, транспортирование и дозированную раздачу кормосмеси [18, 29, 36, 46].

Основными конструктивными элементами новых машин являются системы электронного взвешивания и измельчения-смешивания кормовых компонентов рациона, которые и превращают обычный кормораздатчик в машину нового поколения, заменяющую по технологическим возможностям громоздкие и металлоёмкие кормоцехи.

На практике с одинаковым успехом используются самые разнообразные системы электронного взвешивания, весоизмерительный терминал которых включает, как правило, три или четыре тензодатчика. Независимо от используемой системы точность взвешивания основных кормов составляет 1...5% (при минимальной массе кормов в бункере 100 кг), комбикормов – 0,1...1,7%.

Значительные преимущества в сравнении с обычными весами имеют программируемые весы, которые можно включить в систему компьютерного менеджмента кормления и с их помощью обеспечить точное предварительное задание количества корма, контроль и анализ работы со стороны руководителя предприятия. Внедрение такой системы особенно быстро оправдывает себя при часто меняющихся рационах, а также если агрегат обслуживается несколькими работниками.

Определяющее влияние на конструктивное исполнение смесителей-кормораздатчиков в целом оказывают виды используемых систем измельчения-смешивания, которые различаются по следующим классификационным признакам: пространственная ориентация рабочего органа в бункере, число рабочих органов, конструктивное исполнение рабочего органа.

По пространственной ориентации машины бывают с вертикальным и горизонтальным расположением рабочего органа в бункере машины. Вертикально расположенный рабочий орган представляет собой шнек в виде усечённого конуса с ножами, размещёнными по кромке его навивки. В зависимости от вместимости бункера может устанавливаться от одного до четырёх рабочих органов и более.

Смесители-кормораздатчики, рабочие органы которых в бункере машины расположены горизонтально, отличаются друг от друга, прежде всего, по конструктивному исполнению и их числу. Рабочие органы могут быть в виде горизонтально размещённых в бункере шнеков (от 1 до 4), мотовильного типа (со свободным падением кормосмеси), вентиляторного типа.

Независимо от конструктивного исполнения систем взвешивания и измельчения-смешивания все смесители-кормораздатчики условно можно разделить на три группы: полуприцепные без устройств для самозагрузки, полуприцепные с самозагрузкой и самоходные с самозагрузкой.

В настоящее время в России ЗАО «Колнаг» серийно выпускает смесители-кормораздатчики Trioliet серии Solomix. Они предназначены для приготовления (разрыхления, измельчения, смешивания) и раздачи кормовых смесей, составленных по заданной рецептуре из различных компонентов. Могут смешивать и измельчать корнеплоды, сформированный сенаж, объёмные рулоны и тюки, силос, кормовые добавки и др.

Состоят из бункера, вертикального рабочего органа, гидравлической системы и устройства для разгрузки (модели ZK – через боковые окна, модели VL – посредством поперечного транспортёра). На внутренней поверхности бункера установлены два контрножа. Рабочий орган выполнен в виде конусообразного шнека (в нижней части – больший диаметр), по кромке которого размещены ножи. Привод от ВОМ трактора, загрузка осуществляется сверху с помощью вильчатых или грейферных погрузчиков. По желанию заказчика смесители-кормораздатчики дополнительно комплектуются гидравлической опорной стойкой, гидравлическим управлением контрножей и электронным взвешивающим устройством.

*Раздатчик-смеситель кормов прицепной РСП-10* предназначен для приёма заданной дозы компонентов (концентрированных кормов с добавками, сена, сенажа, силоса, гранул и других компонентов), транспортирования, смешивания и равномерной раздачи полученной кормосмеси на фермах крупного рогатого скота (ширина кормового прохода должна быть не менее 2,2 м, высота ворот – не менее 2,6 м, высота кормушки – не более 0,75 м), а также на откормочных площадках.

Состоит из кузова, системы измельчения-смешивания (включает в себя нижний и два верхних шнека), выгрузного транспортёра (с левой стороны), коробки цепных передач, колёсной пары и карданной передачи. Агрегатируется с тракторами МТЗ-80 или МТЗ-82.

Для приготовления кормов *на малых фермах, в фермерских и личных подсобных хозяйствах* выпускаются универсальные машины, основой технологического процесса которых является измельчение грубых и сочных кормов, корнеклубнеплодов и зерна.

Кормораздаточные устройства должны обеспечивать раздачу различных кормов по заданному рациону, отвечать технологии содержания животных, обладать достаточной производительностью (высоким уровнем механизации всех операций), исключать потери и загрязнение кормов, иметь высокие технико-экономические показатели. В механизации раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота определились два направления: одно из них основано на использовании стационарных средств раздачи, смонтированных внутри животноводческого помещения, другое – на использовании передвижной (мобильной) кормораздаточной техники [24, 25, 69].

*Стационарные кормораздатчики для крупного рогатого скота* предназначены для транспортирования и раздачи измельчённой массы злаковых или бобовых трав, кукурузы, сена, соломы, силоса, жома, резаных овощей и корнеплодов, а также смесей кормов в коровниках длиной до 80 м или на кормовых площадках. Рассчитаны на эксплуатацию в животноводческих помещениях с влажностью воздуха до 98%, содержанием паров аммиака до  $0,09 \text{ г/м}^3$ , сероводорода – до  $0,08 \text{ г/м}^3$  и углекислоты – до  $14,7 \text{ г/м}^3$ , а также на выгульных площадках под навесами.

Рабочие органы кормораздатчиков должны быть устойчивы к действию солей, кислот и влаги, содержащейся в кормах, температурный диапазон их использования от  $+15$  до  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Они должны допускать групповое (или индивидуальное) нормированное распределение кормов между животными в пределах норм, обусловленных рационом: зелёной массы –  $10 \dots 25 \text{ кг}$ , силоса –  $10 \dots 20 \text{ кг}$ , грубых кормов –  $2 \dots 5 \text{ кг}$ , корнеплодов –  $5 \dots 8 \text{ кг}$  на 1 м фронта кормления. Отклонения от установленных норм выдачи не должны превышать  $\pm 15\%$  их номинального массового значения, время разовой раздачи кормов на группу в 100 коров при механизированной загрузке раздатчика – не более 5 мин, а при ручной загрузке – 20 мин. Когда операции раздачи кормов и скормливания совмещаются, время выдачи корма может быть увеличено до 40 мин.

Отделение тяжёлых компонентов кормовых смесей от лёгких в процессе транспортирования (при раздаче) должно быть исключено. Во время раздачи кормов потери не должны превышать 1% от общего



количества розданных кормов, невозвратимые потери не допускаются. Стационарные кормораздатчики рекомендуется применять во всех зонах страны.

*Мобильные кормораздатчики для крупного рогатого скота* предназначены для транспортирования и выдачи во время движения в стандартные, предусматриваемые в типовых проектах кормушки измельчённых листостебельных масс кукурузы, злаковых или бобовых трав, соломы, сена, силоса, жома, резаных корнеплодов, а также кормовых смесей. Они должны обеспечивать подачу кормовой массы в приёмный лоток или бункер стационарных кормораздатчиков. Раздатчики должны разгружать корма в сторону от кузова и назад.

Мобильные кормораздатчики можно использовать в качестве транспортирующих саморазгружающихся машин для доставки кормов с поля или от хранилища на фермы, а также для перевозки различных сельскохозяйственных грузов.

Кормораздатчики работают в животноводческих помещениях, которые имеют сквозные проходы между кормушками шириной 1,2...2,0 м, с расстоянием от края задней стенки кормушки до колонны (в сторону стойла) от 0,4 до 0,1 м соответственно. Проезды в зданиях или на кормовых площадках должны иметь ровное твёрдое покрытие. Кормушки кормовых рядов должны располагаться прямолинейно и иметь высоту борта не более 0,7 м от уровня пола.

В конструкции дозирующего устройства кормораздатчика должно быть предусмотрено устройство для регулирования выдачи кормов на 1 м фронта кормления в пределах: 15...35 кг зелёной массы, 10...25 кг силоса и 2...10 кг грубых кормов как при односторонней, так и при двухсторонней выгрузке. Дозирующее устройство должно позволять не менее чем трёхступенчатое изменение норм выгрузки кормов в установленных пределах. Отклонение от норм выдачи кормов не должно превышать  $\pm 15\%$  от номинального значения независимо от степени опорожнения кузова.

Возвратимые потери кормов при транспортировании и их раздаче не должны превышать 1,5% от массы выгруженного корма. Невозвратимые потери при раздаче корма не допускаются.

Время разовой раздачи кормов одному ряду коров (50 голов) при односторонней раздаче или двум рядам (2x50 голов) при двухсторонней раздаче не должно превышать 5 мин. Кормораздатчики агрегируются с колёсными тракторами, обладающими достаточным тяговым усилием для движения по полю и просёлочным дорогам. Масса кузова с ходовой частью не должна превышать 40% номинальной грузоподъёмности.

Окна поперечных выдающих транспортёров должны находиться на 100 мм выше уровня задней стенки стандартных кормушек и быть хорошо видны с места водителя. Поперечные выдающие транспортёры должны иметь надставки, позволяющие регулировать выдачу кормов в кормушки на расстояние до 50 см и по высоте от борта кормушек до 30 см.

Время на переналаживание регулировочного механизма раздатчика с одной нормы выдачи на другую должно составлять 1...2 мин. Физические усилия на перестановку регуляторов не должны превышать 10...12 кг.

Управление основными сборочными единицами кормоподающего устройства осуществляется с места водителя. Механизм привода поперечного транспортёра должен допускать установку на двух- или одностороннюю выдачу кормовой массы и затрачивать на это не более 10 мин.

На переналаживание механизма привода раздатчика с режима «раздача» на режим «разгрузка назад» должно уходить не более 5 мин. Допускается установка откидного дополнительного транспортёра, поставляемого по требованию заказчика. При разгрузке назад битеры и поперечный транспортёр остаются неподвижными.

*Стационарные средства механизации раздачи кормов* по устройству подразделяются на транспортёрные и бункерные, периодического и непрерывного действия; размещают их в кормушках и вне их.

*Раздатчик внутри кормушек РВК-Ф-74* стационарный, предназначен для полуавтоматизированной раздачи грубых, сочных, зелёных и брикетированных кормов, сенажа, силоса, кормовых смесей на молочно-товарных и откормочных фермах крупного рогатого скота в помещениях типовых и оригинальных конструкций с фронтом кормления не более 75 м. Выпускается в двух модификациях: РВК-Ф-74-1 – с ленточным рабочим органом для деревянных или желобковых кормушек, РВК-Ф-74-11 – со скребковым для деревянных.

*Кормораздатчик для двухстороннего подхода животных КВД-Ф-150-1* предназначен для приёма и одновременной раздачи измельчённых кормов и полнорационных кормосмесей, а также удаления остатков корма из кормового желоба в типовых и реконструируемых животноводческих помещениях молочно-товарных и откормочных ферм с фронтом кормления не более 150 м при привязном и беспривязном содержании крупного рогатого скота. Выпускается в трёх исполнениях: для животноводческих помещений откормочных ферм с фронтом кормления не более 150 м, для помещений молочных и откормочных ферм с фронтом кормления не более 120 м и для помещений молочных и откормочных ферм с фронтом кормления не более 64 м.

*Кормораздатчик скребковый КРС-Ф-15А* предназначен для приёма и раздачи всех видов кормов на животноводческих фермах и комплексах по выращиванию крупного рогатого скота.

*Стационарная линия раздачи кормов с передвижным ленточным транспортёром над кормушкой (ТРК-20А, ТРЛ-100А, ТЛК-20)* предназначена для приёма, транспортирования и дозированной выдачи всех видов кормов, кроме жидких, на фермах и комплексах крупного рогатого скота. В составе линии транспортёры ленточный ТЛК-20 и распределительный ТРК-20А, раздатчики кормов с передвижным ленточным транспортёром ТРЛ-100А.

*Кормораздатчик мобильный универсальный КТУ-10А* предназначен для транспортирования и выдачи во время движения в стандартные кормушки измельчённой листостебельной массы кукурузы, злаковых или бобовых культур, соломы, сена, силоса, жома, резаных корнеплодов, кормосмесей. Агрегатируется с тракторами тяговых классов 0,9...1,4.

*Прицеп тракторный-кормораздатчик мод. 89781 «Ванюша»* предназначен для раздачи всех видов растительных цельностебельных кормов: свежих, сочных, зелёных, подвяленных и сухих, а также корнеплодов на молочно-товарных фермах, в летних лагерях и временных стойбищах крупного рогатого скота. Представляет собой двухосный тракторный прицеп с поворотным кругом, в кузове которого смонтированы механизмы для перемещения, рыхления, смешивания и непрерывной дозированной раздачи кормов. Раздача кормов на правую сторону по ходу движения. Привод рабочих органов от ВОМ трактора.

*Кормораздатчики КТ-Ф-6, КТ-Ф-9 и КТ-Ф-12* предназначены для приёма, транспортирования и раздачи на ходу непрерывным регулируемым потоком измельчённых сочных и грубых кормов (силос, зелёный корм, корнеплоды, сенаж, сено, солома) или смеси их с концентрированными кормами в кормушки высотой не более 0,75 м и приёмные камеры стационарных транспортёров на животноводческих фермах.

*Раздатчик кормов прицепной РП-10* предназначен для приёма, транспортирования и равномерной раздачи полужидких и сыпучих кормов на фермах крупного рогатого скота с шириной кормового прохода не менее 2,2 м, высотой ворот не менее 2,6 м и высотой переднего борта кормушки не более 0,75 м, а также на откормочных площадках. Состоит из кузова, нижнего шнека, выгрузного транспортёра (с левой стороны), коробки цепных передач, колёсной пары и карданной передачи. По желанию заказчика может поставляться с кузовом различных объёмов, а также комплектоваться шнековым или скребковым выгрузным транспортёрами.

*Кормораздатчик тракторный прицепной КТП-10У* предназначен для транспортирования и раздачи в кормушки измельченных листовых кормов, злаковых или бобовых трав, соломы, сена, силоса, сенажа, жома, резаных корнеплодов и др. Раздача кормов производится на правую сторону по ходу или на обе стороны. Агрегируется с тракторами тягового класса 1,4.

*Раздатчик свекловичного жома мобильный РЖМ-Ф-6* предназначен для приёмки, транспортирования и раздачи сырого свекловичного жома непрерывным регулируемым потоком в кормушки с бортами высотой не более 0,75 м.

### 3.2. РАСЧЁТ ПОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ КОРМОЦЕХА

Кормоприготовительные машины используют в кормоцехах не изолировано друг от друга, а в составе поточных технологических линий. Число машин, входящих в поточную технологическую линию подготовки корнеклубнеплодов и других кормов определяют исходя из требований технологического процесса и их конструктивных особенностей. Как показывает опыт эксплуатации поточно-технологических линий, что чем меньше в них машин, тем при прочих равных условиях она более надёжна в работе. Для многих технологических операций могут применяться различные комплексы машины, поэтому разрабатывают и выбирают вариант поточно-технологической линии с оптимальной структурой.

На основании данных о рационе и поголовье животных, обслуживаемых кормоцехом, рассчитывают количество кормов, подлежащих обработке на каждой технологической линии [27, 78]:

$$q_i = \sum_{g=1}^n a_{ig} m_g, \quad (1)$$

где  $n$  – число групп животных;  $a_{ig}$  – количество корма  $i$ -го вида в рационе  $g$ -й группы животных;  $m_g$  – число животных  $g$ -й группы.

Суточный объём производства кормосмеси определяется по выражению [27, 78]

$$q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^f q_i, \quad (2)$$

где  $f$  – число технологических линий обработки компонентов.

В зависимости от распорядка дня животноводческой фермы устанавливают общее время приготовления кормосмеси (время работы кормоцеха) [27, 78]:

$$T_p = T_{\text{раз}} n_k, \quad (3)$$

где  $T_{\text{раз}}$  – время, отводимое на подготовку корма для одного кормления;  $n_k$  – кратность кормления.

При выборе времени на подготовку корма для одного кормления должны выдерживаться следующие соотношения [78]:

а) для кормоцеха с периодическим рабочим процессом

$$T_{\text{раз}} = T_{\text{см}} \lambda,$$

где  $T_{\text{см}}$  – длительность смены, ч;  $\lambda$  – коэффициент использования сменного времени ( $\lambda = 0,6 \dots 0,7$  – средний уровень организации работы в кормоцехе,  $\lambda > 0,7$  – хорошая организация труда);

б) для кормоцеха с непрерывным процессом приготовления и выдачи готовой продукции, заблокированного с помещениями для содержания животных, имеющими стационарные средства раздачи кормов:

$$T_{\text{раз}} \leq T_{\text{зоот}} \lambda k,$$

где  $T_{\text{зоот}}$  – время, затрачиваемое на раздачу корма в одном помещении по зоотехническим требованиям (для стационарных кормораздатчиков оно равняется 1200 с), [78];  $k$  – количество заблокированных помещений, шт.

Требуемая производительность технологических линий, т/ч, [27, 78]:

а) обработки и подачи компонентов

$$Q_{\text{три}} = \frac{q_i}{T_{\text{раз}}};$$

б) приготовления и выдачи готовой продукции

$$Q_{\text{тр}} = \frac{q_{\text{сут}}}{T_{\text{раз}} n_k}.$$

Выбор оборудования технологических линий зависит от характера процесса, выполняемого машиной (непрерывный, периодический). Во всех случаях оборудование должно обеспечивать такую фактическую производительность  $Q_{\text{ф}}$ , которая была бы меньше требуемой:

$$Q_{\text{фи}} \geq Q_{\text{три}}; \quad Q_{\text{ф}} \geq Q_{\text{тр}}, \quad (4)$$

где  $Q_{\text{фи}}$  – фактическая производительность  $i$ -й технологической линии.

Оборудование необходимо подбирать так, чтобы производительность машины, занятой на последующей операции, была больше, чем предыдущей примерно на 5...8%.

Число машин и оборудования для операций с непрерывным рабочим процессом в  $i$ -й технологической линии [27, 78]

$$N_M = \frac{Q_{\text{тп}i}}{Q_{\text{т}i}}, \quad (5)$$

где  $Q_{\text{т}i}$  – теоретическая производительность машины по её основным техническим данным, т/ч.

Число машин (агрегатов) для операций с периодическим рабочим процессом [27, 78]

$$N_M = \frac{\sum_{i=1}^l q_i}{n_K V \varphi \rho K_{\text{ц}}}, \dots \dots \dots (6)$$

где  $l$  – количество видов кормов, обрабатываемых в машине (агрегате);  $q_i$  – количество корма  $i$ -го вида, проходящего обработку в машине (агрегате) за сутки, т;  $V$  – вместимость бункера машины (агрегата) по её технической характеристике, м<sup>3</sup>;  $\varphi = 0,80..0,95$  – коэффициент заполнения объёма [78];  $\rho$  – объёмная масса готового корма, т/м<sup>3</sup>;  $K_{\text{ц}}$  – число циклов работы одной машиной за сутки.

Объёмная масса готового продукта определится из выражения [78]

$$\rho_i = \frac{\sum_{i=1}^l \rho_i P_i}{\sum_{i=1}^l P_i}, \quad (7)$$

где  $\rho_i$  – объёмная масса  $i$ -го корма, т/м<sup>3</sup>;  $P_i$  – масса соответствующего вида корма.

Число циклов работы одной машиной за сутки определяют из выражения [78]:

$$K_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{раз}} n_K}{T_{\text{ц}}}, \quad (8)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – время одного цикла, ч.

Значение  $T_{ц}$  находят по формуле [27, 78]

$$T_{ц} = t_{загр} + t_{выгр} + t_{раб}, \quad (9)$$

где  $t_{загр}$  – время загрузки машины, ч;  $t_{выгр}$  – время выгрузки машины, ч;  $t_{раб}$  – время выполнения основной технологической операции, ч.

При одновременной загрузке всех компонентов корма, время загрузки машины определяется по формуле [78]

$$t_{загр} = \frac{q_i}{Q_{\Phi i}} \rightarrow \max, \quad (10)$$

при последовательном заполнении смесителя

$$t_{загр} = \frac{\sum_{i=1}^l q_i}{Q_{\Phi i}}.$$

Время выгрузки машины определяется по формуле [78]

$$t_{выгр} = \frac{V_{\Phi p}}{Q_{в}}, \quad (11)$$

где  $Q_{в}$  – производительность смесителя на выгрузке корма по его технической характеристике, т/ч.

Приёмные устройства (накопители) должны обеспечивать работу кормоцеха без перебоев подачи исходных кормов. На их объём влияют следующие факторы: климатические условия зоны; вид транспортных средств, используемых для доставки; физико-механические свойства кормов; организация труда обслуживающего персонала. Объём накопителей определяют по выражению [27, 78]

$$V_{\text{нр}} = \frac{q_i k_{zi}}{\rho_i \Phi_i}, \quad (12)$$

где  $k_{zi}$  – коэффициент запаса  $i$ -го компонента кормосмеси (для корнеклубнеплодов он равен 1,3, сена и травяной муки при открытом хранении – 2...4, для комбикорма – 3...6), [78];  $\Phi_i$  – коэффициент заполнения бункера-накопителя ( $\Phi_i = 0,70...0,75$  – при выгрузке самосвалом,  $\Phi_i = 0,8...0,9$  – при продавливании вручную).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

Подготовку кормов к скармливанию проводят в соответствии с зоотехническими требованиями и с учётом экономической эффективности применения различных способов обработки и приготовления кормов. Приготовленные к скармливанию корма должны быть дешёвыми, содержать много питательных веществ в усваиваемой форме, хорошо поедаться животными и не оказывать вредного воздействия на их организм.

Переработка всех видов кормов в соответствии с графиком кормления обеспечивается системой машин. При этом облегчается труд, создаются благоприятные условия для работы обслуживающего персонала, снижается стоимость приготовления кормов. Однако технологические процессы необходимо не только максимально механизировать, но и автоматизировать.

Наибольшая эффективность использования кормов на фермах крупного рогатого скота достигается в случае приготовления полнорационных кормосмесей, сбалансированных в соответствии с потребностями животных и запланированным уровнем продуктивности. Качество приготовленной кормосмеси и общая эффективность работы кормоцехов зависят от технологии приготовления кормов и структуры поточно-технологических линий. Выбор комплектов технологического оборудования кормоцехов зависит от уровня кормовой базы хозяйств и качества подготовки корнеклубнеплодов в кормовой зоне. Поэтому, чтобы обосновать наиболее рациональный состав поточно-технологической линии, её необходимо рассматривать как биотехническую систему, от работы которой зависят продуктивность животных и эффективность производства и приготовления кормов.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

---

1. **Агапов, М. А.** Выбор дозатора для дифференцированной раздачи концентрированных кормов и смесей / М. А. Агапов // Способы и средства механизации и автоматизации работ и процессов на животноводческих фермах и комплексах в Нечерноземной зоне РСФСР : сборник научных трудов. – ВАСХНИЛ, Ленинград, 1983. – С. 43 – 46.
2. **Алёшкин, В. Р.** Механизация животноводства / В. Р. Алёшкин, П. М. Рошин ; под ред. С. В. Мельникова. – М. : Агропромиздат, 1985. – 336 с.
3. **Андреев, П. А.** Пособие мастеру-наладчику животноводческих ферм / П. А. Андреев, Р. Г. Муллаянов, Л. М. Цой. – М. : Агропромиздат, 1986. – 304 с.
4. **Баранович, Б. М.** Мобильные машины для приготовления и раздачи кормов / Б. М. Баранович // Техника и оборудование для села. – 1997. – № 12. – С. 21 – 28.
5. **Батищев, В. Д.** Оборудование для приготовления кормосмесей // Сельское хозяйство за рубежом. – 1983. – № 1. – С. 59 – 64.
6. **Белянчиков, Н. Н.** Механизация животноводства и кормоприготовления / Н. Н. Белянчиков, А. И. Смирнов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1990. – 432 с.
7. **Боярский, Л. Г.** Технология приготовления кормов и полноценное кормление сельскохозяйственных животных / Л. Г. Боярский. – Ростов н/Дону : Феникс, 2001. – 416с.
8. **Брусенков, А. В.** Разработка технологического процесса и устройства для измельчения корнеклубнеплодов с вальцовым подпором : дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А. В. Брусенков. – Тамбов, 2015. – 222 с.
9. **Брусенков, А. В.** Эксплуатация машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов в животноводстве / А. В. Брусенков, А. С. Пилягин // Теоретические и практические аспекты развития науки и образования в современном мире 16 мая 2017 года (г. София, Болгария). – Научно-издательский центр «Мир науки», 2017. – С. 50 – 58.
10. **Брусенков, А. В.** Анализ состояния технического обеспечения животноводческих ферм и комплексов / А. В. Брусенков, В. П. Капус-

тин // Наука в Центральной России. – Тамбов : Изд-во ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, 2017. – № 3(27). – С. 5 – 10.

11. **Брусенков, А. В.** Изучение измельчителей корнеклубнеплодов : лабораторные работы / сост. : С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, А. В. Брусенков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 31 с.

12. **Брусенков, А. В.** Состояние и перспективы развития диагностирования технологического кормоприготовительного оборудования на животноводческих фермах / А. В. Брусенков, В. П. Капустин // Инновации в сельском хозяйстве. – Изд-во Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Москва), 2018. – № 3(28). – С. 272 – 278.

13. **Брусенков, А. В.** Особенности эксплуатации технологического оборудования в животноводстве / А. В. Брусенков, А. В. Сенько // Современное состояние и перспективы развития научной мысли : материалы Международной научно-практической конференции 13 апреля 2017 года (г. Астана, Казахстан). – Научно-издательский центр «Мир науки», 2017. – С. 41 – 48.

14. **Брусенков, А. В.** Выбор перспективного направления измельчения корнеклубнеплодов / А. В. Брусенков, В. П. Капустин // Альманах мировой науки. – Люберцы : Изд-во ООО «АР-Консалт», 2016. – № 3-1(6). – С. 56 – 61.

15. **Бычков, А. А.** Параметры процесса сухой очистки корнеплодов шнековым сепаратором : дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А. В. Бычков. – Ростов н/Д, 2014. – 131 с.

16. **Владимиров, Н. И.** Основы производства продукции животноводства : учеб. пособие / Н. И. Владимиров, Н. Ю. Владимирова, П. С. Ануфриев. – Барнаул : Изд-во АГАУ, 2007. – 191 с.

17. **Гайворонский, Б. А.** Корнеплоды в рационах коров / Б. А. Гайворонский // Кормоприготовление и рациональное использование кормов на промышленных комплексах и фермах. – Алма-Ата : ВАСХНИЛ, 1980. – С. 36 – 43.

18. **Гордеев, В. В.** Тенденции развития технологий и технических средств производства молока / В. В. Гордеев, В. Е. Хазанов, А. К. Мороз // Вестник ВНИИМЖ. – 2013. – № 3(11). – С. 21 – 26.

19. **Гуреев, И. И.** Инновационный опыт производства сахарной свеклы в Центрально-Черноземном регионе / И. И. Гуреев, Е. Л. Ревякин. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 140 с.

20. **Дешко, В. И.** Обоснование способа дозированной подачи корнеплодов в цехах / В. И. Дешко, В. П. Гейфман // Проблемы комплексной механизации и автоматизации кормопроизводства : тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции (Киев, 13 – 15 октября 1981 года). – М., 1981. – С. 185–186.

21. **Журавлев, Б. И.** Комплексная механизация животноводческих ферм в Нечерноземной зоне / Б. И. Журавлев. – М. : Россельхозиздат, 1976. – 335 с.

22. **Земсков, В. И.** Эксплуатация и техническое обслуживание оборудования кормоцехов / В. И. Земсков. – М. : Россельхозиздат, 1982. – 208 с.

23. **Иванов, Ю. А.** Результаты исследований НИУ ФАНО России по созданию инновационной техники и ресурсосберегающих технологий производства продукции животноводства / Ю. А. Иванов // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 2(22). – С. 4 – 13.

24. **Инновационные** проекты – агропромышленному комплексу: каталог – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 136 с.

25. **Инновационная** техника для животноводства (по материалам Международной выставки «Евро Tier-2012) : науч.-анал. обзор. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2013. – 208 с.

26. **Нормы** и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А. П. Калашников и др. – М. : Знание, 1993. – 396 с.

27. **Механизация** и технология производства продукции животноводства / В. Г. Коба, Н. В. Брагинец, Д. Н. Мурусидзе, В. Ф. Некрашевич. – М. : Колос, 2000. – 528 с.

28. **Коваленко, В. П.** Технологические комплексы машин для приготовления кормов : учеб. пособие / В. П. Коваленко, И. М. Петренко. – Изд-во КГАУ : Краснодар, 2000. – 170 с.

29. **Конаков, М. А.** Совершенствование сферы услуг для малых предприятий мясо-молочного подкомплекса животноводства / М. А. Конаков. – Вестник ТГУ, 2006. – Т. 11. – Вып. 3. – С. 402 – 407.

30. **Кондратенко, И. П.** Влияние точности дозирования корнеплодов на молочную продуктивность коров / И. П. Кондратенко, Е. Е. Хазанов // Интенсификация технологических процессов в кормопро-

изводстве и животноводстве Нечерноземной зоны РСФСР : сб. научн. тр. – Ленинград, 1990. – Вып. 58. – С. 85 – 86.

31. **Кононов, Б. В.** Предпосылки к совершенствованию машины для подготовки корнеплодов на корм животным / Б. В. Кононов, А. В. Титенок // Механизация животноводства : сб. научн. работ. – Саратов : Сарат. гос. с.-х. акад. им. Н. И. Вавилова, 1994. – С. 107 – 113.

32. **Конопелькин, А. Ф.** Механизация кормления крупного рогатого скота / А. Ф. Конопелькин, С. И. Вороневский. – М. : Агропромиздат, 1985. – 239 с.

33. **Кормановский, Л. П.** Механико-технологические основы точных технологий приготовления и раздачи кормосмесей крупному рогатому скоту многофункциональными агрегатами / Л. П. Кормановский, М. А. Тищенко. – зерноград : ВНИПТИМЭСХ, 2002 – 344 с.

34. **Кормовая база** промышленного животноводства / П. Е. Ладан, Н. П. Руденко, Н. И. Гринько, В. И. Степанов и др. – М. : Колос, 1978. – 488 с.

35. **Короткин, В. М.** Анализ принципов действия моечных машин для корнеклубнеплодов / В. М. Короткин // Техника в сельском хозяйстве. – 1997. – № 3. – С. 10–11.

36. **Косолапов, В. М.** Повышение потребительских свойств мобильных кормораздатчиков для ферм КРС / В. М. Косолапов, А. В. Шевцов, А. Д. Милев // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 3(23). – С. 34 – 40.

37. **Косолапов, В. М.** Эффективность применения современных технических средств подготовки и раздачи кормов на предприятиях по производству молока / В. М. Косолапов, А. В. Шевцов, А. Д. Милев // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 2(22). – С. 121 – 125.

38. **Клычев, Е. М.** Эффективность механизации приготовления и раздачи кормов на молочных фермах / Е. М. Клычев, Е. А. Вагин, А. А. Мансуров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1989. – № 9. – С. 26 – 28.

39. **Кузнецов, П. Н.** Совершенствование технологии и техническое средство для очистки сахарной свеклы в условиях повышенной влажности и почвы : дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / П. Н. Кузнецов. – Мичуринск-наукоград, 2015. – 149 с.

40. **Кукта, Г. М.** Машины и оборудование для приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М. : Агропромиздат, 1987. – 303 с.

41. **Кулаковский, И. В.** Машины и оборудование для приготовления кормов : справочник / И. В. Кулаковский, Ч. С. Кирпичников, Е. И. Резник. – М. : Россельхозиздат, 1987. – Ч. 1. – 285 с.

42. **Ларетин, Н. А.** Качество и эффективность производства объемистых кормов / Н. А. Ларетин, Е. П. Чирков, А. В. Дронов // Вестник ВНИИМЖ. – 2013. – № 2(10). – С. 223 – 231.

43. **Лихачев, Ю. В.** Обоснование процессов очистки корнеклубнеплодов сухим способом и их измельчения на фермах КРС / Ю. В. Лихачев // Механизация технологических процессов в животноводстве : сб. научн. тр. – зерноград : ВНИПТИМЭСХ, 1992. – С. 16 – 23.

44. **Мельников, С. В.** Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С. В. Мельников. – Л. : Колос, Ленингр. отд-ние, 1978. – 560 с.

45. **Результаты** исследований рабочих органов для очистки и транспортирования корнеплодов / В. А. Михайлов, Г. А. Голованов, А. Н. Шевченко, А. В. Смоленский // Механизация и электрификация производственных процессов в животноводстве : сб. научн. тр. – зерноград, ВНИПТИМЭСХ, 1989. – С. 108 – 115.

46. **Морозов, Н. М.** Направления развития инновационной техники для приготовления и раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота / Н. М. Морозов, И. И. Хусаинов // Вестник ВНИИМЖ. – 2012. – № 1(5). – С. 80 – 88.

47. **Морозов, Н. М.** Анализ развития животноводства в России / Н. М. Морозов, А. Н. Рассказов // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 2(22). – С. 126 – 133.

48. **Муллаянов, Р. Г.** Техническое обслуживание машин и оборудования животноводческих ферм / Р. Г. Муллаянов, Л. М. Цой. – М. : Колос, 1979. – 207 с.

49. **Методика** оценки эффективности использования кормоцехов / И. Г. Насыпайко, Н. П. Тишанинов, А. Ф. Волобоев и др. – Тамбов : «Пролетарский светоч», 1985. – 56 с.

50. **Новая** техника для агропромышленного комплекса России (по материалам 8-й Российской агропромышленной выставки «Золотая осень») : каталог. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 256 с.

51. **НТП АПК 1.10.11.001 – 00.** Нормы технологического проектирования хранилищ силоса и сенажа. – М., 2000. – 79 с.

52. **НТП АПК 1.10.16.001 – 02.** Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов. – М., 2002. – 32 с.

53. **Овчинников, А. А.** Повышение эффективности барабанной корнеклубнеймойки обоснованием конструктивно-режимных параметров : дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А. А. Овчинников – Саратов, 2014. – 207 с.

54. **Орси́к, Л. С.** Инновационные технологии и комплексы машин для заготовки и хранения кормов: рекомендации / Л. С. Орси́к, Л. Е. Ревякин. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 140 с.

55. **Повышение** эффективности производства продукции животноводства : рекомендации / Н. М. Морозов, И. И. Хусаинов, В. Н. Базонов, Л. М. Цой, Е. Л. Ревякин. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 168 с.

56. **Поединок, В. Е.** Комплексная механизация заготовки кормов / В. Е. Поединок. – М. : Агропромиздат, 1986. – 223 с.

57. **Практикум** по механизации животноводства : учеб. пособие / Ю. Т. Вагин и др. – М. : Ураджай, 2000. – 477 с.

58. **Производство** кормовой свеклы по интенсивной технологии с применением серийных машин (рекомендации). – М., 1988. – 103 с.

59. **Родионов, В. Г.** Технология производства и переработки животноводческой продукции / В. Г. Родионов, Л. П. Табакова, Г. П. Табаков. – М. : Колосс, 2005. – 512 с.

60. **Сельскохозяйственная** техника и технологии / И. А. Спицын, А. Н. Орлов, В. В. Ляшенко и др. ; под общ. ред. И. А. Спицына. – М. : КолосС, 2006. – 647 с.

61. **Сельскохозяйственная** техника : каталог «Техника для животноводства». – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – Т. 4. – 336 с.

62. **Сидоров, В. Н.** Резервы повышения экономической эффективности мясного скотоводства на основе применения оптимальных технологических параметров приготовления полнорационных кормовых смесей / В. Н. Сидоров // Вестник ВНИИМЖ. – 2012. – № 2(6). – С. 185 – 194.

63. **Синявский, В. Н.** Машины и оборудования для обработки корнеклубнеплодов / В. Н. Синявский. – М. : «Машиностроение», 1964. – 110 с.

64. **Скоркин, В. К.** Инновационные технологии производства молока в коллективных хозяйствах / В. К. Скоркин // Вестник ВНИИМЖ. – 2011. – № 3. – С. 64 – 71.

65. **Скоркин, В. К.** Состояние и пути повышения эффективности производства молока в России / В. К. Скоркин // Вестник ВНИИМЖ. – 2014. – № 4(16). – С. 4 – 10.

66. **Современное** оборудование итальянской фирмы «Seko» для полного цикла кормления молочного высокопродуктивного скота. – М. : ГМП «Агропроектконструкция». – 1989. – 78 с.

67. **Стратегия** машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года / В. И. Фисинин и др. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 80 с.

68. **Сыrovатка, В. И.** Механизация приготовления кормов : справочник / В. И. Сыrovатка, А. В. Демин ; под общ. ред. В. И. Сыrovатка. – М. : «Агропромиздат», 1985. – 368 с.

69. **Технологии** и технические средства для ферм крупного рогатого скота : информационно-справочный материал к Российской агропромышленной выставке «Золотая осень-2008 (10 – 14 октября 2008 г., ВВЦ, г. Москва). – Правдинский, 2008. – 413 с.

70. **Титенок, А. В.** Машины для переработки корнеклубнеплодов / А. В. Титенок // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1992. – № 3-4. – С. 24–25.

71. **Финкельштейн, А. Ш.** Экспериментальное исследование рабочего процесса дозатора измельченных корнеплодов / А. Ш. Финкельштейн, И. В. Кулаковский, Б. Н. Свиридовский // Механизация производственных процессов в животноводстве : сб. науч. тр. – Ленинград-Пушкин, 1977. – Т. 336. – С. 34 – 37.

72. **Хазанов, Е. Е.** Технология и механизация молочного животноводства : учеб. пособие / Е. Е. Хазанов, В. В. Гордеев, В. Е. Хазанов ; под общей ред. Е. Е. Хазанова. – СПб. : Изд-во «Лань», 2010. – 352 с.

73. **Хайдаров, Р. Р.** Универсальный измельчитель корнеклубнеплодов ИКХ-5,5 / Р. Р. Хайдаров, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского ГАУ. – Казань, 2012. – № 1(23). – С. 109 – 111.

74. **Халанский, В. М.** Сельскохозяйственные машины : учебник для студентов высших учебных заведений / В. М. Халанский, И. В. Горбачев. – М. : КолосС, 2004. – 624 с.

75. **Хусаинов, И. И.** Перспективные технологии производства молока / И. И. Хусаинов, И. Ю. Морозов // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – №1(17). – С. 96 – 101.

76. **Чиркун, В. Я.** Анализ направлений совершенствования техники для приготовления кормов на животноводческих фермах / В. Я. Чиркун // Научно-технический бюллетень. – Запорожье : ЦНИП-ТИМЭЖ. – Вып. 25. – 1996. – С. 8–9.

77. **Шандрик, Л. М.** Новая мойка-питатель корнеклубнеплодов / Л. М. Шандрик // Исследование процессов комплексной механизации и автоматизации в свиноводстве : сб. научн. тр. – Подольск, 1989. – С. 26 – 31.

78. **Щедрин, В. Т.** Механизация приготовления кормов : учеб. пособие / В. Т. Щедрин, С. М. Ведищев. – Тамбов : Тамб. гос. техн. ун-т, 1998. – 140 с.

79. **Эффективность** организации переработки молока в хозяйствах. – М. : ФГНУ: «Росинформагротех», 2007. – 116 с.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А (информационное)

#### А1. Технические характеристики транспортёров корнеклубнеплодов

| Показатель                                  | Марка машины             |         |                         |           |                        |        |          |        |
|---|--------------------------|---------|-------------------------|-----------|------------------------|--------|----------|--------|
|   | ТС-40 М                  | ТС-40 К | ТЛ-65                   | ТЛ-75-096 | ШВС-40 М               | ТШК-32 | ТК-5,0 Б | ТК-5,0 |
| Тип транспортёра                            | стационарный, скребковый |         | стационарный, ленточный |           | стационарный, шнековый |        |          |        |
| Производительность, м <sup>3</sup> /ч (т/ч) | 40                       | 40      | (20...30)               | (20...60) | 40<br>(до 8)           | (32)   | 5...6    | 5...6  |
| Установленная мощность, кВт                 | 3,0                      | 1,5     | 1,5                     | 7,5       | 2,2                    | 2,2    | 3,7      | 3      |
| Вместимость бункера, м <sup>3</sup>         | –                        | –       | –                       | –         | –                      | –      | 14,4     | 7,2    |
| Скорость, м/с:                              | –                        | –       | –                       | –         | –                      | –      | –        | –      |
| – скребков                                  | 1,16                     | 0,38    | –                       | –         | –                      | –      | –        | –      |
| – ленты                                     | –                        | –       | 2                       | 2         | –                      | –      | –        | –      |
| Ширина, мм:                                 | –                        | –       | –                       | –         | –                      | –      | –        | –      |
| – скребков                                  | 390                      | 390     | –                       | –         | –                      | –      | –        | –      |
| – ленты                                     | –                        | –       | 650                     | 650       | –                      | –      | –        | –      |
| Высота скребков, мм                         | 85                       | 90      | –                       | –         | –                      | –      | –        | –      |
| Шаг расстановки скребков, мм                | 228,6                    | 304     | –                       | –         | –                      | –      | –        | –      |
| Шаг тяговых цепей, мм                       | 38,1                     |         | –                       | –         | –                      | –      | –        | –      |
| Шаг приводной цепи, мм                      | 19,05                    |         | –                       | –         | –                      | –      | –        | –      |

| Показатель                                   | Марка машины |         |       |           |              |              |                |        |
|--|--------------|---------|-------|-----------|--------------|--------------|----------------|--------|
|  | ТС-40 М      | ТС-40 К | ТЛ-65 | ТЛ-75-096 | ШВС-40М      | ТШК-32       | ТК-5,0 Б       | ТК-5,0 |
| Число зубьев звёздочки, шт.:                 | –            | –       | –     | –         | –            | –            | –              | –      |
| – ведущей                                    | 20           | 10      | –     | –         | –            | –            | –              | –      |
| – ведомой                                    | 56           | 56      | –     | –         | –            | –            | –              | –      |
| – тяговых                                    | 10           | 8       | –     | –         | –            | –            | –              | –      |
| Максимальная длина транспортировки кормов, м | –            | –       | 12,2  | 19,5      | –            | –            | –              | –      |
| Угол наклона секции (ленты) транспортёра, °  | до 52        | до 52   | (20)  | (20)      | до 5         | до 5         | 45             | 45     |
| Частота вращения шнека, с <sup>-1</sup>      | –            | –       | –     | –         | 1,47         | 1,47         | 0,09           | 0,09   |
| Диаметр и шаг шнека, мм                      | –            | –       | –     | –         | 250<br>(250) | 250<br>(250) | 400            | 400    |
| Габаритные размеры, мм:                      | –            | –       | –     | –         | –            | –            | –              | –      |
| – длина                                      | 6155         | 7440    | –     | –         | 5620         | 6700         | 6435/<br>7405* | 3000   |
| – ширина                                     | 675          | 680     | –     | –         | 596          | 500          | 730/<br>675*   | 770    |
| – высота                                     | 1925         | 1450    | –     | –         | 550          | 400          | 1665/<br>1500* | 1080   |
| Масса, кг                                    | 650          | 530     | 1100  | 2990      | 385          | 335          | 1500           | 920    |

\* В числителе – горизонтального транспортёра, в знаменателе – наклонного.

**Приложение Б**  
(информационное)

**Б1. Технические характеристики измельчителей корнеклубнеплодов**

| Показатель                                | Марка измельчителя |           |           |        |        |             |           |              |           |
|---|--------------------|-----------|-----------|--------|--------|-------------|-----------|--------------|-----------|
|   | ИКС-5М             |           | КПИ-4     |        | ИКМ-5М | ИКМ-Ф-10    | ИКУ-Ф-10  | «Волгарь-5М» |           |
|   | I тип              | II тип    | I тип     | II тип |        |             |           |              |           |
| Производительность, т/ч                   | 5...7              | 3...5     | 2,2...4,0 | 4      | 5,5    | 5,0...7,0   | 8...10    | 10           | 3...4     |
| Установленная мощность, кВт               | 7,5                |           |           |        |        | 10,5        | 1         | 15,4         | 22        |
| Расход воды, м³/т                         | 0,15...0,18        |           |           |        |        | 0,16...0,27 | 0,15      | 0,1          | –         |
| Объём бункера для корнеплодов (ванны), м³ | 3 (2,5)            |           | 0,04      |        |        | 0,7 (1,5)   | 0,5 (1,0) | –            | –         |
| Удельный расход энергии, кВт·ч/т          | 1,0...1,6          | 0,7...1,0 | 0,5...0,8 |        |        | 1,45        | 1,05      | 1,54         | 2,2...3,1 |
| Остаточная загрязнённость, %              | 0,5                |           | –         |        |        | 0,8         | 0,4       | 2            | –         |
| Окружная скорость рабочих органов, м/с    | 40                 |           | –         |        |        | 5...25      | 5...25    | –            | 17,6      |
| Диаметр шнека, мм                         | 375                |           | –         |        |        | 400         | 700       | 700          | –         |
| Шаг шнека, мм                             | –                  |           | –         |        |        | 320         | 380       | 380          | –         |
| Количество ножей (молотков), шт.:         | –                  |           | –         |        |        | –           | –         | –            | –         |
| – горизонтальных                          | –                  |           | –         |        |        | 2           | 2         | –            | –         |
| – вертикальных                            | –                  |           | –         |        |        | 4           | 4         | –            | –         |
| – на барабане (рогоре)                    | (54)               |           | –         |        |        | –           | –         | –            | 6         |

| Показатель                               | Марка измельчителя |        |       |        |           |           |          |              |  |  |  |     |      |
|--|--------------------|--------|-------|--------|-----------|-----------|----------|--------------|--|--|--|-----|------|
|  | ИКС-5М             |        | КПИ-4 |        | ИКМ-5М    | ИКМ-Ф-10  | ИКУ-Ф-10 | «Волгарь-5М» |  |  |  |     |      |
|  | I тип              | II тип | I тип | II тип |           |           |          |              |  |  |  |     |      |
| Частота вращения, об/мин:                |                    |        |       |        |           |           |          |              |  |  |  |     |      |
| – диска при мелком (крупном) измельчении |                    |        |       |        | 920 (465) | 920 (460) |          |              |  |  |  |     |      |
| – молоткового барабана                   | 2070               |        |       |        |           |           |          |              |  |  |  |     |      |
| – вала режущего барабана                 |                    |        |       |        |           |           |          |              |  |  |  | 725 |      |
| – вала шнека и режущего аппарата         |                    |        |       |        |           |           |          |              |  |  |  |     | 1015 |
| – ротора                                 |                    |        |       |        |           |           |          |              |  |  |  |     |      |
| – шнека                                  |                    |        |       |        | 190       | 225       |          |              |  |  |  |     |      |
| Масса, кг                                | 1250               | 1200   | 160   | 160    | 950       | 1100      | 1250     | 1175         |  |  |  |     |      |
| Габаритные размеры, мм:                  |                    |        |       |        |           |           |          |              |  |  |  |     |      |
| – длина                                  | 2600               | 1800   | 700   | 700    | 2200      | 2200      | 4290     | 2400         |  |  |  |     |      |
| – ширина                                 | 4100               | 3700   | 630   | 630    | 2100      | 2100      | 2240     | 1330         |  |  |  |     |      |
| – высота                                 | 2900               | 2900   | 1160  | 1160   | 2510      | 2510      | 3000     | 1350         |  |  |  |     |      |
| Высота выгрузки корма, мм                | 1885               |        | 675   | 675    | 2050      | 1750      |          | 840          |  |  |  |     |      |

| Показатель   | Марка измельчителя  |           |           |              |             |             |             |  |  |
|--|---------------------|-----------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|--|--|
|  | ИКВ-5А<br>«Волгарь» | КДУ-2А    | АПК-10    | АПК-10А      | ИСК-3       | ИРМ-15      | ИРМ-50      |  |  |
| Производительность, т/ч                                    | 6,5...43,0          | 6,1       | 7...8     | 5...12       | 4...5       | 15...20     | 30...37     |  |  |
| Установленная мощность, кВт                                | 22                  | 28        | 30        | 57,2         | 39,2        | 55          | 90          |  |  |
| Расход воды, м <sup>3</sup> /т                             | –                   | –         | 0,6...0,7 | 0,6...0,7    | –           | –           | –           |  |  |
| Объём бункера для корне-<br>плодов (ванны), м <sup>3</sup> | –                   | –         | 1(0,7)    | 1(0,7)       | –           | –           | –           |  |  |
| Удельный расход энергии,<br>кВт·ч/т                        | 1,7                 | 2,7...4,1 | 3,5       | 4,77...11,44 | 7,84...9,80 | 2,75...3,67 | 2,43...3,00 |  |  |
| Остаточная загрязнённость, %                               | –                   | –         | 0,5...0,8 | 0,5...0,8    | –           | –           | –           |  |  |
| Окружная скорость рабочих<br>органов, м/с                  | –                   | 71        | –         | 30...50      | 52          | –           | 41,8...83,6 |  |  |
| Диаметр шнека, мм  | –                   | –         | –         | –            | –           | –           | –           |  |  |
| Шаг шнека, мм  | –                   | –         | –         | –            | –           | –           | –           |  |  |
| Количество ножей<br>(молотков), шт.:                       | –                   | –         | –         | –            | –           | –           | –           |  |  |
| – горизонтальных   | –                   | –         | –         | –            | 8           | –           | –           |  |  |
| – вертикальных   | –                   | –         | –         | –            | –           | –           | –           |  |  |
| – на барабане (рогоре)                                     | –                   | (90)      | –         | –            | –           | –           | 116         |  |  |

| Показатель                                  | Марка измельчителя  |        |        |         |       |             |        |  |
|---|---------------------|--------|--------|---------|-------|-------------|--------|--|
|   | ИКВ-5А<br>«Волгарь» | КДУ-2А | АПК-10 | АПК-10А | ИСК-3 | ИРМ-15      | ИРМ-50 |  |
| Частота вращения, об/мин:                   | –                   | –      | –      | –       | –     | –           | –      |  |
| – диска при мелком<br>(крупном) измельчении | –                   | –      | –      | –       | –     | –           | –      |  |
| – молоткового барабана                      | –                   | –      | –      | –       | –     | –           | –      |  |
| – вала режущего барабана                    | –                   | –      | –      | –       | –     | –           | –      |  |
| – вала шнека и режущего<br>аппарата         | –                   | –      | –      | –       | –     | –           | –      |  |
| – ротора                                    | –                   | 2700   | –      | 1800    | –     | –           | –      |  |
| – шнека                                     | –                   | –      | –      | –       | –     | –           | –      |  |
| Масса, кг                                   | 990                 | 1050   | 2780   | 3245    | 1240  | 7600        | 2355   |  |
| Габаритные размеры, мм:                     | –                   | –      | –      | –       | –     | –           | –      |  |
| – длина                                     | 2400                | 3195   | 4685   | 4200    | 1600  | 3705        | 2915   |  |
| – ширина                                    | 1330                | 1690   | 4310   | 1800    | 1070  | 1640        | 1951   |  |
| – высота                                    | 1205                | 2975   | 2180   | 2200    | 1200  | 1600...3200 | 2130   |  |
| Высота выгрузки корма, мм                   | –                   | 920    | 3000   | 3000    | –     | –           | –      |  |

**Приложение В**  
(информационное)

**В1. Технические характеристики машин для тепловой обработки корнеклубнеплодов**

| Показатель   | Марка машины                        |                           |                           |                            |                                    |                |       |           |
|--|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------|-------|-----------|
|  | ВКС-3М                              | АЗК-3                     | ЗПК-4                     | Ф-405А                     | С-12                               | С-7<br>I    II | С-2   | АПС-6     |
| Тип рабочего органа  | стационарный одно-вальный лопастной | стационарный двухшнековый | стационарный двухшнековый | пере-движной трехшне-ковый | стационарный двухвальный лопастной |                |       |           |
| Производительность, т/ч  | 2,5                                 | 3                         | 1...2                     | 2,7...3,0                  | 10                                 | 2,9...9,0      | 2...4 | 1,5...8,5 |
| Установленная мощность, кВт                                    | 7,0                                 | 9,77                      | 4,4                       | 12,0                       | 14,6                               | 11,37    15,57 | 8,5   | 10,6      |
| Высота выгрузки, мм  | —                                   | —                         | 2050                      | —                          | —                                  | —              | —     | —         |
| Давление пара при обработке кормов, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | до 68 (0,68)                        |                           |                           |                            |                                    |                |       |           |
| Число рабочих лопастей, шт.                                    | 12                                  | —                         | —                         | —                          | 16                                 | 16             | —     | —         |
| Вместимость смешительной камеры, м <sup>3</sup> (кг)           | 3                                   | (3000)                    | (1600)                    | (2900)                     | 12                                 | 8              | 2,9   | 6         |
| Диаметр выгрузного шнека, мм                                   | —                                   | —                         | —                         | —                          | 300                                | 320            | 320   | —         |

| Показатель   | Марка машины |             |             |             |             |             |             |             |       |  |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|--|
|  | ВКС-3М       | АЗК-3       | ЗПК-4       | F-405A      | С-12        | С-7         |             | С-2         | АПС-6 |  |
|  |              |             |             |             |             | I           | II          |             |       |  |
| Шаг вилка выгрузного шнека, мм                         | –            | –           | –           | –           | 240         | 250         | –           | 250         | –     |  |
| Частота вращения, с <sup>-1</sup> , (об/мин):          |              |             |             |             |             |             |             |             |       |  |
| – выгрузного шнека                                     | –            | –           | –           | –           | 0,66 (40,6) | (41)        | –           | (50)        | –     |  |
| – вала смесителя                                       | 0,5 (30)     | –           | –           | –           | 0,06 (36,7) | (4,7)       | –           | (6)         | –     |  |
| Потребление пара, кг                                   |              | 0,10...0,12 | 0,16...0,19 | 0,13...0,15 | 0,16...0,20 | 0,16...0,20 | 0,16...0,20 | 0,16...0,20 | –     |  |
| Длительность запаривания, мин                          | 50...60      | 40...45     | 10...20     | 60...70     | 60...85     | 50...65     |             |             | –     |  |
| Продолжительность перемешивания (без запаривания), мин | 10...20      | 10...20     | 10...20     | 10...15     | 10...15     | 15...20     | 15...20     | 15...20     | –     |  |
| Неравномерность смешивания, %                          | –            | –           | –           | –           | 5...12      | 5...12      | 5...12      | 5...12      | –     |  |
| Габаритные размеры, мм:                                |              |             |             |             |             |             |             |             |       |  |
| – длина  | 3900         | –           | 4700        | –           | 4850        | 3615        | 3900        | 3400        | 3625  |  |
| – ширина   | 1400         | –           | 1520        | –           | 2880        | 2390        | 8760        | 4400        | 2620  |  |
| – высота   | 1850         | –           | 2780        | –           | 2400        | 2800        | 3385        | 1570        | 2200  |  |
| Масса, кг  | 1900         | 3700        | 1250        | 6100        | 6100        | 3720        | 4670        | 2790        | 4250  |  |



**Приложение Г**  
(информационное)

**Г1. Технические характеристики машин для дозирования корнесклубнеллодов**

| Показатель  | Марка машины  |         |                            | Дозатор<br>ЦНИПТИМЭЖа |
|---|---------------|---------|----------------------------|-----------------------|
|   | КОРК-15.03.01 | БВК-20  | ДС-15<br>I тип      II тип |                       |
| Тип дозатора                                      | дисковый      | весовой | шнековый                   | скребковый            |
| Производительность, т/ч                           | 0,7...5,3     | 5...10  | 3,61...17,50               | 5...15                |
| Установленная мощность, кВт                       | 1,5           |         | 3                          | 1                     |
| Вместимость бункера, м <sup>3</sup>               | 0,6           | 15      | 1,5                        | 0,8                   |
| Точность дозирования, %                           | ±8,6          | до 10   | до 15                      | до 10                 |
| Длина шнеков, мм                                  | –             | –       | 850                        |                       |
| Диаметр шнека (диска), мм                         | (346)         | –       | 160                        |                       |
| Частота вращения шнека (диска), мин <sup>-1</sup> | (100)         | –       | 5...25                     |                       |
| Шаг шнека, мм                                     | –             | –       | 160                        |                       |
| Расстояние между шнеками, мм                      | –             | –       | 185...200                  |                       |
| Угол наклона к горизонту, °                       | –             | –       | 15                         |                       |
| Скорость движения транспортера, м/с               | –             | –       | –                          | 0,10...0,15           |
| Шаг расстановки планок транспортера, мм           | –             | –       | –                          | 190                   |
| Габаритные размеры, мм:                           |               |         |                            |                       |
| – длина   | 930           | 3840    | 2500                       | –                     |
| – ширина  | 800           | 2500    | 1280                       |                       |
| – высота  | 2500          | 2500    | 2300                       |                       |
| Масса, кг   | 62            | 1800    | 880                        | 315                   |
|   |               |         |                            | 420                   |

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 3  |
| 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИГОТОВЛЕНИЯ<br>КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ .....                          | 4  |
| 1.1. Химический состав корнеклубнеплодов<br>и их питательность .....                           | 4  |
| 1.2. Корнеклубнеплоды в рационах крупного<br>рогатого скота .....                              | 11 |
| 1.3. Прогрессивные способы заготовки и хранения<br>корнеклубнеплодов .....                     | 28 |
| 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ<br>И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРИГОТОВЛЕНИЯ<br>КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ ..... | 35 |
| 2.1. Технологические процессы приготовления<br>корнеклубнеплодов .....                         | 35 |
| 2.2. Технические средства для приёма и транспортировки<br>корнеклубнеплодов .....              | 43 |
| 2.3. Технические средства для очистки<br>корнеклубнеплодов .....                               | 52 |
| 2.4. Технические средства для измельчения<br>корнеклубнеплодов .....                           | 60 |
| 2.5. Технические средства для тепловой обработки<br>корнеклубнеплодов .....                    | 87 |

|  |            |
|--|------------|
| 2.6. Технические средства для дозирования<br>корнеклубнеплодов .....             | 97         |
| <b>3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ<br/>КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ .....</b>        | <b>105</b> |
| 3.1. Комплекты оборудования кормоцехов для ферм<br>крупного рогатого скота ..... | 105        |
| 3.2. Расчёт поточных технологических линий<br>кормоцеха .....                    | 116        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>  | <b>120</b> |
| <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>                                    | <b>121</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>  | <b>129</b> |

Научное издание

БРУСЕНКОВ Алексей Владимирович  
КАПУСТИН Василий Петрович

**ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА  
ПРИГОТОВЛЕНИЯ  
КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ  
ДЛЯ СКАРМЛИВАНИЯ  
КРУПНОМУ РОГАТОМУ СКОТУ**

Монография

Редактор Л. В. Комбарова

Инженер по компьютерному макетированию И. В. Евсева

ISBN 978-5-8265-2057-4



Подписано в печать 14.05.2019.

Дата выхода в свет 28.05.2019.

Формат 60 × 84 / 16. 8,14 усл. печ. л.

Тираж 400 экз. (1-й з-д 50). Заказ № 70

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.  
Телефон (4752) 63-81-08, 63-81-33.

E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
392008, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112А  
Телефон (4752) 63-07-46.

E-mail: tipo\_tstu68@mail.ru