

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/334132346>

# Технологии и оборудование для производства комбикормов и премиксов

Book · July 2019

CITATIONS

0

READS

3,555

5 authors, including:



[Oleg Bakhchevnikov](#)

Agricultural Scientific Centre Donskoy

169 PUBLICATIONS 58 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Dmitriy Rudoy](#)

Don State Technical University

173 PUBLICATIONS 768 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



# ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ И ПРЕМИКСОВ



Ростов-на-Дону  
2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
КОМБИКОРМОВ И ПРЕМИКСОВ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону  
ДГТУ  
2019

УДК 636.085.55: 636.085.553: 636.087.7

Т38

*Рецензент*

доктор технических наук, профессор,  
главный научный сотрудник отдела механизации растениеводства  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» *А.И. Бурьянов*

**Авторы:**

В.И. Пахомов, Д.В. Рудой, С.В. Брагинец,  
О.Н. Бахчевников, А.В. Ольшевская

Т38

Технологии и оборудование для производства комбикормов  
и премиксов: учеб. пособие / В.И. Пахомов, Д.В. Рудой, С.В.  
Брагинец, О.Н. Бахчевников, А.В. Ольшевская; Донской гос.  
техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. – 228 с.

ISBN 978-5-7890-1678-7

Содержится информация о видах и составе комбикормовой продукции, описаны технологические схемы ее производства, изложено устройство применяемых машин и аппаратов, порядок расчета конструктивных параметров машин, приведены сведения о многооперационных агрегатах для производства комбикормов и премиксов.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям: «Технологические машины и оборудование» (15.03.02, 15.04.02), «Продукты питания из растительного сырья» (19.03.02), «Технологии и средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» (35.06.04).

Материал, изложенный в пособии, может быть использован для подготовки бакалавров, магистров и специалистов инженерных специальностей.

УДК 636.085.55: 636.085.553: 636.087.7

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

ISBN 978-5-7890-1678-7

© Пахомов В.И., Рудой Д.В.  
Брагинец С.В., и др. 2019

© Донской государственный  
технический университет, 2019

## Предисловие

Производство качественных и недорогих кормов на основе сельскохозяйственного сырья – это основной путь повышения рентабельности и конкурентоспособности производства животноводческой продукции, обеспечения ее импортозамещения и высокого качества.

Известно, что в структуре себестоимости животноводческой продукции 50-70% всех затрат приходится на долю кормов. Поэтому для повышения эффективности животноводства одним из основных условий является совершенствование системы производства комбикормов и кормовых добавок. При этом необходимо не только обеспечить их сбалансированность по питательным веществам в соответствии с потребностями каждого вида и половозрастной группы животных, но и добиться удовлетворительных вкусовых качеств, биологической безопасности корма, а также низкой его себестоимости.

Известно, что качество и себестоимость производимых комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов определяются как качеством и себестоимостью используемых в их составе видов сырья, так и применяемыми способами их подготовки, дозирования и смешивания, а также завершающей обработки полученного продукта, реализуемыми определенным набором технологических процессов и технических средств.

В настоящее время комбикормовая промышленность России находится на подъеме: растут объемы производства, строятся новые и реконструируются существующие заводы, увеличивается выпуск нового отечественного оборудования для них, осваиваются новые технологии. Помимо традиционного производства комбикормов для сельскохозяйственных животных, активно развивается новое для нашей страны производство кормов для домашних животных и аквакультуры. Поэтому и возникла необходимость выпуска нового учебного пособия, отражающего современное состояние техники и технологий комбикормового производства.

В настоящем пособии представлены как традиционные технологические процессы, так и перспективные. При изложении материала приводятся описания только выпускаемых в настоящее время машин и агрегатов, причем упор делается на информации по отечественному оборудованию. Также приводятся сведения по конструкции и эксплуатации лучших зарубежных машин, не имеющих пока российских аналогов.

# 1. ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ

## 1.1. Виды и состав комбикормовой продукции

Для кормления сельскохозяйственных и домашних животных используют различные виды кормов и их простые смеси. Но такое кормление не обеспечивает животных всеми необходимыми питательными веществами и не позволяет повысить их продуктивность. Для полноценного питания животных необходимо составлять для них многокомпонентные кормовые смеси, в которых содержатся все необходимые им вещества (белки, жиры, углеводы, витамины, микроэлементы, ферменты и др.). При этом компоненты смеси подбирают таким образом, чтобы недостаток определенных питательных веществ в одном компоненте компенсировался их избытком в другом. Такой комбинированный корм (комбикорм) называется полнорационным, так как он полностью обеспечивает потребности животных таким образом, что не требуется введение в их рацион дополнительных кормов.

Для приготовления комбинированного корма (комбикорма) различные виды сырья необходимо подготовить – очистить от примесей и измельчить, дозировать согласно рецепту, а затем смешать в однородную смесь.

В настоящее время приготовление комбикормов механизировано и автоматизировано и осуществляется на специальных крупных промышленных предприятиях – комбикормовых заводах. Также комбикорма могут готовиться непосредственно в сельхозпредприятиях на небольших внутрихозяйственных комбикормовых заводах. На комбикормовых заводах производят также кормовые концентраты (БВМК и АВМК) и комбикормовые добавки (премиксы). БВМК и премиксы также производят на специализированных заводах.

Комбикормовые заводы выпускают различные типы комбикормовой продукции (все определения даны по ГОСТ Р 51848-2001 с изменением № 1).

*Комбикормовая продукция* – это продукция, вырабатываемая в соответствии с заданным рецептом и предназначенная для скармливания животным в чистом виде или в смеси с другими кормовыми средствами.

*Комбикорм* – это комбикормовая продукция, представляющая собой однородную смесь различных кормовых средств, предназначенная для скармливания животным конкретного вида, возраста и производственного назначения.

*Полнораационный комбикорм* – это комбикорм, полностью обеспечивающий потребность животных в питательных, минеральных и биологически активных веществах и предназначенный для скармливания в качестве единственного рациона. Полнораационные корма применяют при кормлении птицы, свиней и ценных пород рыб.

*Комбикорм-концентрат* – это комбикорм, предназначенный для скармливания животным в дополнение к сочным и грубым кормам. Комбикорма-концентраты включают в рационы крупного рогатого скота.

Комбикорма и другие виды комбикормовой продукции состоят из различных видов предварительно подготовленного сырья – компонентов.

*Компонент* (комбикормовой продукции) – это технологически подготовленная составная часть комбикормовой продукции.

*Кормовой концентрат* – это продукция с содержанием питательных веществ выше физиологических потребностей животных, предназначенная для последующего разбавления и смешивания с другими кормовыми средствами с целью получения сбалансированного по питательности корма.

*Белково-витаминно-минеральный концентрат* (БВМК) – это кормовой концентрат, представляющий собой однородную смесь высокобелковых кормовых средств, биологически активных и минеральных веществ. В литературе часто можно встретить другой вариант наименования – *белково-витаминно-минеральная добавка* (БВМД). БВМК производят на комбикормовых заводах. Небольшие сельхозпредприятия используют БВМК для внутрихозяйственного приготовления комбикормов, смешивая их с измельченным фуражным зерном, причем доля концентрата в получаемом корме составляет от 10 до 30%.

*Амидо-витаминно-минеральный концентрат* (АВМК) – это белково-витаминно-минеральный концентрат, в котором часть белка заменена небелковыми азотистыми веществами, предназначенный для приготовления комбикормов жвачным животным (КРС). АВМК производят на комбикормовых заводах и используются сельхозпредприятиями для обогащения кормов для крупного рогатого скота.

Кормовые концентраты и комбикормовые добавки самостоятельно не используют, их применяют только как составную часть комбикормовой продукции.

*Комбикормовая добавка* – это природные и/или искусственные вещества или их смеси, вводимые в состав комбикормов, белково(амидо)-витаминно-минеральных концентратов в небольших количе-



ствах с целью улучшения их потребительских свойств и/или сохранения качества. Комбикормовыми добавками являются красители, ароматизаторы, антиоксиданты и т.п.

*Премикс* – это комбикормовая добавка, представляющая собой однородную смесь микрокомпонентов и наполнителя, предназначенная для обогащения комбикормов и белково(амидо)-витаминно-минеральных концентратов (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Премиксы

*Наполнитель* (премикса) – это кормовое средство, применяемое в качестве среды для равномерного распределения в ней микрокомпонентов комбикормовой продукции. В качестве наполнителя для производства премиксов чаще всего используют растительное сырье – отруби, измельченное зерно, шроты, кормовые дрожжи, пшеничную муку и др.

*Микрокомпонент* (комбикормовой продукции) – это компонент, вводимый в состав комбикормовой продукции в микродозах. К микрокомпонентам относят витамины, аминокислоты, микроэлементы, ферментные препараты, красители, ароматизаторы, лекарственные препараты, антиоксиданты, эмульгаторы, вкусовые добавки и др. Их также называют биологически активными веществами.

*Биологически активные вещества* (комбикормовой продукции) – это вещества, полученные путем микробиологического и химического синтеза, вводимые в состав комбикормовой продукции с целью профилактики заболеваний, лечения, стимуляции роста и продуктивности животных.

Помимо восполняющих дефицит питательных веществ компонентов в премиксы вводят вещества, обладающие стимулирующим действием, оказывающие защитное влияние на корма, предотвращающие



снижение их качества, способствующие улучшению вкусовых качеств и более эффективному усвоению корма.

Премиксы подразделяют на витаминные (смесь витаминных препаратов с наполнителем); минеральные (смесь солей микроэлементов с наполнителем); комплексные (смесь витаминных препаратов, солей микроэлементов и других компонентов с наполнителем); лечебные (лекарственные препараты в профилактических или лечебных дозах с наполнителем).

Премиксы вводят в состав БВМК в количестве 4-5% и полнорационных комбикормов в количестве 1%.

Для лечения сельскохозяйственных животных при их массовом заболевании применяют кормолекарственные смеси – смесь комбикорма с лекарственными препаратами.

Комбикормовая продукция, в частности комбикорм, производится и поставляется потребителям в рассыпном или гранулированном виде.

*Рассыпная комбикормовая продукция* – это комбикормовая продукция, изготовленная в виде однородной россыпи. Комбикорм в рассыпном виде (рис. 1.2) производится на небольших внутрихозяйственных предприятиях для кормления свиней и КРС. Он не предназначен для длительного хранения. Также в рассыпном виде выпускают премиксы.



Рис. 1.2. Рассыпной комбикорм



Рис. 1.3. Гранулированный комбикорм

*Гранулированная комбикормовая продукция* – это комбикормовая продукция, изготовленная в виде гранул путем прессования на пресс-грануляторе и выдавливания через матрицы с отверстиями определенной формы и размеров. Крупные заводы производят комбикорм в гранулированном виде (рис. 1.3). Гранулированный комбикорм дольше хранится, обеспечивая при этом полную сохранность питательных веществ, его легко упаковывать и транспортировать, в нем не происходит расслоения компонентов. Комбикорм в виде гранул проще раздавать животным, он лучше усваивается ими. Кормление птицы и рыб произ-

водится только гранулированным комбикормом. БВМК также выпускают в гранулированном виде.

(Комбикормовая) *крупка* – это комбикорм, изготовленный измельчением гранул до частиц заданного размера. Крупка применяется для кормления сельскохозяйственной птицы.

Также производят *экструдированный комбикорм*, изготовленный путем влаготепловой обработки в экструдере (рис. 1.4). Измельченные частицы экструдированного комбикорма также называют гранулами, но их следует отличать от гранул, полученных по технологии гранулирования путем прессования. Экструдированный комбикорм готовят для домашних животных (кошек и собак), а также рыб.



Рис. 1.4. Экструдированный комбикорм для рыб

Комбикорма, БВМК и премиксы производят по рецептам. *Рецепт* (комбикормовой продукции) – это набор компонентов комбикормовой продукции в процентном или весовом выражении.

Рецепт содержит полный перечень компонентов продукта с указанием дозы каждого. Для каждого вида сельскохозяйственных и домашних животных, а также рыб существуют различные рецепты комбикормов. Рецепты разрабатывают с учетом вида животных, их пола, возраста и назначения. Так, различают комбикорм для молодняка (стартовый), для животных на откорме, репродукционный (для животных-производителей).

Рецепты комбикормов и концентратов рассчитывают с помощью специальных компьютерных программ, содержащих сведения о питательной ценности разных видов сырья и потребности в них животных различного назначения, пола и возраста.

При составлении рецептов комбикормов дозу каждого компонента указывают в процентах от массы готовой смеси. В качестве примера в табл. 1.1 приведен рецепт комбикорма для свиней на откорме.

Таблица 1.1

## Рецепт комбикорма для свиней на откорме

Компонент	Массовая доля, %
Пшеница	25,9
Ячмень	54,7
Масло подсолнечное	2,0
Дрожжи кормовые	2,5
Монокальцийфосфат	1,0
Шрот подсолнечный	6,0
Шрот соевый	7,9
Премикс	1,0

При составлении рецептов премиксов содержание микрокомпонентов в них указывают в граммах в расчете на определенную массу наполнителя, обычно на 1000 кг. В табл. 1.2 приведен рецепт премикса для свиней на откорме.

Таблица 1.2

## Рецепт премикса для свиней на откорме

Компонент	Единица измерения	Доза
Витамины:		
А	млн. МЕ*	600
D <sub>3</sub>	млн. МЕ	120
К	г	100
B <sub>2</sub>	г	200
B <sub>3</sub>	г	500
B <sub>6</sub>	г	1000
B <sub>12</sub>	г	2
Микроэлементы:		
Железо	г	6000
Марганец	г	2500
Медь	г	400
Цинк	г	4000
Кобальт	г	15
Йод	г	30
Селен	г	15
Прочие БАВ:		
Бацитрацин	г	2750
Метионин	кг	40
Лизин	кг	62
Антиоксидант	г	500
Наполнитель (отруби)	кг	1000

\*Дозы микрокомпонентов приведены в расчете на 1000 кг наполнителя.

\*МЕ (Международная единица) – это единица измерения дозы биологически активных веществ. Используется для витаминов, гормонов и подобных БАВ. Массовое содержание 1 МЕ определенного вида БАВ определяется по справочникам. Например, 1 МЕ витамина А – это биологический эквивалент 0,3 мкг ретинола или 0,6 мкг β-каротина.

### ***Контрольные вопросы***

1. Назовите виды комбикормовой продукции.
2. Что такое комбикорм?
3. Какие виды комбикормов выпускают комбикормовые заводы?
4. Что такое БВМК?
5. Для чего предназначены премиксы?

## **1.2. Сырье для производства комбикормов, БВМК и премиксов**

Комбикорма для сельскохозяйственных животных (КРС, свиньи, куры и др.) состоят в основном из растительного сырья.

Основным компонентом комбикормов для сельскохозяйственных животных является *фуражное зерно* злаковых культур (рис. 1.5). Из злаковых культур для производства комбикормов в основном используют кукурузу, ячмень и пшеницу. Реже и в меньших количествах используют овес, рожь и просо.



*а)*



*б)*

Рис. 1.5. Фуражное зерно: *а* – пшеница; *б* – кукуруза

Зерно злаковых культур содержит 8-16% белка, достаточно много (до 70%) углеводов и небольшое количество жира (от 2 до 6%) и минеральных веществ (от 1,5 до 4%).

*Зернобобовые культуры* – горох, вика, соя, люпин отличаются высоким содержанием протеина и низким содержанием жира (за исключением сои). Бобы этих культур используются как белковые компоненты рационов. Они содержат в значительных количествах необходимые для организма животного аминокислоты (лизин, метионин и др.). Самое высокое содержание питательных веществ – в сое. Ее бобы содержат 30-40% протеина [11].

Ценным источником протеина (белка) являются отходы масложировой промышленности – *жмыхи и шроты* масличных культур (подсолнечника, сои, рапса) (рис. 1.6). Наибольшую пищевую ценность имеет соевый шрот – около 40% протеина, 6-8% жира [21].



Рис. 1.6. Жмыхи и шроты масличных культур:  
а – соевый шрот; б – подсолнечный шрот; в – подсолнечный жмых

Также в комбикорма включают побочный продукт мукомольного производства – пшеничные *отруби*, которые нормализуют работу желудочно-кишечного тракта животных.

В небольших количествах в комбикорма для сельскохозяйственных животных включают сырье животного происхождения: *рыбную и мясокостную муку, сухое молоко, животный и рыбий (рыбный) жир*. Также в составе кормов могут использовать *кормовые дрожжи*.

Для обогащения рациона минеральными веществами (кальций, калий, натрий, фосфор и др.) в комбикорма вводят сырье минерального происхождения: *мел, поваренную соль, фосфаты* и др.

В комбикорма, особенно подвергаемые гранулированию, включают жидкий компонент – *мелассу*, т.е. сгущенный раствор патоки, побочный продукт сахарного производства. Меласса хорошо связывает различные компоненты комбикорма. С этой же целью в комбикорм добавляют жидкое растительное масло.

Комбикорма для рыб ценных пород отличаются по составу от кормов для сельскохозяйственных животных. Рыбы этих пород являются хищными, поэтому основными компонентами комбикормов для них являются такие виды протеинсодержащего животного сырья, как *рыбная мука* (рис. 1.7) и *крилевая мука* (до 50%), *рыбный (рыбий) жир* (до 40%). Также в небольших количествах в них включают и растительное сырье – *жмыхи и шроты, клейковину*. Также включается премикс и минеральное сырье.



Рис. 1.7. Рыбная мука



Непременным компонентом комбикормов является премикс. В состав премиксов входит наполнитель и микрокомпоненты – биологически активные вещества (БАВ).

Используемые в составе премиксов *биологически активные вещества* (БАВ) по характеру воздействия на организм животных классифицируются следующим образом.

*Нормируемые элементы питания (балансирующие добавки)*: витамины (А, D3, Е, К3, В1, В2, В4, В5), соли микроэлементов (марганца, цинка, железа, меди, кобальта), аминокислоты (лизин, метионин, триптофан, лейцин и др.).

*Вещества, регулирующие потребление и переваримость корма, продуктивность и качество продукции*: ферментные препараты (энзимы), антибиотики, антиоксиданты (сантохин, кальция стеарат), консерванты (натрия бензоат, сорбиновая кислота), ароматизаторы, вкусовые добавки (сахароза, глюкоза, сахарин).

*Лекарственные препараты*: кокцидиостатики, антигельминтики, транквилизаторы.

Набор биологически активных веществ, включаемых в премиксы, непрерывно расширяется, что позволяет повышать продуктивность животных и снижать затраты кормов на единицу продукции.

Массовая доля БАВ в премиксах в зависимости от их назначения составляет от 2 до 30%, остальная часть приходится на наполнитель. Основное назначение наполнителя – обеспечить оптимальное перемешивание и равномерное распределение БАВ по всему объему корма, а также отделить одну от другой частицы химически несовместимых веществ, что способствует сохранению активности последних. Наполнитель должен отвечать ряду требований: предотвращать расслоение смеси, связывать мелкие частицы, не поглощать влагу, не слеживаться, не образовывать пыли, обладать хорошей сыпучестью и стабильностью при хранении.

В качестве наполнителя для производства премиксов используют растительное сырье – отруби, измельченное зерно, шроты, кормовые дрожжи, пшеничную муку и др. виды сырья, технические характеристики которых отвечают требованиям, предъявляемым к наполнителям. Наилучшими наполнителями премиксов являются отруби пшеничные (рис. 1.8) и ржаные, а также размол зерна пшеницы и ячменя. Эти наполнители используют для приготовления витаминных или комплексных премиксов. В качестве наполнителя для минеральных премиксов используют кормовые фосфаты, мел, известняковую муку, бентонит и др. минеральное сырье.



Рис. 1.8. Отруби пшеничные  
(наполнитель премикса)

В последнее время в наполнитель премикса часто вводят растительное масло, которое необходимо для снижения количества пыли при его смешивании и в качестве промежуточного звена между витаминами и наполнителем. Количество вводимого растительного масла в зависимости от состава премикса составляет 1-3%.

### ***Контрольные вопросы***

1. Назовите основной вид сырья для приготовления комбикормов.
2. Какие продукты масложировой промышленности включают в состав комбикормов?
3. Какие виды животного сырья включают в состав комбикормов?
4. Для чего в состав комбикорма вводят минеральное сырье?
5. Назовите основные виды сырья для производства премиксов.

## **1.3. Требования к качеству комбикормов, БВМК и премиксов и контроль их выполнения**

Производство комбикормов, БВМК и премиксов на промышленных предприятиях осуществляется по технологическим регламентам.

Технологический регламент – основной нормативный документ предприятия, включающий в себя описание технологического процесса и схем организации производства, нормы расхода сырья и энергоресурсов, меры по обеспечению безопасной эксплуатации оборудования, контроля качества выполнения технологических операций и качества готовой продукции. Его наличие на предприятии является обязательным.

В современных условиях важное значение имеет обеспечение высокого качества выпускаемой комбикормовой продукции. *Качество* (комбикормовой продукции) – это совокупность свойств комбикормовой продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.



На предприятиях комбикормовой промышленности осуществляется технологический и химический (технохимический) контроль. Для этого в структуре комбикормового завода имеется специальное подразделение – *производственная технологическая лаборатория* (ПТЛ).

На всех этапах производства комбикормовой продукции необходимо контролировать показатели ее качества. Различают показатели качества, характеризующие содержание в продукции питательных веществ (гарантированные), технологические показатели и показатели безопасности.

*Гарантируемые показатели* (качества комбикормовой продукции) – это показатели, характеризующие минимальное и (или) максимальное количество питательных веществ комбикормовой продукции, определяемые аналитическими методами и гарантируемые изготовителем, при которых она будет соответствовать своему назначению. К этим показателям относят содержание в готовой продукции сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, сырой золы, золы, нерастворимой в соляной кислоте, также может определяться содержание поваренной соли, кальция и фосфора.

*Технологические показатели* (качества комбикормовой продукции) – это показатели, характеризующие соблюдение технологии комбикормового производства. К технологическим показателям относят влажность, крупность рассыпной комбикормовой продукции, наличие целых зерен, размеры гранул и крупки, крошимость гранул, водостойкость и разбухаемость гранул для рыб, содержание металломагнитной и иных примесей.

*Показатели безопасности* (комбикормовой продукции) – это показатели, характеризующие безопасность комбикормовой продукции для животных и окружающей среды, а также для получения продуктов животноводства, безопасных для человека. К ним относят зараженность вредителями хлебных запасов (насекомыми), токсичность, общую бактериальную обсемененность, наличие патогенной микрофлоры, содержание токсичных элементов (микотоксинов, пестицидов, ртути, мышьяка и др.).

Для обеспечения качества производимой комбикормовой продукции большое значение имеет «входной» контроль поступающего на предприятие сырья, а также контроль его сохранности в процессе хранения [5]. Также необходим контроль всех стадий технологического процесса. Завершающей стадией является контроль качества готовой комбикормовой продукции.

Сырье всех видов, поступающее на комбикормовые заводы, должно соответствовать показателям качества, предусмотренным действующими нормативными документами (государственные стандарты, технические регламенты и др.), а также показателям качества, указанным в документах поставщиков.

Все сырье, поступающее на предприятие из других организаций, должно иметь сертификаты соответствия по показателям безопасности [4].

При приеме сырья ПТЛ производит наружный осмотр поступивших партий, отбирает пробы и выполняет анализы по оценке качества. При этом производят анализ соответствия сырья не всем существующим показателям качества, а выбранным данным предприятием. Руководство каждого завода определяет, какие именно показатели качества обязательно определяются в каждой партии сырья, какие выборочно, а какие – по усмотрению или при необходимости. Перечень показателей качества и порядок их контроля должен быть определен для каждого вида используемого на предприятии сырья. Рекомендуется обязательно проверять все сырье, кроме минерального, на токсичность.

Уже принятое и хранящееся на предприятии сырье периодически контролируют на соответствие показателям качества, влияющим на его сохранность (температура, зараженность насекомыми-вредителями, патогенная микрофлора). Также контролируют соответствие показателям качества временно хранящейся на предприятии готовой комбикормовой продукции.

Важное значение для получения качественной комбикормовой продукции имеет контроль технологического процесса [2, 4]. Ответственность за проведение контроля технологического процесса несет не только производственно-технологическая лаборатория, но и производственный персонал. Контроль производства комбикормовой продукции осуществляется по основным технологическим операциям (очистка сырья, удаление пленок ячменя и овса, измельчение, дозирование, смешивание компонентов, ввод жидкого сырья, экструдирование или гранулирование продукции), для каждой из которых на предприятии определяются контролируемые показатели качества.

В частности, при выполнении технологической операции смешивания компонентов контролируют однородность смеси. Этот показатель является важным показателем качества комбикормовой продукции, контролируемым в ходе технологического процесса. Однородность смешивания устанавливают по равномерности распределения в смеси одного из компонентов с малой дозой введения, например пова-

ренной соли. Однородность смеси для комбикормов должна составлять не менее 75%, БВМК – не менее 80%, премиксов – 85%.

На предприятии организуется контроль соблюдения показателей качества готовой комбикормовой продукции. Ее качество проверяется путем отбора и анализа проб непосредственно после производства продукции и при ее отпуске после хранения. Порядок и периодичность контроля качества готовой продукции устанавливает предприятие-производитель.

Каждая проверенная партия готового продукта имеет оформленный производителем документ – *удостоверение качества и безопасности* (комбикормовой продукции), оформленный согласно ГОСТ Р 51849-2001.

Контроль качества БВМК и АВМК в ходе их производства не имеет принципиальных отличий от контроля процесса приготовления комбикормов.

Контроль качества при производстве премиксов имеет свои особенности. Поступающее сырье для его производства тщательно контролируется. Технохимический контроль технологического процесса включает контроль правильности выполнения основных операций, а именно подготовки сырья и наполнителя, приготовления предварительных минеральных и витаминных смесей, дозирования и смешивания. Контроль качества готового премикса включает контроль соответствия показателей качества требованиям нормативной документации и составу рецептов.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что понимают под качеством комбикормовой продукции?
2. Какие существуют показатели качества комбикормовой продукции?
3. Перечислите показатели безопасности комбикормовой продукции.
4. Перечислите этапы контроля качества на комбикормовом заводе.
5. Какой документ должна иметь каждая партия комбикормовой продукции?

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ

### 2.1. Технология производства рассыпных комбикормов для сельскохозяйственных животных

Технология производства рассыпных комбикормов заключается в смешивании предварительно подготовленных различных видов сырья. Технологический процесс приготовления рассыпного комбикорма состоит из следующих основных операций, выполняемых поочередно [2, 4, 5] (рис. 2.1):

- прием и хранение сырья;
- подготовка сырья (очистка от примесей, тепловая обработка и др.);
- измельчение сырья (при необходимости);
- дозирование компонентов;
- смешивание компонентов;
- хранение и отпуск готового комбикорма.

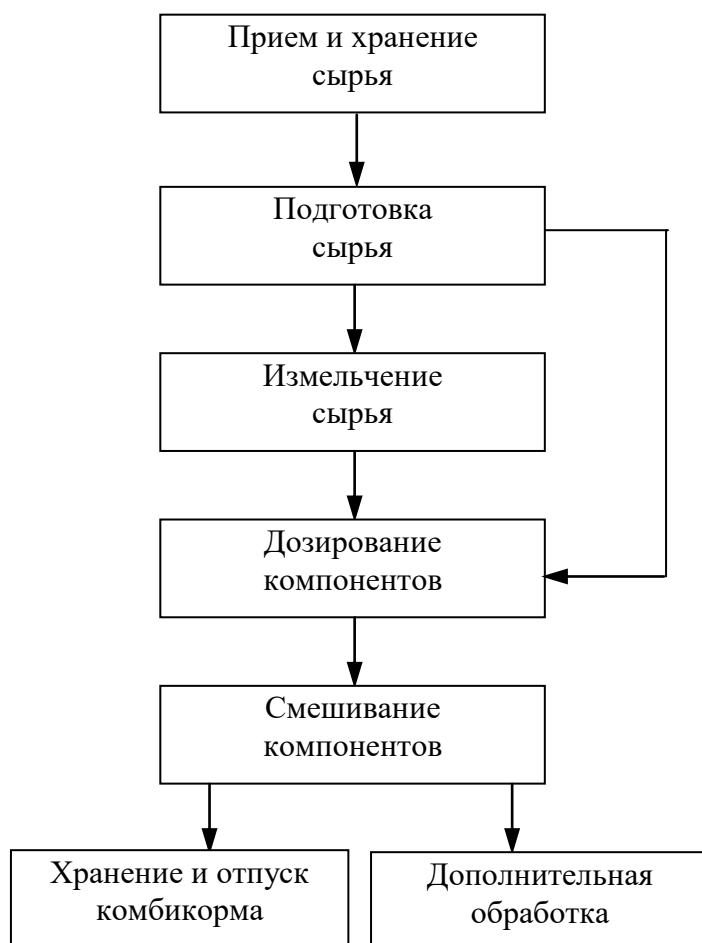


Рис. 2.1. Основные технологические операции приготовления рассыпного комбикорма

Представленная на рис. 2.1 схема технологического процесса является принципиальной, на разных комбикормовых заводах она имеет свои особенности, включающие ввод или исключение операций и изменение порядка их выполнения [18, 26].

Прием сырья включает его разгрузку, растаривание (для сырья, поступающего в таре), размещение в складах и емкостях для временного хранения, а также «входной» контроль показателей качества и контроль сохранности при хранении (см. п. 1.3).

Подготовка сырья включает его очистку от посторонних примесей (минеральные, металломагнитные, органические), шелушение зерен пленчатых культур (овес, ячмень), сушку (при необходимости). Для повышения усвояемости фуражное зерно (пшеница, ячмень) может подвергаться тепловой обработке (микронизация, поджаривание, экструдирование и др.).

Важнейшей операцией при производстве комбикормов является измельчение сырья. Измельченные компоненты лучше смешиваются и хорошо усваиваются животными. Измельчению подвергается основная часть сырья – фуражное зерно, жмыхи и шроты, минеральное сырье. Сырье измельчается в молотковых дробилках со сменными решетками с различным диаметром отверстий. Для каждого вида сырья существует оптимальная степень измельчения (помол). Каждый вид сырья может измельчаться как по отдельности, так и в составе предварительных смесей (зерновая смесь, минеральная смесь).

Дозирование – это операция, обеспечивающая включение определенного компонента в смесь (комбикорм) в количестве, установленном рецептом, с максимальной точностью. В настоящее время в комбикормовой промышленности широкое применение находит точное весовое (по массе) дозирование, а ранее применявшиеся установки для объемного дозирования выходят из употребления. Весовые дозаторы бывают непрерывного (взвешивание в потоке) и дискретного (порционного) действия. При непрерывном дозировании все компоненты одновременно подаются в смеситель в соотношении, предусмотренном рецептом комбикорма, и непрерывно смешиваются. При дискретном дозировании отмеряют порцию (дозу) каждого компонента, которая поступает в смеситель. После загрузки в смеситель порций всех компонентов они смешиваются, после чего цикл дозирования-смешивания повторяется.

Смешивание компонентов – это процесс их перемешивания в специальной машине – смесителе. Результатом смешивания является получение однородной смеси компонентов – рассыпного комбикорма. Под однородностью понимается получение такой смеси, в любой единице объема которой содержится заданное рецептом количество каждо-

го компонента. Смешивание компонентов может быть непрерывным или периодическим. При непрерывном смешивании компоненты непрерывно поступают в смеситель, а готовая смесь непрерывно выгружается из него. При периодическом смешивании сырье поступает в смеситель порциями, которые смешиваются в течение определенного промежутка времени, после чего порция комбикорма выгружается из смесителя. На комбикормовых заводах в основном применяется периодическое смешивание компонентов.

Приготовленный рассыпной комбикорм направляется для хранения или отпуска потребителям либо для дополнительной обработки.

Рассыпной комбикорм может быть использован непосредственно для кормления животных, но чаще всего его подвергают дополнительной обработке с целью получения гранулированного или экструдированного комбикорма.

В ходе технологического процесса производства комбикорма каждый вид сырья может измельчаться отдельно либо смешиваться с аналогичными компонентами и измельчаться уже в составе предварительной смеси. Измельчение компонентов в составе предварительных смесей является более эффективным [4], так как это увеличивает производительность молотковых дробилок до 15% и сокращает продолжительность их простоя при переходе с одного вида сырья на другой.

Построение схемы технологического процесса индивидуально для каждого предприятия и зависит от его производительности, технической оснащенности, видов используемого сырья и его качества, назначения выпускаемых комбикормов и требований потребителей к их качеству и форме выпуска [31, 33].

В настоящее время при создании новых комбикормовых заводов «Всероссийский научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности» («ВНИИКП») под руководством В.А. Афанасьева рекомендует использовать четыре варианта построения схемы технологического процесса производства рассыпных комбикормов [2, 4].

Первый вариант (рис. 2.2) технологической схемы приготовления рассыпного комбикорма включает прием и очистку зернового, мучнистого сырья и шротов, измельчение компонентов, одноэтапное дозирование этих компонентов и компонентов белкового, минерального сырья и премикса, смешивание всех компонентов на заключительном этапе [4]. Достоинством такой технологической схемы является ее малая длина и возможность автоматизации.

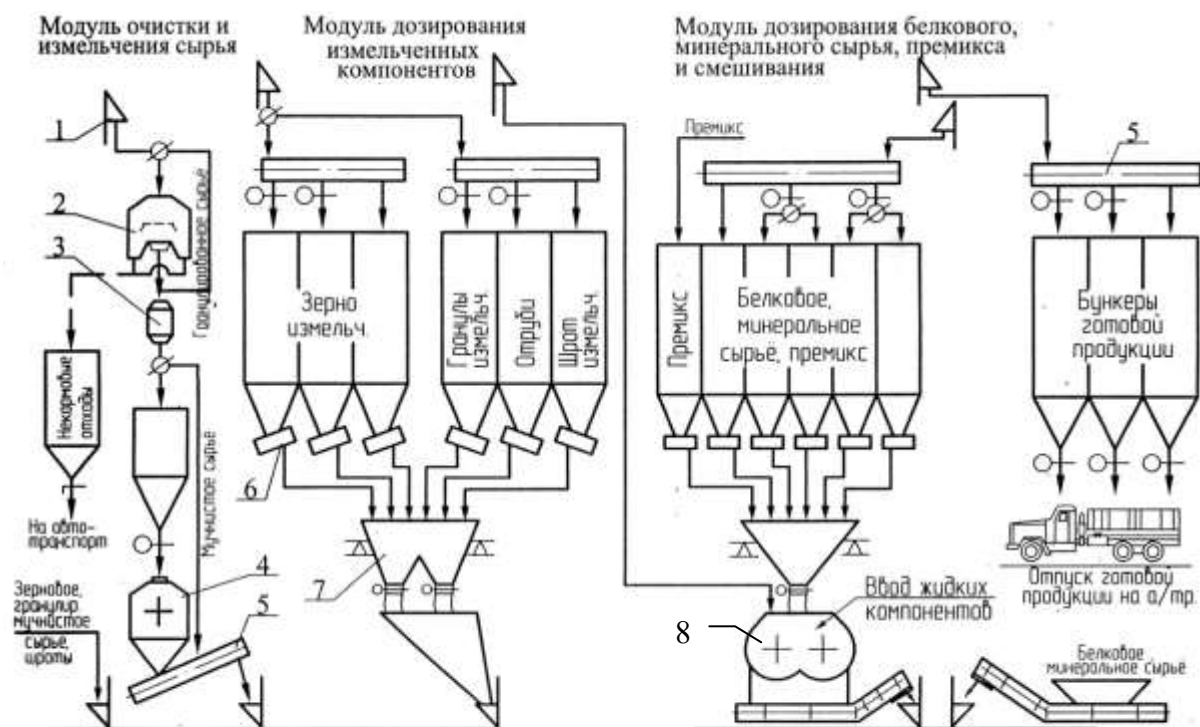


Рис. 2.2. Принципиальная схема технологического процесса производства рассыпных комбикормов с одноэтапным дозированием (по рекомендации «ВНИИКП»): 1 – нория; 2 – сепаратор;

3 – колонка магнитная; 4 – дробилка молотковая; 5 – конвейер; 6 – питатель; 7 – бункер-дозатор тензометрический; 8 – смеситель

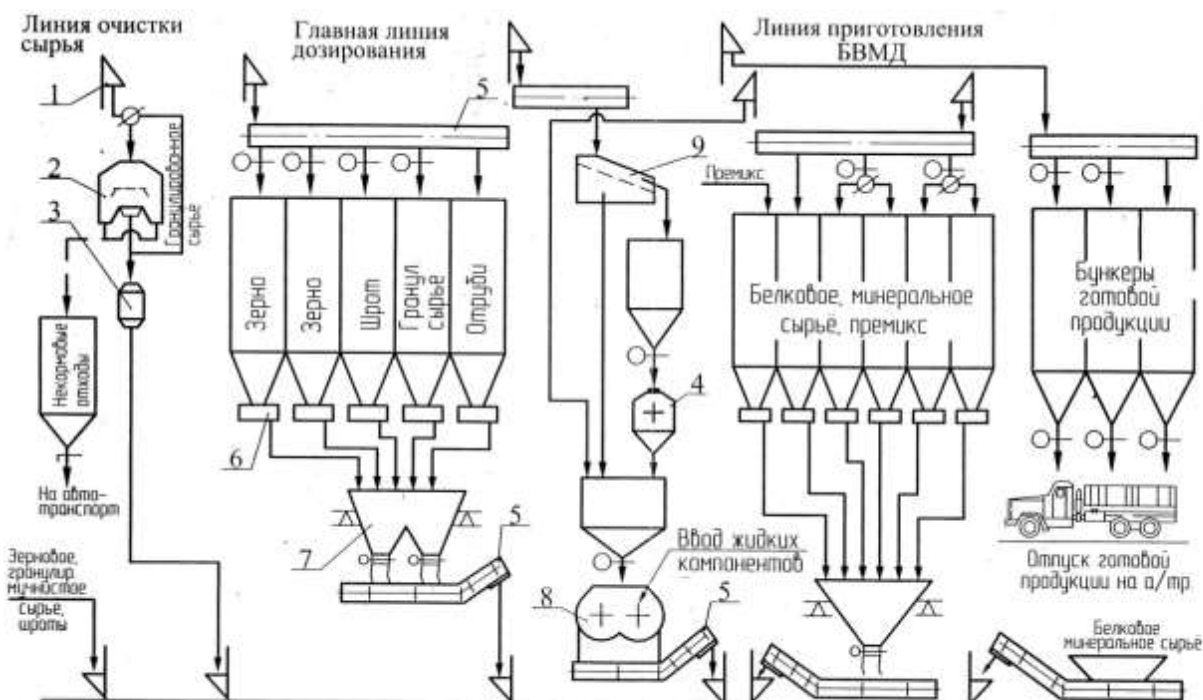


Рис. 2.3. Принципиальная схема технологического процесса производства рассыпных комбикормов с отбором и измельчением крупной фракции и смешиванием на заключительном этапе (по рекомендации «ВНИИКП»): 1 – нория; 2 – сепаратор; 3 – колонка магнитная; 4 – дробилка молотковая;

5 – конвейер; 6 – питатель; 7 – бункер-дозатор тензометрический; 8 – смеситель; 9 – просеивающая машина



Второй вариант (рис. 2.3) исполнения технологической схемы включает прием и очистку зернового, мучнистого сырья и шротов, дозирование неизмельченных компонентов, просеивание сдозированных компонентов, измельчение крупной фракции, приготовление белково-витаминно-минерального концентрата (БВМК), смешивание всех компонентов на заключительном этапе [4]. Включение дополнительной операции – просеивания позволяет добиваться требуемой крупности комбикорма за счет смены сит в просеивающей машине. Преимуществом этой схемы является уменьшение количества дробилок и оперативный переход с рецепта на рецепт.

В третьем варианте (рис. 2.4) технологической схемы предусматривается прием и очистка зернового сырья и шротов масличных культур, измельчение каждого компонента в отдельности, приготовление предсмеси белково-витаминно-минеральных концентратов (БВМК) со смешиванием компонентов, дозирование и смешивание всех компонентов с БВМК [4]. Особенностью данной схемы является двухэтапное дозирование компонентов.

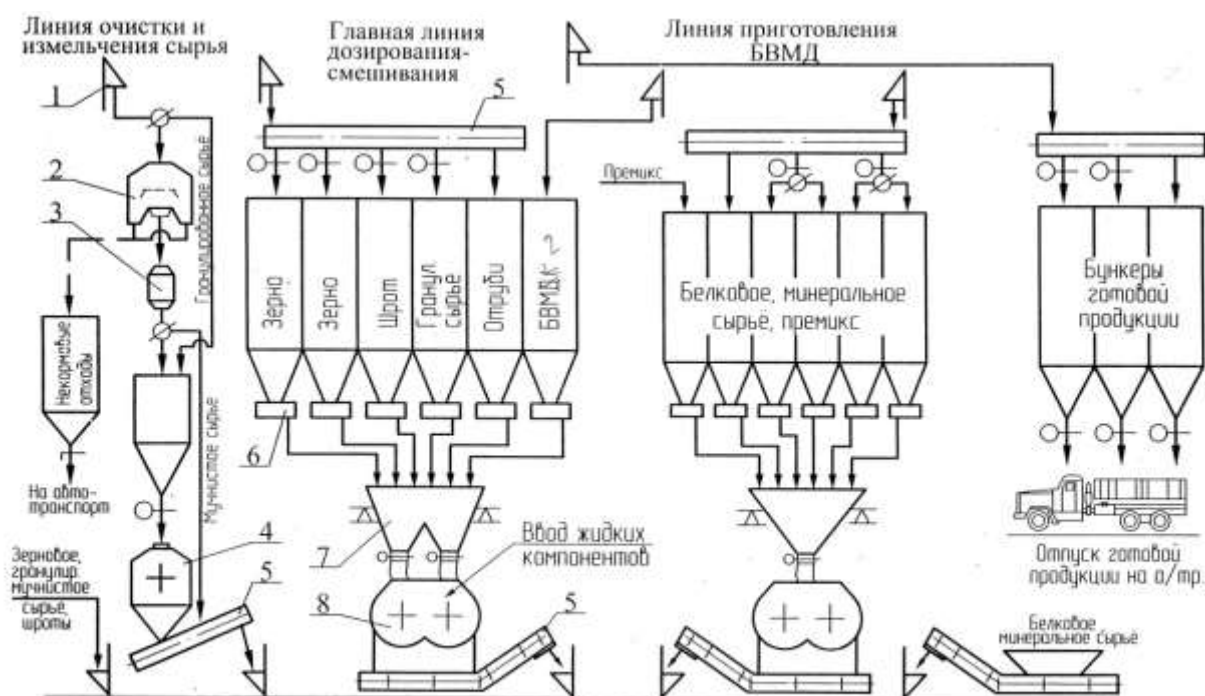


Рис. 2.4. Принципиальная схема технологического процесса производства рассыпных комбикормов с раздельной подготовкой зернового и мучнистого сырья, подготовкой предсмеси БВМК и двухэтапным дозированием (по рекомендации «ВНИИКП»): 1 – нория; 2 – сепаратор; 3 – колонка магнитная; 4 – дробилка молотковая; 5 – конвейер; 6 – питатель; 7 – бункер-дозатор тензометрический; 8 – смеситель

В четвертом варианте (рис. 2.5) технологической схемы осуществляется прием и очистка зернового, мучнистого сырья и шротов, дозирование и смешивание их в неизмельченном виде, т.е. подготовка предсмеси, измельчение этой предсмеси, приготовление предсмесей белково-витаминно-минеральных концентратов (БВМК) на другой линии, дозирование и смешивание двух предсмесей на главной линии, направление комбикорма в бункера готовой продукции [4]. К особенностям данной схемы следует отнести совместное измельчение предсмеси зернового, гранулированного сырья и шротов, что снижает удельный расход электроэнергии до 15%.

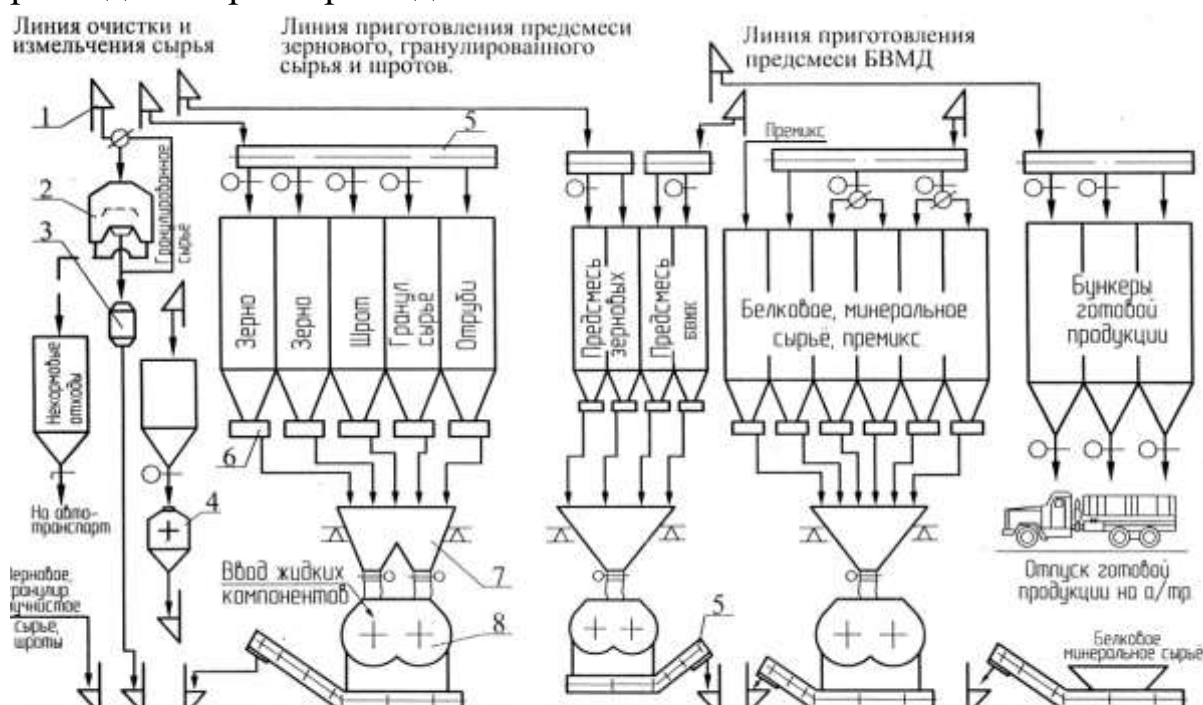


Рис. 2.5. Принципиальная схема технологического процесса производства рассыпных комбикормов с приготовлением предсмесей зернового, гранулированного сырья, шротов и БВМК и двухэтапным дозированием (по рекомендации «ВНИИКП»): 1 – нория; 2 – сепаратор; 3 – колонка магнитная; 4 – дробилка молотковая; 5 – конвейер; 6 – питатель; 7 – бункер-дозатор тензометрический; 8 – смеситель

При использовании четвертого варианта (см. рис. 2.5) технологической схемы обеспечивается большая стабильность технологических процессов производства комбикорма, более полная загрузка оборудования, высокое качество продукции по крупности и химическому составу.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные технологические операции производства рассыпного комбикорма.
2. Для чего измельчают компоненты комбикорма?

3. Почему измельчение компонентов в составе предварительных смесей более эффективно?
4. Как дозируют компоненты комбикорма?
5. Какие виды смешивания применяют при производстве комбикормов?
6. Каковы достоинства схемы технологического процесса производства рассыпных комбикормов с отдельной подготовкой зернового и мучнистого сырья и двухэтапным дозированием?

## **2.2. Технологический процесс производства гранулированных комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы**

Для обеспечения лучшей сохранности при транспортировке и хранении рассыпной комбикорм подвергают гранулированию. Гранулирование – это процесс прессования рассыпного комбикорма в гранулы.

Гранулирование рассыпных комбикормов выполняют на специальной технологической линии комбикормового завода.

На отечественных комбикормовых заводах производят комбикорм для сельскохозяйственных животных с диаметром гранул 4.7, 7.7, 9.7, 12.7 и 19 мм.

Технологический процесс гранулирования комбикорма включает следующие операции:

- контроль рассыпного комбикорма по содержанию металломагнитных и крупных примесей;
- пропаривание рассыпного комбикорма и его смешивание с жидкими компонентами;
- прессование рассыпного комбикорма в гранулы;
- охлаждение горячих гранул;
- просеивание гранул для отделения мелких частиц;
- измельчение гранул при выработке крупки (необязательно);
- сортирование крупки (необязательно);
- взвешивание готового гранулированного комбикорма (крупки).

Схема технологической линии производства гранулированного комбикорма для сельскохозяйственных животных представлена на рис. 2.6.

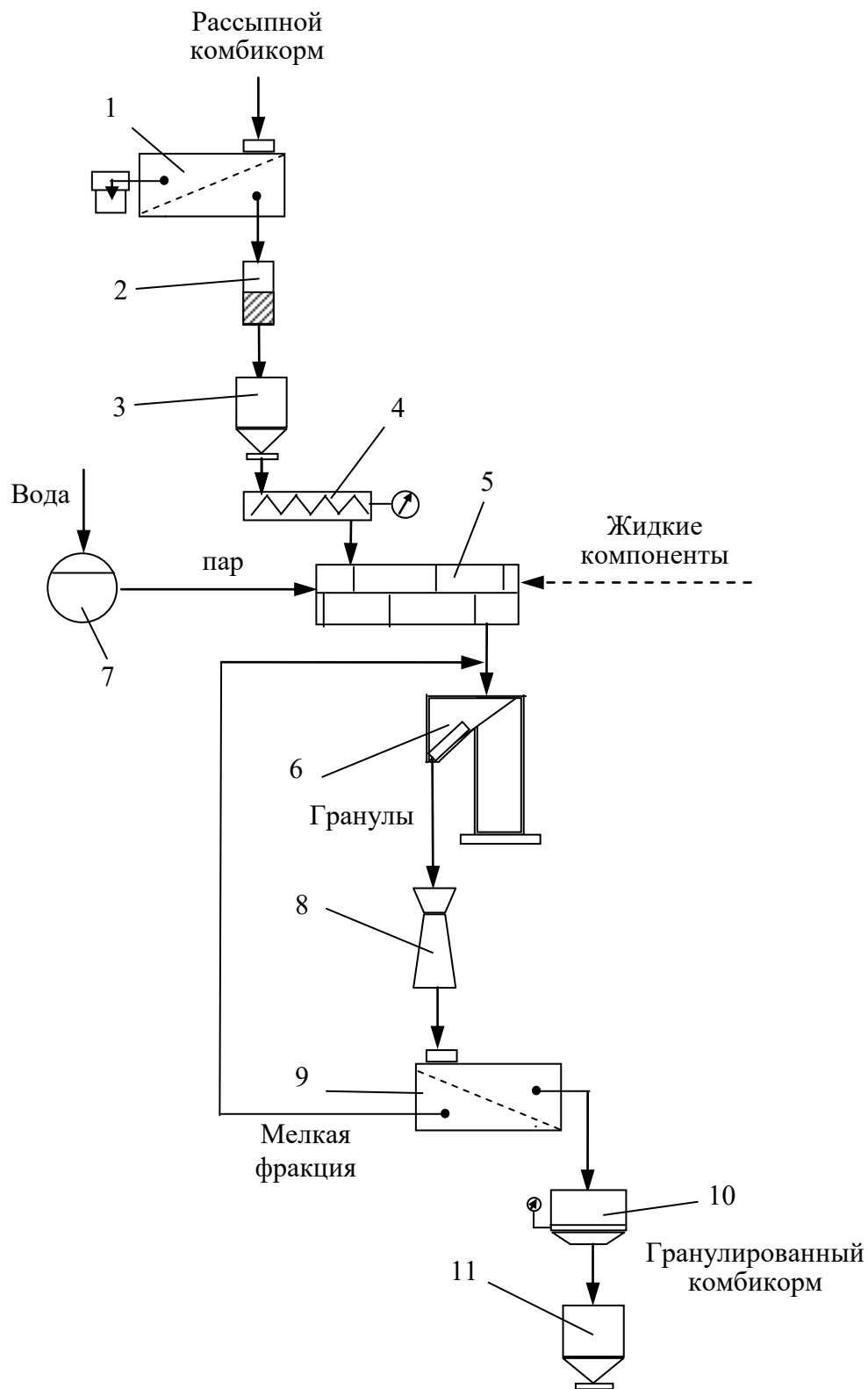


Рис. 2.6. Технологическая линия производства гранулированного комбикорма:

- 1, 9 – просеивающая машина с одним решетом; 2 – магнитная колонка;  
 3, 11 – бункер оперативного хранения; 4 – шнековый питатель;  
 5 – кондиционер-смеситель; 6 – пресс-гранулятор;  
 7 – парогенератор; 8 – охладитель; 10 – весы (весовой бункер)

Рассыпной комбикорм пропускают через просеивающую машину 1 с одним решетом для выделения крупных примесей и через магнитный сепаратор 2 для выделения металломагнитных примесей. Рассыпной комбикорм поступает в накопительный бункер 3, откуда шнековым дозатором 4 подается в кондиционер-смеситель 5, установленный над пресс-гранулятором 6. В кондиционер-смеситель 5 подается горячий пар из парогенератора 7, комбикорм увлажняется до 15-18% и нагревается до 60-80°C. Одновременно в кондиционер-смеситель 5 могут вводиться жидкие связующие компоненты (меласса или жир), которые смешиваются с комбикормом, облегчая его гранулирование. Обработанный рассыпной комбикорм прессуется в гранулы в пресс-грануляторе 6. Прессование комбикорма в гранулы производят на кольцевых матрицах с отверстиями различных диаметров в зависимости от назначения корма. Разогретые до 70-80°C гранулы подсушиваются и охлаждаются в охладителе 8. Затем гранулы поступают на просеивающую машину 9 с одним решетом, где происходит отделение крошки и мучнистых частиц, которые направляются на повторное гранулирование. Готовый гранулированный комбикорм взвешивается на весах (весовой бункер) 10 и направляется на оперативное хранение в бункере 11, после чего упаковывается и отгружается потребителю.

Получение гранул возможно без применения водяного пара при использовании горячей воды, мелассы, жира или других жидких связующих компонентов, вводимых в рассыпной комбикорм в кондиционере-смесителе.

Для кормления сельскохозяйственной птицы из гранулированного комбикорма путем измельчения производят комбикормовую крупку. Крупку диаметром 2 мм получают измельчением гранул диаметром 4.7 и 7.7 мм в вальцовых измельчителях. Это вызвано тем, что гранулы размером 2 мм выпускать экономически невыгодно, так как это приводит к повышенному расходу электроэнергии и износу рабочих органов грануляторов [3, 11]. Поэтому выгоднее производить комбикормовую крупку методом измельчения более крупных гранул.

Схема технологической линии производства комбикормовой крупки представлена на рис. 2.7.

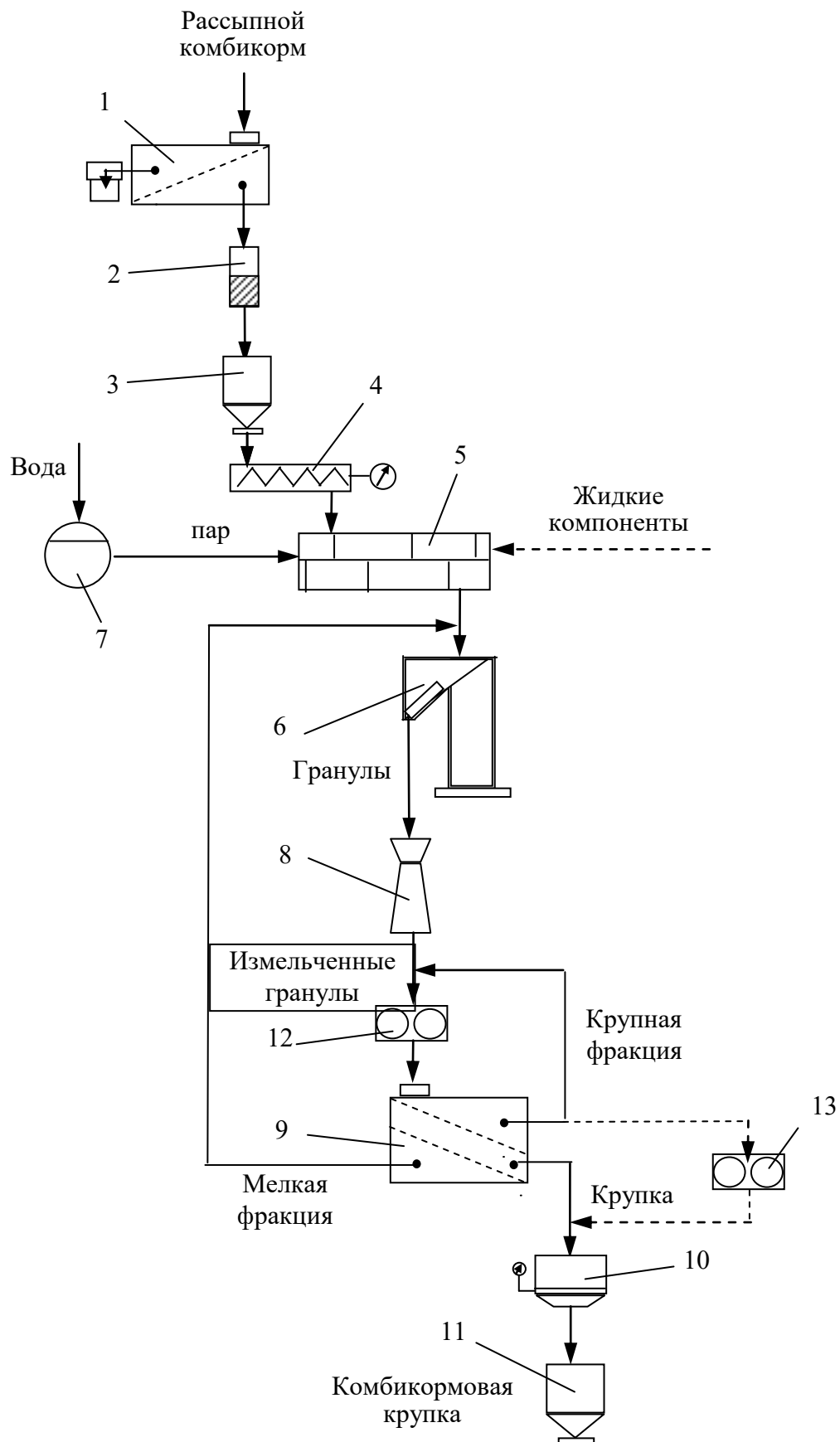


Рис. 2.7. Технологическая линия производства комбикормовой крупки: условные обозначения те же, что на рис. 2.6, кроме 12, 13 – вальцовый измельчитель

Отличие технологической линии приготовления крупки от линии приготовления гранулированного комбикорма состоит в том, что после пресс-гранулятора 6 и охладителя 8 в ней установлен вальцовый измельчитель 12 для измельчения гранул. Получаемый продукт сепарируется в просеивающей машине 9 с двумя решетками. В результате просеивания продукт разделяется на фракции: крупные частицы направляются на повторное измельчение, мелкие – на повторное гранулирование, а готовая крупка взвешивается на весах 10 и направляется на линию оперативного хранения и упаковки.

В настоящее время на многих комбикормовых заводах применяется технологическая схема, предусматривающая наличие второго вальцового измельчителя 13, на который направляется крупная фракция с просеивающей машины 9, что позволяет разгрузить первый измельчитель 12.

В случае когда по требованиям стандарта или заказчика разрешается получение комбикормовой крупки без отбора мелкой фракции, просеивание измельченных гранул производится на одном сите просеивающей машины с направлением схода на повторное измельчение.

При правильном режиме работы технологической линии выход готовой комбикормовой крупки должен быть не менее 70%.

Помимо гранулированного комбикорма и крупки на технологических линиях гранулирования могут вырабатывать новый вид продукции – *комбикорм выровненной крупности*. Комбикорм выровненной крупности представляет собой однородную смесь крупных частиц рассыпного комбикорма и крупки из гранул мелкой фракции комбикорма, характеризуется пониженным содержанием мелких и пылевидных частиц [3]. Он предназначен для кормления кур-несушек.

Технологическая схема производства комбикорма выровненной крупности отличается тем, что после вальцового измельчителя измельченные гранулы направляются на просеивающую машину с двумя решетками, куда также подается необработанный рассыпной комбикорм. Крупная фракция направляется на измельчение, мелкая – на гранулирование, а средняя является готовым продуктом.

#### ***Контрольные вопросы***

1. Для чего гранулируют рассыпной комбикорм?
2. Перечислите основные технологические операции производства гранулированного комбикорма.



3. Для чего перед гранулированием рассыпной комбикорм обрабатывают паром или смешивают с мелассой?
4. В чем отличие технологической схемы производства комбикормовой крупки от технологии приготовления гранулированного комбикорма?
5. На каких машинах измельчают гранулы комбикорма?
6. Для чего просеивают гранулы комбикорма?
7. Как производят комбикорм выровненной крупности?

### **2.3. Технология производства экструдированных комбикормов для аквакультуры и домашних животных**

Комбикорма для ценных пород рыб (осетровые, лососевые) и домашних животных (кошки, собаки) в настоящее время готовят методом экструдирования. Такой корм на начальном этапе готовится по технологии приготовления рассыпного комбикорма, после чего полученная смесь подвергается экструдированию.

Рассыпной комбикорм, подвергнутый в ходе экструдирования действию высокого давления и температуры, продавливается через отверстия матрицы экструдера и измельчается. Измельченные до необходимого размера частицы комбикорма (от 0,5 до 10 мм) также называют гранулами, но их следует отличать от гранул, полученных по традиционной технологии гранулирования путем прессования. Плотность получаемых гранул зависит от степени взрыва экструдатов и, соответственно, от рецепта комбикорма (в частности, соотношения крахмалистых и некрахмалистых компонентов и жирности продукта). При экструдировании регулируют количество и параметры подаваемого пара, ввод воды, температуру процесса в различных зонах экструдера, в том числе за счет охлаждения рубашки, скорости прохождения материала. Изменяя параметры процесса экструдирования, возможно изменять объемный вес готового комбикорма, добиваясь различного поведения гранул в воде: плавучесть на поверхности, быстрая погружаемость или погружаемость с заданной скоростью.

При регулировании параметров экструдирования комбикорма изменяется размер полостей в гранулах, которые на следующем этапе технологического процесса могут быть заполнены рыбьим жиром. Благодаря высокой пористости экструдированного корма в него возможно ввести большое количество необходимого для рыб жира (до 35-40%). Экструдированный комбикорм имеет высокую водостойкость и хорошо сохраняет форму гранул.

Технология производства экструдированного комбикорма, как правило, включает следующие этапы (рис. 2.8): прием и очистка сырья;

дозирование; измельчение; смешивание компонентов (приготовление рассыпного комбикорма); кондиционирование (увлажнение); экструдирование; измельчение; сушка; ввод жидких компонентов (напыление); охлаждение; упаковка.

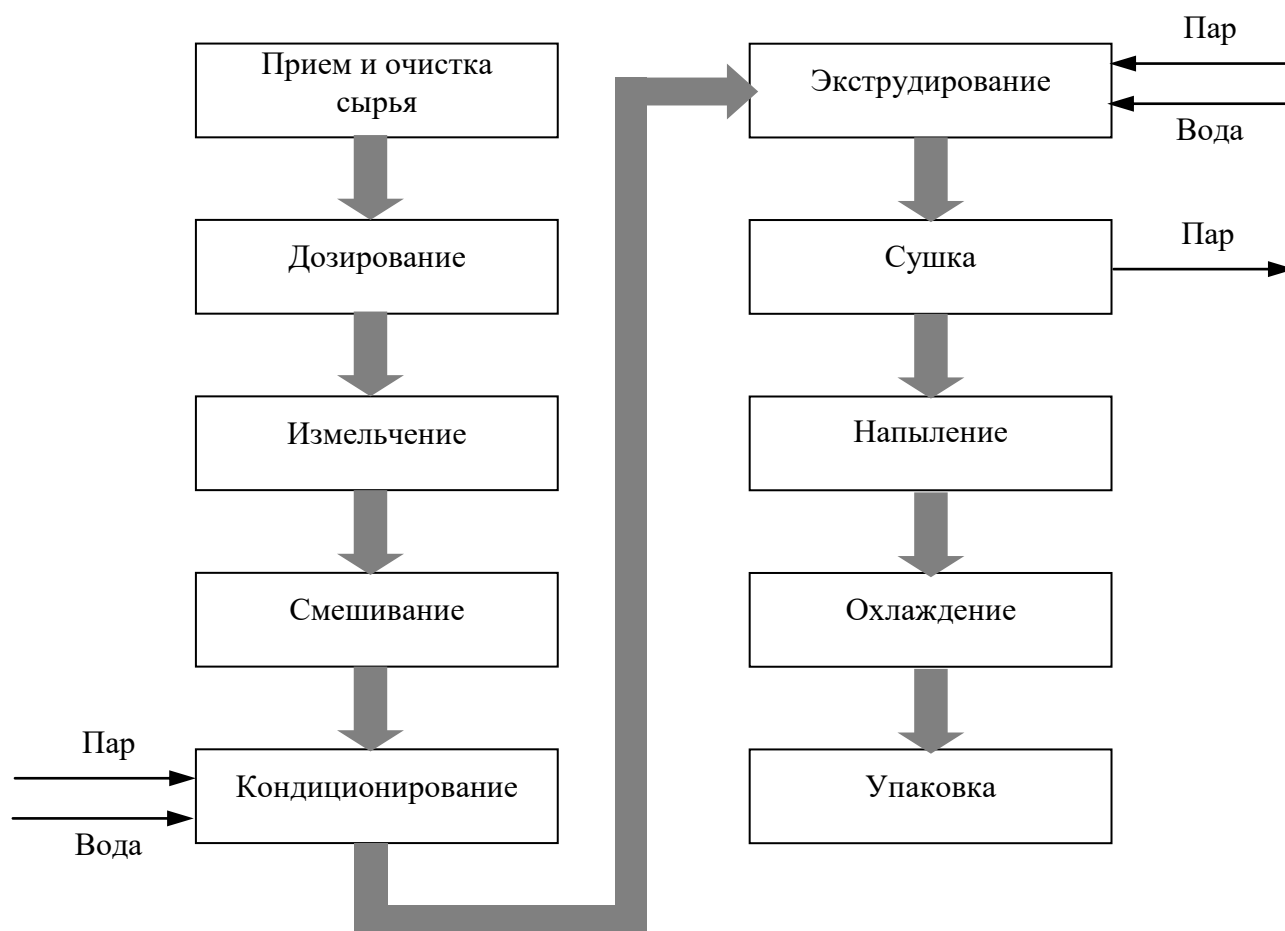


Рис. 2.8. Технологическая схема производства экструдированного комбикорма

Для компонентов рыбного комбикорма требуется тонкий помол, что предъявляет высокие требования к оборудованию для их измельчения. В молотковые дробилки устанавливают сита с перфорацией от 0,5 до 1 мм. Линейная скорость молотков дробилки при этом должна составлять более 90 м/с.

Тщательно измельченное сырье поступает на участок смешивания, где смешивается в горизонтальном смесителе периодического действия.

На следующем этапе происходит увлажнение и нагревание комбикорма в кондиционере – кондиционирование. Увлажнение комбикорма перед экструдированием необходимо для его лучшей пластификации и формообразования. Увлажнение кормосмеси паром и водой производится до достижения ею влажности на уровне 16-26%, в зави-

симости от состава комбикорма, типа экструдера и требуемого качества конечного продукта. Кондиционер подает смесь непосредственно в экструдер.

Процесс экструдирования комбикорма происходит при давлении 3-5 МПа и температуре 120-200°C. В процессе перемещения в экструдере корм уплотняется и под давлением выходит через его матрицу. Матрица экструдера представляет собой пластину с отверстиями, в которые вставляются различные формообразующие вставки. Экструдат выходит через них непрерывным жгутом и нарезается на гранулы быстровращающимися ножами.

Вставки и заглушки в матрице необходимы не только для изменения формы и диаметра гранул, но и для изменения давления внутри корпуса экструдера. Изменяя давление, получают комбикорм для рыб с разной объемной массой и, соответственно, различной плавучестью.

Так как процесс экструдирования осуществляется при повышенной влажности кормосмеси, то экструдат необходимо высушить. Гранула, выходящая из экструдера, имеет влажность 20-25%. Для эффективного ввода жира и последующего хранения необходимо снизить содержание влаги в корме до уровня менее 10%. Влажность экструдированных комбикормов, как правило, должна составлять 7-8% (допускается до 12%). Время сушки варьируется от 15 до 90 мин. После сушки корм просеивается, мелкие фракции возвращаются на участок экструдирования.

Температура экструдатов после сушки составляет 50-60°C, поэтому требуется их охлаждение до комнатной температуры.

Цельные гранулы передаются на участок ввода жидкого сырья. Здесь в комбикорм добавляют необходимые жидкие компоненты: масла, жиры, аминокислоты, антиоксиданты, усилители вкуса, красители, ароматизаторы и т.д.

До 10% жира может вводиться в комбикорм при помощи обычных смесителей на этапе смешивания сырья.

Если в комбикорм необходимо ввести более 10% жира, то применяют только вакуумные системы напыления. Они работают по следующему принципу (рис. 2.9).

После того, как комбикорм поступит в установку для напыления, происходит откачка из нее воздуха. Когда уровень разряжения в установке достигает 200-300 мбар, вводится жидкое сырье, которое равномерно покрывает гранулы. Через несколько секунд воздух снова поступает в установку и под его давлением жидкость через поры экструдата проникает к самой сердцевине гранулы, заполняя ее по всему объему. В

завершение процесса вводят сухие добавки, покрывающие поверхность гранул. Один цикл напыления занимает от 6 до 10 мин. Количество вводимого жира зависит от влажности корма, достигая 40%.

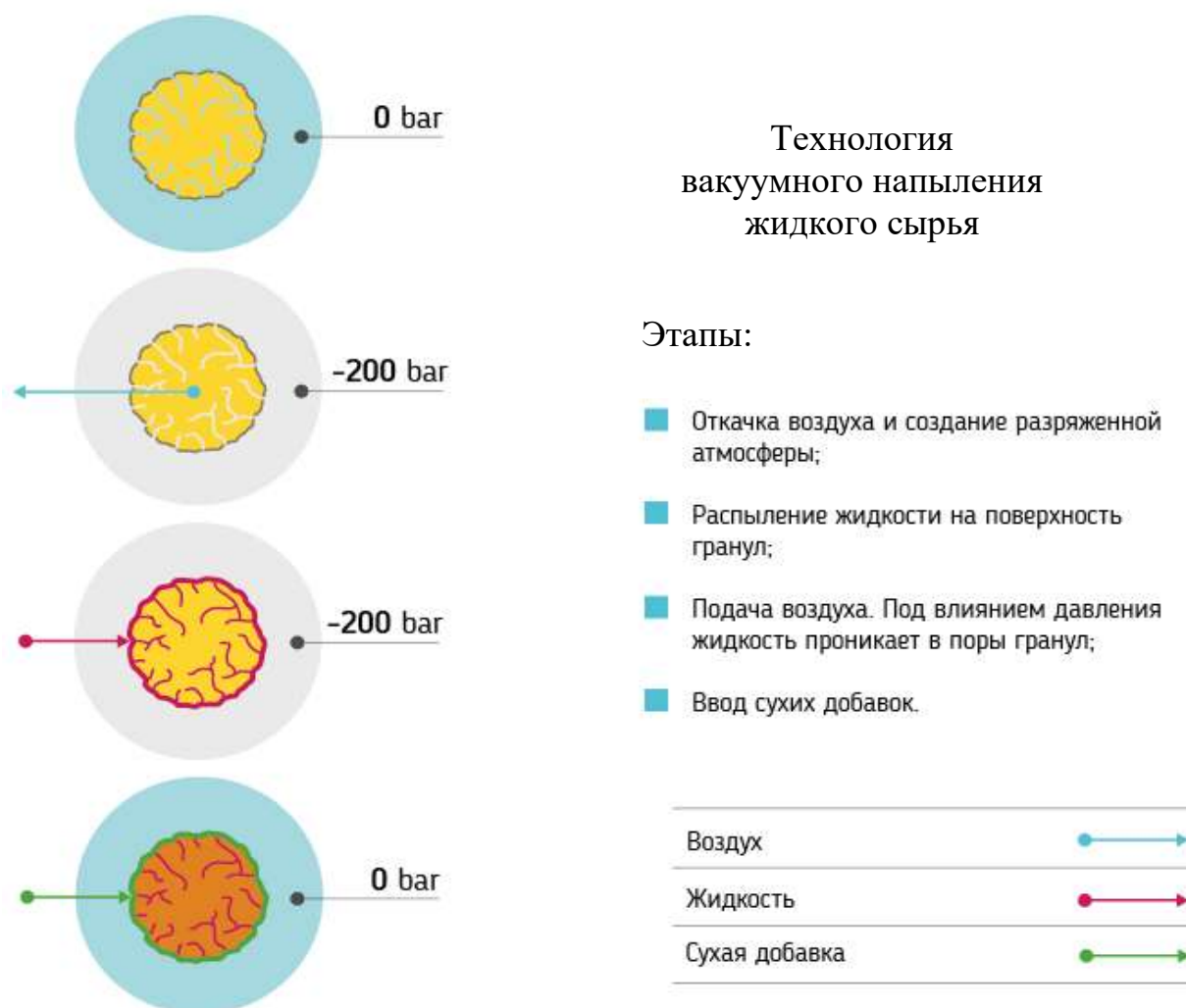


Рис. 2.9. Технология вакуумного напыления жидкого сырья на гранулы экструдированного комбикорма (по данным фирмы «Технекс»)

Экструдированные комбикорма сложнее поддаются охлаждению, чем гранулированные, по причине меньшего содержания в них влаги и более высокого содержания жира. Для того чтобы гранулы не разрушались, применяют противопоточные охладители увеличенного размера, оснащенные поворотной системой разгрузки.

Очередность выполнения некоторых технологических операций производства экструдированного комбикорма может изменяться. Так, фирма «Buhler AG» предпочитает смешивать компоненты корма до измельчения, измельчая уже их смесь.

На рис. 2.10 представлена машинно-аппаратная схема типичной технологической линии экструдирования комбикормов.

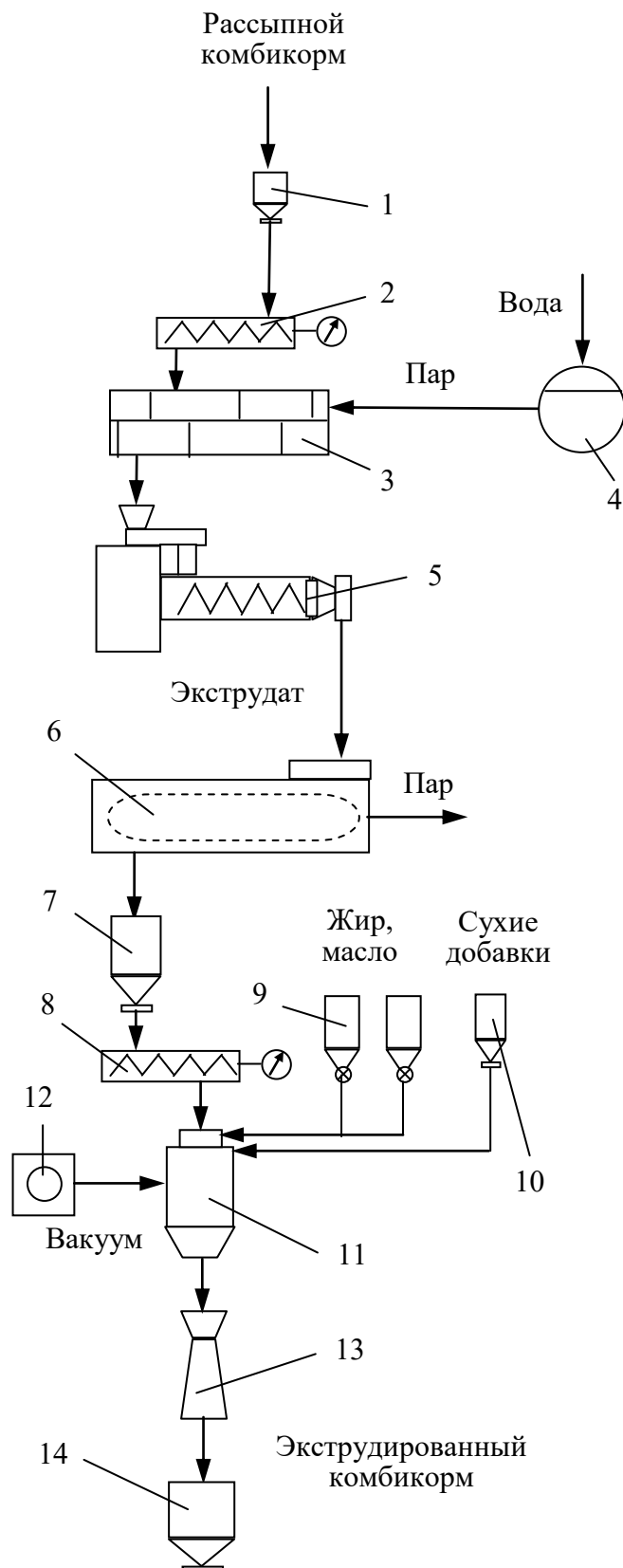


Рис. 2.10. Технологическая линия экструдирования рассыпного комбикорма:  
 1, 7, 10 – оперативный бункер; 2, 8 – шнековый дозатор; 3 – кондиционер;  
 4 – парогенератор; 5 – экструдер; 6 – сушилка; 9 – емкости для жидкого сырья;  
 11 – установка вакуумного напыления; 12 – вакуум-насос; 13 – охладитель;  
 14 – бункер для готового комбикорма

В ходе ее технологического процесса рассыпной комбикорм поступает в оперативный бункер 1, откуда через шнековый дозатор 2 подается в кондиционер 3, где увлажняется горячим паром, производимым в парогенераторе 4. Увлажненный рассыпной комбикорм поступает в экструдер 5, где подвергается экструдированию. На выходе из матрицы экструдера 5 экструдат нарезается на гранулы определенного размера (от 1 до 10 мм) вращающимися ножами.

Гранулы экструдата с влажностью 20-25% поступают в ленточную сушилку 6, где их влажность снижается до 8-10%. Высушенные гранулы комбикорма транспортируются в оперативный бункер 7, откуда через шнековый весовой дозатор 8 поступают в установку вакуумного напыления 11.

В установку вакуумного напыления 11 из емкостей 9, снабженных объемными дозаторами, поступает жидкое сырье (жир и масла). Также из емкости 10 в установку напыления 11 подаются сухие добавки. В установке 11 под переменным действием вакуума, создаваемого вакуум-насосом 12, и атмосферного давления производится напыление жидких, а затем сухих добавок на поверхность гранул комбикорма.

После этого гранулы корма по ленточному транспортеру подаются в противоточный охладитель 13. Гранулы экструдированного комбикорма охлаждаются в охладителе 13 и затем направляются в бункер готовой продукции 14.

В случае наличия в экструдате значительной мелкой фракции гранулы направляются на просеиватель, в котором выполняется их сепарация: кондиционные гранулы направляются для напыления жидкого сырья, а мелкая фракция возвращается на повторное экструдирование.

Мировым лидером в производстве оборудования для экструдирования комбикормов является немецкая фирма «Amandus Kahl». На рис. 2.11 представлена схема технологической линии производства экструдированного комбикорма на оборудовании этой фирмы.

Подготовка комбикорма к экструдированию осуществляется с помощью двухступенчатого кондиционирования (водой и паром) в соответствии с различными свойствами крахмала в сырье. Время пребывания продукта в кондиционере может плавно регулироваться от 60 до 180 с.

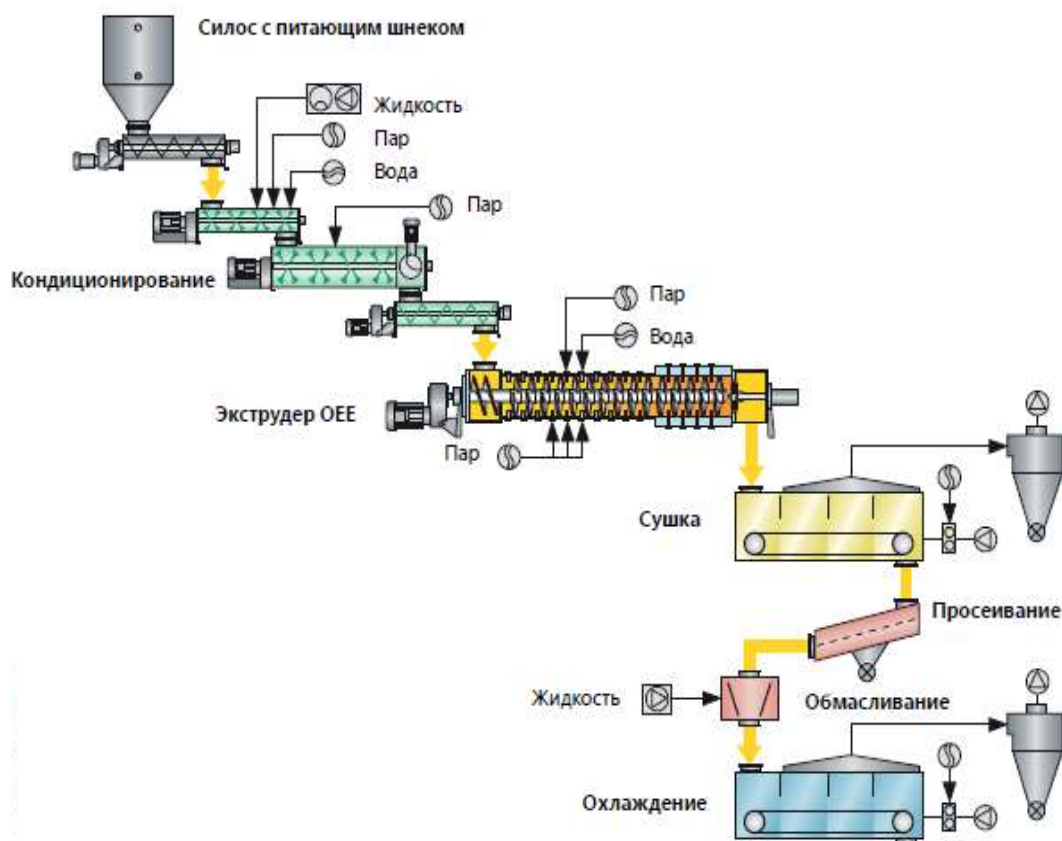


Рис. 2.11. Технологическая линия производства экструдированных комбикормов для рыб фирмы «Amandus Kahl» (схема)

Особенности технологической линии «Amandus Kahl»: оптимальная подготовка комбикорма за счет комбинации смесителя в потоке и плавно регулируемого кондиционера; исполнение экструдера с гидравлически выдвигаемой матрицей, что предотвращает возникновение затора продукта; быстрая смена матрицы экструдера; ленточная сушилка оснащена регулировкой высоты слоя и продолжительности сушки; система напыления для нанесения на готовый продукт жидких компонентов под вакуумом; ленточный охладитель с варьируемой высотой насыпи и кондиционером для выдерживания продукта; вальцовый станок для получения крошки для стартовых кормов размером от 0,1 до 2 мм.

### ***Контрольные вопросы***

1. Для чего экструдировывают рассыпной комбикорм?
2. Перечислите основные технологические операции производства экструдированного комбикорма.
3. Назовите технологическую операцию, применяемую при производстве экструдированного комбикорма, но отсутствующую в технологии приготовления гранулированного комбикорма.
4. Как называют частицы измельченного экструдированного комбикорма?
5. Какой дополнительной обработке подвергают гранулы экструдированного комбикорма?



6. В каком количестве вводят жидкие компоненты в экструдированный комбикорм?

7. Какова должна быть влажность экструдированного комбикорма после сушки?

## 2.4. Технологический процесс производства белково-витаминно-минеральных концентратов

Белково-витаминно-минеральные концентраты (БВМК) производят на комбикормовых заводах. Технология их производства сходна с технологией приготовления комбикормов.

Технологический процесс производства БВМК включает следующие основные операции: очистка сырья, измельчение компонентов, сушка соли и мела, дозирование, смешивание, гранулирование (необязательно), упаковка. Схема технологического процесса производства БВМК в рассыпной форме представлена на рис. 2.12 [11].

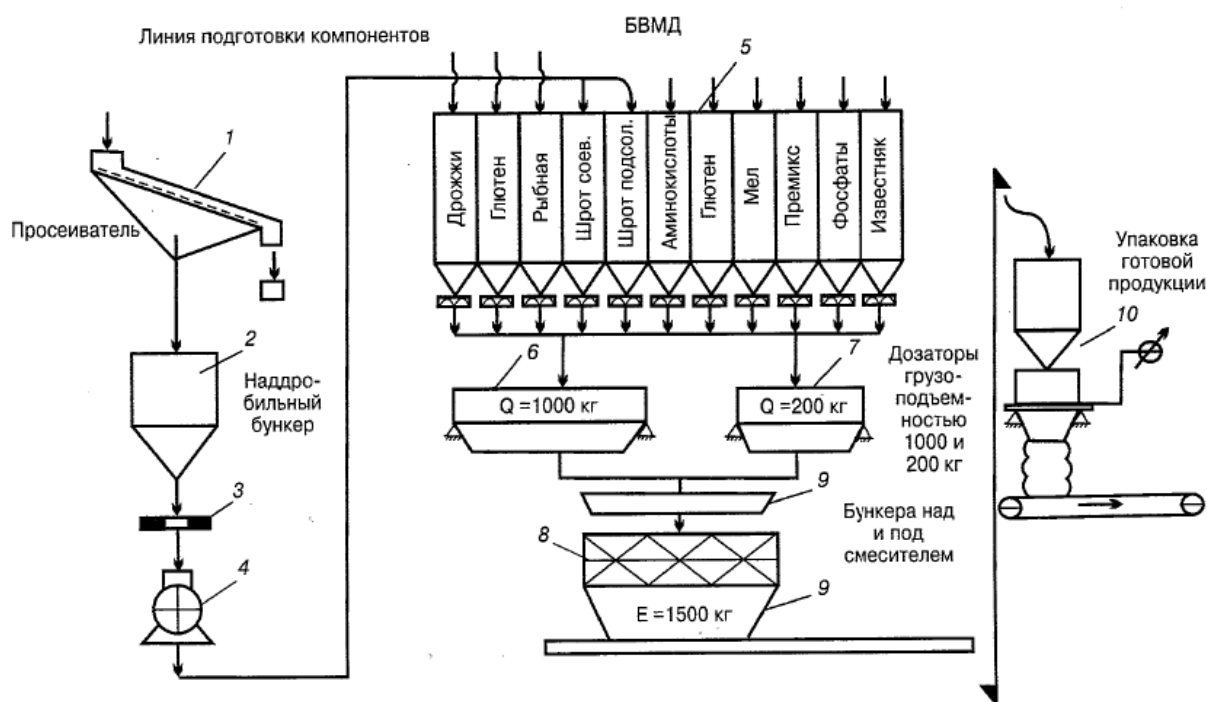


Рис. 2.12. Схема технологического процесса производства белково-витаминно-минеральных концентратов (по Л.С. Кожаровой [11])

В ходе технологического процесса поступающее сырье очищают от примесей на просеивающих машинах и в магнитных сепараторах. Поваренную соль и мел перед дозированием обязательно сушат. При приготовлении БВМК сырье обычно пропускается через молотковую дробилку дважды – осуществляют предварительное грубое и окончательное тонкое измельчение. Для дозирования сырья обычно используют два многокомпонентных дозатора: один для компонентов с малыми дозами (премикс, аминокислоты, минеральное сырье), а другой –

дозирования для макрокомпонентов (шрот, глютен, рыбная мука). После дозирования подготовленные компоненты смешивают в смесителе. БВМК могут быть подвергнуты гранулированию по технологии, описанной в п. 2.2. Готовый БВМК упаковывают в мешки.

### ***Контрольные вопросы***

1. Где производят БВМК?
2. Перечислите основные технологические операции производства белково-витаминно-минерального концентрата.
3. Как измельчают сырье при производстве БВМК?
4. Можно ли гранулировать БВМК?

## **2.5. Технологический процесс производства премиксов**

В данном параграфе сведения о технологическом процессе производства премиксов на крупных промышленных предприятиях приведены согласно рекомендациям «ВНИИКП», изложенным В.А. Афанасьевым в книгах [2–4].

Основные технологические операции приготовления премикса – очистка, измельчение, дозирование и смешивание сырья – аналогичны операциям при производстве комбикормов. Но показатели качества при их выполнении значительно выше.

Для микрокомпонентов и наполнителя премикса при измельчении требуется более тонкий помол, чем у компонентов комбикормов, для чего молотковые дробилки оснащаются решетками с меньшим диаметром отверстий – от 1 до 2 мм [8].

Разовые дозы введения микрокомпонентов премикса обычно составляют от 0,005 до 2 кг. Поэтому их дозирование – сложная и ответственная операция, которую осуществляют посредством установок для многокомпонентного дозирования. При этом каждый компонент перед дозированием загружается и хранится только в закрепленной за ним емкости во избежание их неконтролируемого смешивания.

При смешивании для равномерного распределения микрокомпонентов по всему объему наполнителя необходимо обеспечить высокую гомогенность смеси, что предъявляет высокие требования к смесителям.

Для достижения лучшей гомогенности смеси в технологических схемах производства премиксов обычно предусматривают ступенчатое смешивание компонентов с изготовлением предварительных смесей, например витаминной и минеральной. При этом последовательность внесения микрокомпонентов определяется их плотностью. Первоначально вносятся микрокомпоненты с меньшей плотностью. Но на новых заводах с совершенным оборудованием применяется одноступенчатое смешивание.

Готовый премикс из смесителя поступает через промежуточный бункер и транспортные механизмы в весовой автомат, который упаковывает его порции в мешки разной емкости. В технологической линии производства премикса необходимо обеспечить минимальное расстояние от смесителя до места упаковки, чтобы избежать расслоения и ухудшения гомогенности смеси.

Таким образом, основными задачами в ходе технологического процесса производства премиксов являются точное дозирование, качественное смешивание и равномерное распределение микродоз биологически активных веществ в каждой порции приготавливаемой смеси, а также сохранение активности вводимых БАВ в процессе смешивания, транспортировки и хранения премикса.

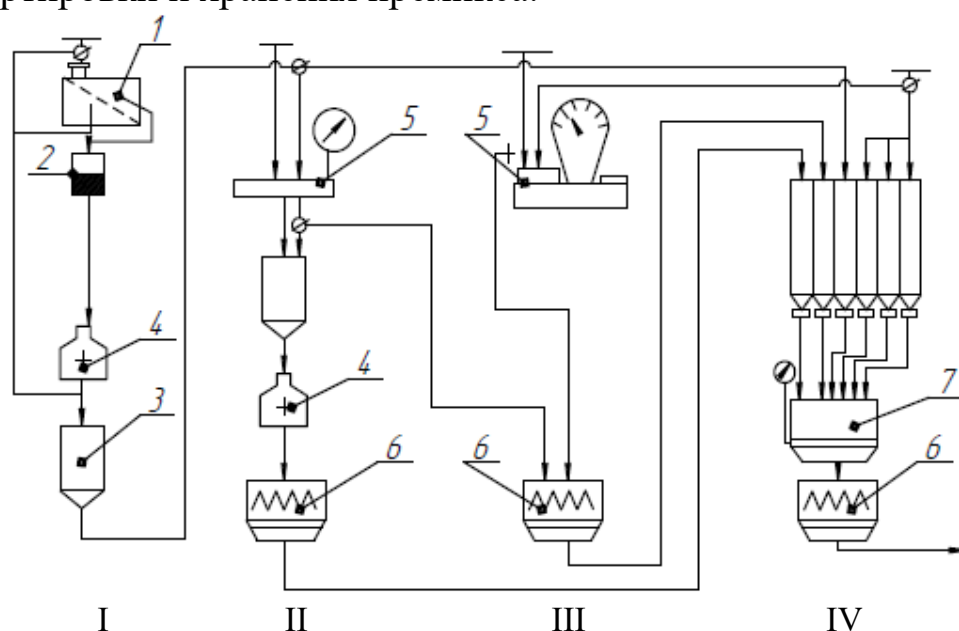


Рис. 2.13. Упрощенная схема технологического процесса промышленного производства премиксов [4]: I – подготовка наполнителя; II – подготовка солей микроэлементов, требующих измельчения; III – подготовка микрокомпонентов, не требующих измельчения; IV – подача макрокомпонентов, дозирование и смешивание компонентов, наполнителя и их смесей; 1 – просеивающая машина; 2 – магнитная защита; 3 – оперативный бункер; 4 – молотковая дробилка; 5 – весовой дозатор; 6 – смеситель; 7 – надсмесительный бункер

Примерная схема технологического процесса промышленного производства премиксов, рекомендуемая «ВНИИКП», состоит из следующих этапов (рис. 2.13):

- подготовка наполнителя;
- подготовка солей микроэлементов, требующих измельчения (сернокислых, хлористых) – минеральная смесь;
- подготовка микрокомпонентов, не требующих измельчения (витамины и др.) – витаминная смесь;
- подача макрокомпонентов (аминокислоты);

– дозирование и смешивание компонентов, наполнителя и их предварительных смесей.

Подготовка наполнителя в ходе этапа I заключается в его измельчении и контроле по крупности на просеивающей машине. Сход просеивающей машины измельчают на молотковой дробилке, оборудованной ситом с отверстиями диаметром 2 мм. Проход просеивающей машины и измельченный сход объединяют и накапливают в оперативном бункере. Наполнитель обязательно пропускают через магнитную колонку. Подготовленный наполнитель направляют для приготовления предварительных смесей с солями микроэлементов, иными микрокомпонентами и в бункер над весовым дозатором.

Сернокислые соли микроэлементов (железа, меди, цинка, марганца), имеющие высокую влажность, перерабатываются в составе предварительной смеси с наполнителем в соотношении 1:1 или 2:1 в ходе этапа II. Эту смесь дозируют и измельчают в молотковой дробилке. Измельченная предварительная смесь поступает в смеситель, где смешивается для повышения ее однородности. Подготовленную предварительную минеральную смесь микрокомпонентов направляют в бункер над весовым дозатором.

Микрокомпоненты, не требующие измельчения (витамины, углекислые соли микроэлементов, лекарственные препараты, ферменты) в ходе этапа III дозируют на настольных весах и загружают непосредственно в смеситель предварительного смешивания с наполнителем в соотношении от 1:1 до 1:3. После смешивания подготовленную витаминную предсмесь транспортируют в бункер над весовым дозатором.

Макрокомпоненты (лизин, метионин, ферменты и др.) в ходе этапа IV подают без подготовки в бункеры над весовым дозатором. Дозирование макрокомпонентов, предварительных смесей микрокомпонентов и наполнителя производят многокомпонентным весовым дозатором.

На завершающем этапе подготовленные компоненты и предсмеси дозируют на каждую порцию (замес) премикса и загружают в основной смеситель. Также в него вводят растительное масло. Смешивание компонентов премиксов производят в смесителе периодического действия. Во избежание контакта несовместимых БАВ компоненты вводят в смеситель только в определенной последовательности: наполнитель, масло, витаминная смесь, макрокомпоненты, минеральная смесь. Вначале наполнитель смешивается с маслом, после этого в него загружают другие компоненты для последующего смешивания.

Готовый премикс транспортируют в бункеры над дозаторами главной линии дозирования компонентов комбикормов и БВМК или на линию фасовки.

Таким образом, наиболее распространенная технология приготовления премиксов предусматривает двухэтапное дозирование и смешивание компонентов: дозирование и смешивание микрокомпонентов с образованием предварительных смесей (минеральной и витаминной), окончательное дозирование и смешивание компонентов и наполнителя [3, 4]. Предварительные смеси обычно готовят на одну или несколько порций (замесов) приготавливаемого премикса или на сменную выработку технологической линии.

Основная цель при формировании предварительных смесей состоит в приготовлении однородных смесей микрокомпонентов с хорошей сыпучестью, чтобы обеспечить ее свободное истечение из наддозаторных бункеров при дозировании.

Эта технология позволяет уменьшить количество отвесов, выполняемых на установке основного дозирования и смешивания компонентов, и тем самым, за счет сокращения продолжительности цикла дозирования, повысить ее производительность, а двухэтапное смешивание микрокомпонентов и наполнителя гарантирует приготовление однородных по составу премиксов.

Более подробная принципиальная технологическая схема производства премиксов с двухэтапным дозированием и смешиванием компонентов, рекомендуемая «ВНИИКП» [4], представлена на рис. 2.14.

Организация производства премиксов на малых внутрихозяйственных предприятиях является важным резервом повышения качества и питательной ценности производимых в сельхозпредприятиях комбикормов. Сложная технология производства премиксов, применяемая на комбикормовых заводах и в специализированных предприятиях большой мощности, непригодна для использования на малых внутрихозяйственных предприятиях.

Для малых внутрихозяйственных предприятий была разработана технологическая схема приготовления премиксов с весовым дозированием микрокомпонентов и наполнителя и смешиванием их в смесителях периодического действия.

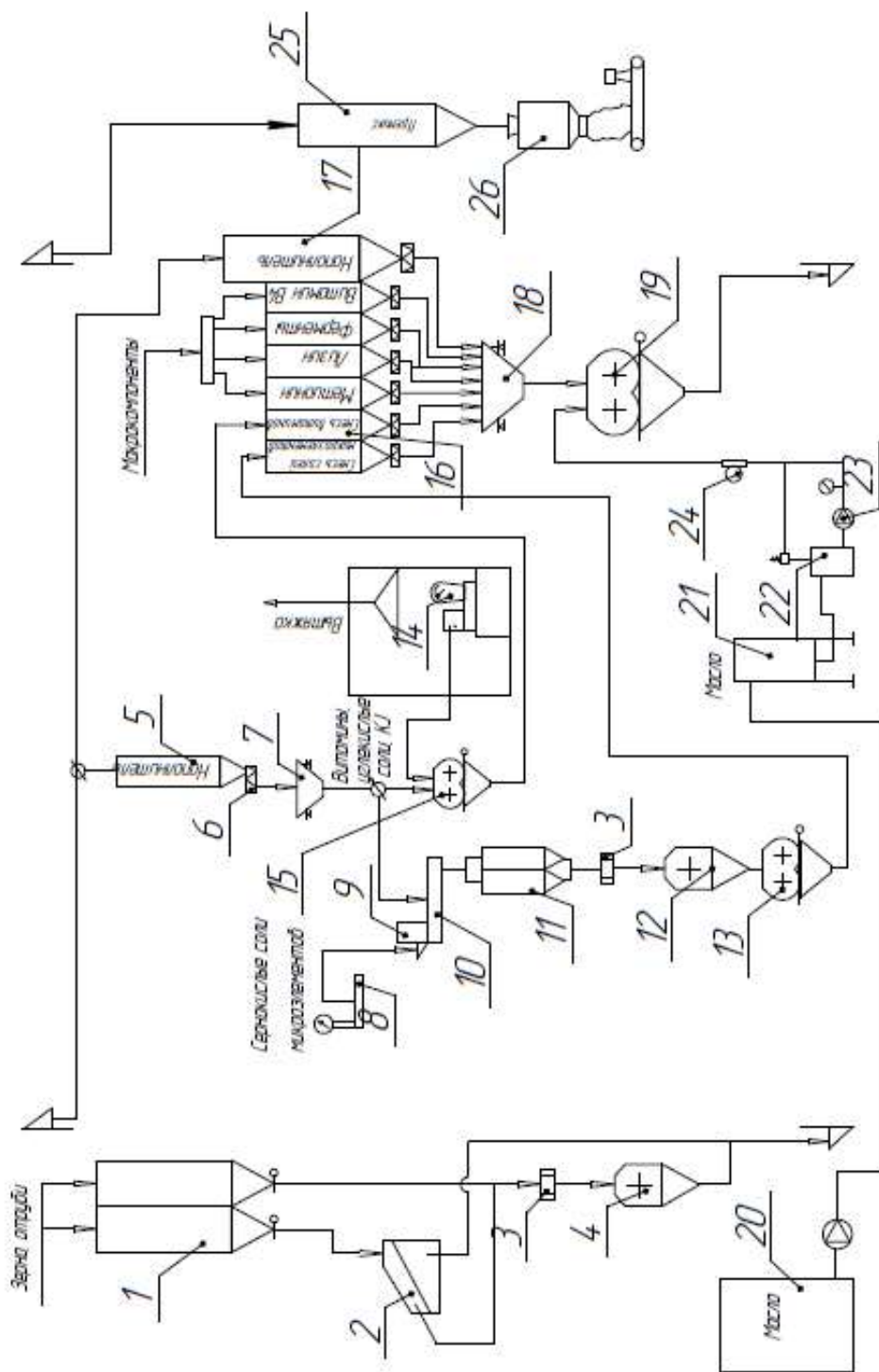


Рис. 2.14. Принципиальная технологическая схема производства премиксов с двухэтапным дозированием и смешиванием компонентов [4]: 1, 5, 17 – бункеры для наполнителя; 2 – просеивающая машина; 3 – магнитная колонка; 4, 12 – молотковая дробилка; 6 – шнековый питатель; 7, 18 – весовой дозатор; 8, 14 – весы; 9 – загрузочный шкаф; 10 – винтовой конвейер; 11 – наддробильные бункеры; 13 – смеситель для минеральной смеси; 14 – смеситель для витаминной смеси; 16 – наддозаторные бункеры; 19 – основной смеситель; 20 – накопительная емкость для масла; 21 – расходная емкость; 22 – фильтр; 23 – насос; 24 – расходомер; 25 – бункер готовой продукции; 26 – весовой бункерный аппарат

Согласно этой схеме микрокомпоненты взвешиваются на лабораторных весах и подаются в смеситель порционного действия, сюда же поступает и отвешенная порция наполнителя. Они смешиваются и предварительная смесь подается в бункер, установленный над молотковой дробилкой, откуда поступает на доизмельчение. Доизмельченная смесь выдается в следующий порционный смеситель, сюда же поступает отдозированная порция витаминов, аминокислот и других БАВ, а из бункера подаётся дополнительная порция наполнителя. Смесь тщательно перемешивается и поступает либо на затаривание, либо на дозатор для последующей подачи на смешивание с другими компонентами комбикорма.

Такая технологическая схема позволяет получить премикс требуемого качества. Но она требует больших затрат времени на доизмельчение отдельных микрокомпонентов и накопление их в специальных бункерах, оборудованных весовыми дозаторами.

Поэтому был предложен вариант технологической схемы, в котором производится весовое покомпонентное дозирование микрокомпонентов и их подача в порционный смеситель для предварительного смешивания с отвешенной порцией наполнителя с последующим доизмельчением (нормализацией) этой смеси до мелкодисперсного состояния и дальнейшей подачей этой смеси в смеситель порционного действия для окончательного смешивания с дополнительно отвешенной порцией наполнителя.

Кроме того, для снижения стоимости оборудования и повышения точности дозирования микроингредиентов в условиях хозяйств целесообразно осуществлять их развешивание в лабораторных условиях.

На рис. 2.15 представлена технологическая схема приготовления премикса с предварительным объемным и окончательным весовым дозированием наполнителя, предназначенная для использования на малых внутрихозяйственных предприятиях.

В необходимый для ее реализации комплект оборудования входят: приемный бункер для наполнителя 1; дозирующее (по объему) устройство 2; оперативные емкости для микрокомпонентов 3; весовой дозатор микрокомпонентов (лабораторные весы) 4; порционный смеситель предварительного смешивания микрокомпонентов и наполнителя 5; дробилка 6 для мелкодисперсного доизмельчения (нормализации) смеси микрокомпонентов и наполнителя, порционный смеситель 7 для окончательного смешивания микрокомпонентов и дополнительной порции наполнителя.

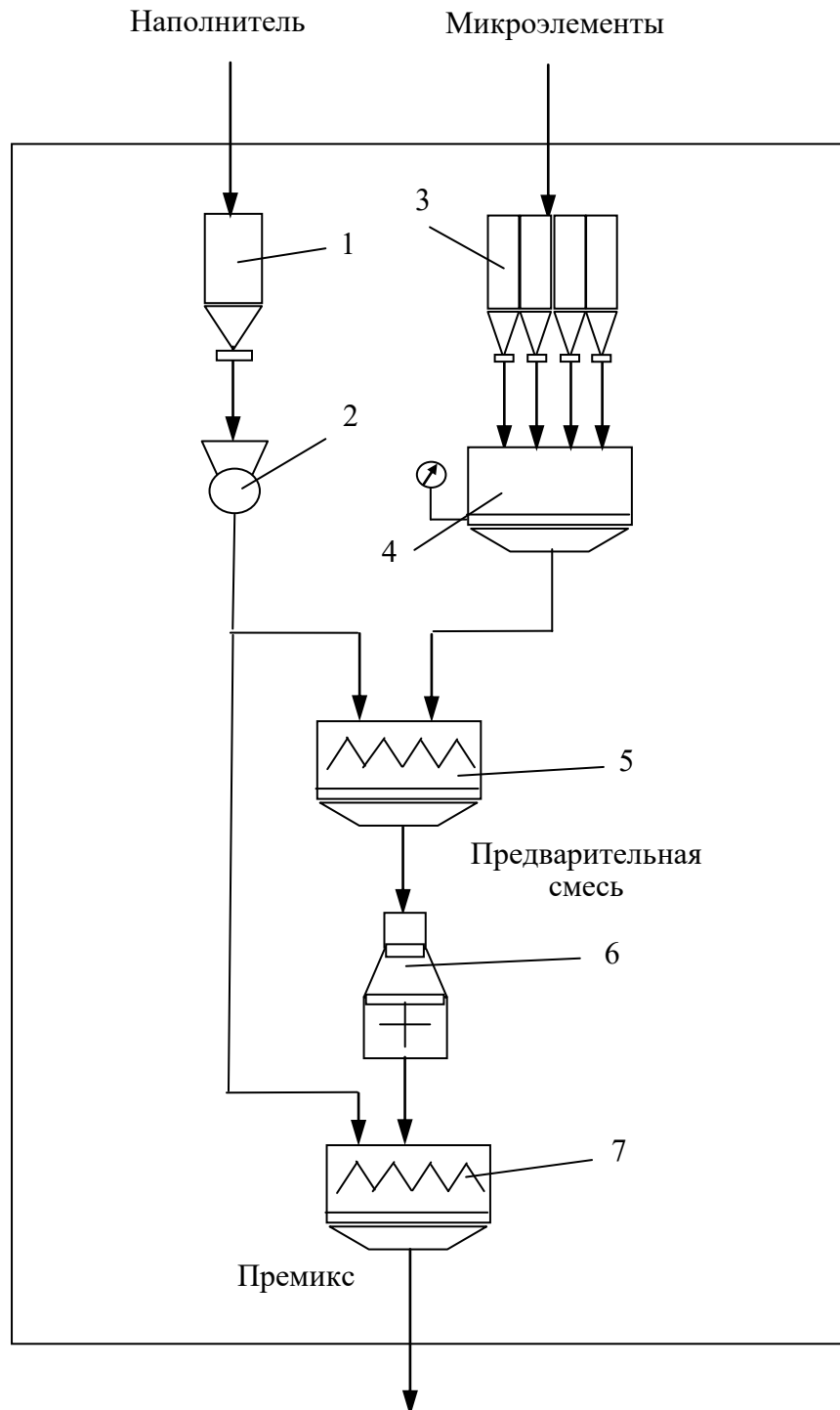


Рис. 2.15. Принципиальная технологическая схема приготовления премиксов на малом внутрихозяйственном комбикормовом заводе: 1 – оперативная емкость для наполнителя; 2 – объемный дозатор; 3 – оперативные емкости для микрокомпонентов; 4 – весовой дозатор микрокомпонентов; 5 – смеситель периодического действия (для предварительного смешивания); 6 – дробилка (нормализатор); 7 – смеситель периодического действия (для окончательного смешивания)

Конструктивно такая схема может быть реализована как в виде набора дискретного оборудования, так и в форме многооперационного



агрегата. На основе данной схемы был разработан агрегат приготовления премиксов АП-100.

В ходе работы агрегата АП-100 или дискретного набора оборудования микрокомпоненты предварительно развешиваются на лабораторных весах в требуемом по рецептуре премикса количестве в отдельных емкостях. Наполнитель премикса загружается в приемный бункер и шнеком подается для предварительного смешивания в вертикальный смеситель. Наполнение смесителя контролируется временем подачи шнека, т.е. имеет место предварительное объемное дозирование. В смеситель непосредственно при его работе последовательно (чтобы избежать взаимного контакта) вводят подготовленные микрокомпоненты. После предварительного смешивания материал подается через дробилку-нормализатор в вертикальный смеситель окончательного смешивания. В этот смеситель к предварительной смеси из бункера через шнек добавляется дополнительная доза наполнителя. Смеситель установлен на тензодатчиках, что позволяет с высокой точностью (до 0.6%) отвесить необходимую дозу наполнителя. После вторичного разбавления наполнителем и перемешивания, готовый премикс может быть затарен в мешки или направлен для ввода в комбикорм.

Таким образом, оптимальный вариант технологической схемы внутрихозяйственного производства премикса включает последовательно выполняемые операции дозирования микрокомпонентов и наполнителя, их смешивание, нормализацию, дозирование наполнителя и разбавление им предварительной смеси, повторное смешивание предварительной смеси и наполнителя. Эта группа технологических операций образует отдельную подсистему в рамках общей системы производства комбикормов, что позволяет объединять оборудование для производства премикса в технологический модуль в составе модульного завода по производству комбикормов.

### ***Контрольные вопросы***

1. Перечислите основные технологические операции производства премиксов.
2. В чем заключается подготовка наполнителя для премикса?
3. Как готовят к смешиванию микрокомпоненты премикса?
4. В какой последовательности загружают компоненты премикса в смеситель?
5. Решета с отверстиями какого диаметра используют в дробилках при измельчении компонентов премиксов?
6. Каковы особенности технологической схемы производства премиксов на малых внутрихозяйственных предприятиях?

### 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ И ПРЕМИКСОВ

#### 3.1. Оборудование для очистки и сепарации сырья и комбикорма

##### 3.1.1. Машины и аппараты для очистки сырья

В начальной стадии технологического процесса приготовления комбикормов поступающее сырье подвергается очистке от различных примесей.

Зерновое сырье на комбикормовых заводах подвергают предварительной очистке от сорных, минеральных и металломагнитных примесей, а также воздушной очистке от зерновой пыли.

Предварительную очистку зерна от крупных примесей (камни, растительные остатки) осуществляют на барабанных скальператорах. Рассмотрим конструкцию скальператора на примере сепаратора зернофуража СФ-50 (рис. 3.1), разработанного в «АНЦ «Донской». В настоящее время он выпускается также компанией «Агротехнопарк» под маркой СК-1.

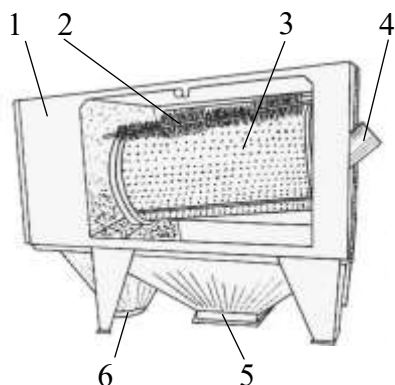


Рис. 3.1. Сепаратор зернофуража СФ-50 (СК-1): 1 – корпус; 2 – щетки;  
3 – перфорированный цилиндр; 4 – загрузочный патрубок;  
5 – выгрузное окно для очищенного зерна; 6 – выгрузное окно для отходов

Сепаратор СФ-50 (СК-1) включает раму, рабочий цилиндр, механизм очистки рабочего цилиндра, загрузочные и выгрузные патрубки, приводной механизм с электродвигателем. Основной рабочий орган представляет собой сетчатый цилиндр (барабан) из проволоки с размерами ячейки от 8×8 мм до 19×19 мм (при необходимости могут быть выбраны другие размеры ячейки сетки), установленный под углом к горизонту на роликовых опорах. Барабан вращается от электродвигателя через ременную передачу и червячный редуктор. Для очистки решетчатого барабана от посторонних примесей в корпусе установлена щетка, которая приводится во вращательное движение от червячного редуктора через цепную передачу.

Зерно в сепаратор подается через приемный патрубок. Падая в сетчатый цилиндр, зерно проходит через его отверстия, а крупные и соломистые примеси удаляются сходом с поверхности цилиндра. В корпусе сепаратора предусмотрен патрубок для подключения к аспирационной системе.

Производительность сепаратора СФ-50 (СК-1) при сетке с ячейками  $19 \times 19$  мм составляет до 50 т/ч, установленная мощность электродвигателя – 1 кВт, масса – 450 кг, габариты –  $2950 \times 1200 \times 2150$  мм.

Для более тонкой очистки зерна от сорных, минеральных примесей и зерновой пыли применяют воздушно-ситовые сепараторы с плоскими решетками (типа А1-БИС, А1-БЛС, ЗСМ) и центробежные (типа А1-БЦС). В этих сепараторах применяется комбинированный метод очистки: крупные примеси удаляются сходом с сит, а воздушным потоком – мелкие примеси (пыль, полова).

В качестве примера рассмотрим сепаратор А1-БЛС-12 (рис. 3.2, 3.3, табл. 3.1), выпускаемый АО «Мельинвест».



Рис. 3.2. Сепаратор А1-БЛС-12 (общий вид)

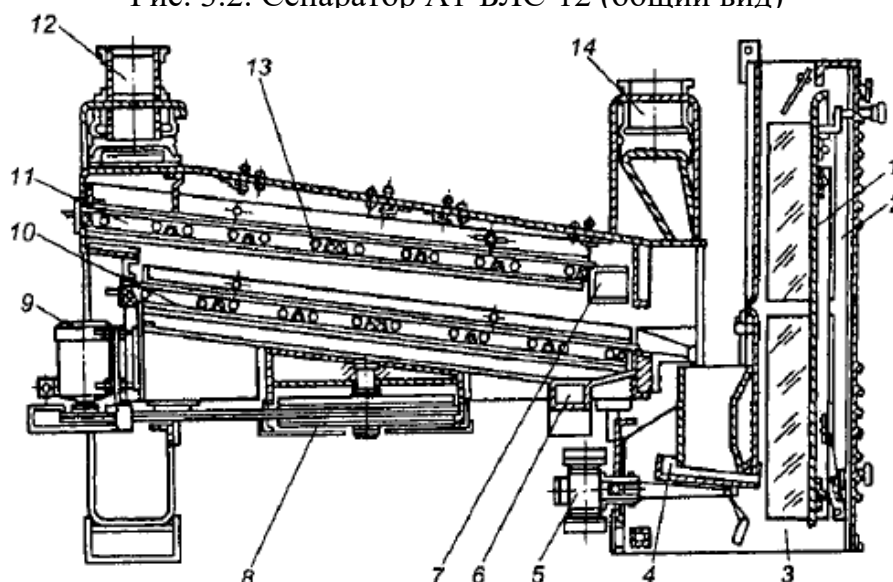


Рис. 3.3. Сепаратор А1-БЛС-12 (конструктивная схема) [7]: 1 – подвижная стенка; 2 – пневмосепарирующий канал; 3 – выпускной канал; 4 – вибралоток; 5 – вибратор; 6, 7 – лотки; 8 – шкив; 9 – электродвигатель; 10 – подсевные сита; 11 – сортировочные сита; 12 – приемный патрубок; 13 – резиновый шарик; 14 – патрубок для аспирации

Таблица 3.1

## Техническая характеристика сепаратора А1-БЛС-12

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	12
Общая установленная мощность, кВт	1,3
Эффективность очистки, %, не менее	80
Количество ситовых рам, шт.	4
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	4500
Габаритные размеры, мм	2600×1365×1510
Масса, кг	1020

Сепаратор А1-БЛС-12 состоит из двухсекционного ситового корпуса, подвешенного к станине на гибких подвесках и вертикального пневмосепарирующего канала [7]. В ситовом корпусе установлены два яруса сит: сортировочные и подсевные. В каждом ярусе установлены две ситовые рамки. Ситовые рамы продольными и поперечными брусками поделены на ячейки, в каждой из которых размещены два резиновых шарика, предназначенных для очистки сит. В верхней части станины установлены приемный патрубок для зерна и патрубок для подключения к аспирационной сети. Очищенное зерно удаляется через выпускной канал. Со стороны сходовой части корпуса установлен пневмосепарирующий канал с вибрлотком, предназначенным для подачи зерна в канал. Электродвигатель посредством клиноременной передачи приводит во вращение шкив с дебалансным грузом, обеспечивающий круговое поступательное движение ситового корпуса.

В комплект сепаратора А1-БЛС-12 входит горизонтальный циклон, предназначенный для осаждения отходов и размещаемый после него.

При работе сепаратора А1-БЛС-12 (рис. 3.4) зерно самотеком поступает в ситовой корпус, крупные примеси (сход с сортировочного сита) выводятся по лотку из сепаратора, а смесь зерна с мелкими примесями проходит через сортировочное сито направляется на подсевное сито [7]. Мелкие примеси (проход подсевного сита) поступают в лоток и удаляются из сепаратора. Очищенное на ситах зерно поступает на вибрлоток и далее в пневмосепарирующий канал. При прохождении воздуха через поток зерна легкие примеси выделяются из зерновой смеси и выносятся воздухом через канал в горизонтальный циклон.

Для очистки зернового, мучнистого сырья и шротов от крупных случайных некормовых примесей предназначены сепараторы УЗ-ДЗС (рис. 3.5, табл. 3.2), выпускаемые «ВНИИКП».

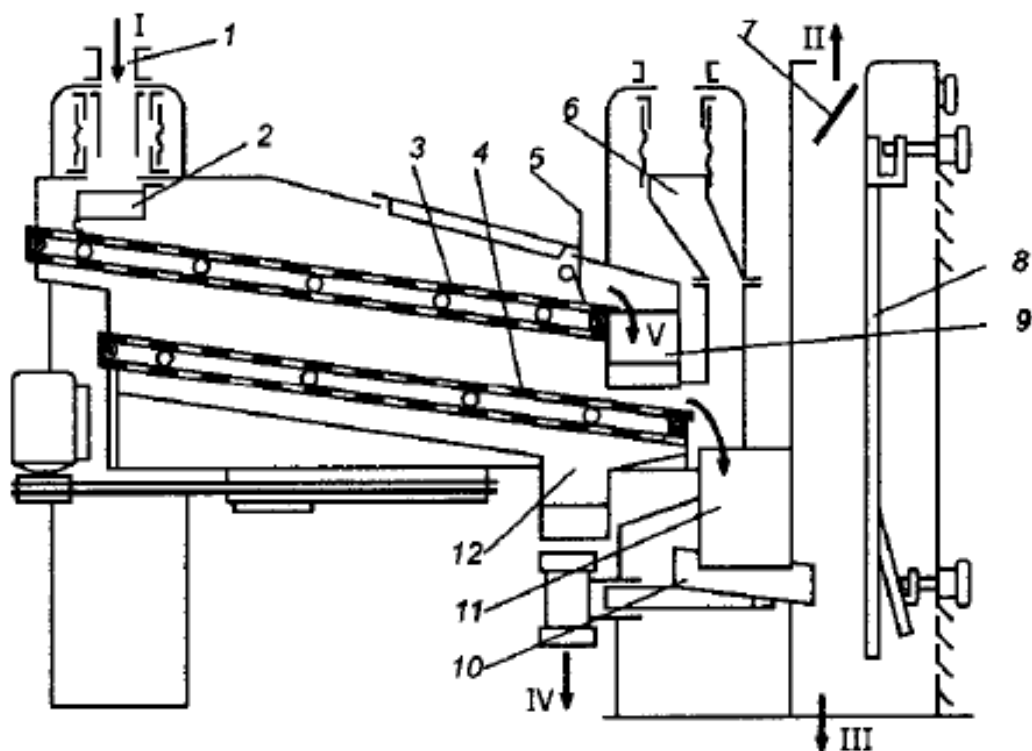


Рис. 3.4. Технологическая схема сепаратора А1-БЛС-12 [7]:

1 – приемный патрубок; 2 – распределительное днище; 3 – сортировочное сито;  
 4 – подсевное сито; 5 – фартук; 6 – аспирационный патрубок; 7 – дроссельный  
 клапан; 8 – подвижная стенка; 9 – лоток для крупных примесей; 10 – вибралоток;  
 11 – питающая коробка; 12 – лоток для мелких примесей;  
 I – неочищенное зерно; II – легкие примеси; III – очищенное зерно;  
 IV – мелкие примеси; V – крупные примеси



Рис. 3.5. Сепаратор УЗ-ДЗС «ВНИИКП»

Таблица 3.2

## Техническая характеристика сепараторов УЗ-ДЗС

Показатель	Значение	
	УЗ-ДЗС-50	УЗ-ДЗС-175
Производительность, т/ч: на фуражном зерне на мучнистом сырье	50	175
	20	70
Общая установленная мощность, кВт	0,24	0,74
Содержание нормального зерна в крупных примесях, не более, %	2	2
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	540	720
Габаритные размеры, мм	1680×1280×1360	2300×1800×1985
Масса, кг	300	430

При работе сепаратора УЗ-ДЗС сырье самотеком по приемному патрубку подается в конус питателя. Опускаясь на сито, зерно растекается к его периферии и создает подпор конуса. Конус, поднимаясь, образует между ситом равновысокую кольцевую щель, чем достигается равномерное распределение зерна по поверхности сита. Проходовая фракция (очищенное зерно) попадает во внутреннюю полость сборника и затем самотеком через центральный выходной патрубок выводится из сепаратора.

Диаметрально-противоположное расположение электровибраторов с вертикальными осями вращения роторов создает круговое колебательное движение конусного сита, что способствует интенсивному прохождению зерна через ячейки и сходу крупных примесей.

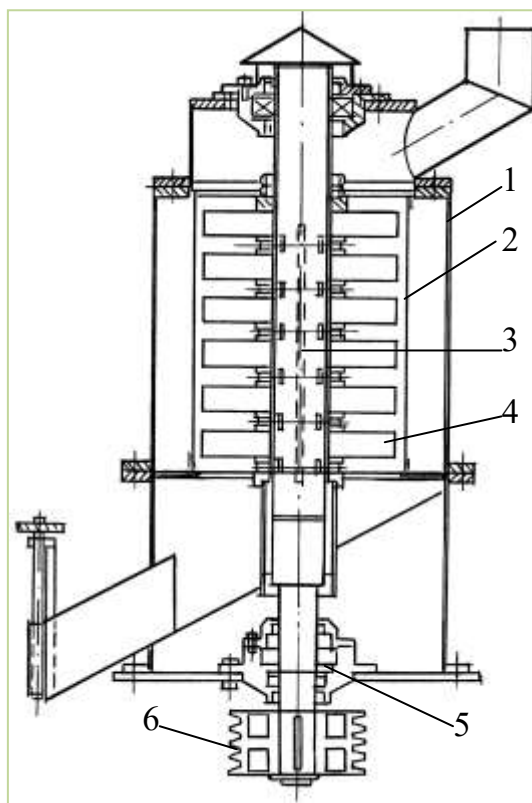
Важной операцией подготовки зернового сырья является удаление плёнок с зерен плёнчатых культур (овес, ячмень, просо). На небольших комбикормовых заводах эта технологическая операция выполняется путем шелушения зерен с последующим отвеиванием плёнок воздушным потоком.

В «АНЦ «Донской» разработана установка для шелушения зерна плёнчатых культур ШЗ-01 (рис. 3.6, табл. 3.3). Установка также выпускается компанией «Агротехнопарк» под маркой ШЗН-01.

Установка ШЗ-01 размещена на раме. Она состоит из вала с абразивными кругами и ситового цилиндра. Ситовой цилиндр устанавливается в корпус рабочей камеры. Вал с абразивными кругами вращается в двух подшипниковых опорах. Вал верхней части пустотелый и имеет четыре ряда отверстий.



а)



б)

Рис. 3.6. Установка для шелушения зерна ШЗ-01 (ШЗН-01):  
а – общий вид; б – конструктивная схема; 1 – корпус; 2 – ситовой цилиндр;  
3 – вал; 4 – абразивные круги; 5 – подшипниковые опоры; 6 – шкив

Таблица 3.3

Техническая характеристика установки для шелушения зерна  
ШЗ-01 (ШЗН-01)

Показатель	Значение
Производительность, т/ч: при шелушении фуражного ячменя при шелушении продовольственного ячменя при шелушении гороха	до 1,0 0,65-0,80 1,00-1,20
Частота вращения вала, об/мин	2000
Скорость абразивных кругов, м/с	24
Количество абразивных кругов, шт.	6
Диаметр абразивных кругов, мм	250
Расход воздуха, м³/ч	не более 45
Аэродинамическое сопротивление, мм вод. ст.	45
Масса, кг	300
Габаритные размеры, мм	1250×800×2250

Зерно плёнчатых культур через приемный патрубок поступает в пространство между вращающимися абразивными кругами и неподвижным ситовым цилиндром. Здесь, благодаря интенсивному трению



при движении зерна к выпускному патрубку, происходит отделение плёнок, основная масса которых через отверстия ситового цилиндра и далее через кольцевую камеру удаляется из установки.

Воздух, засасываемый через пустотелый вал установки ШЗ-01 и имеющиеся в нем отверстия, проходит через слой обрабатываемого зерна. Вместе с плёнками и легкими примесями через ситовой цилиндр воздух поступает в кольцевую камеру с двумя рассекателями, которые направляют его в аспирационную систему.

В фуражном зерне, поступающем на комбикормовые заводы, могут содержаться металломагнитные примеси, которые невозможно выделить в зерновых сепараторах или триерах. Такие примеси могут привести к повреждению рабочих органов машин и к образованию искр с возможностью последующего взрыва.

По этой причине в технологической схеме комбикормовых заводов предусмотрена установка магнитных сепараторов (рис. 3.7) в башмаке приемной норрии, перед шелушильными машинами, молотковыми дробилками, вальцовыми измельчителями и пресс-грануляторами.



Рис. 3.7. Магнитные сепараторы различных типов

Магнитный сепаратор представляет собой аппарат с рабочим органом в виде постоянного магнита, через который пропускают поток очищаемого сырья, причем содержащиеся в нем металлические частицы притягиваются к поверхности магнитов. В конструкции различных магнитных сепараторов различается устройство магнитного блока: плоские магниты, кольцевые магниты, решетчатые, стержневые, барабанного типа. Магнитные сепараторы используют как самостоятельные аппараты или как узлы в составе других машин. Так, большинство молотковых дробилок включает встроенные магнитные сепараторы.

ОАО «ВНИИКП» выпускает универсальные магнитные колонки УЗ-ДКМ (рис. 3.8, табл. 3.4), широко применяемые в комбикормовом



производстве. Они удобны в установке и эксплуатации, обеспечивают эффективную очистку продуктов от металломагнитных примесей независимо от перепада высот питающего самотека.



Рис. 3.8. Универсальные магнитные колонки УЗ-ДКМ «ВНИИКП»

Таблица 3.4

Техническая характеристика  
универсальных магнитных колонок УЗ-ДКМ

Показатель	Типоразмер			
	00	01	02	03
Наибольшая пропускная способность, не менее, т/ч: на пшенице, комбикорме, муке, крупе, шроте, жмыхе	6	12	20	50
на рыбной, мясокостной муке, дрожжах, минераль- ном сырье	3	6	12	20
Эффективность очистки от металломагнитных примесей, не менее, % при размерах примесей свыше 2 мм	100	100	100	100
при размерах примесей до 2 мм	90	90	90	80
Масса, кг	23	65	87	104
Диаметр входного патрубка, мм	140	140	220	300
Габаритные размеры, мм	248×240×440	420×360×830	490×450×830	576×520×830

Магнитные колонки УЗ-ДКМ выполнены в виде прямоугольного корпуса с откидной крышкой, в которой смонтирован блок магнитов с экраном. Здесь же установлен направляющий конус, в рабочем положе-

нии занимающий место над приемным патрубком. Выходное отверстие магнитной колонки симметрично приемному патрубку.

Поверхности постоянных магнитов периодически необходимо очищать от металломагнитных примесей, для чего в сепараторах имеется свободный доступ к магнитному блоку: предусмотрены дверки, либо сам блок выполняется выдвижным.

### 3.1.2. Машины для сепарации гранулированного комбикорма

Для отделения от гранул готового гранулированного или экструдированного комбикорма мелкой фракции (несгранулированной части и крошки) применяют просеивающие машины (ситовые сепараторы) (рис. 3.9).

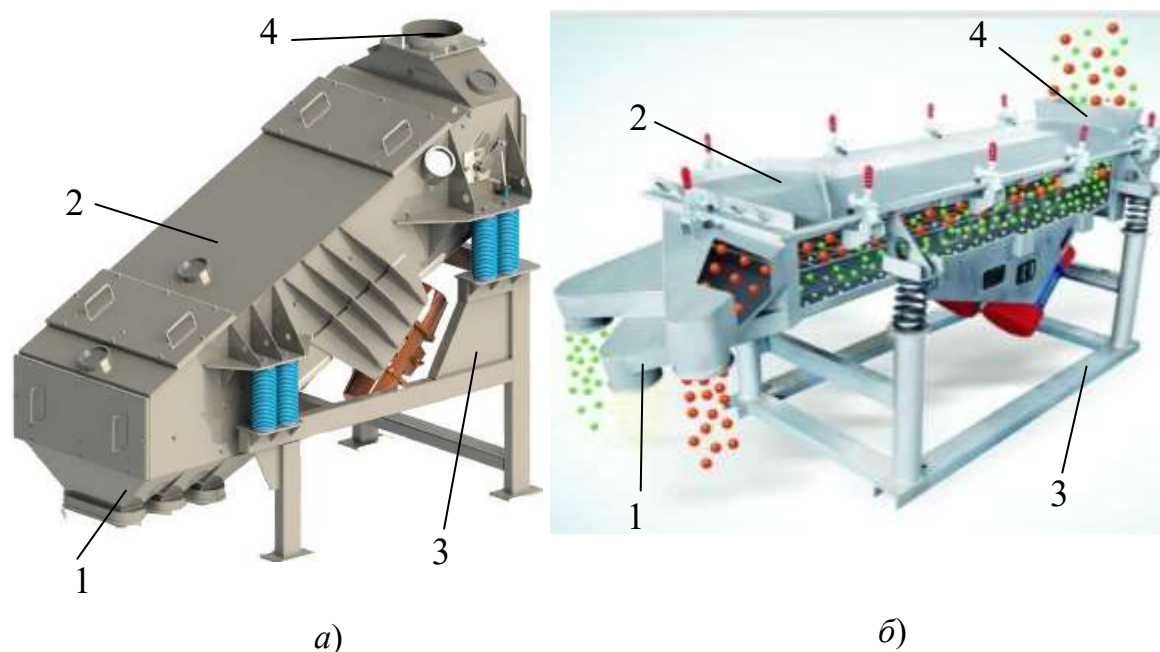


Рис. 3.9. Просеивающая машина (ситовой сепаратор):  
а – общий вид; б – схема работы; 1 – выгрузные патрубки;  
2 – ситовой корпус; 3 – основание; 4 – загрузочный патрубок

Просеивающая машина (ситовой сепаратор) состоит из неподвижного основания и подвижного ситового корпуса. В ситовом корпусе в несколько ярусов закреплены прямоугольные сита. Ситовой корпус крепится к основанию в четырех точках. Колебательное (возвратно-поступательное) движение ситовому корпусу сообщает эксцентриковый вал, приводимый во вращение электродвигателем. Также используется вариант конструкции, в котором колебательное движение ситам сообщают вибромоторы.

В процессе работы просеивателя продукт поступает на прямоугольные сита, совершающие колебательные движения. Обычно сита устанавливают в два яруса, поэтому продукт разделяется на три фракции – сходы с верхнего и нижнего сит (кондиционные гранулы и проход сквозь сита – мелкая фракция). В зависимости от величины частиц продукт разделяется и идет сходом или проходом к выгрузным патрубкам.

Рассмотрим конструкцию ситовых сепараторов гранул на примере выпускаемой ОАО «ВНИИКП» просеивающей машины УЗ-ДМП (рис. 3.10, табл. 3.5).



Рис. 3.10. Просеивающая машина УЗ-ДМП «ВНИИКП»

Таблица 3.5

Техническая характеристика просеивающих машин УЗ-ДМП

Показатель	Значение			
	УЗ-ДМП-10А	УЗ-ДМП-15А	УЗ-ДМП-20А	УЗ-ДМП-30А
Производительность, т/ч	10	15	20	30
Мощность электродвигателя, кВт	2×0,37	2×0,37	2×0,75	2×0,75
Эффективность сепарирования, %, не менее	80	80	80	80
Расход воздуха на аспирацию, м³/ч	400	400	600	600
Габариты, мм	1812×1550×1857	1812×1550×1857	2450×1800×2570	2630×2360×2500
Масса, кг	610	650	1350	1900

Просеивающая машина УЗ-ДМП предназначена для отделения крошки от гранул и сортирования измельченных гранул. Она устанавливается в линиях гранулирования комбикормовых заводов. Гранулы самотеком по приемному патрубку подаются в питатель машины и заполняют пространство над распределительным клапаном. Клапан, открываясь, образует поперечную щель, чем достигается равномерное распределение продукта по ширине корпуса. Далее продукт поступает на делитель потока желобчатого типа, который делит его на две равные части, поступающие на верхнее и нижнее сито. Сходы с верхнего и нижнего сит являются готовой продукцией, а проходы, т.е. мелкая фракция, возвращаются на повторное гранулирование. Высокая эксплуатационная надежность, эффективность и незабываемость сит достигается большим углом их наклона.

Также для сепарации гранул комбикорма используют дисковые просеиватели (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Дисковый просеиватель гранул комбикорма

В таких просеивателях сепарация гранул осуществляется на вращающемся внутри неподвижного корпуса дисковом сите. Дисковые просеиватели более производительны, но имеют более высокую стоимость.

#### ***Контрольные вопросы***

1. На каких машинах производят очистку зерна от крупных примесей ?
2. Как устроен воздушно-ситовой сепаратор?
3. Что такое шелушение плёнчатых культур и как его производят?
4. Как выделяют металломагнитные примеси?
5. Перед какими машинами устанавливают магнитные сепараторы?
6. Как устроены просеивающие машины для сепарации гранул комбикорма?

## 3.2. Оборудование для измельчения сырья

### 3.2.1. Молотковые дробилки

Для измельчения различных видов сырья в ходе его подготовки к смешиванию в комбикормовой промышленности применяют молотковые дробилки.

Основными рабочими органами молотковой дробилки являются молотковый ротор, а также сита (решета) и дека (рис. 3.12 и 3.13).

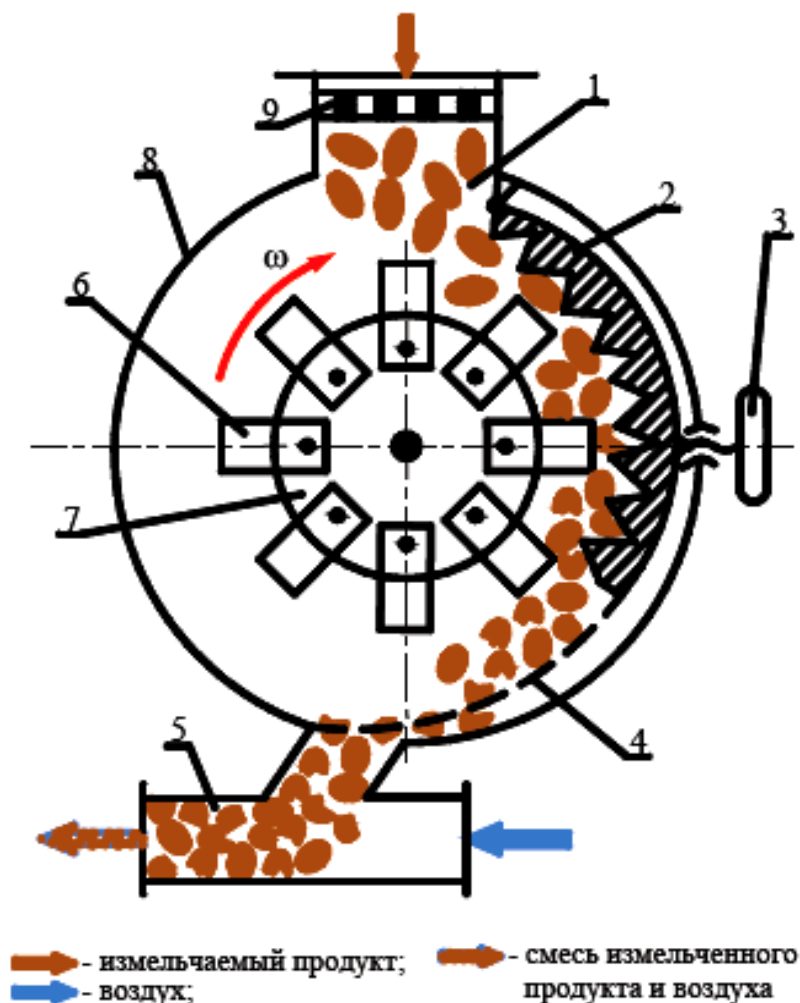


Рис. 3.12. Устройство и принцип работы молотковой дробилки (по В.П. Тарасову [27]): 1 – загрузочная горловина; 2 – дека; 3 – регулирующее устройство; 4 – сито (решето); 5 – выпускная горловина; 6 – молоток; 7 – диск; 8 – корпус; 9 – магнитная защита

Ротор состоит из вала, на котором жестко закреплены диски с шарнирно подвешенными молотками.

Внутри корпуса дробилки неподвижно установлены перфорированные сита и дека с рифленной поверхностью. Сита с круглыми отвер-



ствиями определенного диаметра служат для вывода из дробилки измельченного материала по достижении его частицами требуемого размера. Дека служит для усиления эффекта измельчения.

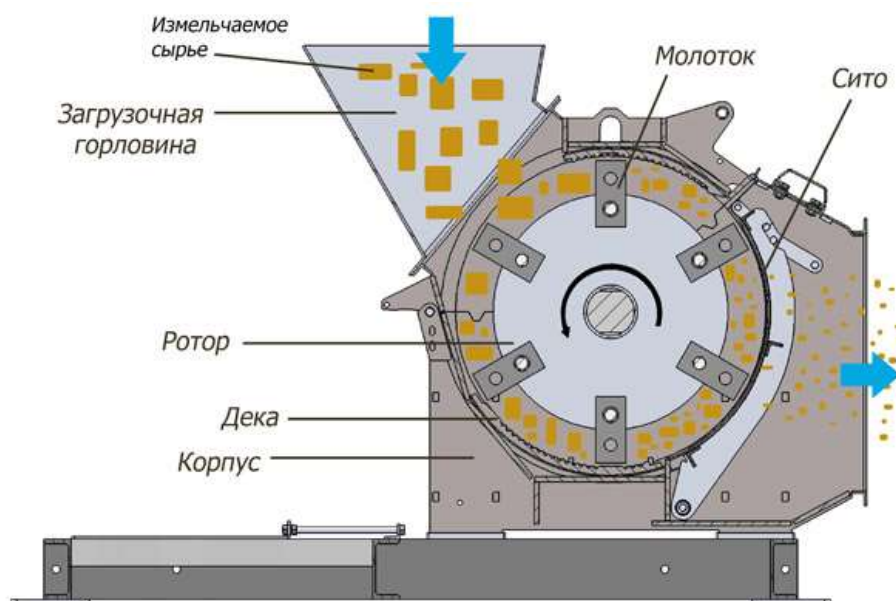


Рис. 3.13. Вид молотковой дробилке в разрезе

В процессе работы молотковой дробилки измельчаемый продукт из загрузочной горловины попадает в рабочую камеру, где вращается ротор. Здесь частицы продукта подвергаются ударам подвижных молотков и ударяются о неподвижную деку. В процессе измельчения происходят многократные удары о поверхности молотков, деки и сит, в результате чего частицы дробятся. Измельчение сырья происходит под действием удара и истирания. Мелкие измельченные частицы продукта проходят через отверстия сита и попадают в выпускную горловину, а более крупные остаются на сите и подвергаются измельчению, пока не достигнут требуемого размера. При достижении заданного размера частицы продукта проходят через отверстия сита и выводятся из дробилки. На их место поступают новые порции неизмельченного сырья.

Молотки и сита (решета) являются сменными рабочими органами и заменяются по мере их износа.

В молотковых дробилках, используемых в комбикормовой промышленности, применяют молотки в виде прямоугольных пластин с двумя отверстиями (рис. 3.14). Их достоинствами являются простота изготовления и замены, а также максимальное использование рабочей поверхности для измельчения материала.

Сита (решета) молотковых дробилок изготавливают из листовой стали методом штамповки, причем отверстия располагают в шахматном порядке. Чтобы отверстия не забивались измельчаемым материалом, их выполняют расширяющимися.

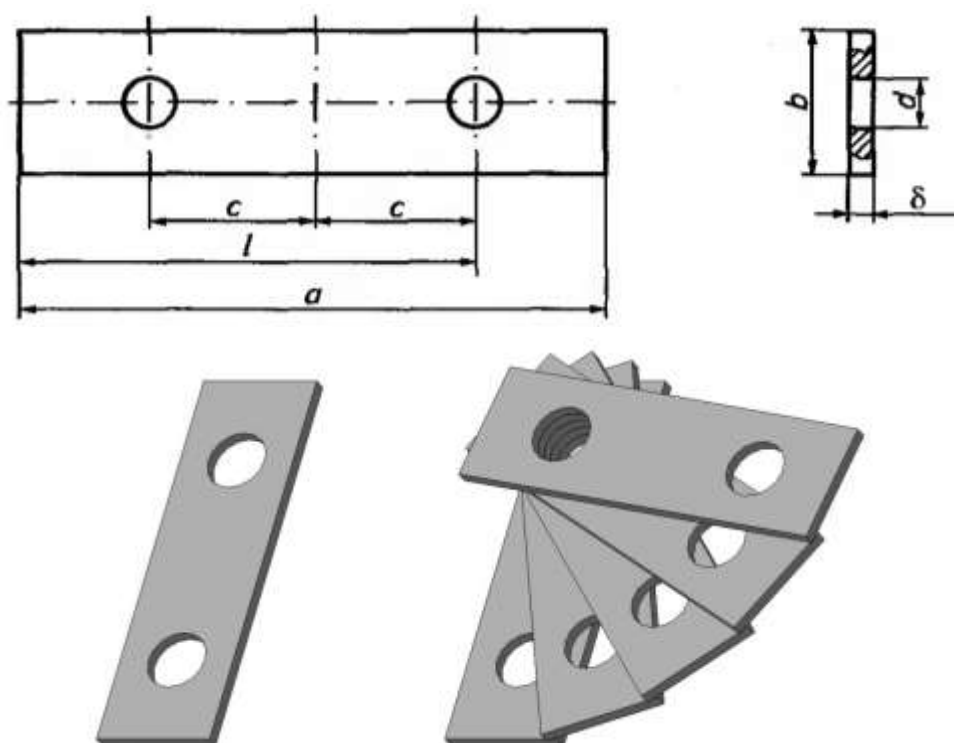


Рис. 3.14. Прямоугольный молоток молотковой дробилки [29]

Диаметр отверстий сит варьируется от 1 до 10 мм. В комбикормовой промышленности обычно используют сита с диаметром отверстий от 2 до 6 мм. Регулирование степени измельчения продукта осуществляется путем замены сита.

Сита разделяются на гладкие с круглыми или овальными отверстиями и чешуйчатые (рис. 3.15).

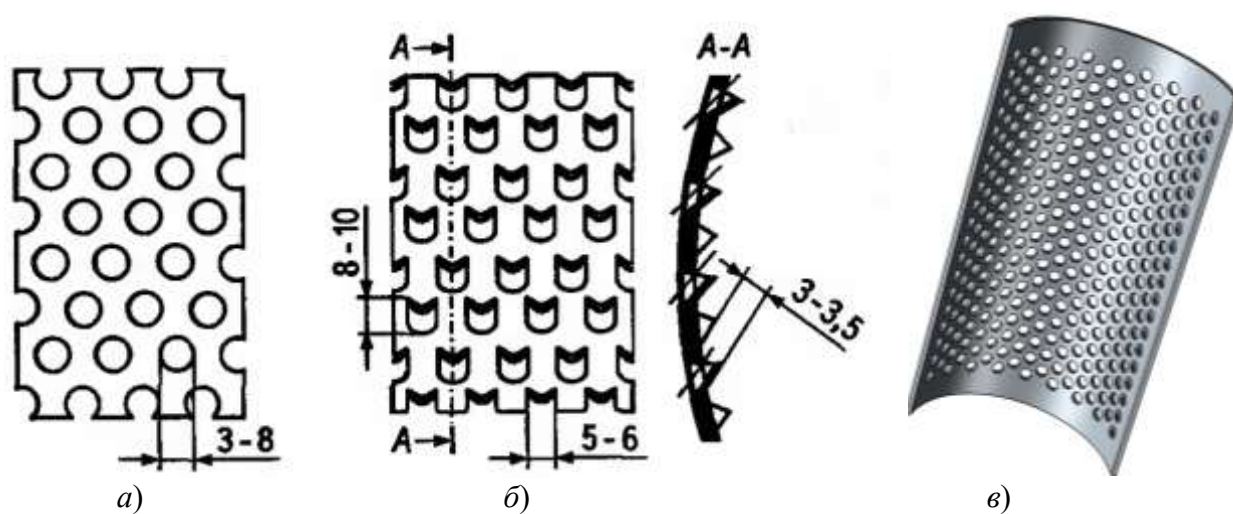


Рис. 3.15. Сита молотковых дробилок [29]:  
*a* – гладкое сито; *б* – чешуйчатое сито; *в* – общий вид сита

Поверхность чешуйчатых сит с одной стороны гладкая, а с другой – шероховатая. В дробилке такие сита устанавливают шероховатой стороной к ротору. Производительность молотковых дробилок с чешуйчатыми ситами выше, чем у дробилок с гладкими, при меньшей площади поверхности сита.

Молотковые дробилки по расположению вала ротора делятся на горизонтальные и вертикальные (рис. 3.16).



а)



б)

Рис. 3.16. Виды молотковых дробилок по расположению вала ротора:  
а – горизонтальная; б – вертикальная

Наиболее часто применяют горизонтальные дробилки, пригодные для измельчения любого сухого сырья. Достоинства горизонтальных дробилок: универсальность, высокая производительность, простота конструкции. Недостатки: высокое удельное энергопотребление, необходимость аспирации для удаления образующейся пыли, частичное переизмельчение сырья.

Достоинствами вертикальных молотковых дробилок являются снижение удельных энергозатрат на 15-20% по сравнению с горизонтальными, отсутствие необходимости в аспирации, меньшее переизмельчение продукта, малая занимаемая площадь.

Дробилки с горизонтальным валом ротора подразделяются на дробилки с механической загрузкой продукта и дробилки с пневматической загрузкой измельчаемого продукта. В дробилках первого типа (рис. 3.13 и 3.16, а) исходный продукт загружается механическим транспортером, например шнековым, в загрузочную горловину, а измельченный продукт выводится через выгрузную горловину также в



механический транспортер. В таких дробилках загрузочная горловина находится вверху корпуса, а выпускная – внизу.

Дробилки с пневматической загрузкой продукта (рис. 3.17) оснащаются центробежным вентилятором и трубопроводами. Под действием создаваемого вентилятором пониженного давления продукт по загрузочному трубопроводу поступает в дробилку, измельчается, а затем под действием избыточного давления выводится по выгрузному трубопроводу (рис. 3.18). С пневматической дробилкой могут использоваться как жесткие, так и гибкие трубопроводы.

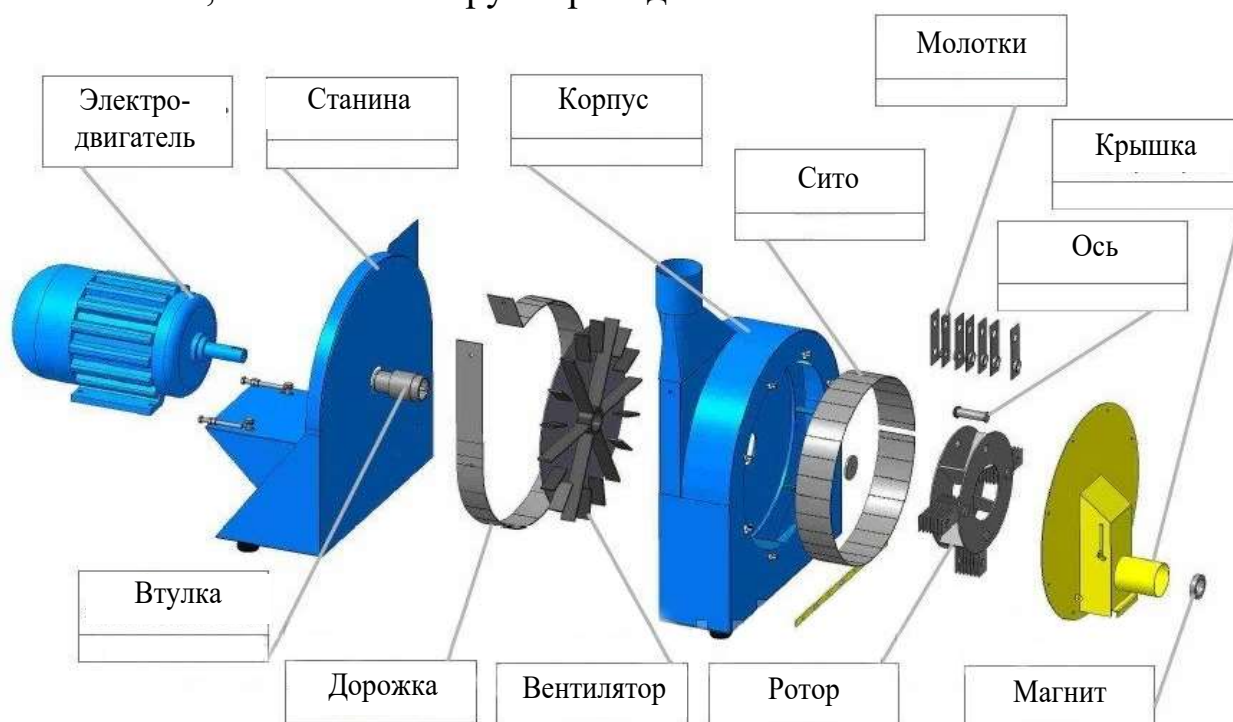


Рис. 3.17. Молотковая дробилка с пневматической загрузкой продукта

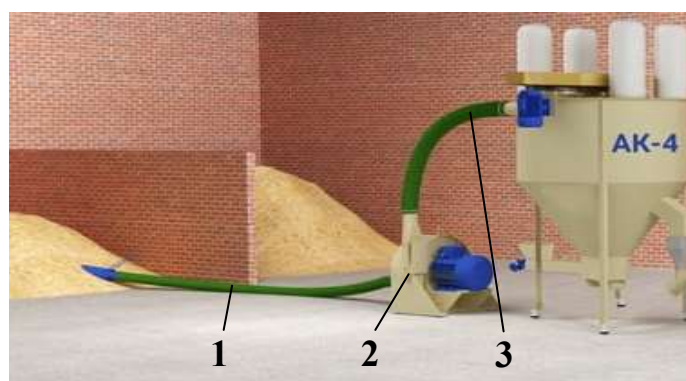


Рис. 3.18. Эксплуатация молотковой дробилки с пневматической загрузкой продукта: 1 – загрузочный трубопровод; 2 – молотковая дробилка; 3 – выгрузной трубопровод

В пневматических молотковых дробилках загрузочная горловина находится в нижней части корпуса, а выпускная – в верхней. В таких дробилках степень измельчения продукта регулируется не только заменой сита, но и изменением интенсивности воздушного потока.

Достоинством молотковых дробилок с пневматической загрузкой является возможность быстрого перемещения загрузочного трубопровода для загрузки различных видов сырья, а недостатком – сильный шум, создаваемый вентилятором.

В качестве примера горизонтальной молотковой дробилки с механической загрузкой продукта рассмотрим дробилку ДМ-5 (рис. 3.19), разработанную в «Аграрном научном центре «Донской» и выпускаемую фирмой «Агрогрант». Техническая характеристика дробилки ДМ-5 представлена в табл. 3.6.

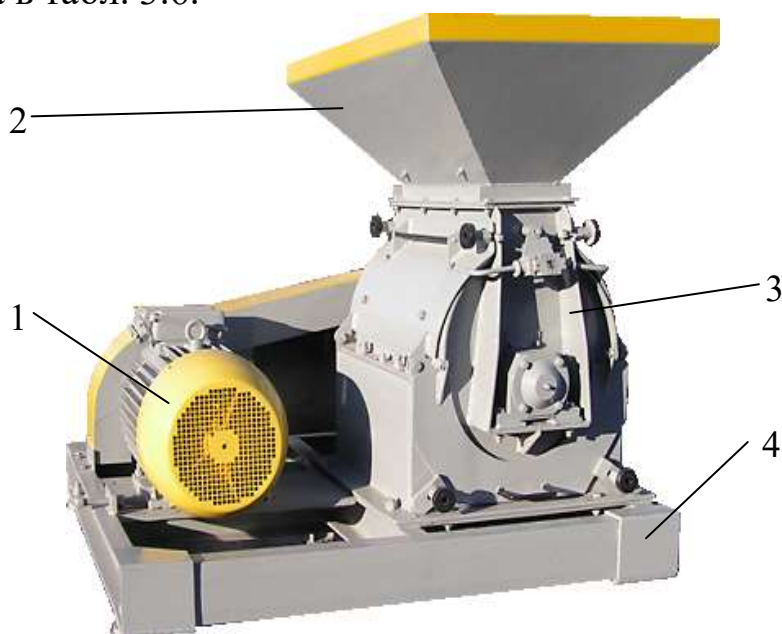


Рис. 3.19. Дробилка молотковая ДМ-5 «АНЦ «Донской»:  
1 – электродвигатель; 2 – приемный бункер; 3 – корпус; 4 – станина

Таблица 3.6

Техническая характеристика молотковой дробилки ДМ-5

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	5
Общая установленная мощность, кВт	18,5
Количество молотков, шт.	64, 96
Частота вращения ротора, об/мин	3200
Диаметр отверстий решета, мм	3, 4, 5, 6, 8, 10, 12
Удельная энергоёмкость процесса, кВт·ч/т	3
Удельная материалоемкость, кг/т·год	0,04
Габаритные размеры, мм	1300×1070×1650
Масса, кг	800

Молотковая дробилка ДМ-5 состоит из корпуса с установленным в нем горизонтальным ротором, на валу которого шарнирно закреплены подвижные молотки, и сменные сита (решета) с отверстиями требуемого диаметра. Корпус и электродвигатель установлены на станине.

Сверху на корпусе дробилки ДМ-5 закреплен приемный бункер с решеткой и магнитным сепаратором. Крышки ее корпуса могут поворачиваться на осях, что обеспечивает свободный доступ к ситам и ротору, а также быструю замену молотков и очистку дробилки. С торцевой стороны корпуса имеется специальная дверка для установки и замены рамок с решетками.

В качестве примера горизонтальной молотковой дробилки с пневматической загрузкой продукта рассмотрим дробилку ДМП-4 (рис. 3.20, табл. 3.7), выпускаемую фирмой «Агрогрант».

Дробилка ДМП-4 состоит из корпуса с опорной рамой и всасывающего патрубка, камеры измельчения с молотковым ротором, электропривода молоткового ротора, центробежного вентилятора, нагнетательного патрубка.

В комплектацию молотковой дробилки ДМП-4 входят эластичный заборный шланг длиной 8 м с эжектором и напорный шланг длиной 4 м, что обеспечивает удобство загрузки и выгрузки сырья.



Рис. 3.20. Дробилка молотковая ДМП-4 «Агрогрант»:  
1 – загрузочная горловина; 2 – корпус; 3 – выгрузная горловина;  
4 – электродвигатель; 5 – ротор; 6 – сито; 7 – вентилятор

Таблица 3.7

**Техническая характеристика  
молотковой дробилки ДМП-4**

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	3,5
Общая установленная мощность, кВт	22
Количество молотков, шт.	24
Частота вращения ротора, об/мин	3000
Диаметр отверстий решета, мм	3, 4, 5, 6, 8, 10, 12
Габаритные размеры, мм	1045×732×1155
Масса, кг	370

В качестве примера вертикальной молотковой дробилки рассмотрим дробилки ВД (рис. 3.21, табл. 3.8), разработанные в «Аграрном научном центре «Донской».

В «АНЦ «Донской» (ранее СКНИИМЭСХ) был разработан размерный ряд дробилок с вертикальным расположением измельчающего ротора производительностью 1, 3 и 5 т/ч – вертикальные молотковые дробилки ВД-1, ВД-3 и ВД-5, предназначенные для измельчения зерновых и белково-минеральных компонентов комбикормов. Конструктивная схема молотковых дробилок серии ВД приведена на рис. 3.22.



Рис. 3.21. Вертикальные молотковые дробилки ВД «АНЦ «Донской»:  
а – дробилка ВД-1; б – дробилка ВД-3

Таблица 3.8

## Техническая характеристика вертикальных молотковых дробилок ВД

Технические характеристики	ВД-1	ВД-3	ВД-5
Производительность, т/ч	1	3	5
Установленная мощность, кВт	7,5	11	18,5
Количество молотков, шт.	24	24	24
Частота вращения ротора, об/мин	4700	3200	3000
Диаметр отверстий решета, мм	2, 3, 4	2, 3, 4, 5	2, 3, 4, 5
Габаритные размеры, мм:			
длина	880	970	1490
ширина	470	550	745
высота	730	1170	1120
Масса, кг	140	190	280

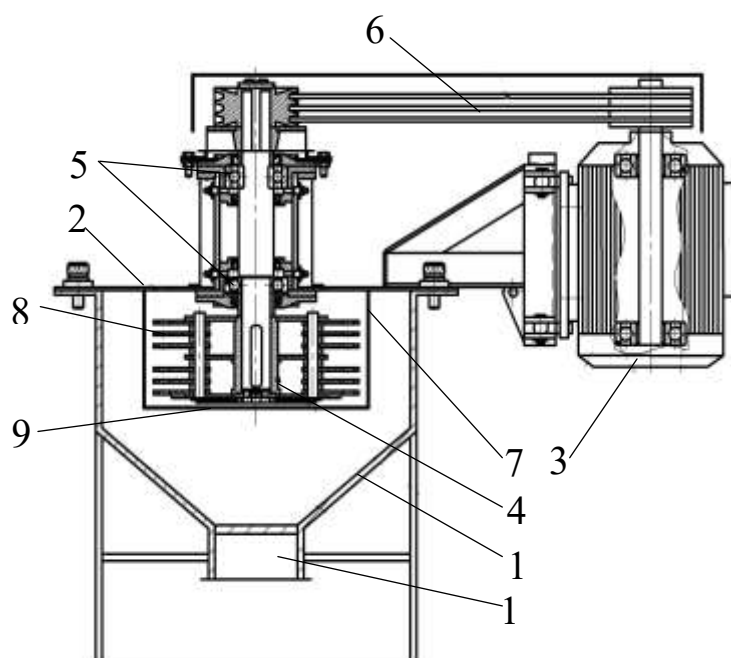


Рис. 3.22. Вертикальные дробилки ВД (конструктивная схема):

- 1 – корпус; 2 – крышка корпуса; 3 – электродвигатель; 4 – ротор молотковый;  
 5 – подшипник вала ротора; 6 – клиноременная передача;  
 7 – камера измельчения; 8 – молотки;  
 9 – вертикальные и горизонтальные решета; 10 – выпускная горловина

Дробилка ВД включает раму, на которой закреплены корпус и электропривод. В корпусе установлены измельчающий ротор, на валу которого шарнирно закреплены подвижные молотки, и сменные решета с отверстиями требуемого диаметра. Камера измельчения состоит из молоткового ротора и корзины с решетами. Корзина образована двумя решетами: вертикальным боковым в виде цилиндрического кольца и нижним плоским горизонтальным (днищем камеры измельчения). Молотковый ротор, установленный на вертикальном валу со стороны

нижней плоскости крышки корпуса, включает втулку ступицы, на которой закреплены три диска. По периферии дисков расположены отверстия с осями подвески молотков.

Выгрузка продукта измельчения происходит через отверстия решета и далее по конусной части корпуса в отгрузочный шнек. Благодаря такой конструкции не происходит переизмельчения продукта, так как он проходит не только через отверстия решета, но и через перфорированное днище, не задерживаясь в камере измельчения дольше, чем необходимо.

Важным усовершенствованием конструкции дробилок ВД является применение для привода ротора промежуточной клиноременной передачи, что позволяет менять скорость его вращения в зависимости от вида сырья и требуемого модуля помола.

Процесс измельчения протекает следующим образом. После запуска электродвигателя и набора требуемых оборотов вращения молоткового ротора открывают заслонку бункера, и сырье поступает в камеру измельчения. Подача материала регулируется заслонками. В камере измельчения частицы продукта пересекают ряд плоскостей измельчения, образованных рядами молотков вращающегося ротора, измельчаются ударами молотков, отбрасываются на решето и просеиваются как по вертикальным, так и по горизонтальным поверхностям решета. Проходя через отверстия решет, продукт под действием воздушного потока и сил гравитации опускается к выпускной горловине и выводится из дробилки.

Достоинства вертикальных молотковых дробилок ВД: снижение циркуляции материала в камере измельчения; увеличение рабочей зоны молотка в 2-3 раза; снижение удельных затрат энергии на 22-25%.

### 3.2.2. Расчет молотковой дробилки

Исходными данными для расчета конструктивных параметров молотковой дробилки обычно являются требуемые производительность измельчения, размер частиц исходного продукта и модуль помола продукта [23].

#### *Расчет параметров ротора*

Основными конструктивными параметрами ротора дробилки являются: описанный диаметр по концам молотков  $D$  и его длина  $L$  [23]. Производительность дробилки зависит от этих размеров и может быть выражена через показатель удельной нагрузки  $q$  – отношение расчетной производительности  $q_p$  к площади диаметральной проекции ротора  $D \cdot L$ :

$$D \cdot L = \frac{q_p}{q}.$$

Существует два типа роторов, отличающихся отношением диаметра  $D$  к длине  $L$ :

$$D = KL,$$

где  $K$  – поправочный коэффициент.

Для роторов первого типа  $D = (1...2)L$ ; второго типа  $D = (4...7)L$ .

В молотковых дробилках величина удельной нагрузки равна  $q = 2...3 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$  при скоростях молотков  $v = 45...55 \text{ м/с}$  и  $q = 3...6 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$  при  $v = 70...80 \text{ м/с}$ .

Требуемый диаметр ротора дробилки определяется по формуле

$$D = \sqrt{\frac{q_p}{q}} K.$$

#### *Определение окружной скорости молотков (ротора)*

Минимальную окружную скорость молотка, при которой обеспечивается разрушение частицы продукта в момент удара, определяют по формуле [23]:

$$m(v_2 - v_1) = P\tau,$$

где  $m$  – масса измельчаемой частицы, кг;  $v_1$  – скорость частицы до удара, м/с;  $v_2$  – средняя скорость частицы после удара, м/с;  $P$  – средняя сила сопротивления разрушению частицы, Н;  $\tau$  – продолжительность удара, с.

Значения разрушающего усилия  $P$  для различных продуктов при влажности 13-15%: просо – 14...16,8 Н, пшеница – 100...280 Н, кукуруза – 180...220 Н, ячмень – 120...180 Н, овес – 100...120 Н.

Продолжительность удара составляет  $\tau = 10^{-5} \text{ с}$ .

Начальную скорость частицы  $v_1$  в момент ее встречи с молотком принимают приблизительно равной 0.

Следовательно, средняя скорость частицы после удара, при котором происходит ее разрушение, может быть определена по формуле

$$v_2 = \frac{P\tau}{m}. \quad (3.1)$$

Разделив полученную скорость на коэффициент восстановления при неупругом ударе  $K_u$ , можно определить окружную скорость молотков ротора, при которой достигается эффективное измельчение частиц продукта:

$$v_p = \frac{v_2}{K_u}.$$

С учетом (3.1) окружную скорость молотков принимают равной

$$v_m = (1,2...1,6)v_p.$$



### Определение размеров и числа молотков

Размеры  $a$  и  $b$  молотков определяются при условии, чтобы удары при дроблении продукта не передавались на палец подвески, а через него на подшипники вала ротора дробилки. Рассчитанные таким образом молотки называют уравновешенными на удар.

Устойчивость движения молотка зависит от соотношения размеров радиуса его подвески молотка  $R_n$ , м, и его длины до подвески (до точки подвеса)  $l$ , м (рис. 3.23) [23].

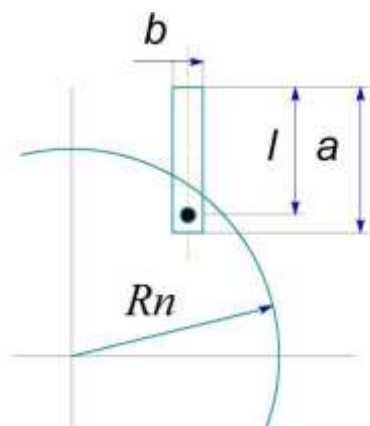


Рис. 3.23. Геометрические размеры молотка дробилки

Для определения радиуса подвески молотка рекомендуется использовать соотношение  $R_n = (0,3 \dots 0,4)D$ .

Длина молотка до подвески равна

$$l = \frac{R_n}{2.25} . \quad (3.2)$$

Таким образом, длина молотка до подвески равна  $l = (0,13 \dots 0,18)D$ .

При диаметре ротора  $D \leq 0,4$  м длину молотка до подвески целесообразно увеличить до  $l = 0,2D$ , так как в противном случае из-за недостаточной длины будет снижена эффективность работы.

Для снижения ударных воздействий при столкновении молотка с частицами продукта ударная реакция молотков должна быть уравновешена силой удара.

Длину и ширину молотка, уравновешенного на удар, определяют по формулам:

$$a = 0,5l ; \quad (3.3)$$

$$b = (0,4 \dots 0,5)a. \quad (3.4)$$

Толщина молотка  $\delta$  обычно принимается равной 0,01 м.

Приведенные выше формулы (3.2)–(3.4) пригодны для расчета размеров молотка с одним отверстием. Обычно же молотки для дроб-



лок выполняют с двумя отверстиями (см. рис. 3.14), что позволяет после перестановки использовать при работе еще две его рабочие грани.

Геометрические размеры молотка с двумя отверстиями при соблюдении условия его уравнивания на силу удара определяются по формулам [13]:

$$R_n = \sqrt{\frac{ac}{2}} ;$$

$$c^2 + \left( \frac{a^2 b}{\pi d^2} - \frac{a}{2} \right) c - \frac{ab(a^2 + b^2)}{6\pi d^2} - \frac{d^2}{8} = 0 ,$$

где  $c$  – расстояние между центром тяжести молотка и осью его отверстия, м;  $d$  – диаметр оси подвеса молотка, м.

Количество молотков  $z$  определяется при условии, что все молотковое поле по ширине дробильной камеры должно перекрываться молотками:

$$z = \frac{(L - L_d)N}{\delta} ,$$

где  $L$  – длина ротора м;  $L_d$  – суммарная толщина дисков ротора, не перекрываемая молотками, м;  $N$  – число молотков, идущих по одному следу, шт.; обычно равно числу заходов винтовой линии или числу рядов;  $\delta$  – толщина молотка, м.

Размещают молотки по винтовой линии или рядами в шахматном порядке, но при этом должно выполняться условие статической и динамической уравновешенности ротора.

#### *Энергетический расчет молотковой дробилки*

Мощность на измельчение материала  $N_i$  определяется по формуле [23]:

$$N_i = Q \cdot A_i = Q [C_1 \cdot \lg \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1)] ,$$

где  $Q$  – производительность молотковой дробилки, кг/с;  $A_i$  – удельная работа измельчения, Дж/кг;  $C_1$  и  $C_2$  – коэффициенты, учитывающие удельные затраты энергии на измельчение, Дж/кг;  $\lambda$  – степень измельчения.

В процессе измельчения часть мощности расходуется на перемещение продукта внутри дробильной камеры. Поэтому при расчете мощность, расходуемую на измельчение материала, увеличивают на 15-20%:

$$N = (1,15 \dots 1,2) N_i .$$

### ***Контрольные вопросы***

1. На каких машинах производят измельчение сырья при производстве комбикормов?
2. Назовите рабочие органы молотковой дробилки.
3. Как происходит измельчение сырья в молотковой дробилке?
4. Решета (ситы) с каким диаметром отверстий используют при производстве комбикормов?
5. Как подразделяются молотковые дробилки по расположению вала ротора?
6. Каковы достоинства молотковых дробилок с вертикальным валом ротора?
7. Какие параметры являются исходными при расчете молотковой дробилки?

## **3.3. Оборудование для смешивания компонентов комбикормов**

### **3.3.1. Общие сведения о смесителях**

Смесители предназначены для приготовления комбикормов путем смешивания предварительно подготовленных и отдозированных сухих и жидких сырьевых компонентов. Результатом смешивания является получение однородной смеси компонентов – рассыпного комбикорма. Под однородностью понимается получение такой смеси сыпучего сырья, в любой единице объема которой содержится заданное количество каждого компонента.

Таким образом, частицы каждого компонента должны быть равномерно распределены во всем объеме смеси. Однородное распределение особенно важно для компонентов с малыми дозами введения: премикс, поваренная соль и др. Для комбикормов однородность смеси должна составлять не менее 90%.

Смесители, используемые в комбикормовой промышленности, классифицируют по нескольким категориям:

1. По принципу действия – на смесители непрерывного и периодического действия.
2. По виду смешиваемых компонентов – для смешивания сухого сырья и для смешивания сухого и жидкого сырья.
3. По ориентации вала с рабочими органами – на вертикальные и горизонтальные смесители.
4. По количеству рабочих органов (валов с насадками) – на одно-вальные и двухвальные.
5. По типу рабочих органов – на шнековые (спиральные), лопастные и комбинированные.

Рабочие органы смесителя обеспечивают многократное перемещение сыпучего продукта по замкнутому объему рабочей камеры смесителя.

Рабочий орган лопастного смесителя (рис. 3.24) представляет собой вал с насадками (лопастями), обычно в виде лопаток (рис. 3.25).

Рабочий орган шнековых (спиральных) смесителей (рис. 3.26) представляет собой винтовой конвейер, т.е. вал со спиральной навивкой (рис. 3.27). Для повышения эффективности смешивания винтовую поверхность выполняют прерывистой или многоспиральной.

Вал комбинированных смесителей (рис. 3.28) снабжен и лопастями и спиральной навивкой, что повышает эффективность процесса смешивания.

Горизонтальные и вертикальные смесители периодического действия работают циклически. Цикл включает загрузку с одновременным дозированием компонентов в смеситель, смешивание компонентов, выгрузку готового комбикорма. Продолжительность смешивания в современных смесителях составляет от 3 до 6 мин.

Смесители непрерывного действия бывают только горизонтального типа. В них загрузка, смешивание и выгрузка происходят непрерывно. Для этого смеситель должен обеспечивать как радиальное, так и продольное перемещение компонентов, для чего в одновальных смесителях несколько витков выполняется с обратным направлением спиральной навивки, а в двухвальных – валы вращаются с различной скоростью.

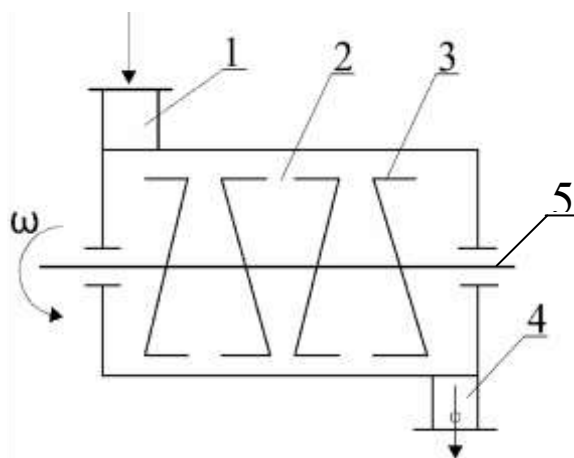


Рис. 3.24. Схема лопастного горизонтального смесителя (по В.П. Тарасову [27]):

- 1 – загрузочное устройство; 2 – корпус; 3 – лопасть;  
4 – выпускное устройство; 5 – вал

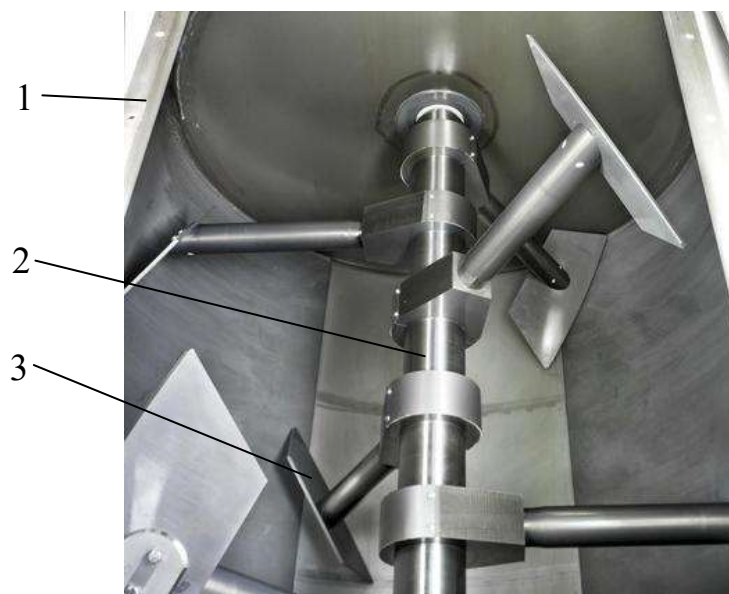


Рис. 3.25. Лопастной горизонтальный смеситель (вид изнутри):  
1 – корпус; 2 – вал; 3 – лопасти

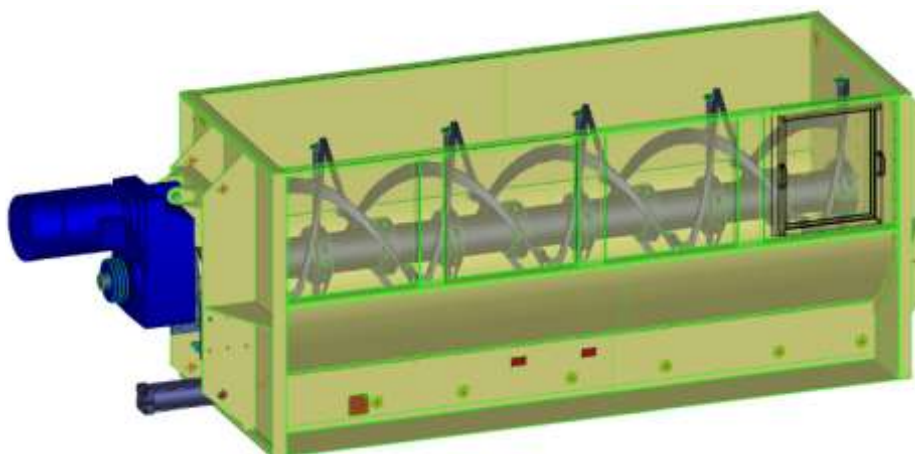


Рис. 3.26. Горизонтальный шнековый смеситель (по В.П. Тарасову [27])

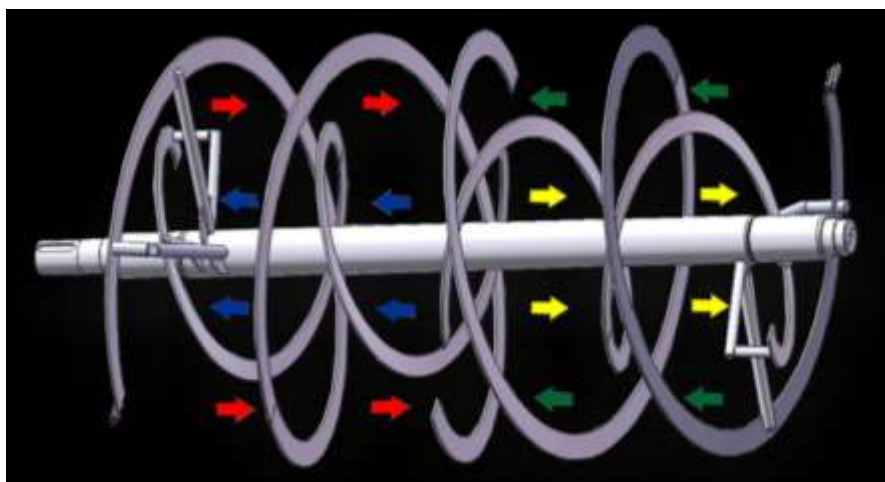


Рис. 3.27. Вал шнекового смесителя с навивкой в форме спирали

Для повышения эффективности и однородности смешивания смесители могут оснащаться двумя валами с рабочими органами, вращающимися в противоположных направлениях (рис. 3.29).

В настоящее время на крупных комбикормовых заводах в основном применяют горизонтальные одновальные или двухвальные смесители периодического действия. Горизонтальные смесители непрерывного действия используют для смешивания рассыпных комбикормов с жидкими компонентами (мелассой, жидким жиром и др.). Вертикальные смесители используют для производства комбикормов по упрощенной технологии в сельхозпредприятиях, в том числе в составе стационарных и мобильных комбикормовых установок, а также для смешивания небольших доз компонентов при внутрихозяйственном приготовлении премиксов.

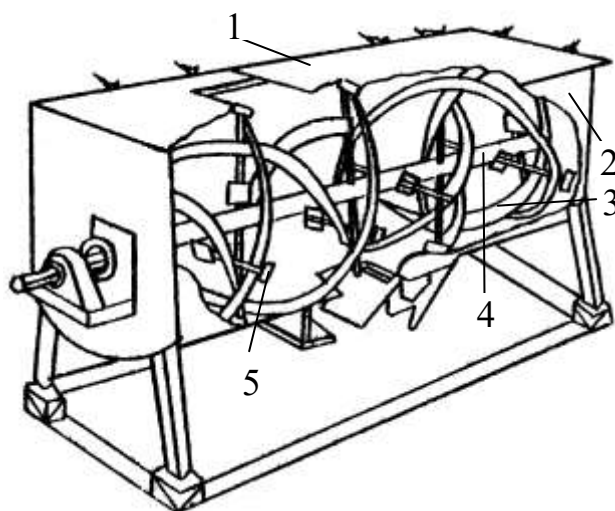


Рис. 3.28. Горизонтальный смеситель с комбинированными рабочими органами:  
1 – крышка; 2 – корпус со смесительной камерой;  
3 – спиральная навивка; 4 – вал; 5 – лопасти



Рис. 3.29. Двухвальный горизонтальный смеситель

### 3.3.2. Горизонтальные смесители компонентов комбикормов

Горизонтальные смесители в настоящее время широко применяются в комбикормовом производстве. В качестве примера одновального горизонтального смесителя рассмотрим смеситель периодического действия УЗ-ДСО (рис. 3.30, табл. 3.9), выпускаемый ОАО «ВНИИКП».



Рис. 3.30. Одновальный горизонтальный смеситель периодического действия УЗ-ДСО «ВНИИКП»

Таблица 3.9

#### Технические характеристики смесителей серии УЗ-ДСО

Технические характеристики	УЗ-ДСО-1,5	УЗ-ДСО-2,0	УЗ-ДСО-3,0
Вместимость, кг	1000	2000	3000
Установленная мощность, кВт	23.5	31.5	56.5
Габаритные размеры, мм:			
длина	3980	4570	4300
ширина	1462	1550	2170
высота	1995	2140	2400
Масса, кг	3500	4100	6000

Смеситель УЗ-ДСО предназначен для смешивания сухих сыпучих компонентов комбикормов. Он представляет собой бункер, установленный на раме. Внутри бункера вращается ленточно-шнековый (спиральный) рабочий орган. Привод вала осуществляется от электродвигателя через редуктор, укрепленный на раме. Выгрузка готового продукта производится через нижний люк, оборудованный электрозадвижкой.

Смеситель УЗ-ДСО обеспечивает высокую степень смешивания компонентов с однородностью 93-95%.



На крупных заводах по производству комбикормов и премиксов в основном применяют двухвальные горизонтальные смесители, так как они обеспечивают самое высокое качество смешивания компонентов (рис. 3.31, 3.32).

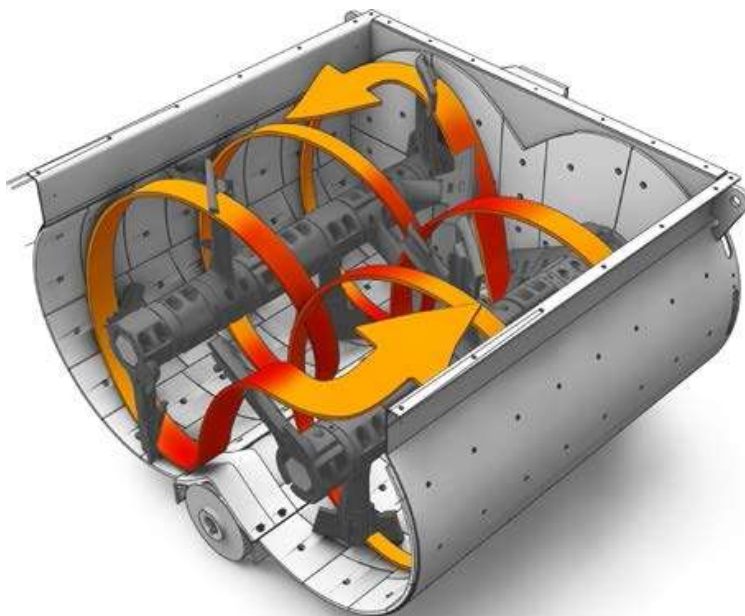


Рис. 3.31. Смешивание компонентов в двухвальном горизонтальном смесителе

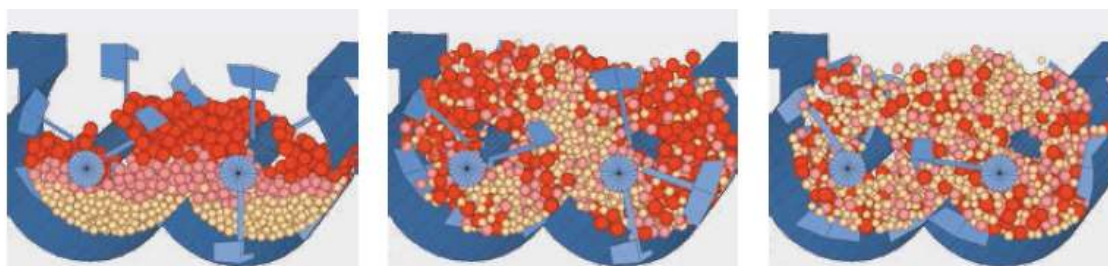


Рис. 3.32. Образование однородной смеси в процессе смешивания компонентов в двухвальном горизонтальном смесителе

В качестве примера двухвального горизонтального смесителя рассмотрим смесители периодического действия УЗ-ДСП (рис. 3.33, табл. 3.10), выпускаемые ОАО «ВНИИКП».

Внутри корпуса смесителя УЗ-ДСП установлены два вала с лопастями, которые вращаются в противоположных направлениях и обеспечивают однородность смеси независимо от размера частиц и насыпной плотности смешиваемых продуктов. Достоинствами смесителей УЗ-ДСП являются высокая однородность смешивания – 95%, малое время смешивания – не более 60 с, малое время разгрузки – не более 10 с, отсутствие расслоения продукта, благодаря малому времени смешивания компонентов и выгрузки готовой смеси.

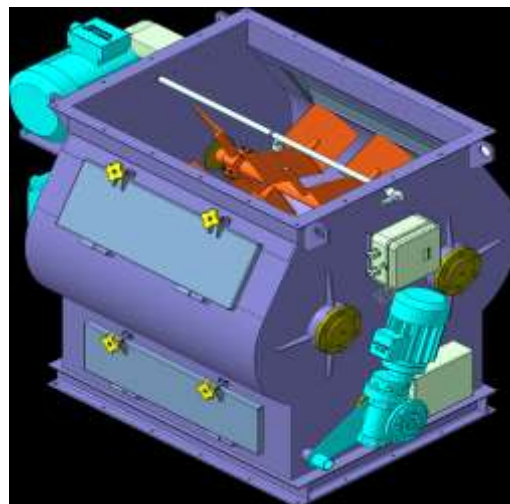


Рис. 3.33. Двухвальный горизонтальный смеситель периодического действия УЗ-ДСП «ВНИИКП»

Таблица 3.10

Технические характеристики смесителей серии УЗ-ДСП

Тип	Вместимость, кг	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
УЗ-ДСП-0,02	20	0,3	0,75	760×770×640	150
УЗ-ДСП-0,05	50	0,5	2,2	955×1015×810	200
УЗ-ДСП-0,1	100	1	3,55	1350×1120×1040	600
УЗ-ДСП-0,2	200	2	6,25	2050×1480×1400	1000
УЗ-ДСП-0,5	500	5	12,1	2400×1696×1690	2150
УЗ-ДСП-1,2	1000	10	20	2870×2000×2060	3500
УЗ-ДСП-1,5	1500	15	32	3540×2312×2300	5500
УЗ-ДСП-2,0	2000	20	46,5	4100×2550×2400	7000
УЗ-ДСП-2,5	2500	25	56,5	4600×3200×2600	11000

В качестве примера горизонтального смесителя непрерывного действия рассмотрим лопастные смесители УЗ-ДСНД (рис. 3.34, табл. 3.11), выпускаемые ОАО «ВНИИКП».



Рис. 3.34. Горизонтальный смеситель непрерывного действия УЗ-ДСНД



Таблица 3.11

## Технические характеристики смесителей серии УЗ-ДСНД

Тип	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
УЗ-ДСНД-10	10	7,5	2320×965×600	550
УЗ-ДСНД-20	20	15	2360×1240×720	850
УЗ-ДСНД-30	30	22	2900×1620×925	1400
УЗ-ДСНД-50	50	37	2925×1620×925	1500
УЗ-ДСНД-100	100	55	3500×1870×1350	2200

Смесители непрерывного действия УЗ-ДСНД предназначены для непрерывного смешивания компонентов комбикорма с одновременным вводом жидких добавок.

Смеситель обеспечивает приготовление в непрерывном режиме однородного продукта при смешивании смеси сыпучих компонентов с повышенным количеством мелассы (20-30%) или ее водным раствором.

Смеситель УЗ-ДСНД имеет компактную конструкцию, прост в обслуживании. Большие окна на корпусе обеспечивают легкий доступ в смесительную камеру для ее очистки. Конструкция лопастей позволяет производить их быструю замену. Жидкие компоненты вводятся в смеситель через штуцеры, расположенные на корпусе, без использования форсунок, причем одновременно могут вводиться до трех жидких компонентов. Однородность получаемой смеси – 90%.

## 3.3.3. Вертикальные смесители компонентов комбикормов

Вертикальные смесители широко применяются во внутрихозяйственном производстве комбикормов малой мощности. Удобство их применения компенсирует их недостатки, к которым относятся сводобразование при смешивании компонентов и их выгрузке из бункера, а также гравитационная сепарация компонентов с большим удельным весом.

В качестве примера вертикального смесителя рассмотрим установку для смешивания кормов УСК-3 (рис. 3.35, табл. 3.12). Смеситель разработан в «АНЦ «Донской» и выпускается под маркой «Агрогрант».

Установка УСК-3 включает раму, вертикальный двухвальный шнековый смеситель, шнек-питатель и автоматизированную систему управления. Основная рама с площадкой обслуживания служит для установки на ней смесителя, подвешенного на трех тензометрических датчиках с помощью гибких связей, что позволяет с высокой точностью производить весовое дозирование подаваемых в смеситель компонентов.

Смеситель УСК-3 состоит из двух смесительных камер: внутренней цилиндрической и внешней цилиндрическо-конической. Вверху цилиндрической части установлен привод вертикальных шнеков. В нижней, конической части, камеры расположено окно разгрузки, оснащенное задвижкой. Во внутренней камере смешивания установлены два вертикальных шнека, вращающихся с различными скоростями (рис. 3.36). Это создает дифференцированное действие между спиральными потоками корма, благодаря чему смешивание идет в трех направлениях одновременно: первое направление – вертикально вниз в главной части смесителя; второе – вертикально вверх во внутренней смесительной камере; третье – горизонтально между двумя спиралями, что существенно интенсифицирует протекание процесса.

Шнек-питатель состоит из корпуса с бункером, в котором имеется шесть загрузочных окон для подачи в них компонентов комбикорма. Одним концом шнек-питатель встроен в нижнюю часть основной камеры смешивания, другая торцевая часть служит базой для крепления мотор-редуктора.

Система управления установки включает дисплей с микропроцессором, с помощью которого обеспечивается дозирование компонентов корма и автоматизированное управление работой всего комбикормового цеха, в котором установлен смеситель.

Донная очистка дает возможность полного опорожнения смесителя.



Рис. 3.35. Установка для смешивания кормов УСК-3

Таблица 3.12

## Техническая характеристика установки для смешивания кормов УСК-3

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	3–4
Общая установленная мощность, кВт	8,07
Время смешивания, мин	2,0–4,0
Однородность смешивания, %	93–95
Емкость смесителя, м <sup>3</sup>	2,0
Вместимость смесителя, т	1,0
Относительная погрешность дозирования, %	не более 1
Расход электроэнергии на 1 т комбикорма, кВт/ч	1,5
Режим работы	периодический
Габаритные размеры, мм	2850×2460×2400
Масса, кг	1200

Технологический процесс смесителя УСК-3 осуществляется следующим образом. Предварительно подготовленные компоненты подаются в окна загрузки горизонтального шнека-питателя, который подает их к вертикальным шнекам смесителя. Далее они захватываются витками шнеков, поднимаются вверх и через выгрузные окна внутренней камеры сбрасываются на наклонные стенки внешней воронкообразной (цилиндрическо-конической) камеры смесителя, перемещаясь вниз к загрузочным окнам внутренней камеры и вовлекаясь в круговой процесс смешивания с вновь поступающими компонентами.

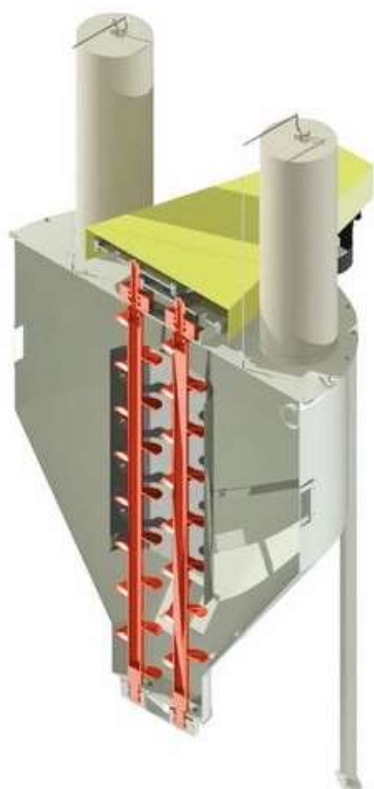


Рис. 3.36. Вертикальный двухшнековый смеситель в разрезе

Вес каждого компонента контролируется с помощью тензометрического весового устройства. После загрузки последнего компонента смешивание продолжается в течение 4-5 минут, затем открывается электрозадвижка выгрузного окна, и готовый комбикорм направляется в бункер готовой продукции.

Допускается ввод в состав смеси до 5% жидких добавок (масло растительное, меласса и т.п.), для чего в конструкцию установки включен дозатор жидких компонентов АТП-69.

Установка УСК-3 позволяет осуществлять точное смешивание до 8-10 компонентов практически в любых соотношениях в автоматическом режиме при минимальных затратах времени до 6 минут.

### 3.3.4. Расчет смесителя

Производительность смесителя периодического действия определяется по формуле [29]:

$$Q = \frac{60M_p}{t_z + t_s + t_v}, \quad (3.5)$$

где  $Q$  – производительность смесителя, кг/ч;  $M_p$  – вместимость смесителя, кг;  $t_z$  – продолжительность загрузки смесителя, мин;  $t_s$  – продолжительность смешивания, мин;  $t_v$  – продолжительность выгрузки, мин.

Продолжительность смешивания компонентов определяется из выражения [29]:

$$t_s = t_p n = \frac{M_o}{Q_o} n, \quad (3.6)$$

где  $t_p$  – продолжительность однократного перемещения продукта в смесителе, мин;  $n$  – количество перемещений продукта за цикл (кратность смешивания), шт.;  $M_o$  – масса продукта, перемещаемая рабочим органом смесителя за один проход, кг;  $Q_o$  – расход рабочего органа смесителя, кг/мин.

Подставив выражение (3.6) в формулу (3.5), получим:

$$Q = \frac{60Q_o}{t_z + \frac{M_o}{Q_o} n + t_v}. \quad (3.7)$$

В случае, когда рабочий орган смесителя представляет собой сплошной шнек, его расход  $Q_o$  можно определить по формуле

$$Q_o = 4,71 \cdot 10^{-2} \cdot D^2 S k n_s \gamma, \quad (3.8)$$

где  $D$  – диаметр шнека, м;  $S$  – шаг шнека, м;  $k$  – коэффициент заполнения смесителя ( $k = 0,7 \dots 0,8$ );  $n_s$  – частота вращения шнека, об/мин;  $\gamma$  – объемная масса продукта, кг/м<sup>3</sup>.

По формуле (3.8) рассчитывают и расход рабочего органа лопастного смесителя, принимая:  $D$  – наружный диаметр лопастей, м;  $S$  – шаг винтовой линии, вдоль которой размещены лопасти шнека, м;  $k$  – коэффициент, зависящий от конструкции лопастей.

Расход рабочего органа смесителя в форме ленточного (спирального) шнека

$$Q_o = 4,71 \cdot 10^{-2} \cdot (D^2 - d^2) S k n_s Z \gamma \varphi ,$$

где  $D$  и  $d$  – наружный и внутренний диаметры ленточного шнека, м;  
 $z$  – количество заходов спирального шнека, шт.;  $\varphi$  – коэффициент, зависящий от свойств продукта.

Для горизонтальных смесителей периодического действия  $t_z \approx t_p \approx t_v$ . Поэтому формула (3.7) примет вид

$$Q = \frac{Q_o}{n + 2} .$$

Для двухвального горизонтального смесителя периодического действия производительность равна удвоенной производительности одного рабочего органа с учетом частичного перекрытия витков шнеков или лопастей и определяется по формуле

$$Q_2 = 2k_p Q ,$$

где  $k_p$  – коэффициент, учитывающий перекрытие витков шнека или лопастей ( $k_p = 0,6 \dots 0,7$ ).

Выбранные продолжительность и кратность смешивания должны обеспечивать получение однородной смеси компонентов.

Для горизонтального смесителя непрерывного действия продолжительность смешивания  $t_s$  (мин) определяется по формуле [G]

$$t_s = \frac{60L}{v_s} ,$$

где  $L$  – длина смесительной камеры, м;  $v_s$  – средняя скорость перемещения продукта по смесительной камере, м/с.

Для вертикального шнекового смесителя периодического действия производительность определяется по формуле

$$Q = \frac{V \rho k}{t} ,$$

где  $V$  – объем смесителя, м<sup>3</sup>;  $\rho$  – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $k$  – коэффициент заполнения смесителя;  $t$  – продолжительность цикла смешивания, мин.

### **Контрольные вопросы**

1. По каким категориям подразделяют смесители комбикормов и премиксов?
2. Какова ориентация рабочего органа смесителей непрерывного действия?
3. Какова продолжительность смешивания компонентов в смесителях периодического действия?

4. В чем состоит достоинство двухвальных смесителей?
5. Какие недостатки имеют вертикальные смесители?
6. Смесители какого типа применяют на крупных комбикормовых заводах?
7. По какой формуле рассчитывают производительность смесителя периодического действия?

### 3.4. Оборудование для гранулирования комбикормов

#### 3.4.1. Пресс-грануляторы

Пресс-гранулятор (гранулятор) – это машина, предназначенная для прессования рассыпного комбикорма в гранулы для лучшей сохранности.

Рабочим органом пресс-гранулятора является матрица, представляющая собой перфорированное радиальными фильерами кольцо (рис. 3.37, *а*) или диск с фильерами, параллельными его оси (рис. 3.37, *б*). Необходимое для прессования продукта давление создается при взаимодействии матрицы и прессующих роликов, перекатывающихся по ее поверхности.

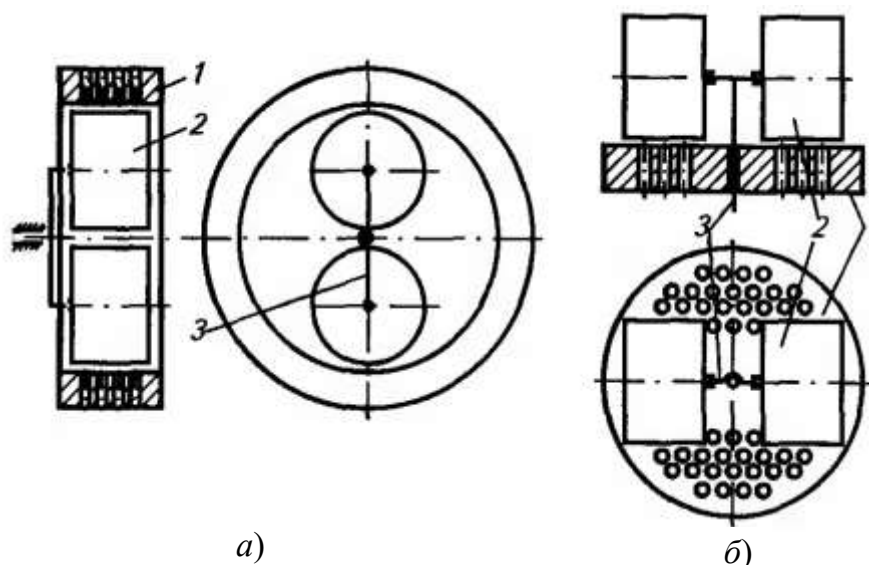


Рис. 3.37. Схемы рабочих органов пресс-грануляторов [30]:

- а* – кольцевая матрица с прессующими роликами;
- б* – плоская матрица с прессующими роликами;
- 1 – матрица; 2 – прессующий ролик; 3 – водило

Помимо перфорированной матрицы и роликов, рабочий орган гранулятора включает водило, на котором свободно закреплены ролики, а также ножи для обрезания гранул (рис. 3.38). Поверхность прессующих роликов имеет рифление для лучшего контакта с прессуемым продуктом.

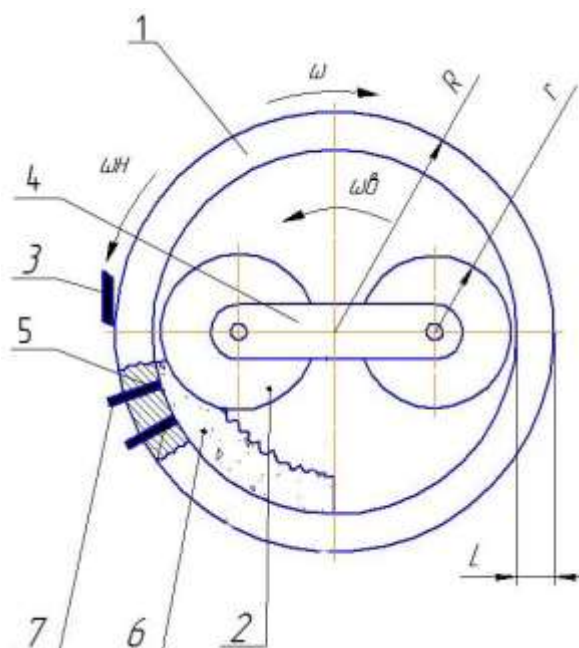


Рис. 3.38. Схема рабочего органа пресс-гранулятора с кольцевой матрицей [7]:  
1 – матрица; 2 – ролик; 3 – нож; 4 – водило; 5 – фильера; 6 – продукт; 7 – гранулы

Фильеры матрицы представляют собой цилиндрический канал с конической входной полостью.

Матрица гранулятора (рис. 3.39) является сменным рабочим органом и заменяется при необходимости получения гранул иного размера, а также по мере износа. Также по мере износа заменяются и прессующие ролики.

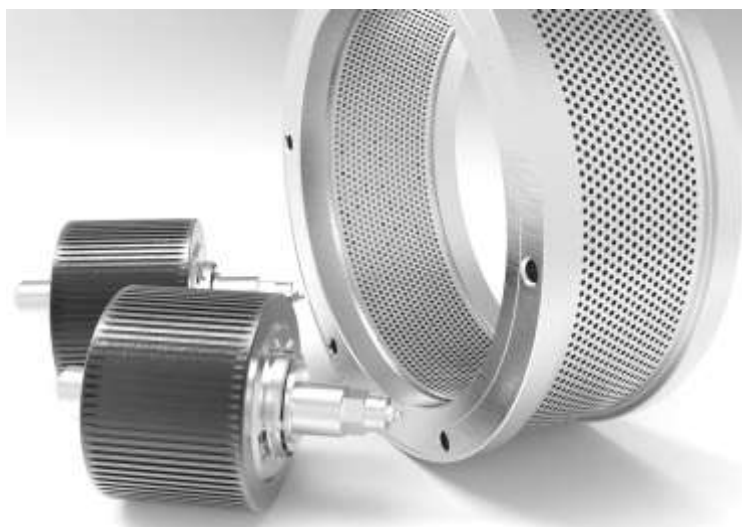


Рис. 3.39. Сменные кольцевая матрица и прессующие ролики  
для пресс-гранулятора

При работе гранулятора с кольцевой матрицей продукт 6 попадает в клиновидный зазор между вращающейся матрицей 1 и прессующим роликом 2 и уплотняется. В конце клинового зазора давление достигает максимума, продукт поступает в фильеры 5 матрицы и выдавливается с

наружной стороны в виде длинных спрессованных жгутов. Гранулы обрезаются ножами 3. При прессовании часть механической энергии переходит в тепловую, в результате чего гранулы нагреваются до 70-80°C.

В это время второй прессующий ролик перемещает новую порцию продукта к фильерам. В процессе вращения кольцевой матрицы уплотнение продукта происходит лишь в зоне прессования. За один проход под прессующим роликом спрессованный продукт выдвигается из наружного отверстия фильеры на несколько миллиметров, после чего обрезается ножом.

Зазор между матрицей и прессующими роликами регулируется. Величина этого зазора влияет на величину давления прессования. При уменьшении зазора увеличивается давление, что повышает прочность гранул, но снижает производительность пресс-гранулятора. Оптимальная величина рабочего зазора – 0,5-0,8 мм.

На размеры получаемых гранул влияют размер фильер матрицы (диаметр гранулы) и регулировки ножа (длина гранулы).

На российских комбикормовых заводах производят комбикорм для сельскохозяйственных животных с диаметром гранул 4,7, 7,7, 9,7, 12,7 и 19 мм, а для сельскохозяйственной птицы гранулы диаметром 4,7 мм измельчают до получения крупки размером 2 мм. Длина гранул, как правило, составляет 1,15-1,3 их диаметра ( $L=1,15...1,3D$ ).

В состав пресс-гранулятора обычно входит кондиционер-смеситель, где рассыпной комбикорм под действием горячей воды или пара нагревается, увлажняется и пластифицируется, что снижает его сопротивление деформации и облегчает гранулирование (см. п. 3.5.1).

В комбикормовой промышленности используются грануляторы с вертикальными кольцевыми матрицами (рис. 3.40).

В процессе работы пресс-гранулятора рассыпной комбикорм подается в загрузочный бункер 1, из которого посредством дозирующего шнека 2 направляется в кондиционер-смеситель 3, в котором перемешивается лопастями с добавлением горячей воды или пара через форсунки 4. Затем продукт перемещается по транспортному каналу 5, оснащенный постоянным магнитом 6 для защиты от попадания металлических примесей в камеру гранулирования 7. В камере гранулирования 7 при помощи скребков 8 сырье попадает на поверхность вертикальной кольцевой матрицы 9, через фильеры которой продавливается прессующими роликами 10. С наружной стороны матрицы выходит плотная спрессованная масса продукта с диаметром, соответствующим диаметру фильер, и обрезается ножами. Готовые гранулы удаляются через выгрузное отверстие 11 в нижней части камеры гранулирования.



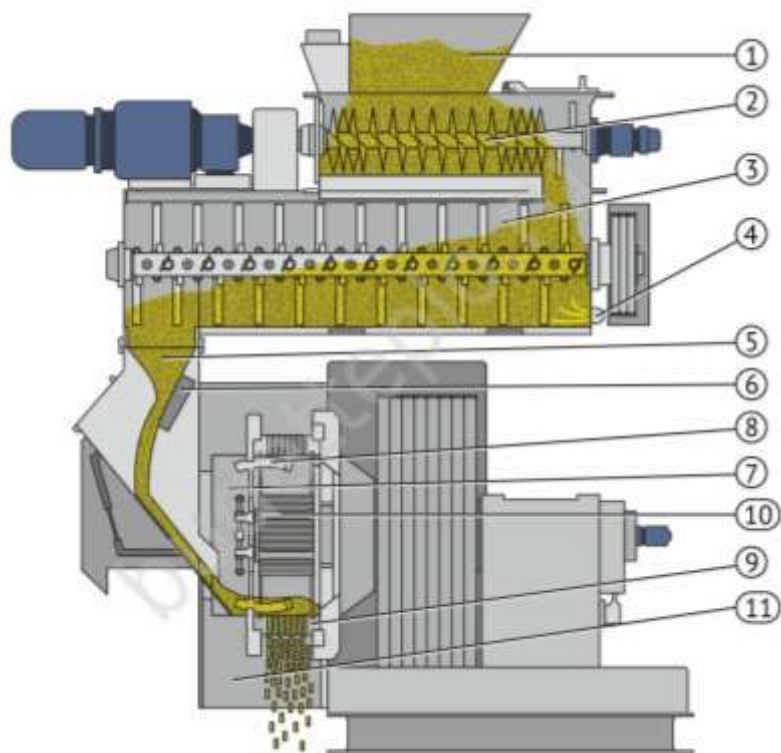


Рис. 3.40. Схема устройства пресс-гранулятора с кольцевой матрицей:

- 1 – загрузочный бункер; 2 – дозирующий шнек; 3 – кондиционер-смеситель;  
4 – форсунка; 5 – транспортный канал; 6 – магнит; 7 – камера гранулирования;  
8 – скребки; 9 – матрица; 10 – прессующие ролики; 11 – выгрузное отверстие

В качестве примера пресс-гранулятора с кольцевой матрицей рассмотрим гранулятор ДГ-1 (рис. 3.41, табл. 3.13), выпускаемый «Агрогрант».



а)

Рис. 3.41. Пресс-гранулятор ДГ-1 «Агрогрант»: а – общий вид; б – конструктивная схема: 1 – рама; 2 – корпус; 3 – пресс-узел; 4 – питатель; 5 – дозатор; 6 – съемная крышка дозатора; 7 – мотор-редуктор; 8 – термометр; 9 – срезной нож  
(окончание см. на с. 84)

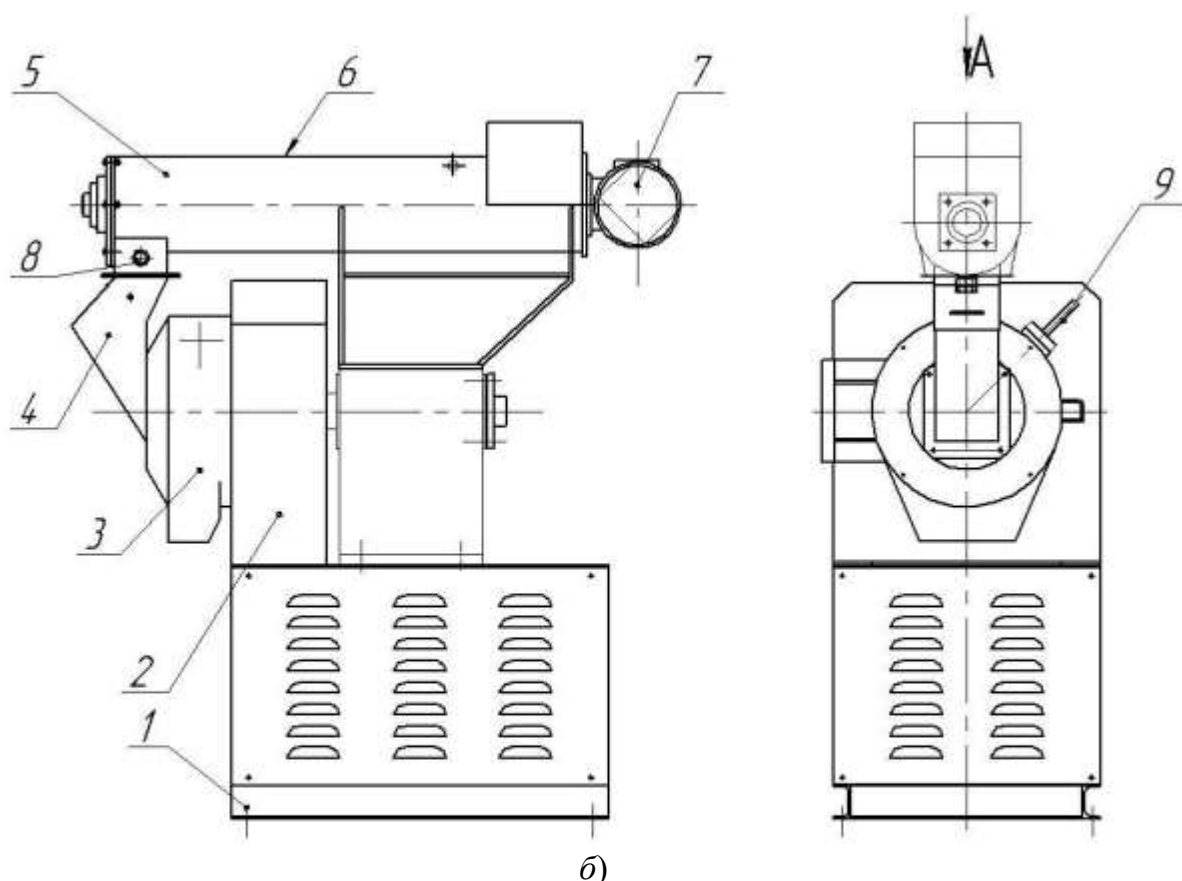


Рис. 3.41. Окончание

Таблица 3.13  
Техническая характеристика пресс-гранулятора ДГ-1

Показатель	Значение
Производительность, кг/ч	300-1300
Мощность электропривода, кВт	19,25
Частота вращения матрицы, об/мин	306
Диаметр фильер матрицы, мм	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 6, 8
Масса, кг	650
Габаритные размеры, мм	1410×650×1600

Пресс-гранулятор ДГ-1 (рис. 3.41, б) состоит из пресса, установленного на раме и дозатора. Пресс состоит из клиноременной передачи и узла прессования. Узел прессования закрыт кожухом, имеющим патрубок для вывода гранул. Сверху к нему присоединен загрузочный патрубок, по которому продукт из дозатора попадает в камеру прессования.

Дозатор шнековый непрерывного действия служит для перемешивания продукта, увлажнения его связующими компонентами (водой, паром), подвод которых осуществляется через патрубок на корпусе, и

одновременного его дозированного перемещения вдоль оси к выводному патрубку.

Дозатор представляет собой горизонтальный цилиндр с загрузочным и выгрузным патрубками. Рабочим органом дозатора служит шнек с переменным шагом витка, расположенный по оси цилиндра и вращающийся в двух подшипниках. На дозаторе установлен термометр, позволяющий контролировать температуру продукта после его обработки паром или водой.

Прессующий узел – основная составная часть пресс-гранулятора (рис. 3.42). Он предназначен для получения гранул из увлажненного продукта путем продавливания его прессующими вальцами через радиальные отверстия кольцевой матрицы (фильеры).

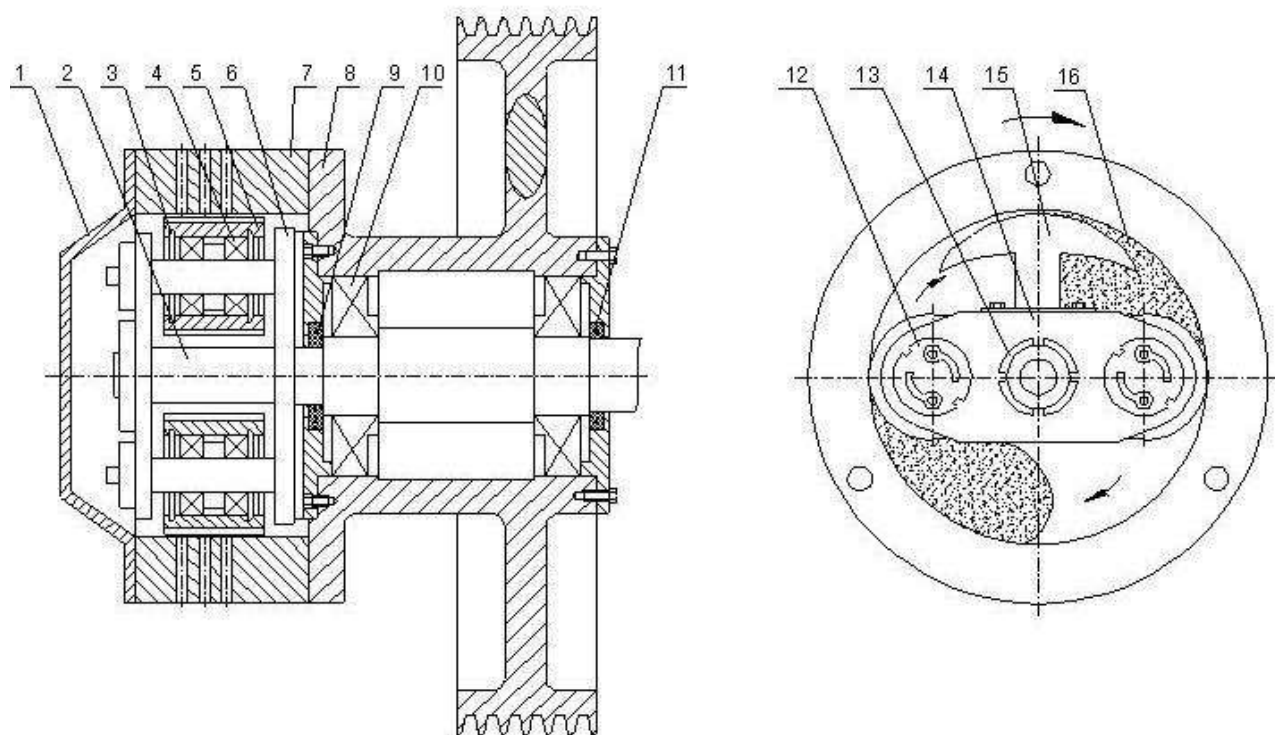


Рис. 3.42. Разрез прессующего узла пресс-гранулятора ДГ-1:

- 1 – кожух; 2 – основной вал; 3 – крышка подшипника; 4 – подшипник;
- 5 – прессующий валец; 6 – задняя плита 7 – матрица; 8 – ведомый шкив;
- 9, 11 – манжеты; 10 – подшипник; 12 – регулировочная шайба;
- 13 – круглая гайка; 14 – передняя плита; 15 – лопатка; 16 – зона прессования

Крутящий момент от электродвигателя через ременную передачу передается на ведомый шкив с фланцем. Матрица крепится на фланец шкива болтами. С торца к матрице прикреплен приемник, образующий вместе с ее внутренней полостью камеру прессования. Ведомый шкив вращается на подшипниках, установленных на главном валу. На конце вала, входящем в камеру прессования, установлены две плиты. Между

плитами расположены два прессующих вальца. Оси вальцов могут свободно вращаться в отверстиях плит. На концах эксцентриковых осей вальцов установлены регулировочные шайбы. Положение шайб фиксируется двумя винтами, с помощью которых фиксируется положение вальца относительно матрицы, тем самым регулируется зазор между матрицей и роликом. Валец представляет собой обечайку, вращающуюся вокруг эксцентриковой оси на двух конических роликоподшипниках. Осевой зазор в подшипниках регулируется гайкой, которая фиксируется винтами.

Нож, установленный в крышке прессующего узла, служит для обрезания гранул, выдавливаемых через радиальные отверстия матрицы. Ослабив гайку, можно поворачивать нож на оси и тем самым, изменяя расстояние от матрицы до кромки ножа, регулировать длину получаемых гранул.

Узел прессования закрыт крышкой, в нижней части которой расположен патрубок для вывода гранул. Крышка имеет питатель, по которому продукт из дозатора попадает в камеру прессования.

На малых внутрихозяйственных комбикормовых заводах часто применяют пресс-грануляторы с плоской матрицей (рис. 3.43). Следует отметить, что производительность и качество гранул комбикорма у них ниже, чем у грануляторов с кольцевой матрицей. Их достоинством является более низкая стоимость сменной матрицы.

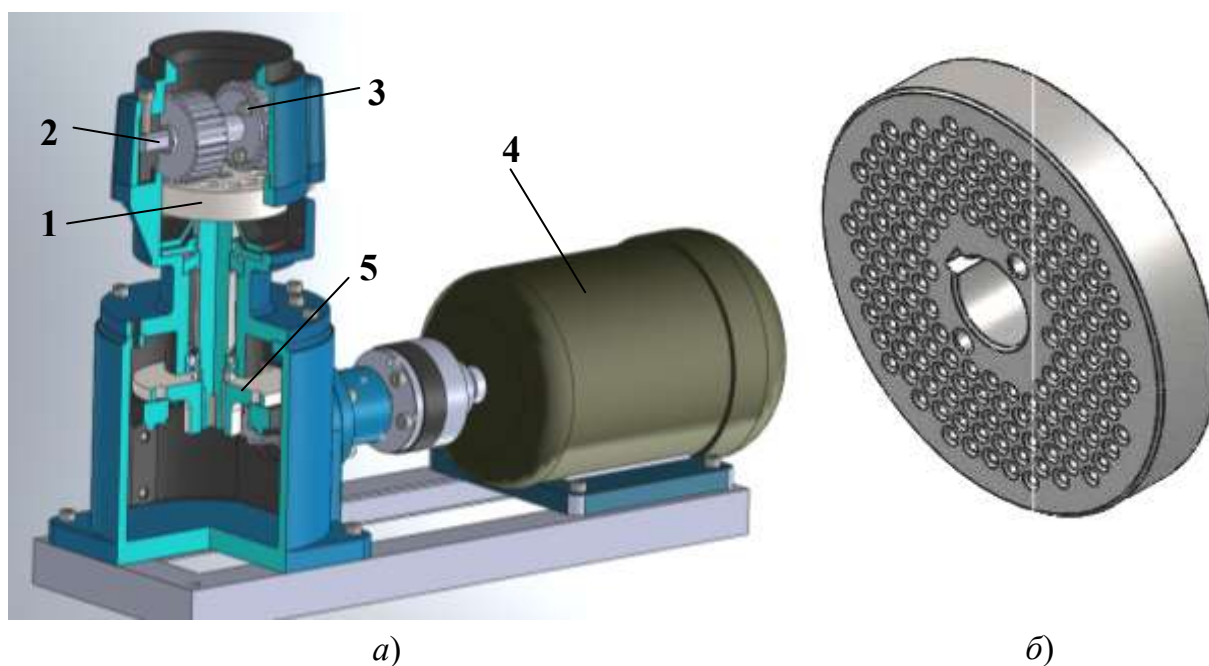


Рис. 3.43. Пресс-гранулятор с плоской матрицей:  
*а* – пресс-гранулятор: 1 – плоская матрица; 2 – водило;  
 3 – прессующие ролики; 4 – электродвигатель;  
 5 – диск с лопастями; *б* – плоская матрица

У таких пресс-грануляторов матрица представляет собой плоский перфорированный диск (см. рис. 3.37, б, 3.43, б). В отличие от рассмотренных грануляторов с кольцевой матрицей, плоская матрица располагается горизонтально и в процессе работы неподвижна. Сверху по ее поверхности перемещаются прессующие ролики (от 2 до 6 штук) большого диаметра с зубчатой поверхностью. Снизу под матрицей на валу закреплены ножи. Выводит гранулы наружу диск с лопастями.

В качестве примера пресс-гранулятора с плоской матрицей рассмотрим пресс-грануляторы ДГ-mini, выпускаемые компанией «Доза-Агро» (рис. 3.44, табл. 3.14).



Рис.3.44. Пресс-гранулятор ДГ-mini «Доза-Агро» (общий вид)

Таблица 3.14

Техническая характеристика пресс-грануляторов ДГ-mini

Показатель	Значение					
	ДГ-0,1Н	ДГ-0,15Н	ДГ-0,3Н	ДГ-0,4Н	ДГ-0,6Н	ДГ-0,8Н
Производительность, кг/ч	100	120	300	400	600	800
Мощность электропривода, кВт	2,2	4	7,5	11	15	22
Частота вращения матрицы, об/мин	278	278	268	250	237	220
Диаметр фильер матрицы, мм	2,5, 3, 4, 5, 6					
Масса, кг	100	110	230	320	360	380
Габаритные размеры, мм	760×300 ×875	800×320 ×940	930×355 ×1070	1000×415 ×1200	1220×470 ×1220	1100×500 ×1400

Конструктивная схема пресс-гранулятора ДГ-mini представлена на рис. 3.45.

Пресс-гранулятор ДГ-mini состоит из прессующего узла 1, редуктора 2, установленного на раме 3, основного электродвигателя 4, пульта управления 10. Вращение от электродвигателя к редуктору передается посредством соединительной муфты 5.

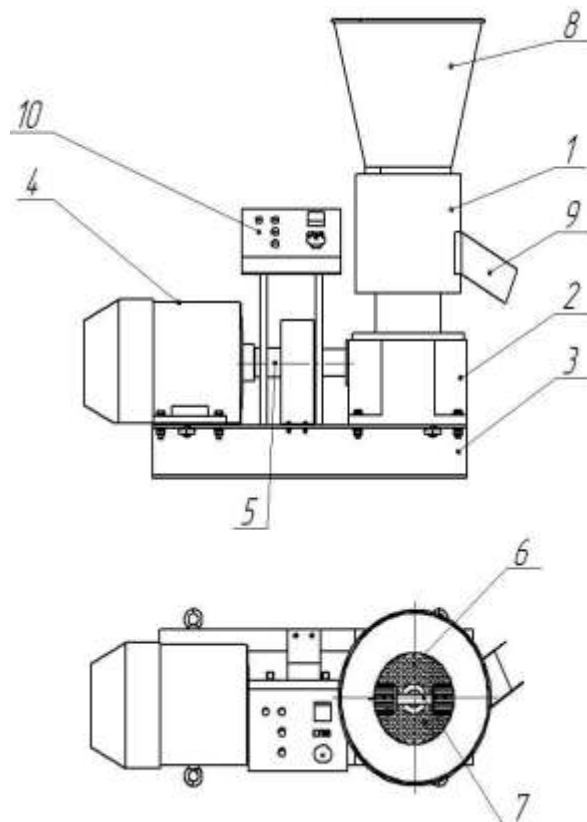


Рис. 3.45. Пресс-гранулятор ДГ-mini (конструктивная схема):

- 1 – прессующий узел; 2 – редуктор; 3 – рама; 4 – основной двигатель; 5 – муфта;  
6 – матрица; 7 – пресс-валцы (прессующие ролики); 8 – загрузочный бункер;  
9 – выгрузной скат; 10 – пульт управления

Узел прессования состоит из матрицы 6, двух пресс-валцов 7, установленных на одной оси. Пресс-узел также оборудован срезным ножом, закрепленным болтом. Нож служит для обламывания гранул, выдавливаемых через фильеры матрицы. Изменяя расстояние от матрицы до кромки ножа, можно регулировать длину получаемых гранул. Гранулятор оборудован загрузочным бункером 8 и выгрузным скатом 9.

В ходе технологического процесса (рис. 3.46) подготовленный продукт вручную или транспортером равномерно подается в загрузочный бункер и попадает в прессующий узел гранулятора. В прессующем узле сырье затягивается в клиновой зазор между вращающимися мат-

рицей и прессующими вальцами и продавливаются в отверстия плоской матрицы, где под действием большого давления происходит формирование гранул. Выдавленные из отверстий гранулы наталкиваются на неподвижный нож и обламываются. Обломанные гранулы падают вниз и через выгрузной скат выводятся из гранулятора.

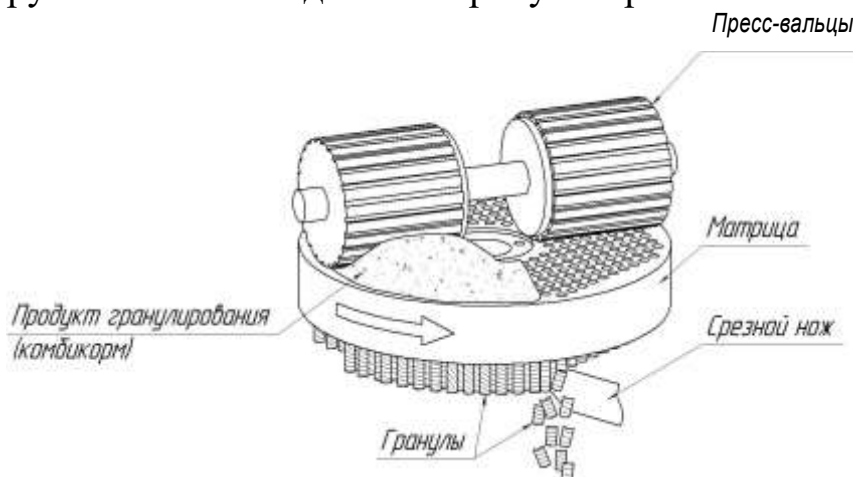


Рис. 3.46. Технологическая схема пресс-гранулятора ДГ-mini

### 3.4.2. Расчет пресс-гранулятора

Определение основных параметров пресс-гранулятора с кольцевой вертикальной матрицей производится в следующем порядке.

Производительность пресс-гранулятора определяется по формуле [29]:

$$Q = 3.6k\rho_h z_p \frac{\pi d_0^2}{4} i_0 v_g, \quad (3.9)$$

где  $k$  – поправочный коэффициент, учитывающий площадь перемычек между отверстиями матрицы ( $k = 0,06 \dots 0,07$ );  $\rho_h$  – насыпная плотность гранул,  $\text{кг/м}^3$ ;  $z_p$  – число прессующих валцов, шт.;  $d_0$  – диаметр отверстий в матрице, м;  $i_0$  – число отверстий в матрице, шт.;  $v_g$  – скорость продвижения гранулы в отверстиях (фильере) матрицы, м/с.

Из формулы (3.9) следует, что для повышения производительности гранулятора необходимо увеличивать диаметр отверстий матрицы и скорость движения продукта в них.

Давление, необходимое для прессования продукта в гранулы требуемой плотности, определяется по формуле [23, 29]:

$$P = P_0 e^a (\rho_{\max} - \rho_0),$$

где  $P_0$ ,  $a$  – коэффициенты, характеризующие уплотняемость продукта;  $\rho_0$ ,  $\rho_{\max}$  – начальная и максимальная плотности продукта,  $\text{кг/м}^3$ ,  $\rho_{\max} = 1,1 \dots 1,4\rho_0$ .

Длина каналов фильер в матрице [13]

$$L = \frac{S_k}{u\beta f} \ln \left( 1 + \frac{\beta P_p}{q_0} \right),$$

где  $S_k$  – площадь поперечного сечения единичного канала, м<sup>2</sup>;  $u$  – периметр поперечного сечения канала, м;  $\beta$  – коэффициент бокового давления;  $f$  – коэффициент трения гранулируемого материала о стенки канала;  $P_p$  – противодавление каналов матрицы, кПа;  $q_0$  – остаточное боковое давление, кПа.

Площадь рабочей поверхности матрицы равна:

$$F = \frac{Qt_v}{k_p \lambda \rho_k},$$

где  $t_v$  – время выдержки гранулируемого материала в канале, ч;  $k_p$  – коэффициент перфорации матрицы ( $k_p = 0,85 \dots 0,95$ );  $\rho_k$  – плотность материала, находящегося в канале, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_k = (0,92 \dots 0,95) \rho_{\max}$ ;  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения материала по поверхности матрицы ( $\lambda = 1,5 \dots 2,5$ ).

Радиус кольцевой матрицы определяется по формуле

$$R = \sqrt{\frac{F}{2\pi\psi\psi_1}},$$

где  $\psi$  – отношение внутреннего диаметра матрицы к диаметру прессующего ролика,  $\psi = 0,4 \dots 0,47$ ;  $\psi_1$  – отношение ширины вальца к его радиусу,  $\psi_1 = 1,0 \dots 1,6$ .

Частота вращения матрицы определяется исходя из условия обеспечения требуемой плотности гранул на разрыв и их длины

$$n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sigma}{l(R+L)\rho}},$$

где  $\sigma$  – прочность гранул на разрыв, кПа,  $\sigma = 1,3 \dots 1,7$  кПа;  $l$  – длина гранул, м,  $l = 1,5 \dots 2,0 d_0$ ;  $\rho$  – расчетная плотность гранул, кг/м<sup>3</sup>.

Толщина захватываемого роликом слоя рассыпного продукта равна

$$H = \frac{Q}{2\pi R b n z \rho_0},$$

где  $b$  – ширина ролика, м.



### 3.4.3. Охладители гранул

В процессе гранулирования комбикорма происходит значительный нагрев, так что температура гранул на выходе из пресс-гранулятора составляет 70-80°C. Для охлаждения частиц (гранул) гранулированного комбикорма на комбикормовых заводах в основном применяют вертикальные охладители (колонны охлаждения).

Основными узлами вертикального охладителя являются колонка, разгрузочное устройство и вентиляционная установка (рис. 3.47).

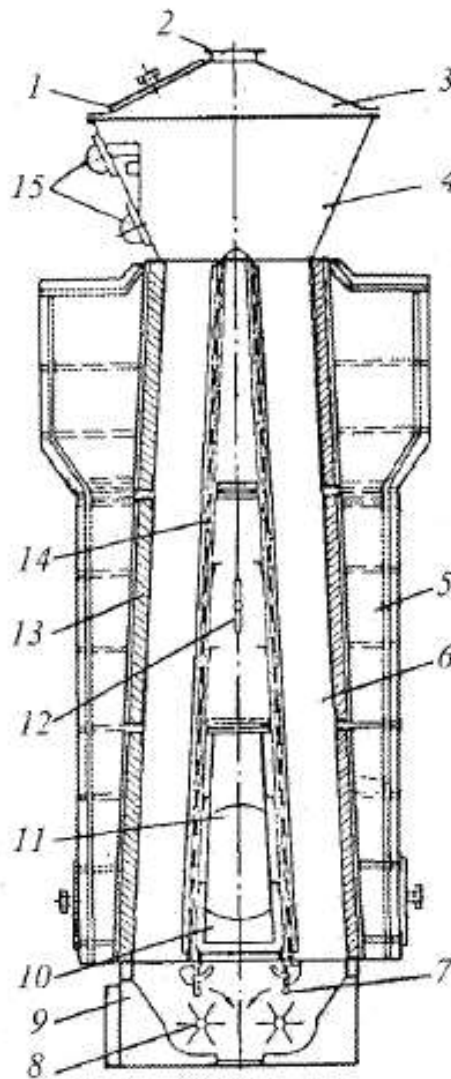


Рис. 3.47. Схема вертикального охладителя гранул [17]:

- 1, 3 – крышки; 2 – патрубок; 4 – загрузочный бункер; 5 – воздушный канал;  
6 – корпус; 7, 13 – заслонки; 8 – крыльчатка; 9 – основание; 10 – лист;  
11 – окно с диффузором; 12 – жалюзи; 14 – сетка; 15 – датчики уровня

Колонка имеет охлаждающие полости, образованные двумя торцовыми стенками корпуса 6, между которыми закреплены три секции

сетки 14. Снаружи проходят воздушные каналы 5 с окнами для забора воздуха. Сверху колонки расположен загрузочный бункер 4, закрытый крышкой 3. На бункере установлен патрубок 2. Окно с крышкой 1 служит для очистки загрузочного бункера.

На одной из стенок загрузочного бункера установлено два датчика 15: нижний связан с приводом разгрузочного устройства, а верхний датчик аварийный. При заполнении охладителя гранулами разгрузочное устройство включается, при снижении уровня продукта выключается.

В одной из торцовых стенок имеется окно 11 с диффузором для присоединения охладителя к вентиляционной установке. Окно в другой стенке предназначено для очистки сеток и удаления излишков с листа 10. Окна закрыты дверками. Между сетчатыми поверхностями помещена заслонка 12, предназначенная для отключения верхней части колонки в момент пуска охладителя.

Колонка установлена на основании 9, на котором смонтировано разгрузочное устройство, состоящее из двух валов с лопастями. Они, вращаясь навстречу друг другу, создают в центре поток гранул. Над каждой крыльчаткой 8 помещены заслонки 7, при помощи которых регулируют расход гранул. Разгрузочное устройство приводится во вращение приводом.

Продукт поступает в приемный бункер и распределяется по охладительным полостям, где, опускаясь под действием силы тяжести, пронизывается воздушным потоком. При охлаждении влажность гранул также снижается. В разгрузочном устройстве гранулы захватываются лопастями и выбрасываются из охладителя.

В начале работы, когда колонка не заполнена гранулами, заслонку устанавливают в горизонтальное положение. В этом случае основной поток воздуха направляется через нижнюю часть колонки. После заполнения колонки гранулами заслонку переводят в вертикальное положение.

Температура гранул комбикорма после охлаждения должна быть на 5-8°C выше температуры окружающей среды.

ОАО «Доза-Агро» выпускает колонны охлаждения гранул КО (рис. 3.48, табл. 3.15).



Рис. 3.48. Колонна охлаждения гранул КО «Доза-Агро»

Таблица 3.15

## Техническая характеристика колонн охлаждения гранул КО

Показатель	Значение	
	КО-3	КО-4
Производительность, т/ч	1,5	3
Мощность электродвигателя, кВт	8,62	12,12
Полезный объем, м <sup>3</sup>	0,6	1,1
Падение температуры гранул, не менее °С	30	30
Габаритные размеры, мм	1545×965×3900	1820×1160×3400
Масса, кг	230	330

Колонна охлаждения КО непрерывного действия предназначена для охлаждения гранул, поступающих из пресс-гранулятора.

Проходя через колонну КО, гранулы охлаждаются потоком воздуха, создаваемым вентилятором. Гранулы приобретают прочность и твёрдость, из них удаляется излишняя влажность. Подсос воздуха производится сбоку, охлаждение продукта неравномерное. Выгрузка продукта из КО производится вручную путем перемещения шиберной заслонки. Колонна охлаждения КО снабжена столом рассева, позволяющим отделить готовый продукт от пыли и мелкой фракции комбикорма.

Колонна КО состоит из следующих узлов (рис. 3.49): корпус со шлюзовым затвором (охладитель); станина с рассевом; вентилятор.

Корпус колонны КО состоит из приемного патрубка со шлюзовым затвором 1, установленным над камерой охлаждения 2, имеющей окна для дополнительного подсоса воздуха 3. Станина состоит из рамы 4, решетного стана 5 и приводного механизма, соединенного ременной передачей 7 с электродвигателем 6.

Заполнение колонны происходит при одновременном включении вентилятора (на рисунке не показан) и закрытых шиберных заслонках 8. Горячие гранулы непрерывно поступают через шлюзовой затвор 1 в камеру охлаждения 2. Одновременно через слой гранул в камере охлаждения проходит поток воздуха, создаваемый вентилятором. Поддув воздуха осуществляется через воздухозаборные окна 3. Воздух охлаждает гранулы, снижает их влажность, удаляет часть несгранулированного продукта. Охлаждаясь, гранулы быстро твердеют и приобретают товарный вид. По мере заполнения камеры охлаждения уровень гранул доходит до метки верхнего уровня. После этого необходимо открыть шиберные заслонки 8.

Гранулы должны равномерно поступать на решетный стан. На решетном стане происходит отделение гранул от крошки. Несгранулированная часть и крошка, пройдя через решето, выводятся из патрубка 9 решетного стана 5 и поступают на вторичную переработку. Кондиционные гранулы через скат 10 выводятся из охладителя.

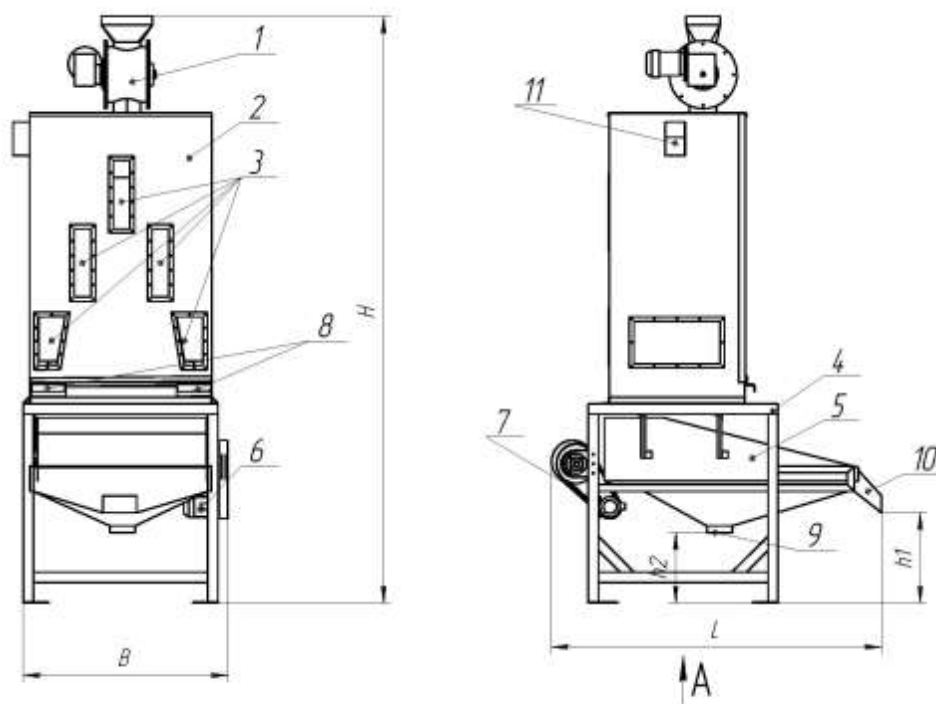


Рис. 3.49. Конструктивная схема колонны охлаждения гранул КО:  
 1 – шлюзовой затвор с приемным бункером; 2 – камера охлаждения;  
 3 – воздухозаборные окна; 4 – рама; 5 – решетный стан; 6 – двигатель;  
 7 – ременная передача; 8 – шиберные заслонки; 9 – патрубок разгрузки  
 несгранулированной части; 10 – патрубок решетного стана;  
 11 – патрубок подсоединения воздуховода

Для охлаждения гранул комбикорма на малых внутрихозяйственных предприятиях рационально применять горизонтальные охладители.

В качестве примера горизонтального охладителя гранул рассмотрим систему охлаждения СО-2 (рис. 3.50, табл. 3.16), выпускаемую ОАО «Доза-Агро».

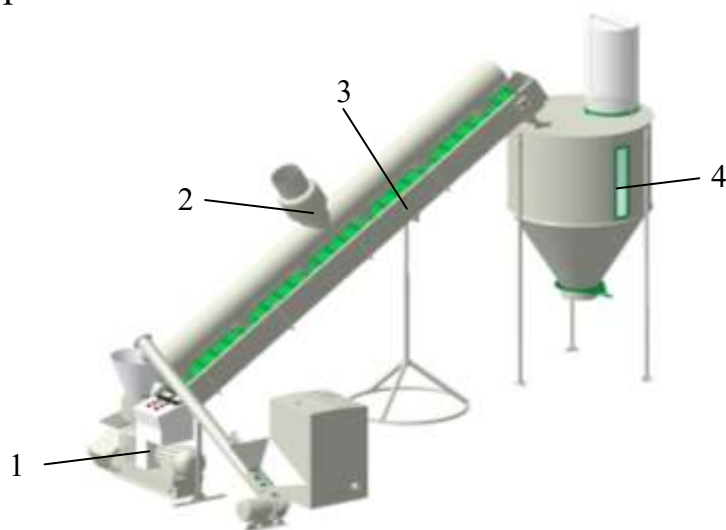


Рис. 3.50. Система охлаждения СО-2 «Доза-Агро» в составе линии гранулирования комбикорма: 1 – пресс-гранулятор; 2 – система охлаждения;  
 3 – ленточно-скребковый транспортер; 4 – бункер готовой продукции

Таблица 3.16

Техническая характеристика системы охлаждения СО-2

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	1
Мощность электродвигателя, кВт	0,18
Падение температуры гранул, не менее, °С	10
Габаритные размеры, мм	4300×350×650
Масса, кг	25

Система охлаждения СО-2 непрерывного действия предназначена для охлаждения гранул, поступающих из пресс-гранулятора на ленту транспортера. Система охлаждения СО-2 обеспечивает эффективное равномерное охлаждение гранул и оказывает минимальное механическое воздействие на непрочные гранулы в процессе снижения температуры.

Система охлаждения СО-2 состоит из следующих узлов (рис. 3.51): воздуховод 1 с патрубками обдува 2, вентилятор 3, хомуты крепления системы на ленточно-скребковом транспортер 4, 5.

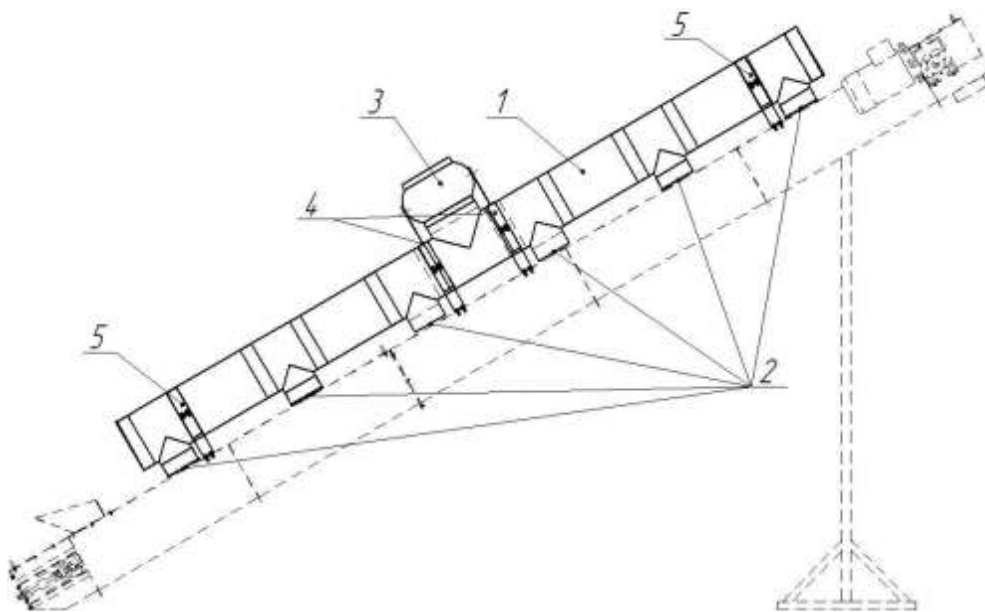


Рис. 3.51. Конструктивная схема системы охлаждения гранул СО-2:  
1 – воздуховод в сборе; 2 – патрубки обдува; 3 – вентилятор;  
4 – хомут-опора вентилятора; 5 – дополнительный хомут

В процессе работы горячие гранулы непрерывно поступают от гранулятора на ленту транспортера. Продвигаясь с лентой по транспортеру, слой гранул охлаждается постоянным потоком воздуха, создаваемым вентилятором системы и распределяемым воздуховодом по длине

транспортера. Воздух охлаждает гранулы, снижает их влажность. Охлаждаясь, гранулы быстро твердеют и приобретают товарный вид.

Готовые охлажденные гранулы комбикорма выводятся в выгрузное окно транспортера.

#### 3.4.4. Измельчители гранул

Для получения из гранул комбикормовой крупки (см. п. 2.2) применяют вальцовые измельчители гранул (рис. 3.52).

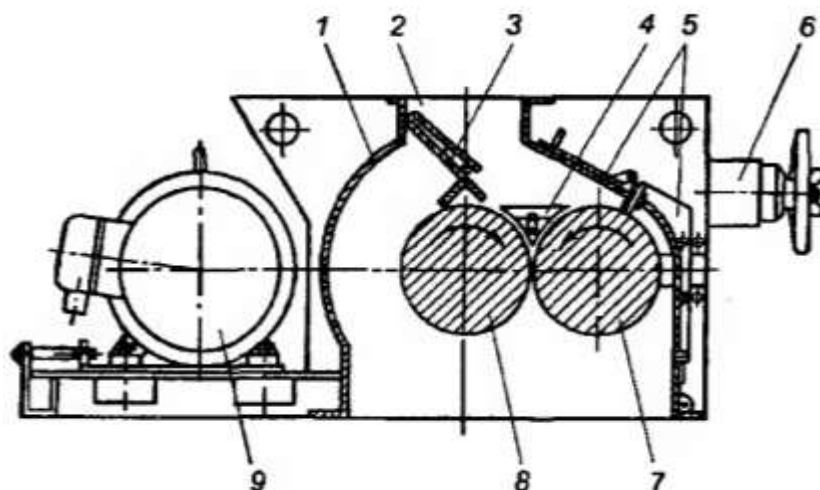


Рис. 3.52. Конструктивная схема вальцового измельчителя гранул [30]:

- 1 – корпус; 2 – приемное устройство; 3 – заслонка; 4 – щиток;  
5 – крышки; 6 – механизм регулировки вальцов; 7 – ведомый валец;  
8 – ведущий валец; 9 – электродвигатель

Рабочими органами измельчителя гранул являются соосно вращающиеся цилиндрические вальцы с рифленой поверхностью. Один из вальцов является ведущим и вращается от электродвигателя через ременную передачу, а другой ведомым – приводится в движение от ведущего вальца через ременную передачу. Существуют и конструкции измельчителей с двумя ведущими вальцами. Регулировка размера получаемых после измельчения частиц производится изменением зазора между вальцами.

На рис. 3.53 показан внешний вид измельчителя гранул «Van Aarsen».



Рис. 3.53. Вальцовый измельчитель гранул «Van Aarsen»

### **Контрольные вопросы**

1. Какие типы матриц для пресс-грануляторов вы знаете?
2. Как происходит прессование комбикорма в грануляторе с кольцевой матрицей?
3. Для чего в состав пресс-гранулятора включают кондиционер-смеситель?
4. Как устроен пресс-гранулятор с плоской матрицей?
5. Как происходит прессование комбикорма в грануляторе с плоской матрицей?
6. По какой формуле рассчитывают производительность пресс-гранулятора с кольцевой матрицей?
7. Как устроен противоточный охладитель гранул?
8. Как устроен вальцовый измельчитель гранул?

## **3.5. Оборудование для экструдирования и экспандирования сырья и комбикормов**

### **3.5.1. Кондиционеры-смесители**

Для обеспечения высокого качества рассыпной комбикорм перед экструдированием или гранулированием предварительно подвергают кондиционированию – гидротермической обработке горячей водой и/или паром с целью увеличения его пластичности. Эту операцию осуществляют в специальных машинах. Для их обозначения применяют различные термины: кондиционер, предварительный кондиционер, прекондиционер, кондиционер-смеситель. Кондиционер может выполняться как самостоятельная машина (рис. 3.54, а) либо как узел в составе экструдера (рис. 3.54, б).

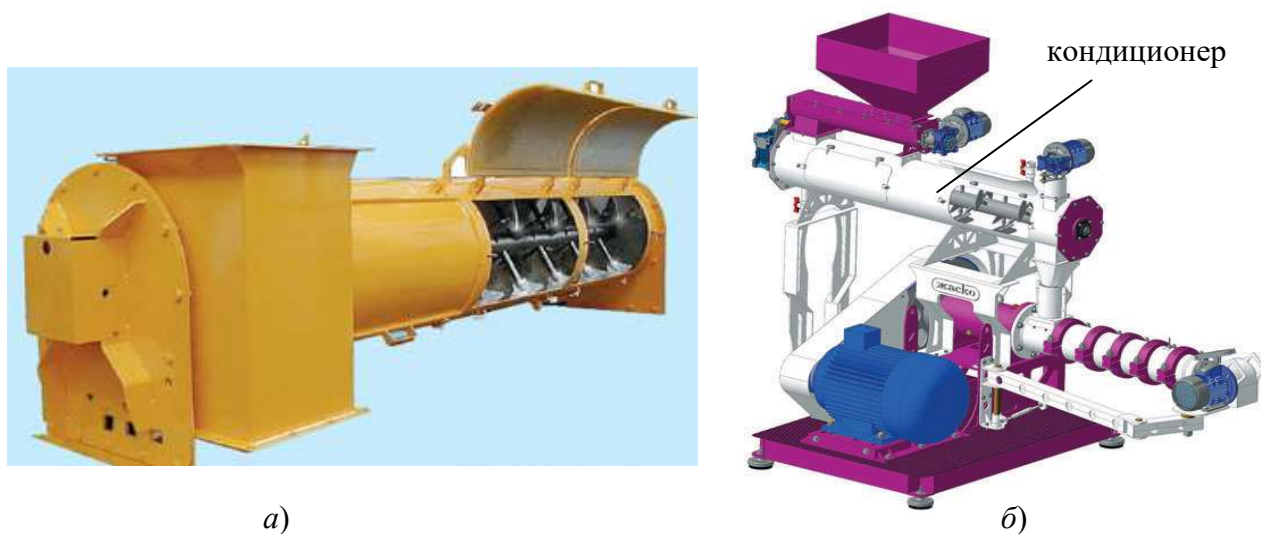


Рис. 3.54. Кондиционер (устройство для гидротермической обработки):  
а – самостоятельная машина; б – узел в составе экструдера



Кондиционер также может входить в состав линии гранулирования комбикормов как самостоятельная машина либо как узел в составе пресс-гранулятора (см. пп. 2.2 и 3.4.1).

Предварительный кондиционер представляет собой горизонтальный лопастной смеситель, в корпусе которого установлены устройства (форсунки) для подачи горячей воды или водяного пара. В процессе перемешивания происходит нагрев и увлажнение корма, что улучшает его пластичность.



Рис. 3.55. Смеситель-кондиционер МК «Amandus Kahl»

В качестве примера кондиционера представлен смеситель-кондиционер типа МК (рис. 3.55) фирмы «Amandus Kahl». Кондиционер фирмы «Amandus Kahl» имеет большой объем с оптимальным соотношением диаметра к длине смесительной камеры  $D / L$ . Кондиционер имеет регулируемые лопасти для изменения продолжительности выдержки продукта (рис. 3.56) и уровня наполнения смесительной камеры. Встроенный термодатчик служит для измерения температуры продукта, очистка зонда датчика осуществляется смешивающими лопастями.



Рис. 3.56. Регулируемые лопасти смесителя-кондиционера МК «Amandus Kahl»



Равномерное распределение подаваемых воды и пара поддерживается хорошим смешиванием продукта с помощью регулируемых лопастей кондиционера-смесителя.

Типоразмерный ряд смесителей-кондиционеров МК «Amandus Kahl» включает машины производительностью от 0,2 до 36 т/ч.

В случае когда предварительный кондиционер используется как узел в составе пресс-гранулятора или экструдера, он устанавливается над загрузочной горловиной соответствующей машины (см. рис. 3.54, б), так что увлажненный продукт немедленно поступает для дальнейшей обработки.

В России ОАО «ВНИИКП» разработан и выпускается кондиционер-смеситель ДСК-5 (рис. 3.57, табл. 3.17). Он обеспечивает увлажнение рассыпного комбикорма паром, нагрев его до температуры 65-80°C и передачу подготовленного продукта для дальнейшего экструдирования.

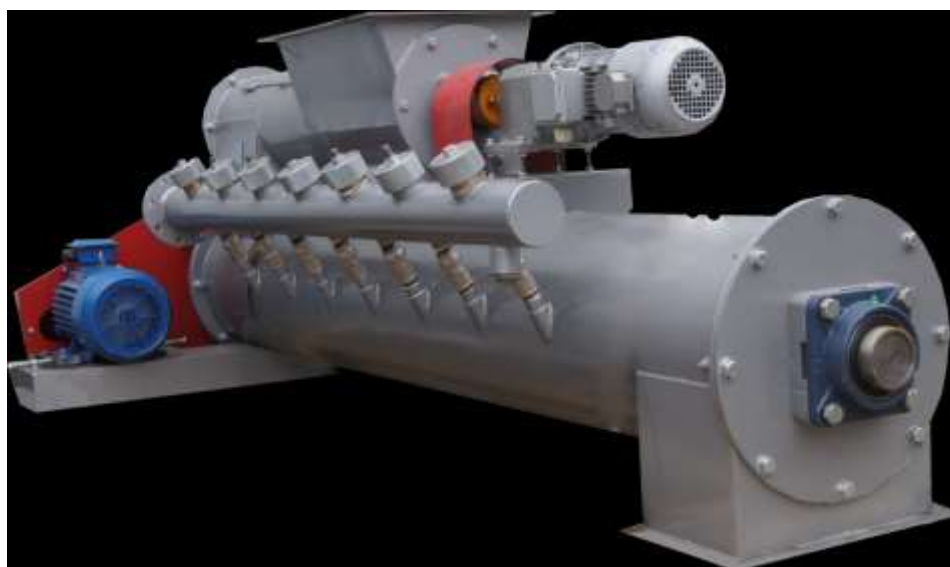


Рис. 3.57. Кондиционер-смеситель ДСК-5 «ВНИИКП»

Таблица 3.17

Техническая характеристика кондиционера-смесителя ДСК-5

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	5
Мощность электродвигателя, кВт	5,5
Расход пара, кг/ч	250
Рабочая температура, °С	65-80
Продолжительность обработки, с	30
Габариты, мм	3000×1130×690
Масса, кг	940

### 3.5.2. Одношнековые экструдеры

Экструдирование (экструзия) – это технология получения продуктов (экструдатов) путем образования из исходного сырья под действием высокой температуры и давления вязкого расплава и его последующего продавливания шнеком через формующее отверстие. Значительная часть растительного сырья, используемого в комбикормовой промышленности, может обрабатываться методом экструдирования.

Для экструдирования сырья применяют шнековую прессующую машину – экструдер (рис. 3.58). Экструдер состоит из привода, загрузочной воронки для сырья и цилиндрического корпуса, внутри которого в рабочей (экструзионной) камере располагается шнековый рабочий орган. В торце корпуса располагается головка (матрица) с фильерой – формующим отверстием.

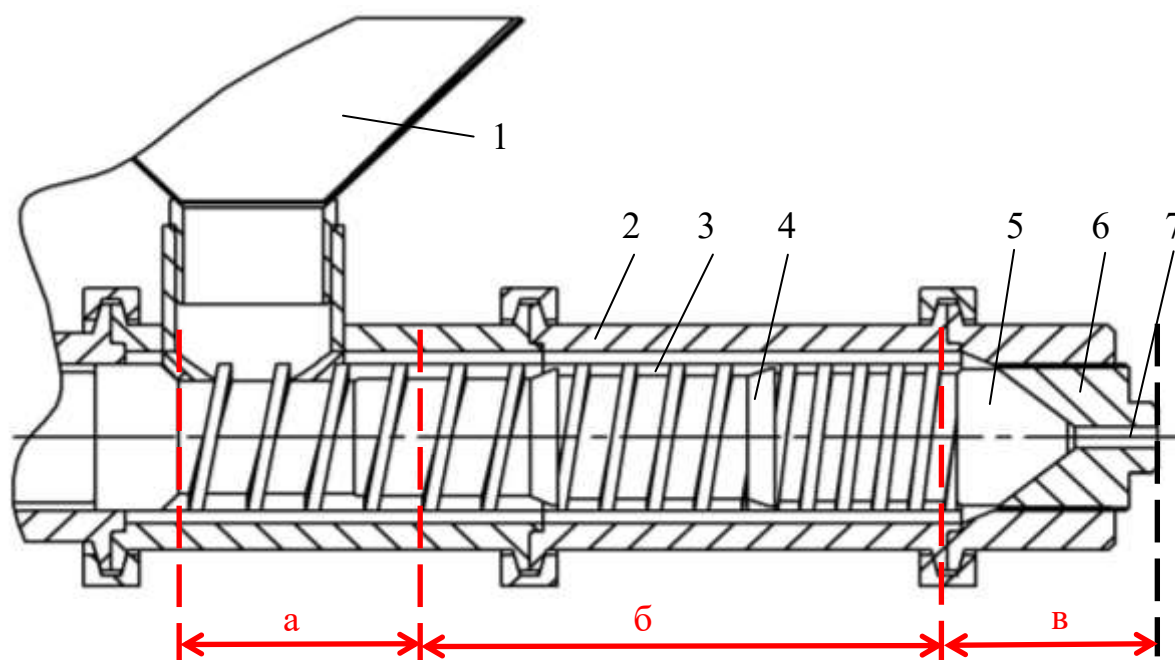


Рис. 3.58. Упрощенная схема одношнекового экструдера: *а* – зона смешивания (питания); *б* – зона уплотнения и плавления материала (пластификации); *в* – зона дозирования (структурообразования); 1 – загрузочная воронка; 2 – цилиндрический корпус; 3 – рабочая камера; 4 – шнек; 5 – предматричная зона; 6 – матрица (головка); 7 – фильера

Экструдированный продукт (растительное сырье или рассыпной комбикорм) через горловину загрузочной воронки поступает в рабочую (экструзионную) камеру и захватывается витками шнека. Частицы материала перемещаются в осевом направлении по винтовому каналу шнека, дополнительно перемешиваясь и измельчаясь. Эта зона рабочей

камеры экструдера называется зоной смешивания или зоной питания (зона *а* на рис. 3.58). Длина зоны питания (смешивания) составляет  $(2...10)D$ . Расход материала в этой зоне зависит от диаметра шнека  $D$ , глубины его нарезки и шага резьбы, повышаясь при их увеличении.

В ходе перемещения под действием давления (2-5 МПа), создаваемого шнеком, постепенно увеличивается давление материала, а под действием трения материала о витки шнека – его температура, в результате чего начинается процесс плавления (зона уплотнения и плавления материала). Эта зона рабочей камеры экструдера называется зоной уплотнения и плавления материала или зоной пластификации (зона *б* на рис. 3.58). В результате плавления материал превращается в вязкопластичную массу. Температура материала в зоне плавления достигает 40-60°C.

В зоне дозирования или структурообразования (зона *в* на рис.3.58) расплавленный материал гомогенизируется. Температура материала в зоне дозирования достигает 120-150°C. В конце этой зоны расплав представляет собой полностью гомогенную (однородную) массу. Расплав материала из предматричной камеры под давлением продавливается сквозь фильеру матрицы. При его выходе из матрицы под действием резкого изменения давления (от 15-25 МПа до атмосферного) происходит почти мгновенное испарение как свободной, так и части связанной влаги, и изменение физической структуры растительного материала, в частности резкое увеличение его объема и пористости, что приводит к окончательному формированию экструдата.

Для повышения пластичности продукта в процессе экструдирования его предварительно увлажняют и нагревают в кондиционере (см. п. 3.5.1). Помимо этого, продукт может увлажняться и нагреваться непосредственно в экструдере путем подачи горячей воды или пара в экструзионную камеру, а также подвода тепла к корпусу экструдера.

Изменяя параметры процесса экструдирования сырья, возможно широко варьировать свойства получаемого готового продукта.

Основной узел шнековых экструдеров – винтовой шнек. Это цилиндрический вал со сплошной винтовой поверхностью вдоль продольной оси, вращающийся внутри цилиндрического корпуса экструдера. По количеству шнеков экструдеры подразделяют на одношнековые, двухшнековые и многошнековые (червячные).

В комбикормовой промышленности применяют в основном одно- и двухшнековые экструдеры. Схема одной из конструкций одношнекового экструдера показана на рис. 3.59.

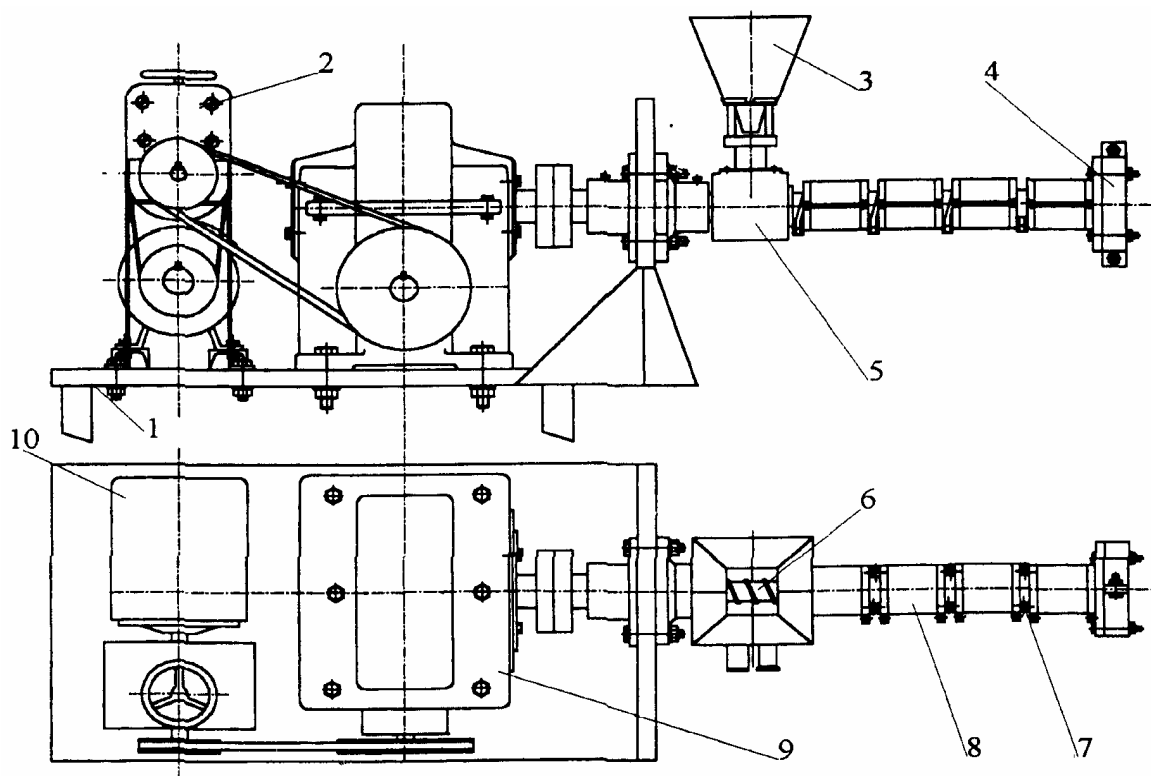


Рис. 3.59. Конструктивная схема одношнекового экструдера (по А.Н. Острикову [20]): 1 – станина; 2 – вариатор; 3 – загрузочный бункер; 4 – матрица; 5 – корпус; 6 – шнек; 7 – система охлаждения; 8 – электронагреватели; 9 – редуктор; 10 – электродвигатель

Экструдер состоит из электропривода, загрузочной воронки для сырья и цилиндрического корпуса, внутри которого в рабочей (экструзионной) камере располагается шнековый рабочий орган, устанавливаемый с минимальным зазором между ним и корпусом. В торце корпуса располагается головка (матрица) с фильерой – формующим отверстием. В конструкцию экструдера могут дополнительно входить нагревательные элементы, устройства для увлажнения сырья водой или паром, система охлаждения, измельчитель экструдата.

Шнек экструдера представляет собой цилиндр (трубу) с приваренной винтовой навивкой (рис. 3.60).



Рис. 3.60. Общий вид шнека экструдера

Шнеки экструдеров имеют различную конфигурацию (геометрический профиль), в частности используют шнеки с постоянным и переменным шагом витков (рис. 3.61).



Рис. 3.61. Виды шнеков экструдера (по Д.Р. Вагнеру)

В зависимости от вида и физического состояния перерабатываемого материала, требуемого качества готового экструдата выбирают подходящий геометрический профиль шнека. На рис. 3.62 в качестве примера показана схема шнека с переменной глубиной спирального канала (с переменной глубиной нарезки), а также приведены его геометрические параметры.

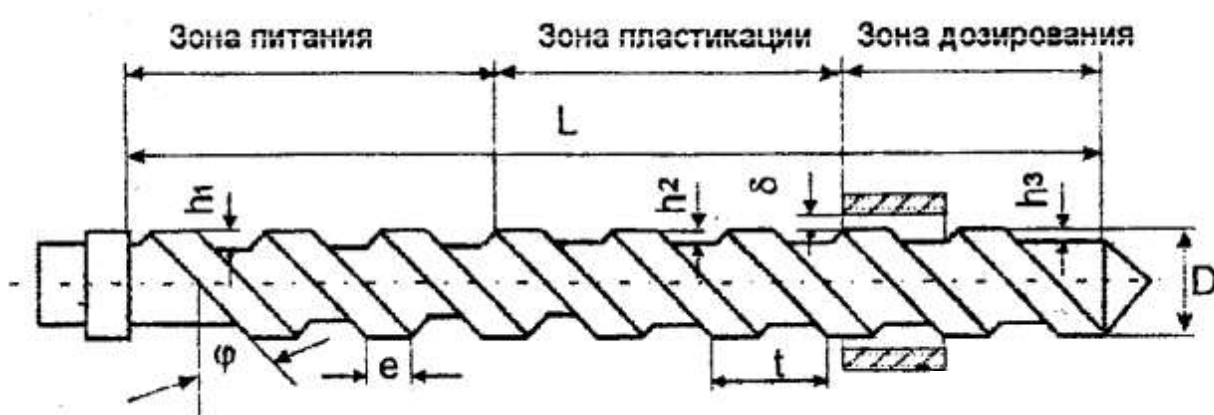


Рис. 3.62. Шнек экструдера (по Ю.И. Литвинец [15])

Основными геометрическими параметрами шнека экструдера (см. рис. 3.62) являются: диаметр  $D$ ; длина  $L$ ; шаг винтовой нарезки  $t$ ; глубина канала (глубина нарезки)  $h$ ; ширина гребня витка  $e$ ; величина



зазора между гребнем шнека и внутренней стенкой цилиндра  $\delta$ ; угол подъема винтовой линии нарезки шнека  $\varphi$ ; число заходов нарезки шнека  $\lambda$  (чаще всего  $\lambda = 1$ ) [16].

Диаметр шнеков экструдеров для переработки растительного сырья составляет от 20 до 200 мм. Обычно используют шнеки следующих диаметров: 20; 32; 45; 50; 52; 55; 60; 63; 90; 125; 160; 200 мм. Чем больше диаметр шнека, тем выше производительность экструдера.

Длина шнека  $L$  характеризуется ее отношением к его диаметру  $D$  ( $L/D = 8...40$ ). Короткошнековые экструдеры имеют соотношение  $L/D = 12...18$ , а длинношнековые –  $L/D > 30$  [14, 15]. Наиболее распространены экструдеры с отношением  $L/D = 20...25$ . Увеличение длины шнека  $L$  способствует образованию более гомогенного расплава материала, так как продолжительность воздействия на него шнека увеличивается [16].

Значения таких параметров шнека, как шаг винтовой нарезки  $t$  и ширина гребня витка  $e$  согласуются с его диаметром и, как правило, составляют  $t = D$ ,  $e = 0,1D$  [14].

Для шнеков с переменной глубиной винтовой нарезки различают глубину в начале  $h_1$  и в конце  $h_2$  шнека. Их отношение обычно составляет от  $1/2$  до  $1/3$ .

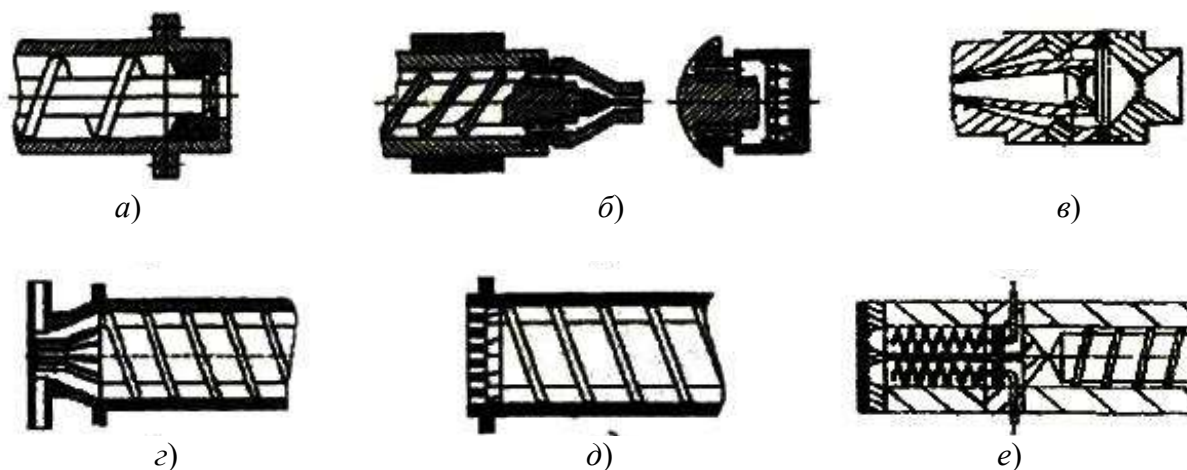


Рис. 3.63. Формующие головки (матрицы) экструдера [14]:

*a* – с одной фильерой; *б* – со сменными насадками; *в* – со вставкой;

*г* – с боковым расположением фильер; *д* – многофильерная;

*е* – с возможностью ввода дополнительных компонентов

Формующие головки (матрицы) экструдера имеют различную конструкцию (рис. 3.63). Они состоят из съемной головки с отверстиями различного сечения – фильерами. Фильеры матриц обычно состоят из цилиндрических формующих каналов и входных полостей перемен-

ного сечения, служащих для облегчения входа в формующий канал экструдируемого материала. Через фильеры матрицы осуществляется формование и выход продукта в форме непрерывного жгута. Располагается формующая головка в торце корпуса соосно с его шнеком.

Матрицы подразделяются по количеству (одно- и многофильерные) и форме сечения фильер (с постоянным – круглое, кольцевое, фигурное, прямоугольное и переменным сечением), по возможности регулирования расхода – регулируемые и нерегулируемые.

В производстве комбикормов наиболее распространены матрицы для получения экструдата в виде жгута (стренга) – круглое сечение фильеры или трубки – кольцевое сечение. В настоящее время в основном применяют матрицы, состоящие из металлической обоймы и сменных вставок.

Для получения зерновых и зернорастительных экструдатов оптимальной является конструкция матрицы (формующей головки), схема которой показана на рис. 3.64. Фильера этой матрицы выполнена в виде втулки, ввинчиваемой в корпус с помощью резьбы. Канал фильеры имеет переменное сечение и включает два участка: первый участок выполнен в форме сужающегося конуса, диаметр которого изменяется от размера, равного внутреннему диаметру рабочей зоны, до размера диаметра фильеры. Этот участок обеспечивает стабилизацию колебаний давлений в предматричной зоне и облегчает поступление в формующий канал экструдируемого материала. Второй участок с сечением постоянного диаметра является зоной повышенного давления.

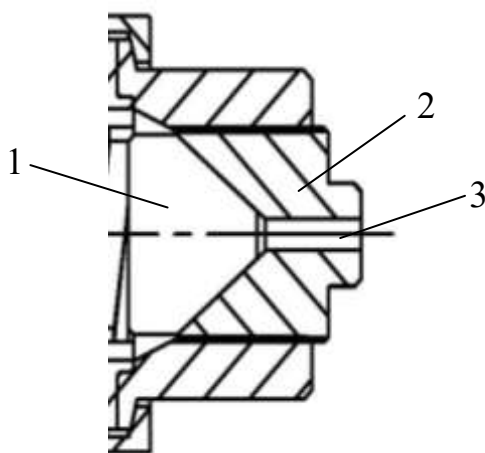


Рис. 3.64. Матрица (формующая головка) экструдера:  
1 – предматричная камера; 2 – матрица; 3 – фильера

Классификация одношнековых экструдеров по расположению и геометрическим параметрам шнека и корпуса приведена на рис. 3.65 [6].



Рис. 3.65. Классификация одношнековых экструдеров по расположению и геометрическим параметрам шнека и корпуса (по В.А. Бурцеву [6])

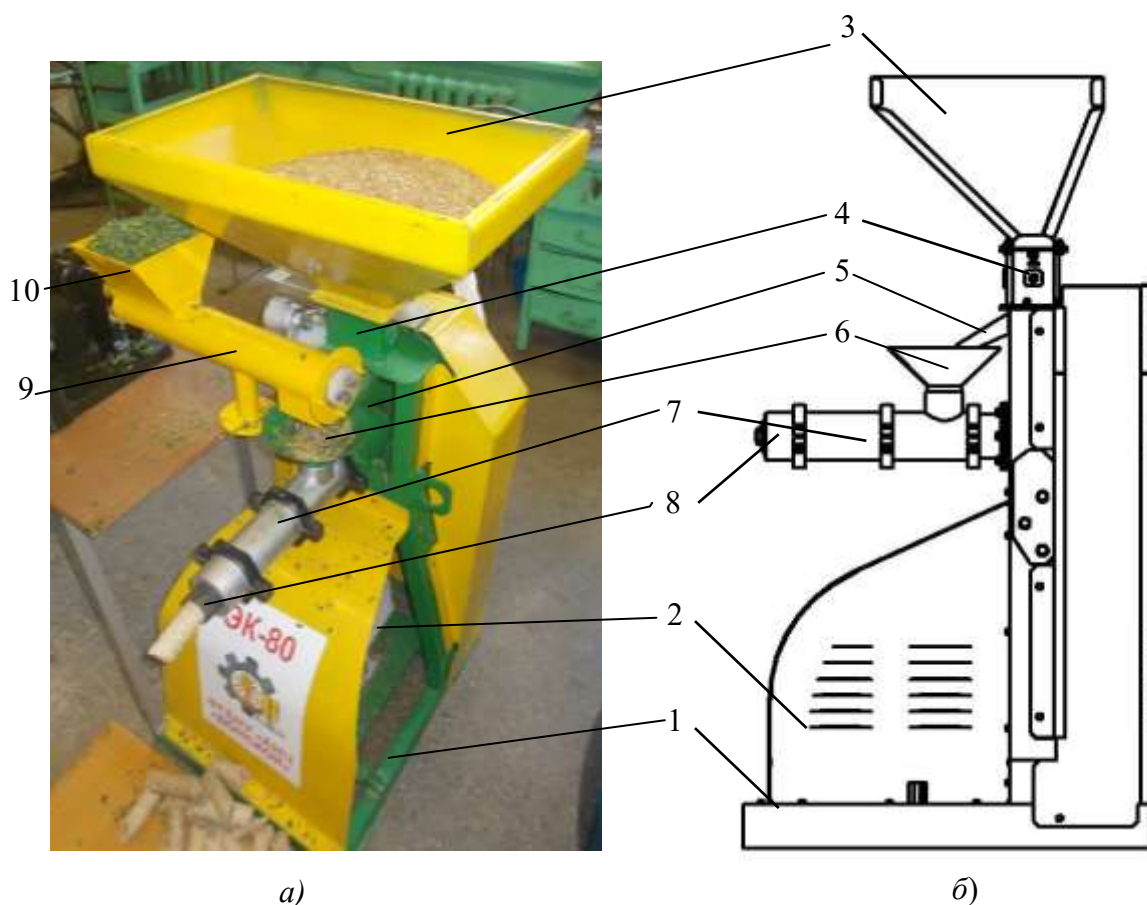


Рис. 3.66. Экструдер кормов ЭК-80 «АНЦ «Донской»: а – общий вид; б – конструктивная схема; 1 – станина; 2 – электропривод; 3 – загрузочный бункер для зерна; 4 – объемный дозатор; 5 – лоток; 6 – сборная воронка; 7 – корпус экструдера; 8 – матрица с фильерой; 9 – шнековый питатель; 10 – загрузочный бункер для зеленой массы

В качестве примера одношнекового экструдера рассмотрим экструдер ЭК-80. Экструдер кормов ЭК-80 (рис. 3.66, табл. 3.18), разработанный в «АНЦ «Донской», предназначен для получения высококачественных экструдированных кормов в результате переработки зерна, в том числе совместно с растительной зеленой массой. Для этого он снабжен устройством для дополнительного ввода и дозирования влаж-



ного растительного сырья, что позволяет производить совместное экструдирование двух видов сырья.

Таблица 3.18

Техническая характеристика экструдера кормов ЭК-80

Показатель	Значение
Производительность, кг/ч	80
Мощность электродвигателя, кВт	7,5
Вместимость бункера, м <sup>3</sup>	0,2
Рабочая температура, °С	до 124
Масса, кг	200
Габаритные размеры, мм	750×550×1400

ЭК-80 представляет собой «сухой» одношнековый экструдер с дозатором и загрузочным бункером. Экструдер включает станину, размещенный внутри нее привод, загрузочное устройство, содержащее загрузочный бункер с объемным дозатором, соединенный лотком со сборной воронкой. Сборная воронка посредством загрузочного канала соединена с расположенной в корпусе рабочей камерой экструдера. В корпусе размещен шнек, соединенный с приводом экструдера. В торце корпуса располагается матрица с фильерой.

Достоинствами экструдера ЭК-80 являются компактные размеры и простота эксплуатации.

Более мощный экструдер ПЭ-550УШ производительностью 500 кг/ч выпускает ОАО «Жаско» (рис. 3.67, табл. 3.19). Экструдер снабжен измельчителем экструдата, установленным непосредственно на корпусе после матрицы.

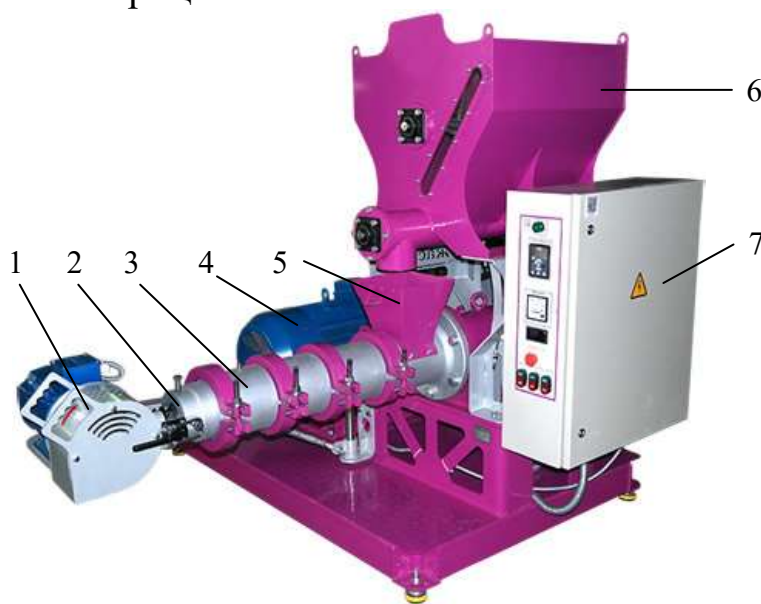


Рис. 3.67. Экструдер ПЭ-550УШ «Жаско»: 1 – измельчающий нож; 2 – матрица; 3 – корпус со шнеком; 4 – привод; 5 – загрузочная горловина; 6 – загрузочный бункер с дозатором; 7 – шкаф управления

Таблица 3.19

Техническая характеристика экструдера ПЭ-550УШ «Жаско»

Показатель	Значение
Производительность, кг/ч	500
Мощность электродвигателя, кВт	57,22
Рабочая температура, °С	115-170
Масса, кг	1500
Габаритные размеры, мм	2000×2115×1720

В случае приготовления экструдированного комбикорма по технологии с предварительным увлажнением (кондиционированием) рационально применение экструдера с входящим в его состав прекоондиционером, например экструдера ПЭ-900УШК «Жаско» (рис. 3.68, табл. 3.20).

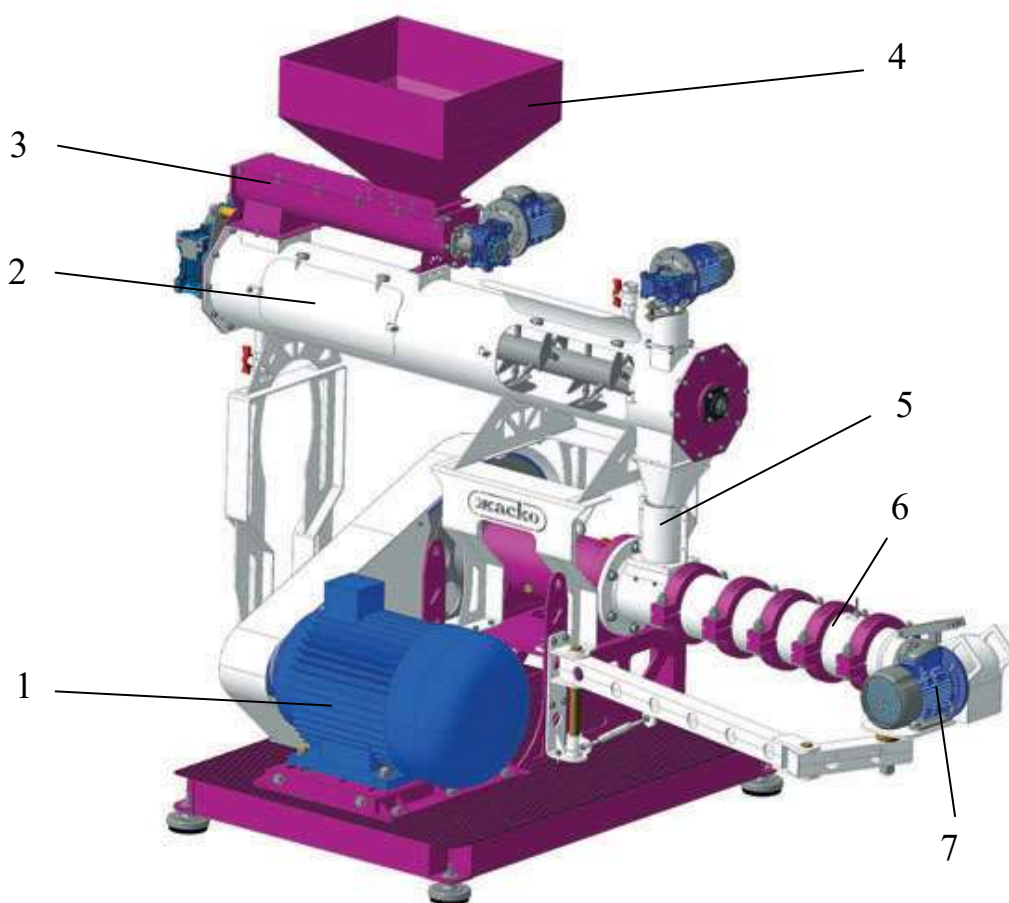


Рис. 3.68. Экструдер ПЭ-900УШК «Жаско»: 1 – привод;  
2 – кондиционер-пропариватель; 3 – дозатор; 4 – загрузочный бункер;  
5 – загрузочная горловина; 6 – корпус со шнеком; 7 – измельчающий нож

Таблица 3.20

## Техническая характеристика экструдера ПЭ-900УШК «Жаско»

Показатель	Значение
Производительность, кг/ч	1500
Мощность электродвигателя, кВт	97
Рабочая температура, °С	120-170
Расход пара, кг/ч	100
Масса, кг	2500
Габаритные размеры, мм	2800×2560×2550

Экструдер ПЭ-900УШК «Жаско» включает кондиционер-пропариватель, который нагревает и смягчает экструдруемый продукт водяным паром.

Одношнековые экструдеры просты в изготовлении, недороги, их изношенные рабочие органы поддаются восстановлению. Недостатками одношнековых экструдеров являются плохое смешивание сырья, отсутствие его принудительного транспортирования и самоочистки шнека [20]. В таких экструдерах часто возникают скачки давления из-за накопления материала в рабочей камере, а переход с одного вида сырья на другой осложнен тем, что рабочую камеру и шнек необходимо очищать, для чего нужно разбирать экструдер.

## 3.5.3. Расчет одношнекового экструдера

*Методика расчета основных конструктивно-режимных параметров одношнекового экструдера*

Предлагаемая методика расчета основных конструктивно-режимных параметров одношнекового экструдера дает возможность определить производительность экструдера, требуемую мощность его привода, а также конструктивные параметры шнекового рабочего органа [28].

Шаг винтовой навивки шнека экструдера  $S$  равен:

$$S = K_1 D,$$

где  $D$  – наружный диаметр шнека, м;  $K_1$  – коэффициент,  $K_1 = 0,7-0,8$ .

Угол подъема винтовой линии шнека на периферии вала, рад

$$\alpha_D = \arctg\left(\frac{S}{\pi D}\right).$$

Угол подъема винтовой линии шнека у поверхности вала

$$\alpha_d = \arctg\left(\frac{S}{\pi d}\right).$$

Принимаем среднеарифметический угол подъема винтовой линии шнека равным

$$\alpha_{cp} = 0,5(\alpha_D + \alpha_d), \text{ рад.}$$

Коэффициент отставания транспортируемого шнеком материала  $K_0$

$$K_0 = 1 - (\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5 \sin 2\alpha_{cp}).$$

Предельный диаметр вала шнека

$$d_{i\delta} = \frac{S}{\pi} \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $\operatorname{tg} \varphi = f$  – коэффициент внутреннего трения (продукты, обрабатываемые в шнековых экструдерах, обладают адгезией),  $f = 0,5-0,6$ ;  $\varphi$  – угол трения, град.

Диаметр вала шнека  $d$  всегда принимается больше  $d_{np}$ .

Наибольший изгибающий момент в последнем витке шнека по внутреннему контуру определяют с учетом максимального давления и отношения наружного диаметра шнека к диаметру его вала по формуле

$$M_u = \frac{p_{\max} D^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2 \ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}},$$

где  $p_{\max}$  – максимальное давление, МПа;  $a = D/d$  – отношение наружного диаметра шнека  $D$  к диаметру вала шнека  $d$ .

Толщина витка шнека

$$\delta_{\text{вт}} = \sqrt{\frac{6M_u}{[\sigma]}},$$

где  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение материала витка шнека при изгибе, Па.

Угловая скорость шнека определяется исходя из производительности нагнетателя  $R$ , его геометрических параметров и коэффициента отставания  $K_0$  по формуле [1]

$$\omega = \frac{R}{0,125(D^2 - d^2)(S - \sigma_{\text{вт}})(1 - K_0)\rho\psi},$$

где  $\rho$  – плотность экструдруемого материала, кг/м, при среднем давлении  $p = 0,5(p_0 + p_{\max})$ , Па;  $p_0$  – давление материала на входе в шнековую камеру, Па;  $\psi$  – коэффициент подачи, учитывающий степень заполнения межвиткового пространства шнека.

Площадь внутренней цилиндрической поверхности корпуса экструдера по длине одного шага

$$F_{\text{в}} = \pi D(S - \delta_{\text{вт}}).$$

Площадь поверхности витка шнека по длине одного шага

$$F_m = 0,08 \left( \pi DL - \pi dl + S^2 \ln \frac{D + 2L}{d + 2l} \right),$$

где  $L$  и  $l$  – длины винтовых линий, соответствующие диаметрам шнека и вала, м:

$$L = \sqrt{S^2 + (\pi D)^2} ;$$

$$l = \sqrt{S^2 + (\pi d)^2} .$$

Необходимо обеспечить выполнение условия работоспособности шнека  $F_e > F_m$ .

Крутящий момент на валу шнека равен

$$M_{кр} = 0,131 k p_{max} (D^3 - d^3) \operatorname{tg} \alpha_{cp},$$

где  $k$  – число рабочих витков шнека.

Осевая сила, действующая на вал шнека

$$S_{oc} = 0,392 k (D^2 - d^2) p_{max} .$$

Нормальные  $\sigma_{сж}$  и касательные  $\tau$  напряжения в опасном сечении вала шнека

$$\sigma_{сж} = \frac{S_{oc}}{F} ;$$

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} .$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения сплошного вала шнека, м<sup>2</sup>.

$$F = 0,25 \pi d^2 .$$

Полярный момент сопротивления сплошного вала шнека

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} .$$

Эквивалентное напряжение  $\sigma_{экв}$  для сплошного вала

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_{сж}^2 + 4\tau^2} .$$

Необходимо проверить условие прочности вала шнека  $\sigma_{экв} < [\sigma]$ , где  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение материала вала, Па.

Мощность, затрачиваемая на привод шнека экструдера

$$N = \frac{10^{-3} M_{кр} \omega}{\eta_{np}} , \quad (3.10)$$

где  $\eta_{np}$  – КПД привода экструдера.

При установившемся режиме работы экструдера величина потребляемой мощности является показателем стабильности процесса экструдирования.

Номинальная мощность двигателя привода экструдера  $N_{\text{дв}}$  должна быть выше рассчитанной по формуле (3.10) на величину КПД  $\eta_{\text{пр}} = 0,4 \dots 0,6$ , чтобы компенсировать возникающие в процессе работы потери на преодоление трения, на механические потери в самом приводе и др. [9].

### *Рабочие характеристики экструдера*

Важнейшими технологическими параметрами оборудования для экструдирования являются рабочие (расходно-напорные) характеристики нагнетающего органа – шнека и формирующего органа – матрицы экструдера, представляющие собой зависимости объемного расхода экструдированного материала от перепада давления в рабочей камере экструдера (рис. 3.69).

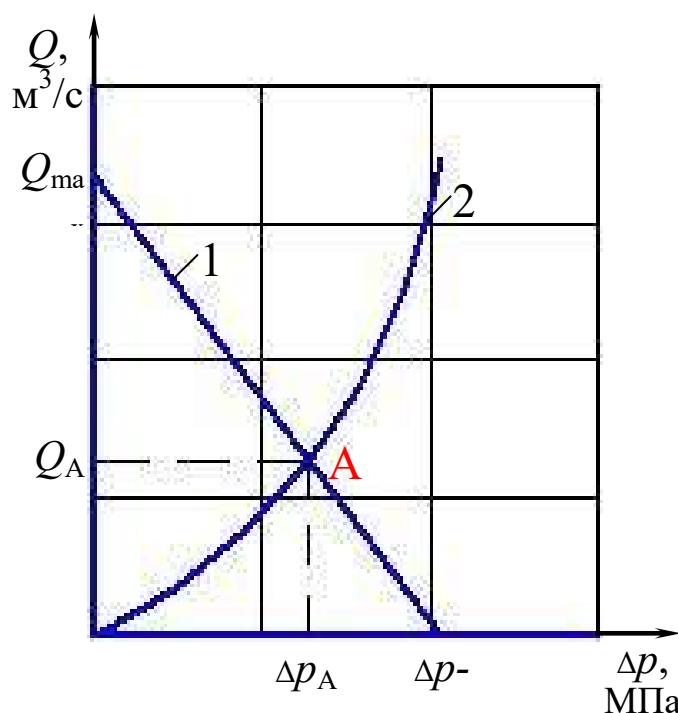


Рис. 3.69. Рабочие (расходно-напорные) характеристики рабочих органов экструдера: 1 – шнека; 2 – матрицы

Расходно-напорная характеристика шнека экструдера 1 представляет собой зависимость создаваемого им расхода материала  $Q$  от перепада давления на выходе матрицы  $\Delta p$  [19]. Расходно-напорная характе-

ристика шнекового нагнетателя является убывающей, так как при отсутствии противодействия ( $\Delta p = 0$ ) в рабочей камере имеется только вынужденный поток материала и производительность шнека при этом максимальна. Расходно-напорная характеристика матрицы экструдера 2 представляет собой зависимость расхода материала через отверстия матрицы от давления в предматричной зоне.

Для получения рабочей характеристики определяется максимальный расход расплава экструдата при вынужденном течении  $Q$ , соответствующий  $\Delta p = 0$ , и максимальный перепад давления, создаваемый экструдером  $\Delta p$  при закрытом выходе матрицы  $Q = 0$  [19]. Дополнительные точки рабочей характеристики шнека можно определить, подставив в уравнение числовые значения перепада давления, меньшие максимального:

$$Q = \frac{1}{2} \pi n D_b \cos \vartheta_b W (H - \delta_b) F_d - \frac{W H^3}{12 \mu} \frac{\Delta p}{L} F_p \sin \vartheta, \quad (3.11)$$

где  $n$  – частота вращения шнека,  $\text{с}^{-1}$ ;  $D_b$  – внутренний диаметр цилиндра, м;  $\vartheta_b$  – угол подъема винтового канала на наружном диаметре, град;  $W$  – ширина винтового канала, м;  $H$  – глубина винтового канала, м;  $\delta_b$  – радиальный зазор между гребнем винтовой нарезки и внутренней поверхностью корпуса экструдера, м;  $F_d$  – коэффициент формы для вынужденного потока;  $\vartheta$  – средний угол подъема винтового канала шнека,  $\vartheta = (\vartheta_b + \vartheta_s)/2$ , град;  $\vartheta_s$  – угол подъема винтового канала у сердечника шнека, град;  $\mu$  – динамическая вязкость расплава экструдата,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ ;  $L$  – длина шнека вдоль оси,  $L = kS$ , м;  $k$  – число витков шнека;  $S$  – шаг нарезки шнека, м;  $F_p$  – коэффициент формы для потока материала под давлением.

Из критериального уравнения

$$E_u = 1,425 \cdot 10^{-2} \text{Re}^{-1,583}$$

находим величину перепада давления расплава экструдата в предматричной зоне экструдера:

$$\Delta p = E_u \rho v^2,$$

где  $E_u$  – критерий Эйлера;  $R_e$  – критерий Рейнольдса;  $\rho$  – плотность расплава экструдата,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $v$  – средняя скорость движения расплава экструдата по каналу матрицы,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$$v = \frac{4Q}{\pi d_M^2};$$

$d_M$  – диаметр проходного отверстия матрицы (фильеры), м.

По уравнению (3.11) для нескольких значений  $Q$  определяется перепад давления, создаваемый экструдером. Рабочая точка экструдера А находится на пересечении характеристик шнека и матрицы. Также графически определяются координаты рабочей точки  $Q_A$  и  $p_A$ .

*Расчет геометрии шнека экструдера  
и частоты его вращения*

Ю.И. Литвинец предложен метод расчета геометрии, т.е. размеров и формы рабочих поверхностей шнека экструдера и частоты его вращения [15, 16]. Геометрические параметры шнека экструдера наглядно показаны на рис. 3.62. Согласно этому методу в качестве исходного параметра для расчета принимается заданный диаметр шнека  $D$ . Его можно ориентировочно рассчитать по соотношению (мм):

$$D = 2,5 \sqrt{\frac{Q}{0,68}},$$

где  $Q$  – объемная производительность, мм<sup>3</sup>/с.

Полученное значение диаметра  $D$  округляют до ближайшего большего числа из стандартного ряда диаметров шнеков. После выбора диаметра и отношения  $L/D$  переходят к определению остальных параметров шнека.

Шаг нарезки  $t$  и глубина витка  $h$  существенно влияют на производительность шнековой машины. Размер шага витка в зоне питания зависит от коэффициента трения материала о шнек и внутреннюю поверхность корпуса экструдера. Для идеального шнека оптимальным углом наклона нарезки является угол 45°, соответствующий шагу  $h = \pi D$  [1].

В действительности значения коэффициента трения экструдированного материала о шнек находятся в пределах 0,3...0,6. Например, величина коэффициента трения 0,5 соответствует углу наклона нарезки шнека 19°, т.е. шагу  $t = 1,1D$ . Для зоны питания шнека рекомендуется принимать шаг нарезки от 0,7 до 1,5 $D$ .

Для зоны пластификации оптимальным является угол наклона нарезки в 30°, что соответствует шагу нарезки 1,8 $D$ , но эта величина является избыточной, так как известно, что шнеки с большим шагом и большой глубиной очень чувствительны к изменению вязкости, давления и температуры обрабатываемого материала. На практике шаг винтовой нарезки  $t$  рекомендуется принимать постоянным по всей длине шнека [1]:

$$t = (0,8...1,2)D.$$



Обычно шаг принимается равным диаметру шнека, т. е.  $t = D$ , что соответствует углу подъема винтового канала  $17^\circ 42'$ . При этом обеспечивается не только высокая пропускная способность экструдера, но и значительно упрощается технология изготовления шнека.

Для обеспечения высоких степеней сжатия экструдированного сырья могут применяться шнеки с переменным по длине шагом нарезки. В этом случае глубина винтового канала шнеков  $h$  принимается равной:

в зоне питания (смешивания)

$$h_1 = (0,12 \dots 0,16)D;$$

в зоне пластификации

$$h_2 = h_1 - \frac{h_1 - h_3}{L}(L - L_H),$$

где  $L$  – длина шнека, см;  $L_H$  – длина напорной части шнека, см,  
 $L_H = (0,4 \dots 0,6)L$ ;

в зоне дозирования

$$h_3 = 0,5 \left( D - \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{i}(D - h_1)} \right),$$

где  $i$  – степень сжатия экструдированного материала, для растительных материалов составляет  $1 \dots 3$ .

При выборе толщины витка  $e$  (ширины гребня) шнека необходимо учитывать, что увеличение значения этого параметра приводит к повышению расхода мощности привода, а его уменьшение – к появлению существенного потока утечки через зазор между внутренней поверхностью корпуса экструдера и наружной поверхностью витка шнека, направленного противоположно основному (прямому) потоку материала. Ширину гребня витка шнека рекомендуется принимать равной  $e = (0,06 \dots 0,1)D$ . Меньшие значения принимаются для диаметров шнека более 125 мм, большие  $\delta$  – для диаметров менее 125 мм [9, 16].

Радиальный зазор между внутренней поверхностью корпуса экструдера и наружной поверхностью витка его шнека рекомендуется принимать равным  $\delta = (0,002 \dots 0,005)D$  [9, 16]. При этом меньшие значения данного параметра принимаются для больших величин диаметров шнеков.

### *Расчет производительности матрицы экструдера*

Согласно З.А. Кудрявцевой [12] упрощенный аналитический расчет производительности матрицы (формующей головки) экструдера  $Q_m$  можно производить по формуле

$$Q_m = \alpha KN / (K + \beta + \gamma),$$

где  $\alpha, \beta, \gamma$  – постоянные прямого и обратного потоков материала и потока утечек,  $\text{м}^3$ ;  $K$  – коэффициент сопротивления матрицы,  $\text{м}^3$ ;  $N$  – частота вращения шнека,  $\text{с}^{-1}$ .

Основной геометрической характеристикой матрицы (формирующей головки) шнекового экструдера является ее общий коэффициент сопротивления  $K$ . Коэффициент сопротивления матрицы  $K$  можно рассчитать как сумму сопротивлений отдельных участков (каналов) различного профиля, исходя из уравнения [12, 14]:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_n}},$$

где  $K_1, K_2 \dots K_n$  – коэффициенты сопротивления каждого отдельного участка матрицы,  $\text{м}^3$ ;  $n$  – число участков матрицы.

При расчете коэффициента  $K$  матрица (головка) условно разбивается на участки, выделяемые по конфигурации ее каналов, после чего для каждого участка определяется частный коэффициент сопротивления.

В частности, для цилиндрического канала матрицы (круглое поперечное сечение) коэффициент сопротивления определяется по формуле [16]

$$K = \frac{\pi d^4}{128L},$$

где  $d$  – диаметр канала матрицы, м;  $L$  – длина канала матрицы, м.

Коэффициент сопротивления для канала конической формы (круглое поперечное сечение) определяется по формуле [15]

$$K = \frac{3\pi D^3 d^3}{128L(D^2 + Dd + d^2)},$$

где  $D, d$  – наибольший и наименьший диаметры усеченного конуса канала матрицы, м.

Для кольцевого цилиндрического канала [16]:

$$K = \frac{\pi}{8L} \left( R_H - R_B - \frac{(R_H^2 - R_B^2)^2}{\ln \frac{R_H}{R_B}} \right),$$

где  $R_H, R_B$  – наружный и внутренний радиусы кольца, м.

### 3.5.4. Двухшнековые экструдеры

При производстве комбикормов, сырье для которых требует особенно тщательного перемешивания, в частности при приготовлении кормов для аквакультуры, используют двухшнековые экструдеры (рис. 3.70). Они обеспечивают получение экструдатов высокого качества.

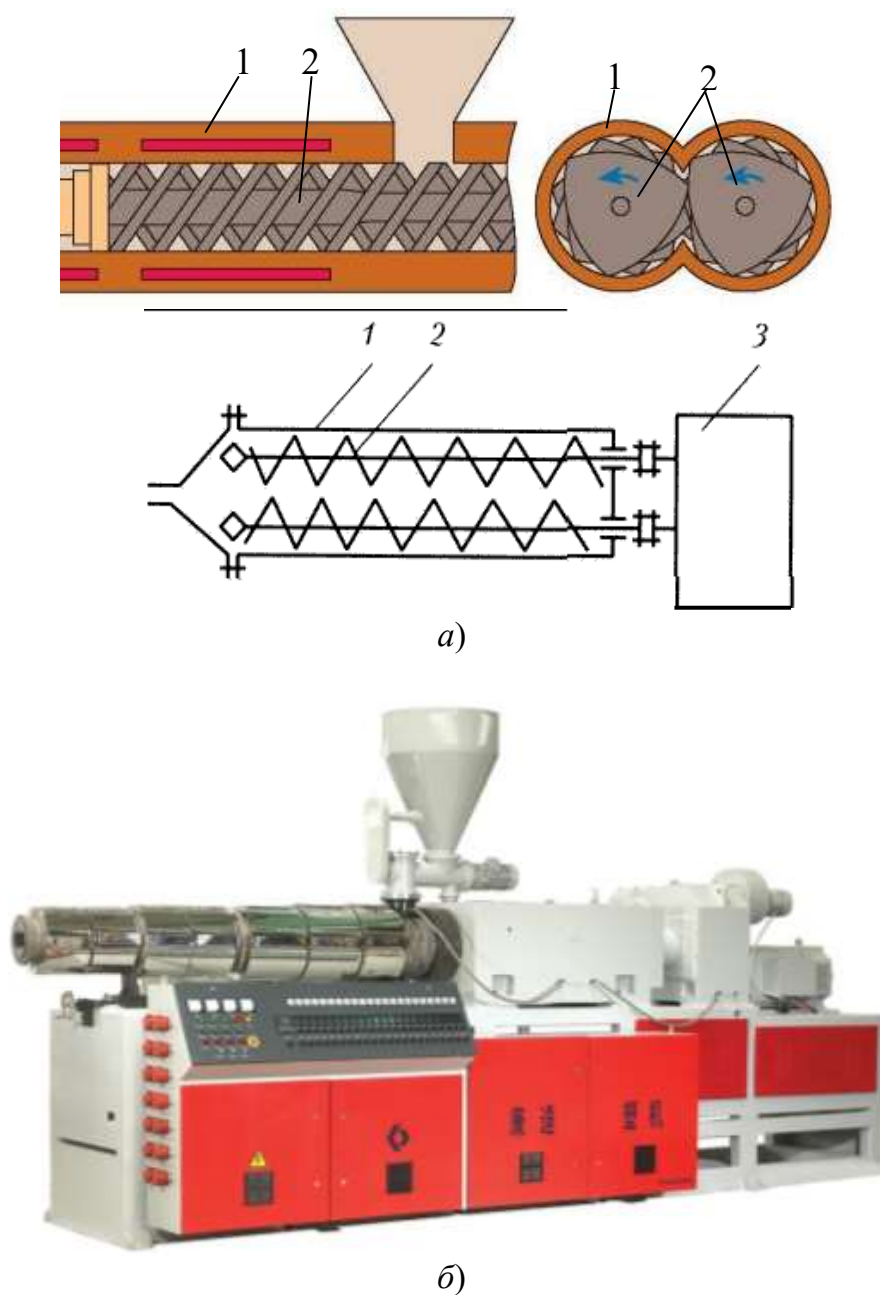


Рис. 3.70. Двухшнековый экструдер: а – схема: 1 – корпус; 2 – шнек; 3 – привод;  
б – общий вид

Два одинаковых шнека, вращающихся в одном или противоположных направлениях, размещаются в одном корпусе и продавливают материал через одну общую матрицу. Винтовой канал каждого из зацепляющихся шнеков разделяется на С-образные камеры гребнями витков сопряженного шнека, между которыми ввиду малой величины боковых зазоров обмен материала не происходит.

Наиболее распространены двухшнековые экструдеры со шнеками полного зацепления, вращающимися в одном направлении, при этом гребни винтовой наживки одного шнека взаимодействуют с впадинами другого.

Зацепляющиеся шнеки являются самоочищающимися, что позволяет избежать прилипания и пригорания экструдированного материала к шнеку и поверхности корпуса экструдера. Эти негативные явления характерны для одношнековых экструдеров и отчасти двухшнековых экструдеров с незацепляющимися шнеками и приводят к загрязнению и пульсациям экструдата на выходе из фильер, а также осложняют демонтаж экструдера и его очистку.

Для двухшнекового экструдера с зацепляющимися шнеками оптимальной является форма корпуса, при которой его стенки в поперечном разрезе имеют форму восьмерки (рис. 3.71) [6]. Степень взаимного зацепления шнеков в таком корпусе зависит от расстояния между их осями  $C$ . Ее можно выразить отношением  $C_L/D$ , обычно  $C_L/D = 0,7 \dots 0,9$ .

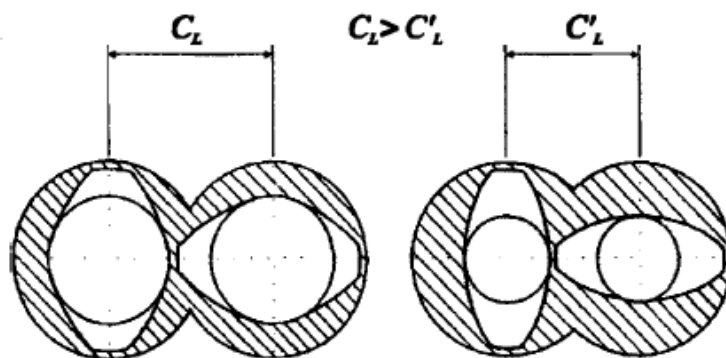


Рис. 3.71. Поперечное сечение корпуса двухшнекового экструдера с зацепляющимися шнеками (по В.А. Бурцеву [6])

Двухшнековые экструдеры со шнеками, не находящимися во взаимном зацеплении, имеют перед одношнековыми преимущество в лучшем перемешивании. В двухшнековых самоочищающихся экструдерах

дерах реже возникают подъемы давления, так как не происходит накопление материала в рабочей камере.

Благодаря использованию в конструкции экструдера двух параллельно работающих шнеков удается достичь максимально эффективного смешивания материала до состояния полностью гомогенной массы.

Преимуществами двухшнековых экструдеров являются также точное объемное дозирование, лучшее перемешивание материала, самоочистка шнеков, а также способность перерабатывать растительное сырье с высоким содержанием жиров и сахаров. Их недостатками являются высокое энергопотребление (на 30-50% выше, чем у одношнековых экструдеров) и стоимость (на 50-60% выше, чем у одношнековых), а также более быстрый износ шнеков.

Классификация двухшнековых экструдеров по В.А. Бурцеву [6] приведена на рис. 3.72.

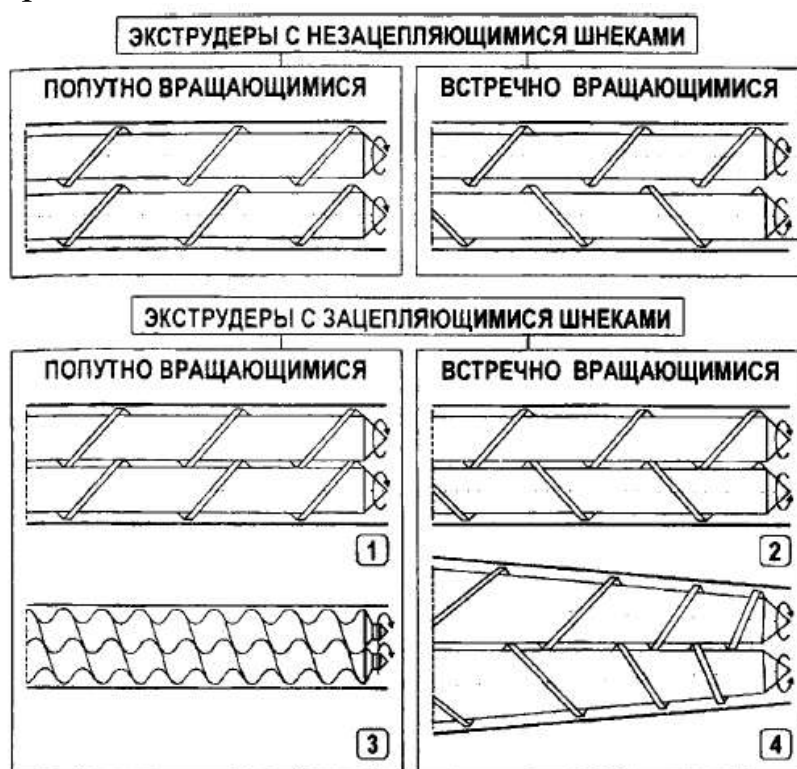


Рис. 3.72. Классификация двухшнековых экструдеров по расположению и геометрическим параметрам шнека и корпуса (по В.А. Бурцеву [6])

Двухшнековые экструдеры широко применяются для экструдирования комбикормов для домашних животных, а также комбикормов для аквакультуры. Двухшнековый экструдер, по сравнению с одношнековыми, позволяет обрабатывать сырье со значительно более высоким содержанием жира (до 25%), обеспечивает более высокую однородность продукта по форме и размеру, лучшую консистенцию и позволяет вы-

рабатывать корма для рыб с малым размером гранул (от 0,8 до 2 мм в диаметре).

В ДГТУ разработан двухшнековый экструдер с зацепляющимися шнеками (рис. 3.73, табл. 3.21) для приготовления комбикормов для рыб.

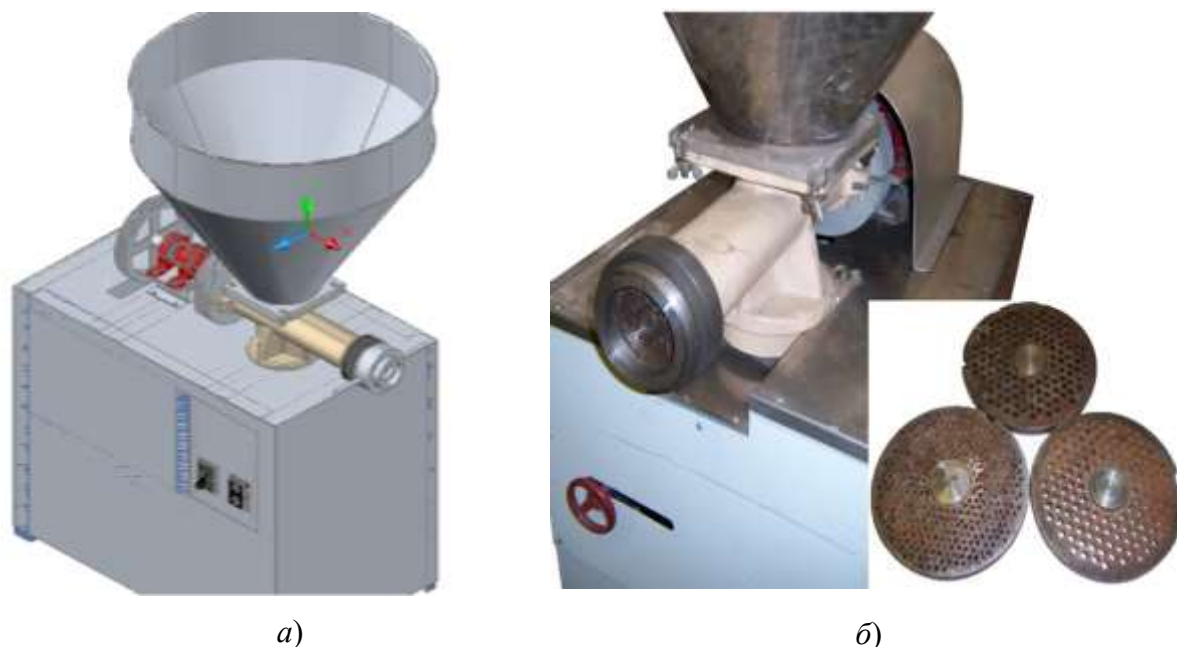


Рис. 3.73. Двухшнековый экструдер ДГТУ  
а – трехмерная модель; б – общий вид

Таблица 3.21

Технические характеристики двухшнекового экструдера ДГТУ

Наименование показателя	Значение
Производительность, кг/г	до 100
Рабочее давление, МПа	до 1,5
Число оборотов шнека, мин <sup>-1</sup>	100-200
Диаметр отверстий матриц, мм	2; 3,6; 6; 8,4; 10
Габариты, мм	1650×980×760
Масса, кг	360
Электродвигатель:	
число оборотов, мин <sup>-1</sup>	1500
мощность, кВт	2,2

Экструдер ДГТУ состоит из приемного устройства, корпуса с двумя шнеками с перекрывающимися витками, матрицы и приводной станции, смонтированных на общей сварной раме. Приемное устройство состоит из приемного конуса, который позволяет легко доставлять материал к рабочему органу машины, и рассекаателя, равномерно распределяющего материал между двумя шнеками.

Отличительной особенностью двухшнекового экструдера ДГТУ является матрица с формой сечения отверстий переменного радиуса, позволяющей обеспечить постоянную пропускную способность.

Двухшнековый экструдер POLYtwin (рис. 3.74, табл. 3.22) фирмы «Buhler», благодаря модульной конструкции, отличается особой гибкостью применения. Он может оптимальным образом обрабатывать комбикорма для рыб и домашних животных. Высокая производственная безопасность достигается благодаря прочному автоматическому шнековому выталкивателю.



Рис. 3.74. Двухшнековый экструдер POLYtwin «Buhler»

Таблица 3.22

Технические характеристики двухшнековых экструдеров POLYtwin

Наименование	Диаметр шнека, мм	Производительность, кг/ч	Мощность, кВт
POLYtwinTM 42	42	50 – 450	110
POLYtwinTM 62	62	150 – 1400	200
POLYtwinTM 93	93	500 – 4500	630
POLYtwinTM 125	125	1000 – 8000	710
POLYtwinTM 175	175	2000 – 18000	900

Конструкция корпуса экструдера POLYtwin по принципу «скорлупы» обеспечивает преимущества: он отличается механической прочностью, устойчивостью к износу и эффективно поддерживает равномерную температуру. Отношение длины корпуса к диаметру шнека  $L/D = 4:1$ .



### 3.5.5. Расчет двухшнекового экструдера

Методика инженерного расчета параметров двухшнекового экструдера [28] позволяет определить разность давлений на входе и выходе из матрицы  $\Delta p$ , частоту вращения шнеков  $n$ , мощность, затрачиваемую на привод шнеков  $N$ . Исходными данными служат требуемая плотность экструдата  $\rho$  и требуемая производительность экструдера  $Q$ .

На рис. 3.75 представлена расчетная схема шнека экструдера.

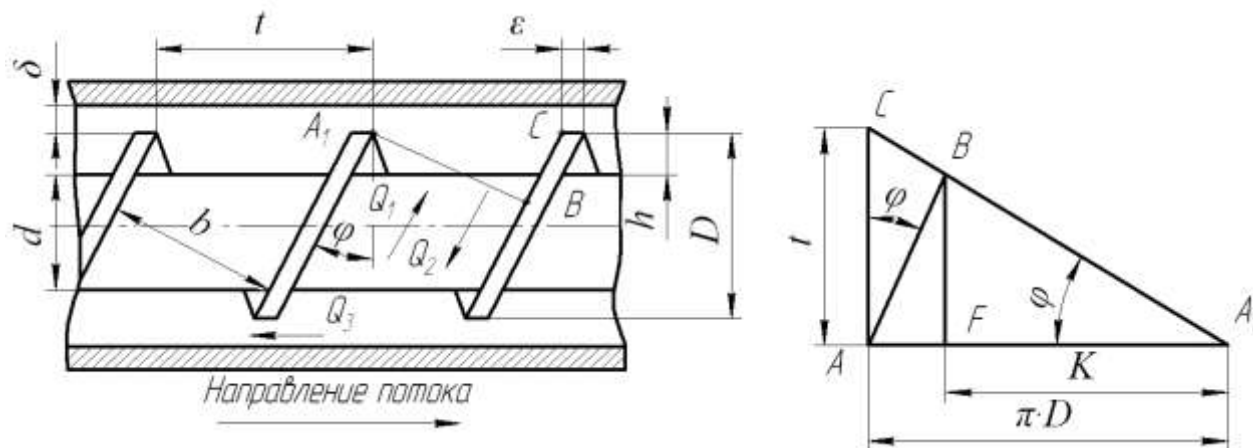


Рис. 3.75. Расчетная схема шнека экструдера

Для расчета производительности двухшнекового экструдера используется формула:

$$Q = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot h \cdot (t - \varepsilon) \cdot \cos^2 \varphi}{120} - \frac{h^3 \cdot (t - \varepsilon) \cdot \sin 2\varphi}{24 \cdot \eta \cdot L} \cdot \Delta p,$$

где  $Q$  – производительность двухшнекового экструдера, кг/ч;  $D$  – диаметр шнека, м;  $n$  – частота вращения шнеков,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $h$  – глубина нарезки шнека, м;  $t$  – шаг между витками шнека, м;  $\varepsilon$  – толщина витка шнека, м;  $\varphi$  – угол наклона винтовой линии, град;  $\eta$  – вязкость, Па·с;  $L$  – длина шнека от входной зоны комбикормовой смеси до отверстий матрицы, м;  $\Delta p$  – разность давлений на входе и на выходе из отверстия матрицы, Па.

В технике при расчете шнековых машин используется следующая зависимость между кинематической вязкостью и плотностью материала:

$$\rho = \frac{\eta_0}{\eta_k},$$

где  $\rho$  – плотность экструдруемого материала,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\eta_0$  – динамическая вязкость экструдруемого материала, Па·с;  $\eta_k$  – кинематическая вязкость экструдруемого материала,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Целесообразно применить двухшнековую схему экструдера. При этом, используя два шнека, учитывая, что диаметр одного шнека  $D = 60$  мм, из конструктивных соображений принимаем: глубина нарезки шнека  $h = 20$  мм; шаг между витками шнека  $t = 60$  мм; толщина витка шнека  $\varepsilon = 15$  мм; угол наклона винтовой линии  $\varphi = 30^\circ$  и длина шнека  $L = 600$  мм.

Далее, зная скорость движения экструдруемого материала, находим частоту вращения шнека экструдера по следующему выражению:

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D \cdot \cos \varphi}.$$

Этот расчет справедлив для одношnekовых экструдеров, для расчета двухшnekовых нужно учитывать зону перекрытия шнеков (в числовом значении следует увеличить производительность на 80%).

Для расчета производительности матрицы максимальной пропускной способности используется формула

$$Q = \frac{S_1}{\pi \cdot (R + \frac{\delta_1}{2})^2} \cdot \frac{\Delta p}{\eta \cdot l} \cdot (R^2 - l^2 - r^2) \cdot \pi \cdot R^2,$$

где  $Q$  – производительность матрицы экструдера, кг/ч;  $S_1$  – используемая площадь матрицы, м<sup>2</sup>;  $R$  – входной радиус отверстия матрицы, м;  $\delta_1$  – расстояние между двумя отверстиями матрицы, м;  $\Delta p$  – разность давлений на входе и на выходе из отверстия матрицы, Па;  $\eta$  – вязкость, Па·с;  $l$  – длина канала матрицы, м;  $r$  – выходной радиус отверстия матрицы, м.

Уравнения для определения мощности, затрачиваемой на процесс экструдирования, можно получить исходя из следующей формулы:

$$N = M_{кр} \cdot \omega, \quad (3.12)$$

где  $N$  – мощность, затрачиваемая на экструдирование материала в двухшnekовом экструдере, кВт;  $M_{кр}$  – крутящий момент шнека экструдера, Н·м;  $\omega$  – угловая скорость шнека, с<sup>-1</sup>.

Крутящий момент шнека экструдера определяется по формуле

$$M_{кр} = \frac{p \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \varphi}{2},$$

где  $M_{кр}$  – крутящий момент шнека, Нм;  $p$  – давление в каждом витке шнека вдоль оси камеры двухшnekового экструдера (давление между витками шнека), Па;  $\varphi$  – угол наклона винтовой

линии шнека, град;  $D$  – диаметр шнека, м;  $h$  – глубина нарезки шнека, м.

Угловая скорость шнека определяется по формуле

$$\omega = \frac{v}{R},$$

где  $v$  – линейная скорость, м/с;  $R$  – радиус шнека, м.

Определим производительность матрицы двухшнекового экструдера и рациональное количество отверстий в ней при заданном диаметре.

Используемая площадь матрицы вычисляется исходя из «отступа от края» (рис. 3.76):

$$K_m = \frac{S_1}{\pi \cdot \left(R + \frac{\delta_1}{2}\right)^2}, \quad (3.13)$$

где  $K_m$  – количество отверстий в матрице;  $S_1$  – используемая площадь матрицы, м<sup>2</sup>;  $R$  – входной радиус отверстия, м;  $\delta_1$  – расстояние между двумя отверстиями, м.

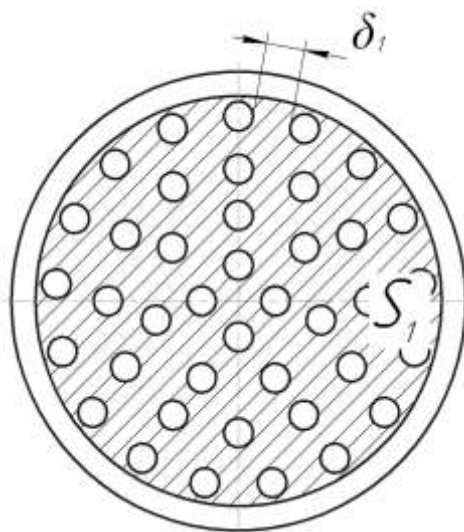


Рис. 3.76. Схема матрицы двухшнекового экструдера

Производительность (расход материала) через одно отверстие матрицы определим по формуле

$$Q_{отв} = v \cdot S_{отв}.$$

Объемная производительность (расход материала) через одну фильеру:

$$Q_{отв} = \frac{\Delta p}{\eta \cdot l} \cdot (R^2 - l^2 - r^2) \cdot \pi \cdot R^2. \quad (3.14)$$

Тогда объемная производительность (расход материала) через матрицу определяется по формуле

$$Q_m = K_m \cdot Q_{отв} \quad (3.15)$$

Подставляем выражения (3.13) и (3.14) в (3.15) и получаем:

$$Q_m = \frac{S_1}{\pi \cdot (R + \frac{\delta_1}{2})^2} \cdot \frac{\Delta p_0}{\eta \cdot l} \cdot (R^2 - l^2 - r^2) \cdot \pi \cdot R^2$$

Расчет мощности двухшнекового экструдера является наиболее ответственным, так как он связан с рациональным выбором привода и экономичным расходом электроэнергии.

Крутящий момент каждого витка шнека экструдера определяется исходя из условия равномерного распределения давления по всему его сечению. В этом случае на каждую элементарную площадку винтовой поверхности шнека действует сила осевого сопротивления.

Для определения сопротивления движению вязких материалов по винтовым каналам шнека к каждому элементарному кольцу винтовой поверхности витка шнека необходимо приложить элементарный момент усилия:

$$dM = 2 \cdot \pi \cdot p \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \psi^2 \cdot d\psi = p \cdot t \cdot \psi \cdot d\psi,$$

где  $dM$  – элементарный момент усилия;  $p$  – давление в каждом витке шнека вдоль оси камеры двухшнекового экструдера (давление между витками шнека), Па;  $\varphi$  – угол наклона винтовой линии, град;  $\psi$  – радиус кривизны шнека, м;  $t$  – шаг между витками шнека, м.

Отсюда крутящий момент витка шнека:

$$M_{кр} = p \cdot t \cdot \int_{\psi_{\min}=0,5d}^{\psi_{\max}=0,5D} \psi \cdot d\psi = \frac{p \cdot t \cdot (D^2 - d^2)}{8}, \quad (3.16)$$

где  $D$  – диаметр шнека, м;  $d$  – диаметр вала шнека, м.

Формулу (3.16) можно представить в другом виде:

$$M_{кр} = \frac{p \cdot S_b \cdot D \cdot \operatorname{tg} \varphi}{2} \approx \frac{p \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \varphi}{2},$$

где  $S_b = \pi \cdot D \cdot h$  – площадь сечения витка шнека, м<sup>2</sup>;  $S_b = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$  при малой высоте витков  $h$ , см.

Максимальный удерживающий момент экструдированного материала на внутренней поверхности цилиндрического корпуса двухшнекового экструдера в пределах каждого витка шнека:

$$M_{y\partial} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot t \cdot \tau}{2}, \quad (3.17)$$

где  $\tau$  – предельное напряжение сдвига экструдированного материала, Па.

Максимальное давление, создаваемое каждым витком шнека, можно определить из равенства крутящего и удерживающего моментов:

$$M_{кр} = M_{y\partial},$$

Угловая скорость является псевдовектором, направление которого зависит от направления вращения, и определяется по правилу правого винта по формуле

$$\omega = \frac{v}{R}, \quad (3.18)$$

где  $v$  – линейная скорость, м/с;  $R$  – радиус шнека, м.

Подставляя выражения (3.17) и (3.18) в (3.12), получим уравнение мощности привода экструдера, учитывающее реологические свойства экструдированного материала:

$$N = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot t \cdot \tau \cdot v}{2 \cdot R}. \quad (3.19)$$

С учетом вязкости экструдированного материала уравнение (3.19) примет вид

$$N = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot t \cdot \mu \cdot \left( \dot{\gamma} \right)^{n-1} \cdot v}{2 \cdot R},$$

где  $D$  – диаметр шнека, м;  $t$  – шаг между витками шнека, м;  $\dot{\gamma}$  – скорость деформации, с<sup>-1</sup>;  $\mu$  – коэффициент консистенции материала, Па·с<sup>n</sup>;  $n$  – индекс течения;  $v$  – линейная скорость, м/с;  $R$  – радиус шнека, м.

### 3.5.6. Экспандеры

Специалистами фирмы «Amandus Kahl» разработана технология обработки комбикорма, получившая название *экспандирование*. Отличие процесса экспандирования от экструдирования заключается в более кратковременном (до 5 с) воздействии на продукт более высокого давления (до 40 бар) при более низкой, чем при экструдировании, температуре – 90-140°C (рис. 3.77, а). На выходе из экспандера в результате резкого падения давления происходит мгновенное испарение содержащейся в продукте влаги (рис. 3.77, б), поэтому экспандированный комбикорм не требует сушки.

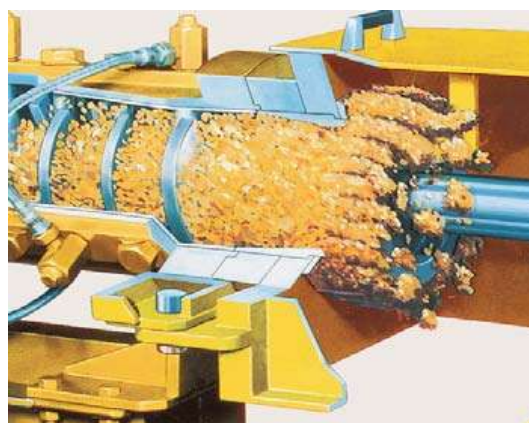
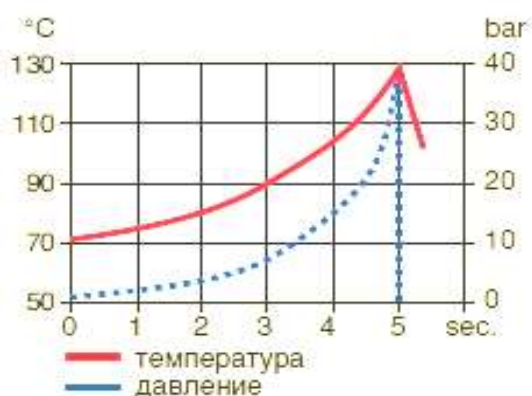


Рис. 3.77. Процесс экспандирования комбикорма:

а – график изменения давления и температуры;

б – изменение структуры комбикорма на выходе из экспандера

В ходе технологического процесса после экспандирования комбикорм обычно измельчают и гранулируют.

Экспандированный комбикорм в форме крупки хорошо усваивается организмом животных. Также он имеет меньшую плотность, чем рассыпной или гранулированный, и высокую влагопоглощательную способность, что позволяет вводить в него жидкие компоненты (меласса, жиры) в количестве до 20%.

Удельный расход энергии на экспандирование в 1,2-1,5 раза меньше, чем при экструдировании.

Конструкция экспандера сходна с конструкцией экструдера, но у него нет матрицы. Продукт выходит через регулируемый кольцевой зазор в торце корпуса.

Конструктивная схема экспандера приведена на рис. 3.78. Экспандер состоит из привода 1, вала 2 с навивкой 3, толстостенного цилиндрического корпуса 4, разделенного на загрузочную горловину 5, камеру смешивания 6, рабочую камеру 7 и выгрузную горловину 8.

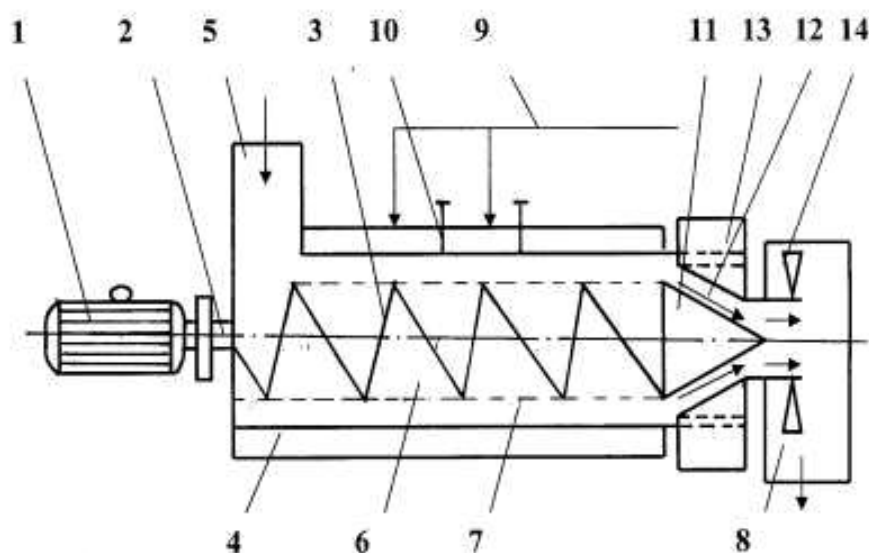


Рис. 3.78. Конструктивная схема экспандера [26]:

- 1 – электропривод; 2 – вал; 3 – навивка шнека; 4 – цилиндрический корпус;  
 5 – загрузочная горловина; 6 – камера смешивания; 7 – рабочая камера;  
 8 – выгрузная горловина; 9 – форсунки для ввода пара и жидких добавок;  
 10 – стопорные болты; 11 – конус; 12 – регулируемый кольцевой зазор;  
 13 – регулировочная гайка; 14 – формователь

В камере смешивания в корпусе установлены форсунки 9 для ввода в рабочую камеру пара и жидких добавок (масло, меласса и др.), а в рабочей камере размещены стопорные болты 10.

На выходе из экспандера находится конус 11, образующий с корпусом 4 регулируемый кольцевой зазор 12. Температура и давление в экспандере регулируются перемещением стопорных болтов 10 и изменением ширины кольцевого зазора регулировочной гайки 13.

В качестве примера рассмотрим конструкцию экспандера ОЕ (рис. 3.79) фирмы «Amandus Kahl».

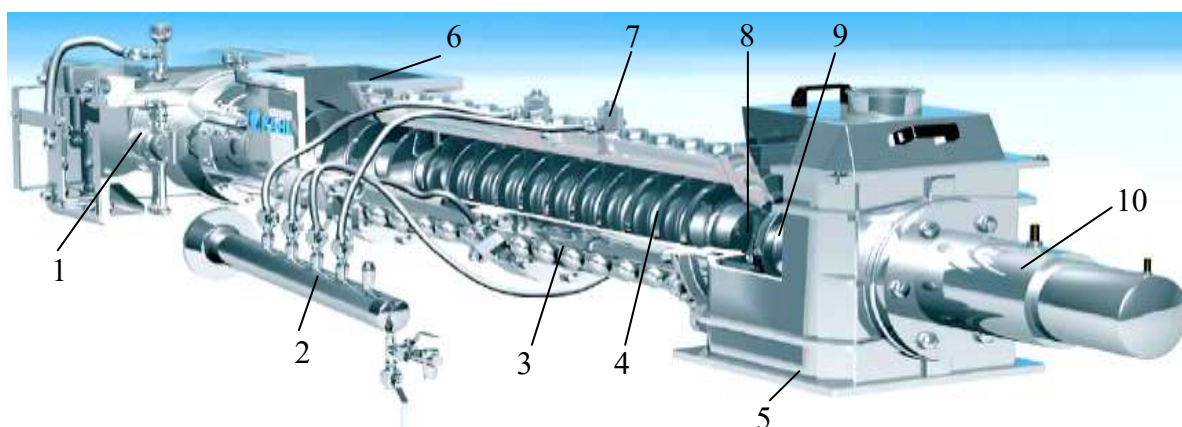


Рис. 3.79. Экспандер ОЕ «Amandus Kahl»:

- 1 – привод; 2 – парораспределитель; 3 – корпус; 4 – шнек;  
 5 – выпускная горловина; 6 – загрузочная горловина; 7 – форсунка;  
 8 – кольцевой зазор; 9 – конусный поршень; 10 – шток гидроцилиндра



Экспандер ОЕ включает загрузочный бункер и цилиндрический корпус, внутри которого размещается шнековый вал. Внутри корпуса имеются изнашиваемые сменные детали – стопорные болты, которые тормозят движение продукта, вызывая его нагрев и повышение давления. Из парораспределителя через форсунки внутрь корпуса подается пар.

В торце корпуса экспандера имеется выпускное кольцо, зазор в котором регулируется перемещением конического поршня, благодаря чему можно изменять давление внутри корпуса в диапазоне от 0 до 50 бар. Поршень перемещается штоком гидравлического цилиндра.

Производительность различных моделей экспандеров ОЕ составляет от 2 до 60 т/ч (рис. 3.80), установленная мощность от 30 до 600 кВт, диаметр шнека от 150 до 450 мм при его длине от 1900 до 3000 мм.



Рис. 3.80. Экспандер ОЕ «Amandus Kahl» (общий вид)

В России ОАО «ВНИИКП» разработан экспандер ДЭК-5 (рис. 3.81, табл. 3.23).



Рис. 3.81. Экспандер ДЭК-5 «ВНИИКП»

Таблица 3.23

## Техническая характеристика экспандера ДЭК-5

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	5
Мощность электродвигателя, кВт	132
Кольцевой зазор, мм	7-12
Температура продукта на выходе, °С	90-105
Время обработки, с	4-5
Габаритные размеры, мм	3200×2760×2000
Масса, кг	4500

Экспандер ДЭК-5 обеспечивает дополнительную тепловую обработку комбикорма за счет трения и прохождения его через регулируемый кольцевой зазор, получение обеззараженного корма и передачу экспандата на измельчение.

Экспандер кормов ЭК-75 (рис. 3.82, табл. 3.24), разработанный и выпускаемый «АНЦ «Донской», предназначен для получения высококачественных экспандированных комбикормов на малых внутрихозяйственных предприятиях. Он обеспечивает снижение энергопотребления, высокую сохранность каротина при вводе растительной массы, дезактивацию антипитательных веществ, патогенной микрофлоры и плесневых грибов, повышение усвояемости кормов.



Рис. 3.82. Экспандер ЭК-75 «АНЦ «Донской»

Таблица 3.24

## Техническая характеристика экспандера ЭК-75

Показатель	Значение
Производительность, кг/ч	75-80
Мощность электродвигателя, кВт	3
Вместимость бункера, м <sup>3</sup>	0,2
Рабочая температура, °С	до 104
Масса, кг	120

## 3.5.7. Охладители экструдата

Поскольку процесс экструдирования комбикорма проводится при повышенной влажности продукта, то экструдат необходимо высушить, а затем охладить. Температура экструдата после сушки составляет 50-60 °С, поэтому требуется его охлаждение до температуры 20-30 °С.

Для охлаждения частиц (гранул) экструдированного комбикорма на крупных предприятиях применяют вертикальные охладители. Их конструкция сходна с конструкцией охладителей гранул комбикорма, описанных в п. 3.4.2.

Противоточный охладитель DFKG (рис. 3.83) компании «Buhler» применяется для эффективного охлаждения горячих и влажных гранул экструдата до температуры окружающей среды.



Рис. 3.83. Противоточный охладитель экструдата DFKG «Buhler»

В охладителе DFKG применяется принцип противоточного охлаждения, поэтому он нуждается лишь в небольшом удельном количестве воздуха. Полный охлаждающий эффект достигается и при частичном заполнении охладителя. Коническая форма перфорированного днища и почти круглая форма охладителя гарантируют равномерное распределение воздуха по всему объему и тем самым равномерное охлаждение всех гранул.

Метод противоточного охлаждения не допускает прямого притока холодного воздуха на горячие гранулы. Это предотвращает разрушение структуры поверхности и тем самым обеспечивает высокое качество кормовых гранул. При охлаждении гранул температура снижается до безопасного значения, тем самым предупреждая образование конденсата и плесени на продукте. Кроме того, возрастает твердость гранул. Это облегчает как последующую транспортировку, так и хранение гранул.

Конструктивное исполнение охладителя позволяет выполнять полное его опорожнение. Таким образом, устраняется опасность заражения комбикорма болезнетворными микроорганизмами через остатки продукта.

Для охлаждения экструдата на небольших предприятиях рационально применять горизонтальные охладители.

В качестве примера горизонтальных охладителей экструдата приведены охладители ОЭ-0,5 и ОЭ-1/1 «Жаско» (рис. 3.84, табл. 3.25).



Рис. 3.84. Горизонтальные охладители экструдата ОЭ «Жаско»:  
а – охладитель ОЭ-0,5; б – охладитель ОЭ-1/1

Таблица 3.25

**Техническая характеристика горизонтальных охладителей  
экструдата ОЭ «Жаско»**

Показатель	Значение	
	ОЭ-0,5	ОЭ-1/1
Производительность, кг/ч	500	1000
Мощность электродвигателя, кВт	0,55	3
Габаритные размеры, мм	1200×2950×2150	1260×3700×1530
Масса, кг	450	650

Более мощные горизонтальные охладители экструдата ОХ производительностью 1,5 и 2,5 т/ч выпускает ОАО «Доза-Агро» (рис. 3.85, табл. 3.26).



Рис. 3.85. Горизонтальный охладитель экструдата ОХ «Доза-Агро»

Таблица 3.26

**Техническая характеристика горизонтальных охладителей  
экструдата ОХ «Доза-Агро»**

Показатель	Значение	
	ОХ-1500	ОХ-2500
Производительность, кг/ч	1500	2500
Мощность электродвигателя, кВт	3	3,7
Масса, кг	700	1100

На раме охладителя ОХ, представляющей собой сборную стальную конструкцию, установлены мотор-редуктор и корпус.

Корпус охладителя разборный, выполнен из стального листа, состоит из двух полусфер и трех торцевых крышек, соединяемых при помощи болтов. Корпус имеет выгрузочное устройство, загрузочное устройство и устройство для присоединения воздуховода. Крышка сборной конструкции служит для забора воздуха в корпус охладителя.



Внутри корпуса охладителя находится вал, на котором расположено 30 лопастей, вкрученных во втулки. Лопасти предназначены для перемешивания и продвижения продукта и могут менять угол наклона в зависимости от объема экструдированного продукта для выбора оптимального времени прохождения продукта через охладитель. Охладитель ОХ комплектуется вытяжным вентилятором.

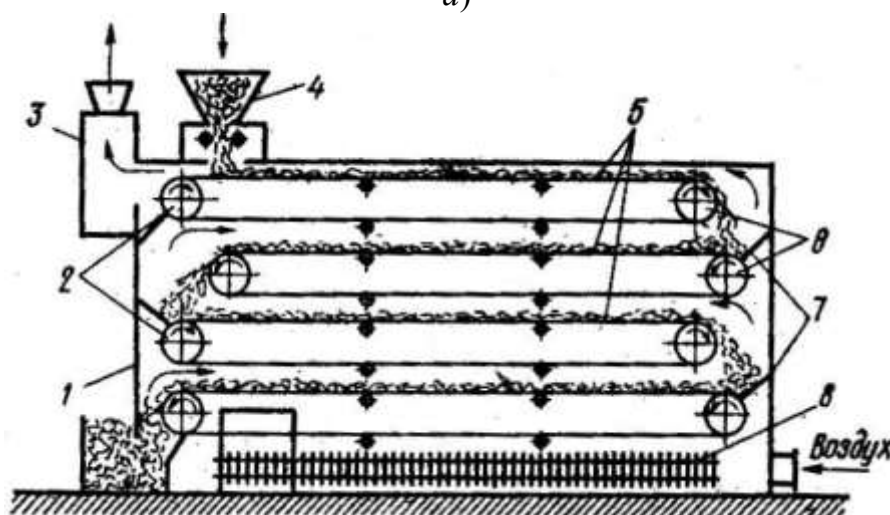
Запуск охладителя ОХ производится с пульта управления. При запуске охладителя включаются одновременно мотор-редуктор, приводящий в движение вал с лопастями, и вентилятор, выполняющий функцию отвода горячего воздуха.

### 3.5.8. Сушильные установки

Для сушки влажных гранул экструдированного комбикорма применяют ленточные (конвейерные) туннельные сушилки (рис. 3.86).



а)



б)

Рис. 3.86. Ленточная (конвейерная) сушилка: а – общий вид; б – схема;

1 – корпус; 2 – ведомые барабаны;

3 – вентилятор; 4 – загрузочная воронка; 5 – бесконечная лента;

6 – ведущие барабаны; 7 – перегородки; 8 – калорифер

Внутри сушильной установки продукт распределяется распределительным устройством по непрерывно движущейся сетчатой ленте ленточного транспортера, который размещен внутри изолированного секционного корпуса (туннеля сушки). Толщина слоя продукта составляет от 100 до 200 мм. Сушка производится нагретым воздухом (сушильным агентом), подогреваемым в нагревательном устройстве (калорифере) до температуры 95-150°C. В качестве источника тепла чаще всего используются электрические нагреватели, газовые горелки для прямого нагрева либо паровые теплообменники.

По всей длине туннеля проходит канал подачи горячего воздуха, распределяемого в каждой секции. Регулировка объема подачи сушильного агента производится заслонками. В нижней части туннеля расположен канал отвода отработанного сушильного агента. Объем удаляемого вместе с водяным паром сушильного агента также регулируется заслонками. Все промежуточные секции сушилки оснащены циркуляционными вентиляторами. Скорость движения ленты регулируется.

Во время сушки продукт сверху продувается горячим воздухом, который затем проходит сквозь перфорацию ленты. При этом происходит процесс испарения воды из сырья, т.е. процесс сушки. Водяной пар смешивается с потоком воздуха, который при этом охлаждается.

Для сушки экструдированного комбикорма на крупных заводах применяются многоступенчатые ленточные сушилки (двух и трехуровневые), в качестве примера которых приведена сушилка AeroDry фирмы «Buhler» (рис. 3.87).

Многоступенчатые (многоленточные) ленточные сушилки снабжены конвейерами, расположенными друг над другом, чтобы достичь максимальной мощности на минимальной производственной площади установки.

В многоступенчатых сушилках сушильный агент движется перпендикулярно плоскости ленты сквозь находящийся на ней слой материала. При пересыпании материала с ленты на ленту увеличивается поверхность его соприкосновения с сушильным агентом, что способствует возрастанию скорости и равномерности сушки.

Высокое качество продукта достигается за счет оптимального температурного режима и равномерной подачи воздуха. В многоступенчатой ленточной сушилке температура отдельно регулируется в каждой зоне, а воздушный поток изменяется таким образом, чтобы способ термической обработки отвечал потребностям клиента и достигался максимальный теплообмен. Конструкция сушилки позволяет получить





Рис. 3.87. Многоступенчатая ленточная сушилка  
AeroDry «Buhler»

партию продукта одинакового качества. Благодаря тому, что корм проходит обработку несколько раз, слой продукта можно сделать более глубоким для увеличения продолжительности обработки и достижения эффективного и равномерного высыхания. Равномерный воздушный поток с разделением на две камеры позволяет достичь равномерности содержания влаги в комбикорме.

### ***Контрольные вопросы***

1. Для чего необходим кондиционер-смеситель?
2. Как устроен одношнековый экструдер?
3. В чем состоит процесс экструдирования комбикорма?
4. Перечислите основные геометрические параметры шнека экструдера.
5. Для чего необходима и как устроена матрица экструдера?
6. Каковы достоинства и недостатки одношнековых экструдеров?
7. По какой формуле определяют крутящий момент на валу шнека экструдера?
8. Что такое рабочие (расходно-напорные) характеристики экструдера?
9. Как устроен двухшнековый экструдер?
10. По какой формуле определяют производительность двухшнекового экструдера?
11. Чем экспандер отличается от экструдера?
12. Как устроены охладители экструдата?
13. Какие машины применяют для сушки экструдированного комбикорма?

### **3.6. Оборудование для ввода жидкого сырья в состав комбикормов**

#### **3.6.1. Установки для ввода жидкого сырья при смешивании компонентов**

В процессе производства комбикормов в их состав вводят не только сухие, но и жидкие компоненты: растительные масла, растительные и животные жиры, а также антиоксиданты, усилители вкуса, красители, улучшители, ароматизаторы, аминокислоты.

В рассыпные комбикорма для сельскохозяйственных животных вводят до 5% жидкого сырья (растительное масло, жир) [5], в гранулированные комбикорма для сельскохозяйственных животных – до 10% (меласса, жиры), в экструдированные комбикорма для кошек и собак – до 20% (животный жир, растительные масла, усилители вкуса, микроингредиенты), в экструдированные комбикорма для рыб – до 30-35% (рыбий жир, красители, микроингредиенты).

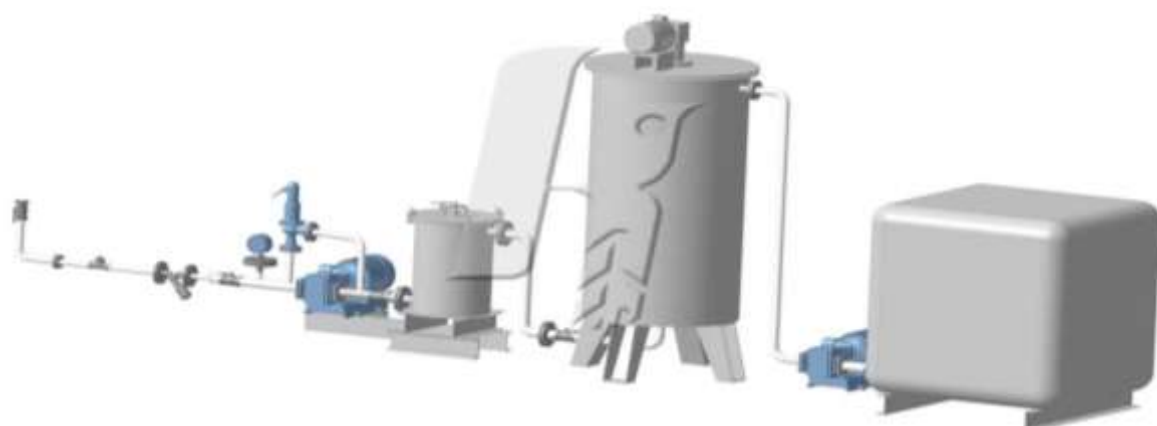
Для ввода жидких добавок в рассыпные комбикорма в количестве до 5% применяют установки для ввода жидкого сырья при смешивании компонентов.

Такие установки работают в комплекте с горизонтальным смесителем, осуществляя ввод в него жидкого сырья через форсунки во время смешивания сухих компонентов комбикорма. Вертикальные смесители для ввода жидкостей в комбикорма при смешивании компонентов неэффективны.

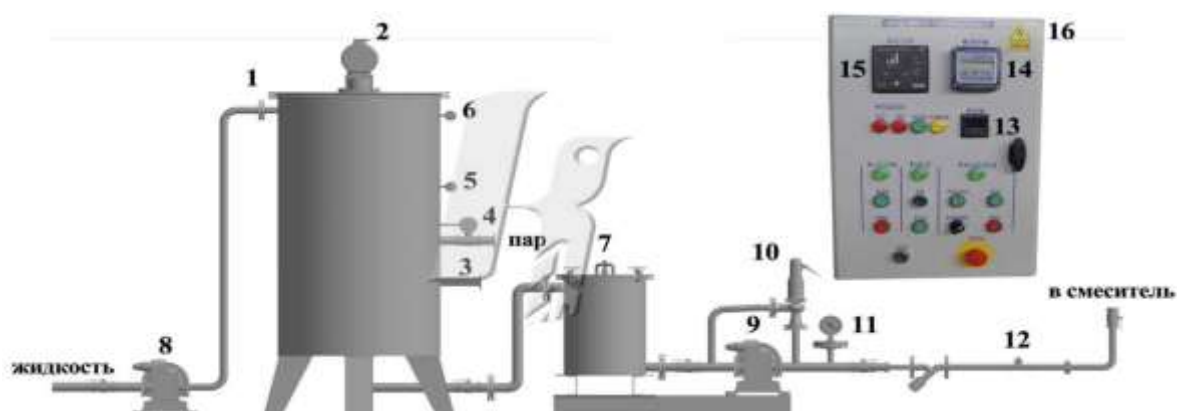
В России в ОАО «ВНИИКП» разработаны и серийно выпускаются установки ввода жидких добавок УЖД и УЖН (рис. 3.88, табл. 3.27). Установки УЖД предназначены для работы с горизонтальными смесителями периодического действия (рис. 3.89), УЖН – для работы с горизонтальными смесителями непрерывного действия [3, 4]. Разовая доза вводимого жидкого сырья для установок УЖД составляет от 1 до 200 л.

Установки УЖД1, УЖД2, УЖН1 и УЖН2 предназначены для ввода в комбикорм жидких растительных масел и жиров, а УЖД3 и УЖН3 – мелассы.

В состав установок УЖД и УЖН входят: технологическое оборудование (емкости расходные, фильтры, насосы, форсунки, смесители периодического и непрерывного действия), средства автоматизации и трубопроводная арматура.



а)



б)

Рис. 3.88. Установка ввода жидких добавок УЖД «ВНИИКП»:  
 а – общий вид; б – состав установки; 1 – расходная емкость; 2 – мешалка;  
 3 – теплообменник; 4 – регулятор температуры; 5, 6 – датчики уровня; 7 – фильтр;  
 8, 9 – насос; 10 – предохранительный клапан; 11 – манометр; 12 – датчик счетчика  
 жидкости; 13 – счетчик жидкости; 14 – счетно-задающее устройство;  
 15 – устройство контроля уровня; 16 – шкаф управления

Таблица 3.27

Технические характеристики установок ввода жидких добавок  
 УЖД и УЖН «ВНИИКП»

Технические характеристики	УЖД 1	УЖД 2	УЖД 3	УЖН 1	УЖН 2	УЖД 3 / УЖН 3
Вид жидкости	Масло, жир		Меласса	Масло, жир		Меласса
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	0,25-6,3		1,8-6,0	0,63-6,3		1,8-6,0
Установленная мощность, кВт	5,92-10,2		6,7-9,2	6,3-10,2		6,7-9,2
Габаритные размеры, мм:						
Длина	4300		4300	4300		4300
Ширина	1500		1500	1500		1500
Высота	2700		2700	2700		2700

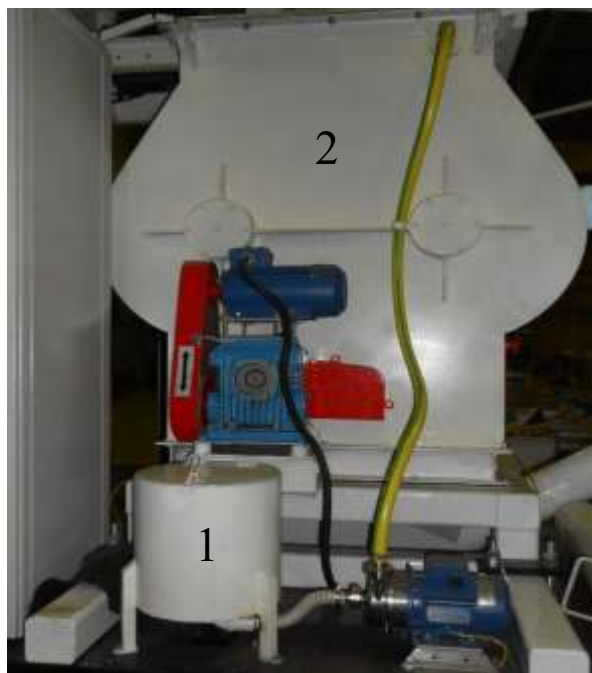


Рис. 3.89. Установка ввода жидких добавок УЖД «ВНИИКП»  
в комплекте с горизонтальным смесителем:  
1 – установка УЖД; 2 – горизонтальный смеситель

В горизонтальный смеситель жидкие компоненты вводятся через форсунки с плоским факелом распыла, обеспечивающие путем мелкодисперсного распыления полное и равномерное поглощение жидкости сухими компонентами комбикорма.

Емкости расходные вместимостью от 400 до 1600 л предназначены для нагрева жидкостей. Они снабжены теплообменниками и мешалками для ускоренного и равномерного нагрева жидкого сырья. Температура жидких компонентов поддерживается регулятором температуры. Нагрев жира осуществляется паром или горячей водой. Уровень жидкости в емкостях контролируется датчиками уровня и устройством контроля уровня.

Для очистки жидкого сырья от посторонних примесей используются фильтры, обеспечивающие надежность работы насосов, счетчиков жидкостей и расходомеров. Для дозирования жидкостей различной вязкости применяются насосы шестеренного типа.

Средства автоматизации установок УЖД и УЖН включают: регулятор температуры, датчики уровня и сигнализаторы уровня, счетчики жидкости, расходомеры, программируемые счетчики, регуляторы расхода жидкостей и электроконтактный манометр.

Дозирование жидкости может осуществляться в трех режимах: ручном, полуавтоматическом и автоматическом от контроллера. Авто-

матическая система дозирования включает счетчик жидкости, программируемый счетчик, насос и отсечной клапан, расходомер и регулятор расхода.

Основные преимущества установок УЖД и УЖН «ВНИИКП»: гарантированная точность дозирования жидкого сырья с погрешностью 1,5%, безопасная эксплуатация с двойной защитой от превышения давления, мелкодисперсный распыл жидкости, компактность конструкции, удобство монтажа, простота в обслуживании и надежность в работе.

В «АНЦ «Донской» разработана установка для приготовления и ввода жидких компонентов в состав комбикорма (рис. 3.90), работающая совместно с горизонтальным лопастным смесителем СК-15Н (см. п. 3.3.1).



Рис. 3.90. Установка для приготовления и ввода жидких компонентов в состав комбикорма в комплекте со смесителем СК-15Н («АНЦ «Донской»): 1 – установка ввода жидкого сырья; 2 – горизонтальный смеситель

Установка «АНЦ «Донской» включает расходную емкость с датчиками уровня жидкости, шестеренчатый насос, трубопроводную арматуру, контрольные приборы, регулировочные клапаны и форсунки, установленные в корпусе горизонтального смесителя (рис. 3.91).

Трубопровод для подачи жидкости устанавливается над верхней частью корпуса смесителя, в отверстиях которого устанавливаются форсунки, а также дроссели для выравнивания давления и регулирования расхода. Эффективность смешивания зависит от совместной работы смесителя и установки ввода жидких компонентов.

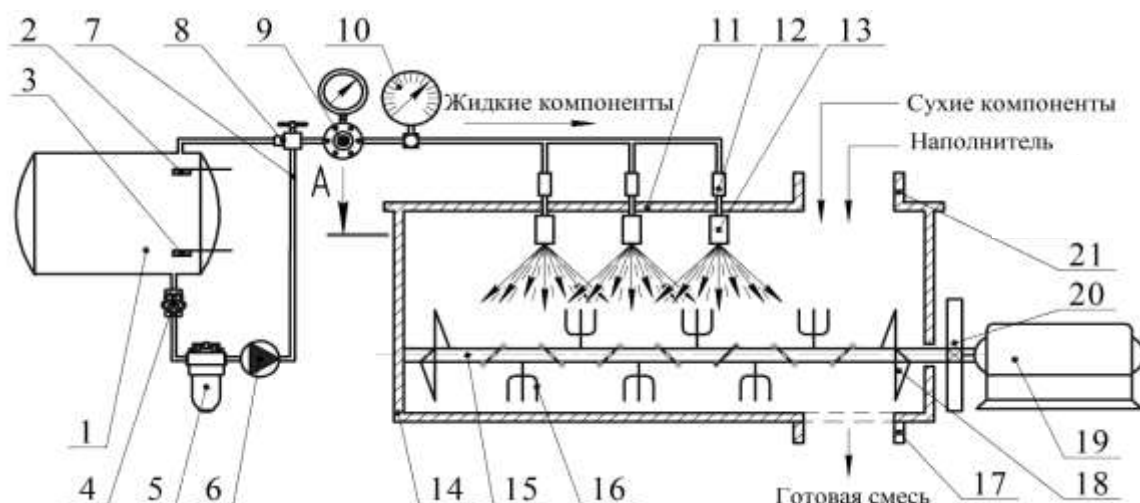


Рис. 3.91. Установка для приготовления и ввода жидких компонентов в состав комбикорма «АНЦ «Донской» (схема): 1 – расходная емкость; 2 – датчик контроля верхнего уровня жидкости; 3 – датчик контроля нижнего уровня жидкости; 4 – вентиль; 5 – фильтр; 6 – насос; 7 – трубопровод; 8 – редукционный клапан; 9 – расходомер; 10 – манометр; 11 – крышка смесителя; 12 – дроссели; 13 – форсунки; 14 – корпус смесителя; 15 – вал; 16 – перемешивающие органы; 17 – разгрузочное окно; 18 – витки шнека обратной навивки; 19 – привод; 20 – шестеренчатая передача; 21 – загрузочное окно

Процесс работы установки протекает следующим образом. Жидкие компоненты комбикорма из емкостей насосом подаются в расходную емкость, оснащенную датчиками уровня, обеспечивающими автоматический контроль за ним. Из расходной емкости жидкости насосом подаются в фильтр, где они очищаются от примесей. Затем они через регулировочные клапаны, дроссели и форсунки направляются в горизонтальный смеситель, где распыляются и смешиваются с сухими компонентами. Излишек жидкости через предохранительный клапан подается обратно в расходную емкость.

Производительность установки «АНЦ «Донской» по количеству обработанного комбикорма – до 2 т/ч (в порционном режиме). Ввод жидкого сырья возможен в количестве до 5% от массы сухого комбикорма.

### 3.6.2. Машины для финишного напыления жидкого сырья

Для ввода в гранулированные комбикорма для сельскохозяйственных животных жидкого сырья (растительные масла, жиры) в количестве до 10%, осуществляют его финишное напыление, т.е. напыление на гранулы готового комбикорма. При этом до 5% жидких добавок

вводят в смеситель на этапе смешивания компонентов (см. п. 3.6.1), а остальные 5% напыляют на гранулы комбикорма.

Установки для финишного напыления жидкостей делятся на горизонтальные и вертикальные. Напыление жидкого сырья в таких машинах производится при атмосферном давлении, что отличает их от машин для вакуумного напыления жидкостей.

Фирма «Ottevanger» выпускает горизонтальные напылители жидкого сырья на гранулы непрерывного действия (рис. 3.92).

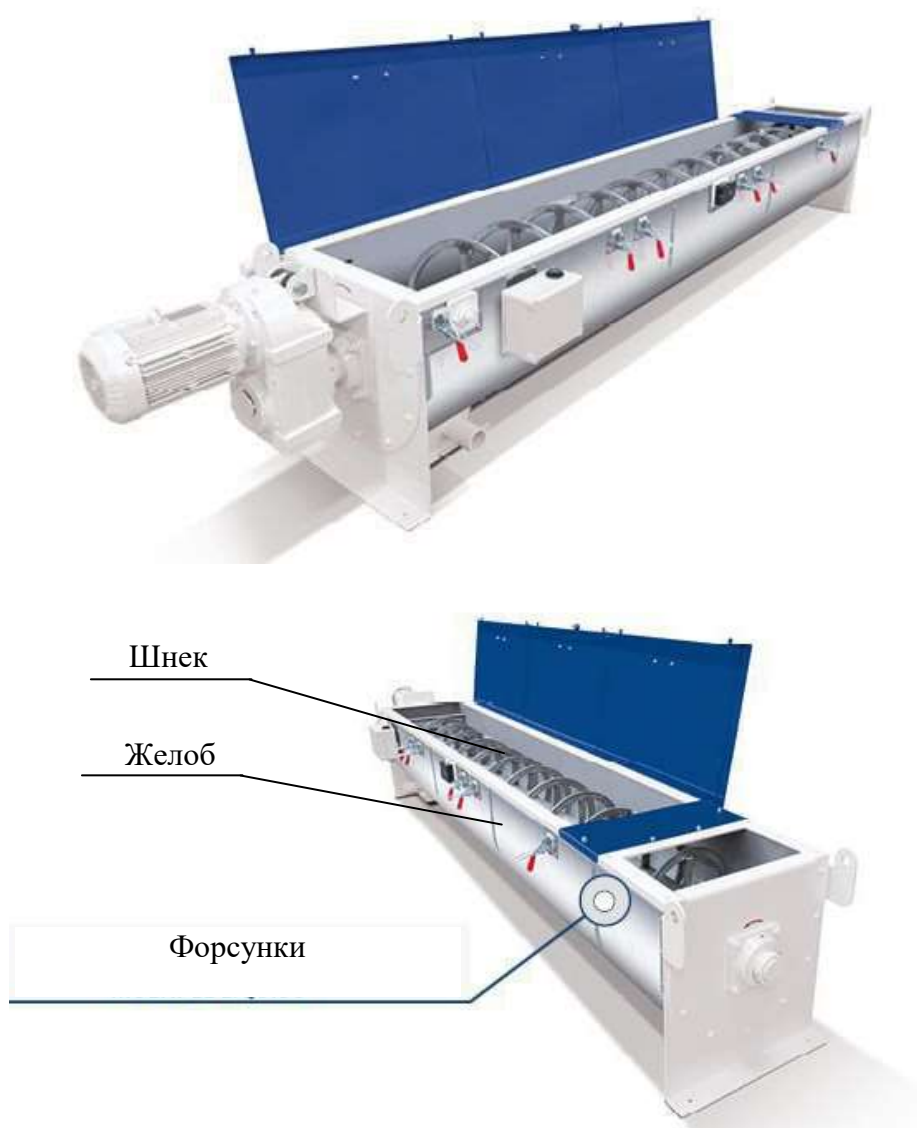


Рис. 3.92. Напылитель жидкого сырья на гранулы непрерывного действия «Ottevanger»

Напылители гранул «Ottevanger» применяют для равномерного нанесения жидких компонентов на гранулы или экструдаты комбикорма. При дозировании жидких компонентов через их распылительный бокс медленно движущийся по желобу продукт и жидкие компоненты



смешиваются друг с другом. Желоб самого напылителя имеет изолирующий кожух с подогревом, что стимулирует абсорбцию жидкости и предотвращает загрязнение желоба. Гранулы перемещаются по желобу спиральным шнеком. Напылитель оборудован подвесными инспекционными люками по всей длине смесительного желоба, которые обеспечивают легкий доступ внутрь. Помимо масла и жира в небольших количествах также могут вводиться витамины, энзимы и другие вещества.

Производительность различных моделей напылителей жидкого сырья на гранулы «Ottevanger» непрерывного действия составляет от 1-3 до 30-40 т/ч.

Фирма «Amandus Kahl» выпускает вертикальные напылители жидкого сырья на гранулы «Rotospray» (рис. 3.93).

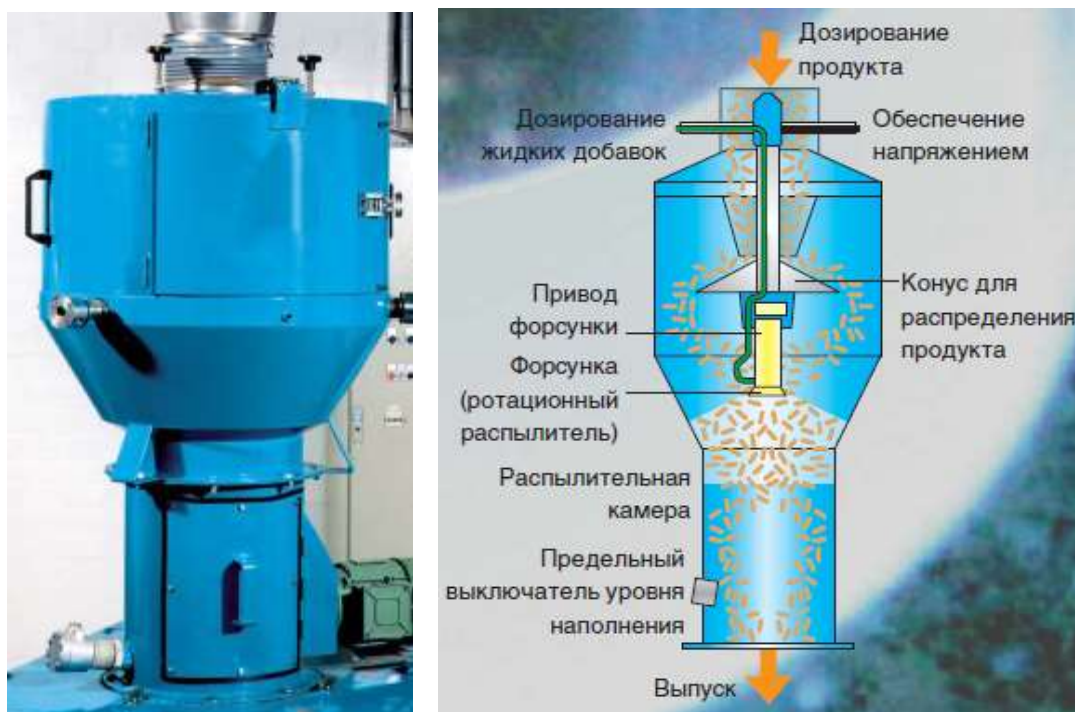


Рис. 3.93. Установка для финишного напыления жидких добавок «Rotospray» «Amandus Kahl»

Для распыления жидкости в конструкции установки «Rotospray» применена ротационная форсунка, которая позволяет равномерно напылять жидкие компоненты на поверхность гранул.

Гранулы комбикорма загружаются в установку сверху и поступают на коническую тарелку, которая распределяет их внутри распылительной камеры. Жидкое сырье подается под давлением к верхнему распределительному конусу ротационной форсунки и распыляется под действием центробежной силы.

Производительность различных моделей установки «Rotospray» составляет от 3 до 30 т/ч.

Установка финишного напыления «Rotospray» эксплуатируется совместно с оборудованием для оперативного хранения и дозирования комбикорма и жидких добавок (рис. 3.94).

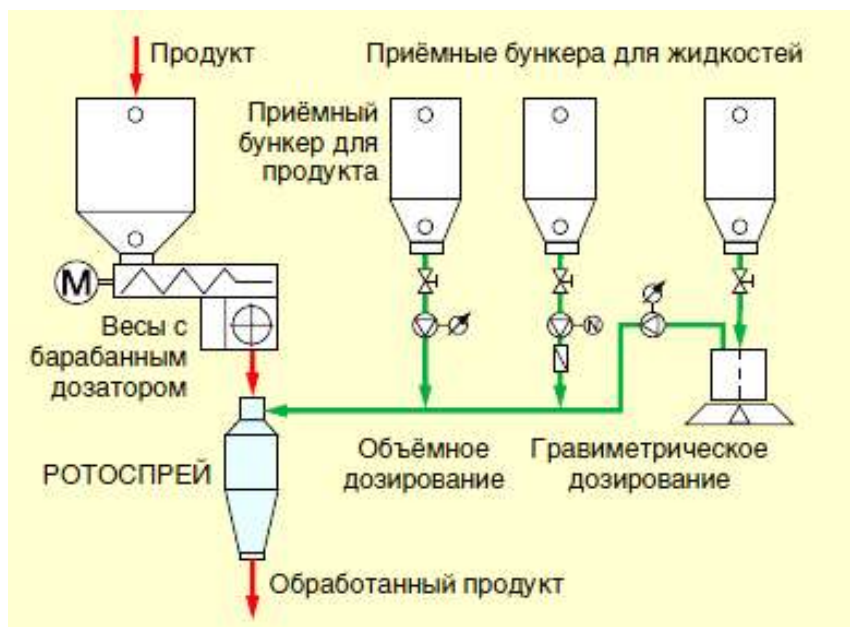


Рис. 3.94. Технологическая схема работы установки финишного напыления «Rotospray» совместно с оборудованием для оперативного хранения и дозирования комбикорма и жидких добавок

Установка финишного напыления «Rotospray» позволяет вводить в состав комбикорма компоненты с очень малыми дозами – от 0,005 до 0,5%. Ее недостатком является высокая стоимость.

### 3.6.3. Машины для вакуумного напыления жидкого сырья

При помощи машин для ввода жидкого сырья, описанных в п. 3.6.2, возможно ввести в состав комбикормов не более 10% жидкого сырья. Если необходимо ввести в комбикорм более 10% жидких компонентов, то применяют только машины для вакуумного напыления, позволяющие доводить его содержание в гранулах до 40%. Такие машины обычно применяют при производстве экструдированных комбикормов для рыб, так как они содержат значительное количество рыбьего жира.

В процессе работы установки вакуумного напыления порция гранулированного или экструдированного комбикорма загружается в бункер, после чего в нем создается пониженное атмосферное давление (вакуум) – 200-300 мбар (см. п. 2.3). После этого на гранулы корма напы-

ляется жидкое сырье, покрывающее их ровным слоем. Затем в бункер подается воздух, в результате чего давление повышается до уровня атмосферного. Под действием давления жидкое сырье через поры экструдата «вдавливается» внутрь гранул. В завершение процесса в бункер вводят сухие добавки, покрывающие поверхность гранул, после чего производится выгрузка готового продукта. Цикл напыления составляет от 6 до 10 мин.

Мировым лидером в производстве оборудования для вакуумного напыления жидкостей является голландская компания «Dinnissen». Выпускаемая ею установка для вакуумного напыления «Pegasus Vacuum Coater» (рис. 3.95) предназначена для обработки гранулированных и экструдированных продуктов.



Рис. 3.95. Установка для вакуумного напыления  
«Pegasus Vacuum Coater»

Установка для вакуумного напыления «Pegasus Vacuum Coater» дает возможность пропитывания гранулы корма точным количеством порошкообразного продукта или жидкости, которые равномерно распределяются, в том числе и глубоко внутри гранулы. Результатом является высокая гомогенность комбикорма и точность дозирования жидкого сырья.

Бункер установки напыления оснащается валом с лопастями, аналогично устройству вертикального смесителя. Благодаря этому обеспечивается равномерное распределение гранул комбикорма в бункере и, следовательно, равномерное нанесение на них сухих и жидких добавок.

Схема установки для вакуумного напыления жидких компонентов на гранулы комбикорма «Pegasus Vacuum Coater» представлена на рис. 3.96.

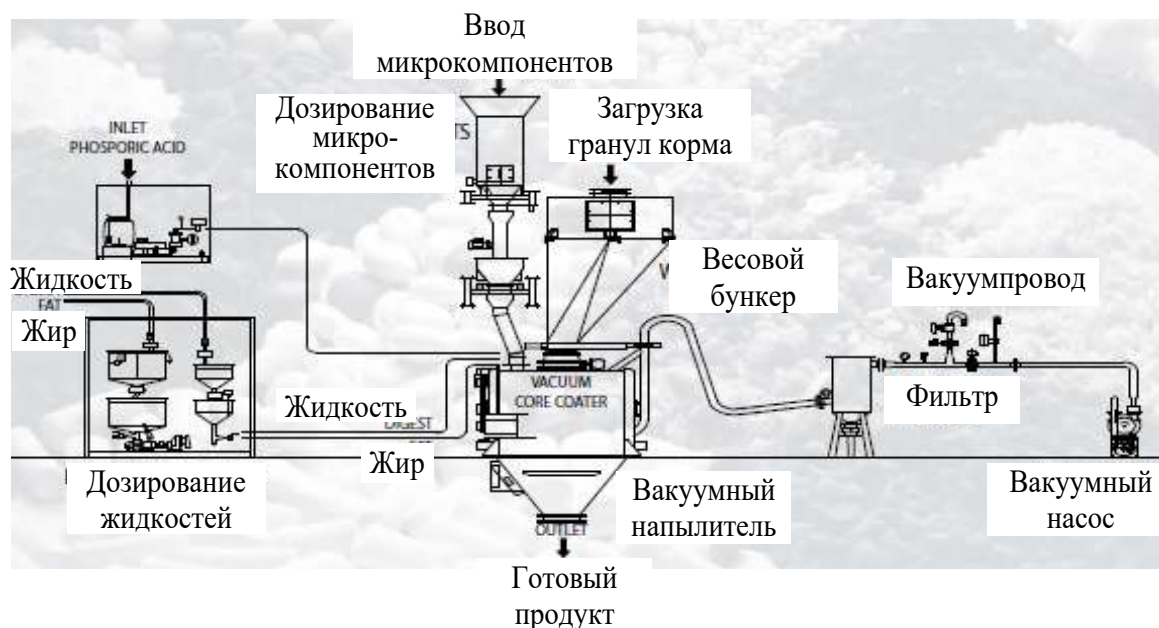


Рис. 3.96. Схема установки для вакуумного напыления жидких компонентов на гранулы корма «Pegasus Vacuum Coater»

Благодаря системе вакуумного напыления возможно свести отходы ценных компонентов до минимума. Во время напыления на каждую гранулу наносится прочный защитный слой, который предотвращает ее разлом или крошение и сохраняет содержащиеся в ней ценные компоненты. Каждая гранула сохраняет оригинальную форму и меньше крошится, что также снижает расходы, связанные с очисткой транспортного оборудования.

Регулировка глубины вакуума позволяет регулировать глубину пропитывания гранулы жидкостью. Система «Pegasus» обеспечивает добавление жидких компонентов (от 0,01% до 220% к весу сухого продукта) внутрь или снаружи гранул.

Фирма «Dinnissen» поставляет установки для вакуумного напыления «Pegasus» различных типов, варьирующихся от PG-10VC (10 литров номинальной производительности) до PG-5000-VC (5000 литров номинальной производительности).

В России установки для вакуумного напыления жидкого сырья на гранулы комбикорма производит фирма «Технэкс» (рис. 3.97, табл. 3.28).

«Технэкс» выпускает вакуумные порционные смесители СП-1100 (объем 1000 л) и СП-2100 (объем 2000 л). Вакуумные порционные смесители «Технэкс» позволяют осуществлять точный контроль давления воздуха, продолжительности цикла смешивания и количества вводимых жидких компонентов, что обеспечивает высокую степень гибкости при производстве комбикормов различных типов за счет регулирования степени проникновения и поглощения жидкостей в поры корма.





Рис. 3.97. Вакуумный порционный смеситель СП-1100 «Технэкс»

Таблица 3.28

Техническая характеристика вакуумных порционных смесителей СП «Технэкс»

Показатель	Марка машины	
	СП-1100	СП-2100
Производительность, кг/ч	3000	6000
Мощность, кВт	15	30
Полезный объем, л	1000	2000
Габаритные размеры, мм	2470×1950×3200	3030×2440×3900

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие машины применяют для ввода жидкого сырья в смеситель при приготовлении комбикорма?
2. Как осуществляют напыление жидкого сырья на гранулы комбикорма?
3. Для чего создают пониженное давление (вакуум) при вводе жидкого сырья в экструдированный комбикорм?

## **3.7. Оборудование для производства премиксов**

### **3.7.1. Оборудование для дозирования микрокомпонентов**

При производстве премиксов требуется точно дозировать большое количество микрокомпонентов с малыми дозами введения, поэтому в промышленном производстве этот процесс автоматизирован. Для этого выпускаются специальные многокомпонентные установки для весового микродозирования сырья, принцип действия которых основан на применении тензометрических датчиков.

ОАО «ВНИИКП» выпускает модули микродозирования компонентов премиксов: МД1 для дозирования витаминов и МД2 для дозирования солей микроэлементов (рис. 3.98, табл. 3.29).

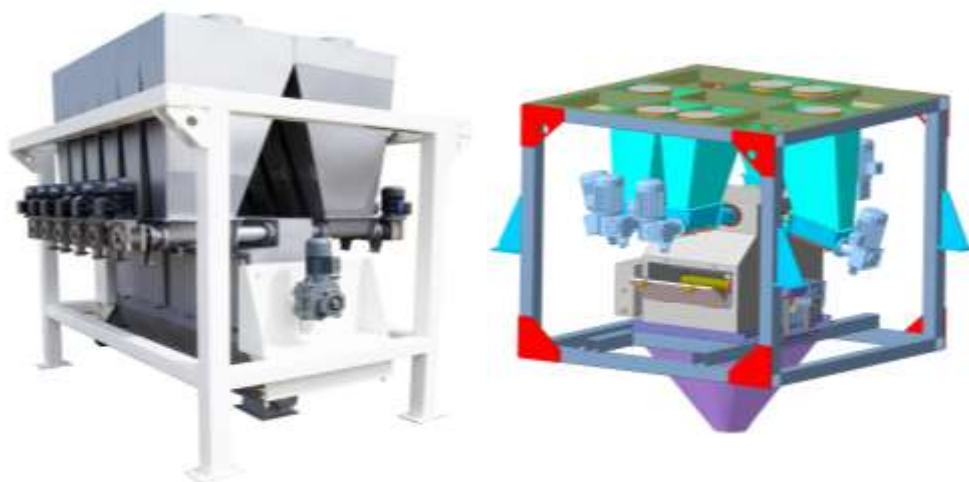


Рис. 3.98. Модули микродозирования компонентов премиксов МД «ВНИИКП»

Таблица 3.29

Технические характеристики модулей микродозирования  
компонентов премиксов МД

Характеристики	Модуль витаминов МД 1	Модуль солей микроэлементов МД 2
Количество дозируемых компонентов	12	12
Тип питателя	шнековый	шнековый
Наибольший предел дозирования, кг	40	50
Наибольший предел дозирования одного компонента, кг	0.1	0.1
Дискретность отсчета на 3-х весах, г	5; 2; 2	10; 5; 2
Тип весов	тензометрический	
Цикл дозирования, с	360	
Мощность установленная, кВт	10	
Габаритные размеры, мм		
Длина	3000	
Ширина	1700	
Высота	3000	
Масса модуля, кг	2800	

Модуль дозирования витаминов МД1 включает в себя 12 бункеров, столько же питателей шнековых, 3 тензовеса с платформенными датчиками веса и весовыми лотками, привод вала для разгрузки лотков и разгрузочного шнека для подачи продукта в смеситель, автоматизированную систему управления. Вместимость каждого бункера – 0,3 м<sup>3</sup>, производительность шнекового питателя – 0,13 м<sup>3</sup>/ч, грузоподъемность тензовесов – 5 кг, номинальная нагрузка датчика веса – 15 кг.

Управление модулем дозирования витаминов осуществляется автоматизированной системой управления (АСУ) с использованием контроллера. АСУ включает три платформенных датчика веса, три тензопреобразователя, три преобразователя частоты.

Принцип работы модуля дозирования микрокомпонентов заключается в следующем. В контроллере согласно рецепту устанавливаются заданные значения дозируемых микрокомпонентов. По программе контроллера в работу одновременно включаются по одному шнековому питателю из трех групп. В каждой группе питатели работают последовательно. Регулирование подачи компонентов на тензовесы осуществляется преобразователями частоты вращения питателей, которые изменяют ее от максимальной до минимальной, благодаря чему достигается высокая точность дозирования. По достижении заданного значения массы дозируемых микрокомпонентов первый питатель отключается и включается следующий. После окончания дозирования всех компонентов по программе контроллера включается привод поворотного вала, который опрокидывает весовые лотки для подачи продукта в разгрузочный шнек, откуда микрокомпоненты поступают в смеситель.

Конструкция, принцип работы оборудования и системы управления модуля дозирования солей микроэлементов МД2 аналогичны модулю дозирования витаминов МД1. Модуль солей МД2, в отличие от модуля витаминов, имеет шнековые питатели производительностью  $0,33 \text{ м}^3/\text{ч}$ , тензовесы грузоподъемностью 20 кг и датчики веса с номинальной нагрузкой 50 кг.

Важная роль в повышении точности дозирования микрокомпонентов отводится шнековым питателям, которые обеспечивают равномерную подачу микрокомпонентов из бункера в тензовесы. В заборной части питателя шнек имеет постоянный шаг витка, который затем увеличивается вдвое (рис. 3.99).

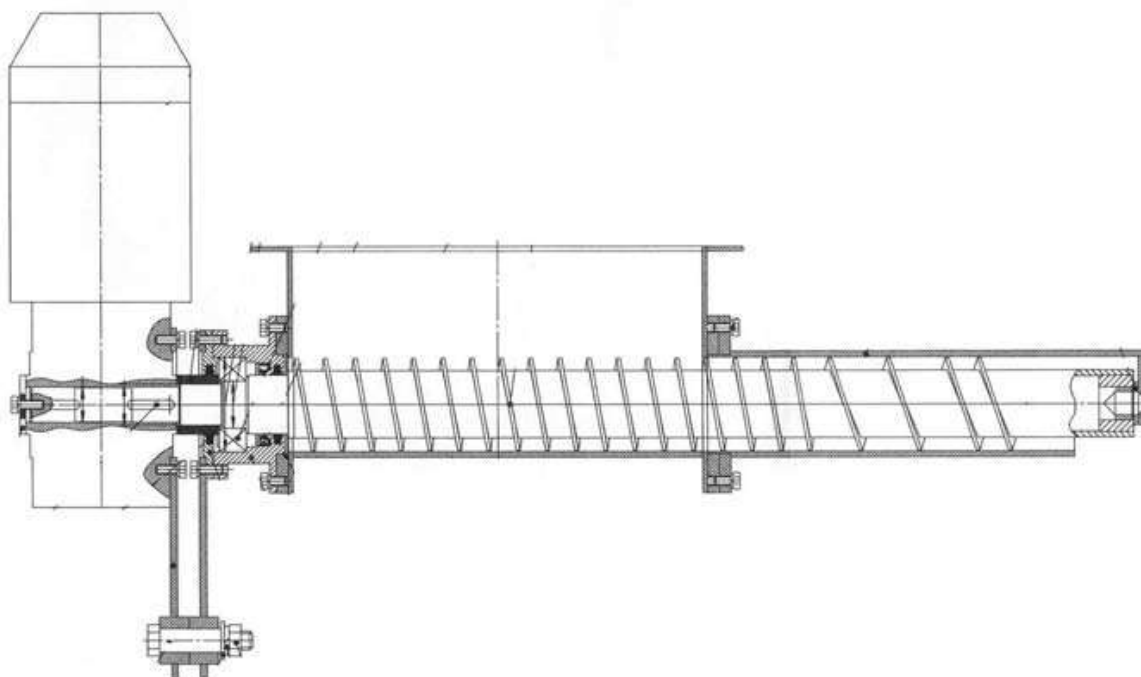


Рис. 3.99. Схема шнекового питателя микрокомпонентов «ВНИИКП»



На конце вала у шнека имеются двухзаходные витки, а перед выходным патрубком они отсутствуют. Такая конструкция шнека обеспечивает более равномерный и стабильный выход дозируемых компонентов из питателя на тензовесы, повышая тем самым точность дозирования микрокомпонентов.

На рис. 3.100 показаны шнековые питатели микрокомпонентов УЗ-ДУМД разработки «ВНИИКП», а в табл. 3.30 представлены их технические характеристики.



Рис. 3.100. Шнековый питатель микрокомпонентов УЗ-ДУМД «ВНИИКП»

Таблица 3.30

#### Технические характеристики шнековых питателей УЗ-ДУМД

Показатель	Значение	
	УЗ-ДУМД.5-08	УЗ-ДУМД.20-08
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	0,13	0,33
Общая установленная мощность, кВт	0,55	0,75
Частота вращения, об/мин	73	117
Диаметр шнека, мм	78	96
Масса, кг	35	50

Для подачи витаминов предназначен шнековый питатель УЗ-ДУМД.5-08, а солей микроэлементов – питатель УЗ-ДУМД.20-08.

Крупнейшим российским производителем весодозирующего оборудования является фирма «Тензо-М» (Московская область). «Тензо-М» производит комплексы многокомпонентного дозирования (КМД), позволяющие в автоматическом режиме дозировать составляющие премикс компоненты в пределах от 6 г до 2 т.

Каждый комплекс дозирования КМД, являясь функционально законченным изделием, комплектуется комбинированным шкафом управления, включающим контроллер, модули ввода/вывода и пускорегулирующую аппаратуру электродвигателей шнековых питателей, шкафом управления пневматикой. Для подачи компонентов используется пневмосистема.



Рис. 3.101. Комплекс дозирования «средних» компонентов «Тензо-М»

Комплексы дозирования «средних» компонентов «Тензо-М» (рис. 3.101) предназначены для дозирования солей микроэлементов, аминокислот и других трудносыпучих компонентов, разовые дозы которых не превышают 50 или 100 кг. Число навесовых бункеров – от 4 до 12.

Каждый весовой и навесовой бункеры оборудованы устройствами сводообрушения. Навесовые бункеры оборудованы быстроръемными технологическими люками, позволяющими проводить визуальный контроль и удаление посторонних предметов из шнековых питателей без их демонтажа.

Комплекс является функционально законченным изделием под управлением промышленного контроллера. Подсистема динамической стабилизации потока и подсистема оптимизации скорости истечения в зависимости от свойств компонента обеспечивают высокую точность дозирования во всем диапазоне. Программное обеспечение позволяет

создавать и корректировать базу рецептов, вести учет расхода сырья и выработки готовой продукции.

Комплексы дозирования «мини-микро» компонентов «Тензо-М» (рис. 3.102) предназначены для дозирования микрокомпонентов при приготовлении витаминных предсмесей при производстве БВМД и премиксов.



Рис. 3.102. Комплекс дозирования «мини-микро» компонентов «Тензо-М»

Комплекс дозирования «мини-микро» компонентов позволяет дозировать в автоматическом режиме до 17 компонентов с дозами от 0.05 кг до 2 кг и до 17 компонентов с дозами от 0.2 кг до 20 кг.

В состав комплекса входят 17 навесовых бункеров, установленных на единой раме. Под навесовыми бункерами установлены весовые бункеры. Комплекс имеет рекордную среди аналогов кратность дозирования компонентов, т.е. отношение максимальной дозы компонента к минимальной, равную 400.

Достоинства комплекса дозирования «мини-микро» компонентов «Тензо-М»:

- блочная конструкция, 100% заводская готовность;
- дозирование микродоз, минимальная доза – 50 г;
- применим для компонентов, склонных к слеживанию и сводообразованию;

– компоновка весовых бункеров позволяет дозировать один и тот же компонент в значениях от 0,05 до 20 кг.

Комплекс дозирования «нано» компонентов «Тензо-М» (рис. 3.103) предназначен для дозирования в автоматическом режиме сверхмалых доз компонентов (от 0,006 кг). Позволяет исключить процедуру ручного ввода компонентов в смеситель при производстве смесей с целью исключения человеческого фактора с одновременным существенным увеличением производительности.



Рис. 3.103. Комплекс дозирования «нано» компонентов «Тензо-М»

Комплекс состоит из 10 навесовых бункеров, установленных на единой раме, и одного весового бункера. Навесовые бункеры оборудованы устройствами динамической стабилизации продукта. Дозирование ведется в автоматическом режиме, дозируется одновременно до 10 компонентов с дозами от 6 г до 0.1 кг с погрешностью не более  $\pm 0.0005$  кг.

Технические характеристики комплексов многокомпонентного дозирования КМД «Тензо-М» представлены в табл. 3.31.

Представленные выше комплексы КМД «Тензо-М» могут объединяться в станции многокомпонентного дозирования в составе технологических линий приготовления премиксов.

Таблица 3.31

**Технические характеристики комплексов многокомпонентного  
дозирования КМД «Тензо-М»**

Показатель	Значение		
	КМД «нано» компонентов	КМД «мини-микро» компонентов	КМД средних компонентов
Производительность, циклов/ч	15	15	12
Потребляемая мощность, кВт	0,5	1	2
Число навесовых бункеров, шт.	10	17	4, 8, 12
Объем навесового бункера, л	15	110	600
Объемный вес компонентов, т/м <sup>3</sup>	0.25-1.77	0.25-1.77	0.25-1.6

### 3.7.2. Смесители премиксов

Для смешивания компонентов премиксов в условиях крупного промышленного производства, как правило, используют применяемые при смешивании компонентов комбикормов горизонтальные лопастные смесители периодического действия, описанные в п. 3.3.1.

Для смешивания ингредиентов и наполнителя при приготовлении премиксов, а также комбикормов в условиях внутрихозяйственного производства небольшой производительности применяют малые одно-вальные вертикальные лопастные смесители периодического действия (рис. 3.104).

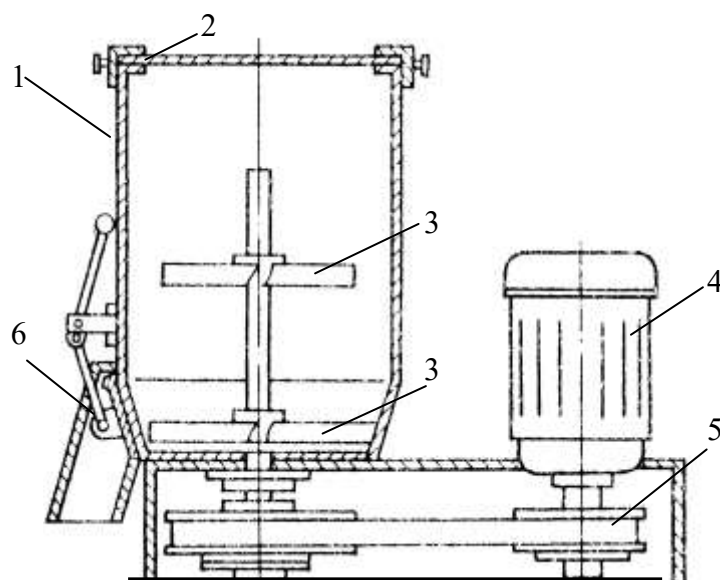


Рис. 3.104. Принципиальная конструктивная схема малого  
вертикального смесителя компонентов комбикормов и премиксов:  
1 – корпус смесителя; 2 – крышка; 3 – лопасть; 4 – электродвигатель;  
5 – привод; 6 – задвижка

В «АНЦ «Донской» разработаны вертикальные одновальные смесители периодического действия СВ-10 и СВ-40 (рис. 3.105). Техническая характеристика смесителей серии СВ приведена в табл. 3.32.



а)



б)

Рис. 3.105. Смесители вертикальные серии СВ:

а – смеситель вертикальный СВ-10; б – смеситель вертикальный СВ-40

Таблица 3.32

Техническая характеристика смесителей вертикальных серии СВ

Показатель	СВ-10	СВ-40
Производительность, кг/ч	100	400
Общая установленная мощность, кВт	1,1	3,5
Время смешивания, мин	5	5
Однородность смешивания, %	92	95
Емкость смесителя, м <sup>3</sup>	0,03	0,13
Расход электроэнергии на 1 т готовой продукции, кВт/ч	9,3	9,1
Режим работы	периодический	периодический
Габаритные размеры, мм	755×355×825	1130×510×1070
Масса, кг	65	135

Смесители СВ представляют собой одновальные вертикальные лопастные смесители с дополнительными рабочими органами – вертикальными рёбрами, установленными на внутреннюю стенку бункера.

Рёбра смесителя имеют прямоугольную и треугольную форму. Их задачей является затормозить слой материала у стенок смесителя, чтобы произошло интенсивное оседание материала и его послойное смешивание. При необходимости смесители СВ могут устанавливаться на тензодатчики и использоваться в качестве дозаторов.



Аналогичные по устройству вертикальные лопастные одноваль-  
ные смесители премиксов периодического действия серии СМ  
(рис. 3.106) выпускает завод «Агрогрант» (г. Волгодонск).



Рис. 3.106. Вертикальные смесители премиксов СМ «Агрогрант»

Смеситель премиксов СМ представляет собой цилиндрическую  
емкость. Внутри емкости расположен лопастной вал (рис. 3.107), кото-  
рый посредством ременной передачи приводится в движение от элек-  
тродвигателя. Смеситель оснащен ручной задвижкой для выгрузки го-  
товой продукции.



Рис. 3.107. Лопастной вал  
вертикального смесителя премиксов СМ



Техническая характеристика вертикальных смесителей премиксов СМ приведена в табл. 3.33.

Таблица 3.33

Техническая характеристика вертикальных смесителей премиксов серии СМ

Показатель	СМ -2	СМ -4
Производительность, кг/ч	1000	2000
Общая установленная мощность, кВт	3	5,5
Время смешивания, мин	2	2
Однородность смешивания, %	89	89
Емкость смесителя, м <sup>3</sup>	0,2	0,4
Частота вращения вала, об/мин	250	280
Режим работы	периодический	периодический
Габаритные размеры, мм	1130×900×1090	1300×1052×1238
Масса, кг	220	320

Использование представленных отечественных вертикальных смесителей периодического действия позволяет обеспечить качественное однородное смешивание компонентов премиксов в условиях небольших внутрихозяйственных комбикормовых заводов.

**Контрольные вопросы**

1. Какие машины применяют для дозирования микрокомпонентов премиксов?
2. Какие машины используют для подачи микрокомпонентов премиксов при дозировании?
3. Как устроены вертикальные смесители премиксов?

**3.8. Оборудование для дозирования компонентов комбикормов**

В настоящее время в комбикормовой промышленности широкое применение находит оборудование для точного весового дозирования, а ранее применявшиеся установки для объемного дозирования выходят из употребления. Весовые дозаторы подразделяются на дозаторы непрерывного (взвешивание в потоке) и дискретного (порционного) действия.

Ниже рассматривается оборудование для дозирования основных компонентов комбикормов (зерно, шроты и др.) – макродозирования. Оборудование для микродозирования компонентов комбикормов и премиксов с малыми дозами введения (витамины, аминокислоты и др.) рассмотрено в параграфе 3.7.1.

На небольших комбикормовых заводах применяются компактные весовые устройства на основе тензометрических датчиков, размещаемых под оборудованием. Чаще всего на тензодатчиках устанавливают

бункеры и смесители, что позволяет дозировать сырье непосредственно при загрузке в них.

Принцип действия тензометрических весовых устройств основан на преобразовании силы тяжести (веса) взвешиваемого продукта в аналоговый электрический сигнал весоизмерительного тензорезисторного датчика. Затем аналоговый сигнал датчика преобразуется в цифровой вторичным преобразователем (весовым терминалом) и обрабатывается с передачей полученного результата на дисплей и выходной разъем для возможной загрузки во внешнее устройство.

Для весового дозирования компонентов на малых комбикормовых заводах широко используется электронное весодозирующее устройство ЭВДУ-082 (рис. 3.108, табл. 3.34), выпускаемое ООО «ЭМИТ».

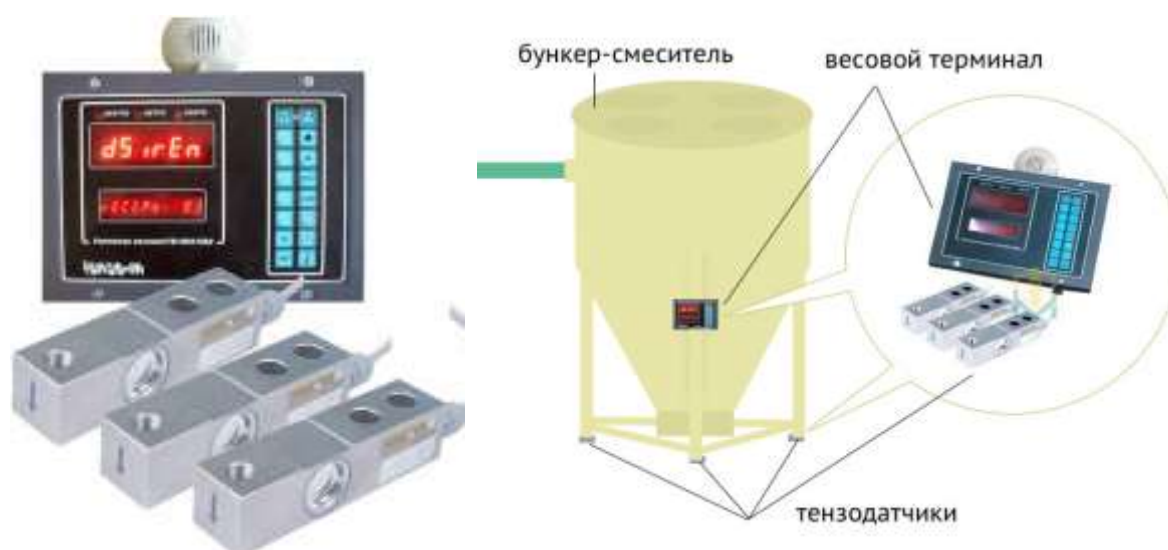


Рис. 3.108. Электронное весодозирующее устройство ЭВДУ-082 и его установка в комплекте со смесителем

Таблица 3.34

Техническая характеристика весодозирующего устройства  
ЭВДУ-082

Показатель	Значение
Пределы измерения	10–9999 кг
Количество датчиков силы	4
Дискретность отсчёта	1 или 10 кг
Количество рецептов комбикорма, сохраняемых в памяти	9
Количество компонентов рецепта, сохраняемых в памяти	9
Точность	$\pm 0.5 \%$

В состав ЭВДУ-082 входят терминал, 4 тензометрических датчика силы, блок коммутации, звуковой сигнализатор. ЭВДУ-082 обеспечивает дозирование поочередно загружаемых компонентов комбикорма.

Дозирование осуществляется по весу и производится по предварительно занесенному в память устройства рецепту корма.

В память устройства могут быть записаны до 9 рецептов комбикорма. Рецепт заносится в память устройства в виде веса каждого компонента. Каждый рецепт может содержать от 1 до 10 компонентов. В устройстве ЭВДУ-082 имеется возможность накопительного учета расхода всех компонентов, взвешивание которых производилось за учетный период.

Для порционного взвешивания сыпучего сырья применяют весовые бункеры (бункерные весы) на базе тензодатчиков. Они могут быть дискретного и непрерывного действия (рис. 3.109).



а) б)  
Рис. 3.109. Весовые бункеры (бункерные весы):  
а – дискретного действия; б – непрерывного действия

Весовые бункеры (весы бункерные) дискретного действия (рис. 3.109, а) выпускают под марками БВ и ВБ. Они состоят из бункера, весового устройства и системы управления. Весовой бункер установлен на тензодатчиках на несущей раме. Заслонки в нижней конической части бункера открываются с помощью пневматического или электрического привода по сигналу системы управления, считывающей информацию из весового преобразователя.

Весы бункерные позволяют вывести результаты на экран компьютера, учитывать расход сырья по каждому компоненту, автоматически поддерживать точность дозирования и выводить необходимую информацию на экран.

Весовые бункеры непрерывного действия (рис. 3.109, б) выпускают под маркой ВП, а также «Поток». В частности, предприятие «Тензо-М» выпускает весы бункерные «Поток» и «Поток-Э» (рис. 3.110).

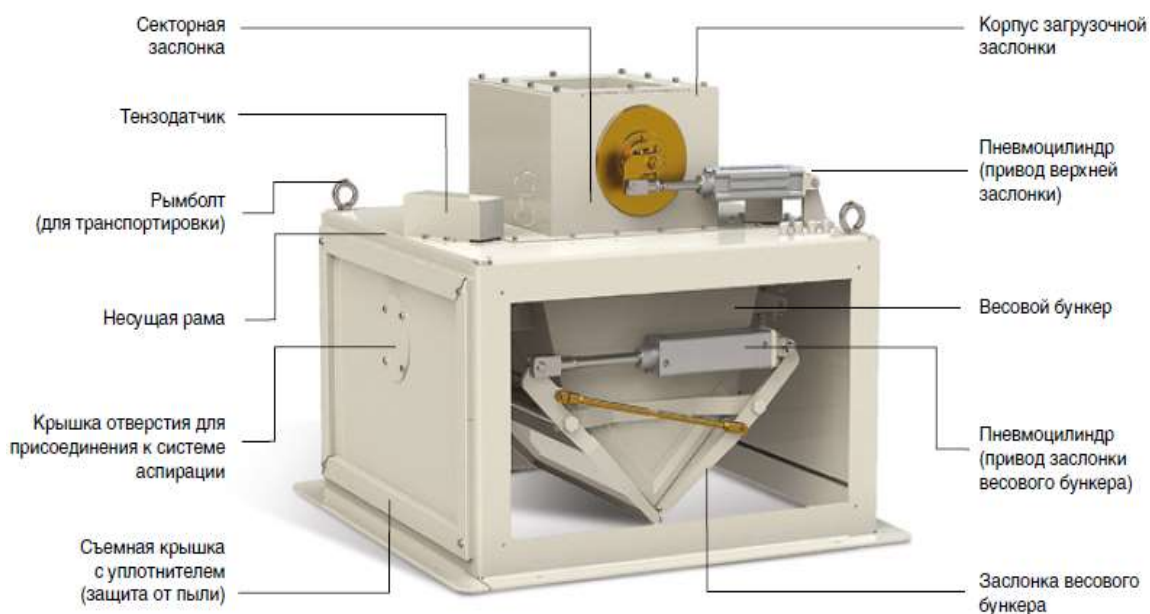


Рис. 3.110. Весы бункерные электронные «Поток-Э»

Весы бункерные «Поток» предназначены для статического автоматического взвешивания сыпучих продуктов, поступающих непрерывным потоком с производительностью до 80 т/ч при учетных и технологических операциях.

Весовой бункер, имеющий квадратную и коническую части, подвешен к несущей раме на подвесках через зажимы с тензодатчиками. В верхней части несущей рамы установлен приемный бункер, соединенный с корпусом верхней заслонки, отсекающей поток взвешиваемого продукта по команде системы управления. Заслонка перемещается пневмоцилиндром. В конусной части бункера установлены две секторные задвижки. Управление задвижками на открытие или закрытие по сигналу из системы управления осуществляется пневматическим приводом.

Бункерные весы «Поток» могут работать в режиме бесконечного перевешивания потока или формирования конечных доз продукта. Алгоритм работы весов основан на суммировании статически взвешиваемых порций. В процессе работы на верхнем индикаторе весового преобразователя в реальном масштабе времени отображается текущая масса продукта. Также нарастающим итогом отображаются счетчики или текущая производительность.

Подача дозируемого сырья в описанные весовые дозаторы обычно осуществляется шнековыми питателями.

Для формирования многокомпонентных зерновых смесей в потоке на комбикормовых заводах применяют весовые дозаторы непрерывного действия, в частности дозаторы «Альфа ДЛТ» (рис. 3.111) завода «Тензо-М».



Рис. 3.111. Весовой дозатор непрерывного действия  
«Альфа ДЛТ» «Тензо-М»

Дозатор весовой «Альфа ДЛТ» осуществляет автоматическую стабилизацию массового расхода продукта (непрерывное дозирование) с возможностью одновременного автоматического отмеривания заданной дозы пропущенного материала (дискретное дозирование). Измерительно-дозирующее устройство (ИДУ) дозатора состоит из лоткового тензометрического чувствительного элемента и заслоночного регулирующего органа, совмещенных в одном корпусе.



а)



б)

Рис. 3.112. Весовыбойные дозаторы (дозаторы для фасовки) «Тензо-М»  
а – дозатор «Дельта»; б – дозатор «Гамма»

Для дозирования готовых комбикормов и премиксов используют весовые дозаторы с выгрузкой в тару (весовыбойные дозаторы). «Тензо-М» выпускает дозаторы для фасовки под марками «Дельта» и «Гамма» (рис. 3.112). Различие между ними состоит в том, что в дозаторе «Гамма» набор дозируемого продукта происходит в весовой бункер, после чего он выгружается в мешок, а в дозаторе «Дельта» дозирование происходит непосредственно в тарный мешок.



За счет того, что в весовом дозаторе «Гамма» набор следующей дозы продукта происходит одновременно с затариванием предыдущей дозы и установки мешка для следующей дозы, он обеспечивает более высокую производительность, чем дозатор «Дельта».

Принцип действия и устройство весовых дозаторов для фасовки аналогичны бункерным весам. Дополнительно они оснащены коническим подвесным приемным конусом и устройством зажима мешка.

Дозаторы для фасовки применяются также в составе машин для упаковки готовых комбикормов и премиксов.

Дозирование жидкого сырья, вводимого в состав комбикормов, основано на измерении его объемного расхода и осуществляется посредством счетчика-расходомера (рис. 3.113), установленного на трубопроводе, связывающем емкость для хранения сырья со смесителем или иной машиной. Весовое дозирование в данном случае неэффективно из-за невозможности определения мгновенного расхода жидкости.



Рис. 3.113. Расходомеры для дозирования жидкого сырья:  
а – механический; б – электромагнитный

Как правило, используются механические – роliko-лопастные и шестеренные (рис. 3.113, а) расходомеры, действие которых основано на вращении лопастей или шестерен с различной скоростью под действием потока жидкости, а также электромагнитные расходомеры (рис. 3.113, б), действие которых основано на взаимодействии движущейся электропроводной жидкости с магнитным полем. Уровень жидкости в расходной емкости контролируется датчиками уровня (см. п. 3.6.1).

Для дозирования и равномерной подачи сырья в пресс-грануляторы, экструдеры, смесители и подобное оборудование используют шнековые питатели (рис. 3.114), которые часто включают в их состав.

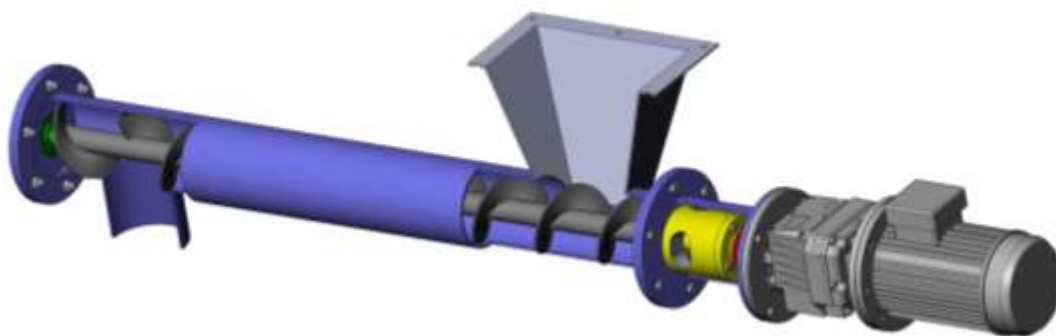


Рис. 3.114. Шнековый питатель

Рабочим органом питателя служит шнек с переменным шагом витка, расположенный по оси цилиндрического корпуса и вращающийся в подшипниковых узлах. Корпус имеет загрузочный и выгрузной патрубки. Шнек получает вращение от мотор-редуктора. Использование преобразователя частоты электродвигателя позволяет изменять частоту его вращения, тем самым изменяя количество сырья, подаваемого в машину в единицу времени.

Оборудование для дозирования сырья для комбикормов может объединяться в комплексы многокомпонентного макродозирования, аналогичные комплексам микродозирования сырья для премиксов, описанным в параграфе 3.7.2.

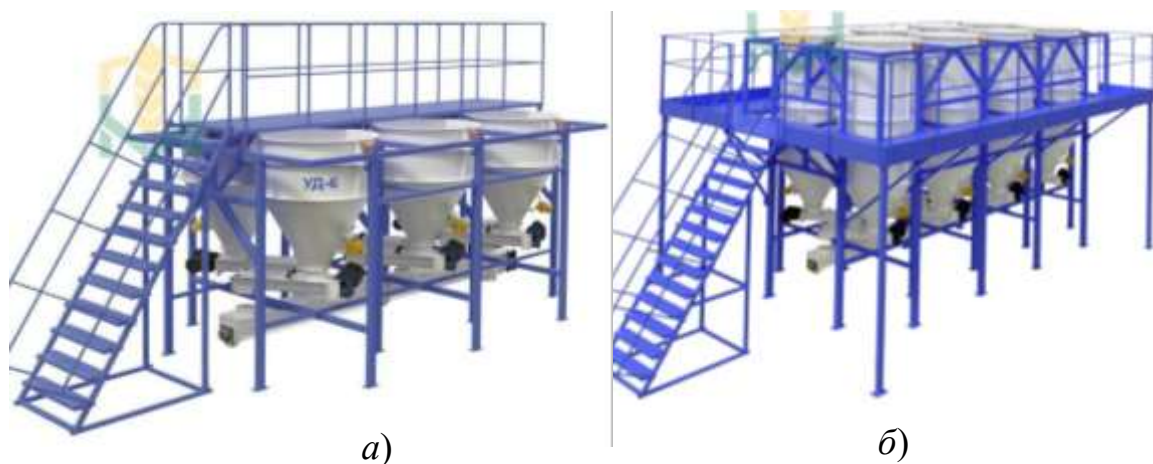


Рис. 3.115. Установки макродозирования УД-6 и УД-8 «Агрогрант»:  
а – установка УД-6; б – установка УД-8

Под маркой «Агрогрант» выпускаются установки макродозирования компонентов УД-6 и УД-8 (рис. 3.115, табл. 3.35). Они предназначены для многокомпонентного дозирования БВМД и зерна на комбикормовых заводах и в цехах.



Таблица 3.35

**Техническая характеристика установок  
макродозирования УД-6 и УД-8**

Показатель	Значение	
	УД-6	УД-8
Производительность установки, т/ч	6	6
Производительность питателей, т/ч	0,9	0,9
Количество компонентов дозирования, шт.	6	8
Общая установленная мощность, кВт	8,7	10,6
Емкость бункера, м <sup>3</sup>	0,5	0,5
Точность дозирования, г	до 100	до 100
Габаритные размеры, мм	5647×2300×3128	6897×2300×3138
Масса, кг	1900	2530

Установка макродозирования УД состоит из блока бункеров, каждый из которых снабжен шнековым питателем, установленным под его днищем. Шнековые питатели поочередно подают сырье в общий шнековый транспортер с системой дистанционно управляемых задвижек.

**Контрольные вопросы**

1. Каков принцип действия весовых дозирующих устройств, применяемых в комбикормовой промышленности?
2. Как устроены весовые бункеры?
3. Какое оборудование используют для дозирования жидкого сырья?

### **3.9. Оборудование для транспортировки, хранения и упаковки сырья и готовой продукции**

#### **3.9.1. Оборудование для хранения сырья и готовой продукции**

При поступлении на комбикормовый завод зерновое и другое сыпучее сырье поступает в завальную яму (накопительный бункер). Завальная яма (рис. 3.116) предназначена для приема из автотранспорта, накопления и последующего перемещения самотеком или транспортером зернового сырья в загрузочную норию, которая перемещает его в силосы.

Завальная яма размещается ниже уровня земли. Это дает возможность легко производить разгрузку зерна из автомашины боковым и задним методами. Ямы оснащаются решетками безопасности, а также крышкой для защиты зерна.

При разгрузке из автотранспорта зерно через решетку безопасности попадает в приемный бункер. Отсюда под силой тяжести либо под

действием механизмов транспортера, оно поступает в норию, которая перемещает его на обработку. Объем подаваемого в загрузочную норию зерна регулируется с помощью заслонки. При закрытой заслонке завальная яма используется в качестве бункера для временного хранения зерна.



Рис. 3.116. Завальная яма

ЗАО «Инженерный центр «Грант» (Агрогрант™) выпускает завальные ямы ЯЗ-7 и ЯЗ-10 (рис. 3.117, табл. 3.36). Они используются для загрузки и временного хранения фуражного зерна и продуктов их переработки. Загрузку бункера ямы можно производить любыми транспортными средствами. Разгрузка – самотеком в любой транспортер.



Рис. 3.117. Завальные ямы ЯЗ «Агрогрант»:  
а – ЯЗ-7; б – ЯЗ-10

Таблица 3.36

## Техническая характеристика ям завальных ЯЗ

Показатель	ЯЗ-7	ЯЗ-10
Объем, м <sup>3</sup>	5	10
Масса, кг	680	1013
Габаритные размеры, мм	2350×3126×2900	3050×2660×2700

Для приема сыпучего сырья на небольших комбикормовых заводах применяют также завальные бункеры, в частности бункеры БЗ «Агрогрант» (рис. 3.118).



Рис. 3.118. Бункер завальный БЗ «Агрогрант»

Емкость бункеров завальных БЗ составляет от 10 до 25 м<sup>3</sup>. Загрузку бункера можно производить любыми транспортными средствами: нориями, винтовыми и ленточными транспортерами. Разгрузка производится шнековым транспортером, расположенным под днищем.

Для приема, оперативного хранения и подачи зерна и других сыпучих материалов в технологическую линию предназначены бункеры исходного сырья БИС (рис. 3.119), выпускаемые «Жаско». Бункер представляет собой емкость в форме параллелепипеда с днищем пирамидальной формы, внизу которого имеется выгрузное отверстие с заслонкой. Разгрузка производится самотеком в любой внутрицеховой межоперационный транспорт. Объем бункера составляет 16 и 20 м<sup>3</sup>.



Рис. 3.119. Бункер исходного сырья БИС «Жаско»

На комбикормовых заводах бункеры для разных видов исходного сырья обычно соединяют в секции, как показано на рис. 3.120.

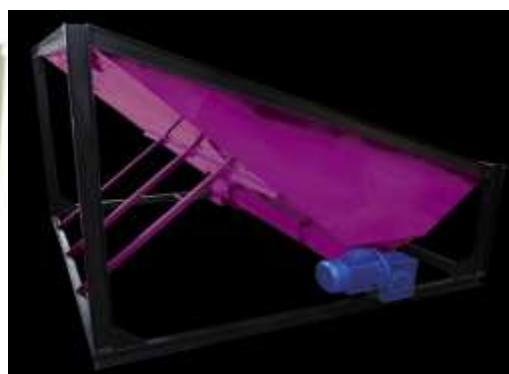


Рис. 3.120. Соединение бункеров для исходного сырья

Для хранения оперативного запаса различных видов БВМК (премикс, дрожжи кормовые, минеральные компоненты и т.д.) и их подачи в технологическую линию на небольших заводах используют бункеры добавок БД (рис. 3.121, табл. 3.37). Бункеры под этой маркой выпускают различные предприятия нашей страны, иногда их именуют бункер-питатель. Их емкость составляет от 1 до 6 м<sup>3</sup>.



а)



б)

Рис. 3.121. Бункеры добавок (питатели) БД:  
а – бункер добавок БД-1,5 «Агрогрант»; б – бункер-питатель БД-2 «Жаско»

Таблица 3.37

## Технические характеристики бункеров-питателей БД «Жаско»

Показатель	БД-1,0	БД-1,5	БД-2	БД-6
Объем загрузки бункера, м <sup>3</sup>	1,2	1,5	2	6
Установленная мощность, кВт	2,2	2,2	2,2	2,2
Частота вращения шнека, об/мин	70	70	70	70
Габаритные размеры, мм	2150×1000×1700	2150×2000×1700	2500×2200×1700	2500×2200×2600
Масса, кг	260	410	600	792

Бункер добавок БД состоит из металлической емкости пирамидальной формы, со встроенным шнеком-ворошителем, позволяющим перемешивать и выгружать сырье. Вращение шнека производится с помощью мотор-редуктора. Специальная конструкция шнека-ворошителя предохраняет его от заклинивания и обеспечивает свободное и беспрепятственное перемешивание сырья. Разгрузка бункера принудительная. Емкость бункера БД может иметь горизонтальную (рис. 3.121, а) или наклонную (рис. 3.121, б) форму.

Бункеры добавок БД на предприятиях также могут объединяться в блоки для удобства их загрузки и использования (рис. 3.122).

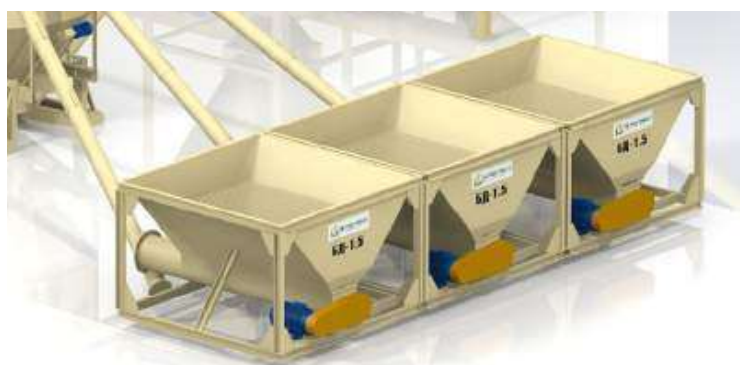


Рис. 3.122. Блок бункеров добавок БД

При необходимости взвешивания в ходе технологического процесса сырья и продуктов переработки для дозирования перед дальнейшей обработкой применяют весовые бункеры, выпускаемые под марками ВБ, БВ и ВП (рис. 3.123) емкостью от 1 до 3 м<sup>3</sup>. Бункер представляет собой емкость с днищем конусной формы и заслонкой, установленную на стойках. Взвешивание производится при помощи тензодатчиков.



Рис. 3.123. Весовой бункер ВБ-3 «Жаско»

Для оперативного накопления и равномерной подачи сырья в пресс-грануляторы, экструдеры и подобные машины, над ними на стойках устанавливают оперативные бункеры (бункеры-питатели) (рис. 3.124), которые могут оснащаться ворошителями.

Для оперативного хранения рассыпного комбикорма после смешивания используют подсмесительный бункер (бункер смесителя) (рис. 3.125, табл. 3.38), аналогичный по конструкции бункеру добавок.



а)



б)

Рис. 3.124. Бункер-питатель (оперативный бункер):  
а – общий вид; б – размещение бункера-питателя над пресс-гранулятором





Рис. 3.125. Бункер смесителя БС «Агрогрант»

Таблица 3.38

Технические характеристики бункеров смесителя БС «Агрогрант»

Показатель	БС-1	БС-2	БС-3
Объем бункера, м <sup>3</sup>	1	2	3
Габаритные размеры, мм	2540×1260×1190	2376×1792×1800	2450×2092×2656
Масса, кг	457	664	853

Загрузка комбикорма производится либо самотеком непосредственно в бункер, расположенный под смесителем, либо шнековым транспортером.

Для оперативного хранения запаса премикса и его подачи в смеситель на небольших заводах применяют бункеры премиксов. От бункеров добавок они отличаются небольшим объемом 0,2-0,5 м<sup>3</sup>.

Под маркой «Агрогрант» выпускают бункеры премиксов БП-2 и БВП-0,5 (рис. 3.126).

Бункер премиксов БП-2 имеет объем 0,2 м<sup>3</sup>, разгрузка самотеком. Бункер весовой премиксов БВП-0.5 имеет объем 0,5 м<sup>3</sup> и снабжен весовым тензометрическим устройством, разгружается шнековым транспортером.



Рис. 3.126. Бункеры премиксов «Агрогрант»:

а – бункер премиксов БП-2; б – бункер весовой премиксов БВП-0.5



Для временного хранения готового комбикорма применяют бункеры сухих кормов БСК (рис. 3.127). Емкость этих бункеров составляет от 4 до 20 м<sup>3</sup>.



Рис. 3.127. Бункеры БСК «Агрогрант»

Бункер БСК состоит из следующих основных узлов, выполненных из стали: корпус; крышка; загрузочный люк; опора бункера. Бункеры могут иметь цилиндрический корпус с конической нижней частью, как на рис. 3.127, либо кубический с пирамидальной нижней частью.

Загрузку бункера БСК возможно производить любыми транспортными средствами: элеваторами, нориями, винтовыми и ленточными транспортерами. Разгрузка самотеком в любой транспортер.

Для удобства загрузки и выгрузки бункеры БСК объединяются в блоки. В этом случае их загрузка производится одним транспортером, снабженным задвижками над каждым бункером. Выгрузка также может производиться в один транспортер, расположенный под днищами бункеров.

Бункеры БСК могут применяться и для хранения исходного сыпучего сырья.

На крупных комбикормовых заводах для хранения больших объемов сырья и готового корма применяют специальные емкости – металлические силосы, изучаемые в учебном курсе «Технология переработки и хранения зерна».

### 3.9.2. Расчет требуемого количества и вместимости бункеров для сырья и готовой продукции

В этом параграфе приведен порядок расчета количества и вместимости бункеров для малых комбикормовых заводов согласно методике, предложенной В.В. Садовым [24].

Общее количество сырья  $K_c$  (т), которое необходимо хранить на комбикормовом заводе, определяют по формуле

$$K_c = \frac{Q_{\text{тр}} c z}{100}, \quad (3.20)$$

где  $c$  – количество сырья, подлежащего хранению, в % от суточной производительности завода;  $z$  – время хранения сырья, сутки.

Вместимость оперативных бункеров над молотковыми дробилками, смесителями, пресс-грануляторами и т.д. необходимо принимать исходя из условия обеспечения непрерывной работы завода в течение 2-3 суток.

При расчете вместимости бункеров необходимо учитывать объемную массу сырья или готового комбикорма. Угол наклона плоскости днища бункеров должен быть не менее: для зерна  $45^\circ$ , для остальных видов сырья и комбикорма  $70^\circ$ .

Необходимая емкость бункеров  $V$  ( $\text{м}^3$ ) для хранения заданного вида сырья определяется по формуле

$$V = \frac{K_c}{\gamma \eta}, \quad (3.21)$$

где  $\gamma$  – объемная масса сырья,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\eta$  – коэффициент использования емкости бункеров,  $\eta = 0,85 \dots 0,95$ .

По известной общей емкости бункеров  $V$  и емкости одного бункера  $V'$ , можно определить необходимое количество бункеров:

$$n = \frac{V}{V'}. \quad (3.22)$$

По формулам (3.20)–(3.22) можно определить емкость и потребное количество бункеров для хранения готового комбикорма.

При хранении БВМК (соль, мел, дрожжи, премиксы, отходы пищевых производств) насыпом необходимую для этого площадь  $F$  ( $\text{м}^2$ ) определяют по формуле

$$F = \frac{K'_c}{\gamma h \eta'},$$

где  $K'_c$  – количество сырья, подлежащего хранению, т;  $h$  – высота слоя хранящегося сырья,  $h = 2,5 \dots 3$  м;  $\eta'$  – коэффициент использования площади,  $\eta' = 0,65 \dots 0,7$ .

Массу отдельных видов сырья  $K_u$  (т), которые должны быть размещены в бункерах, определяют по формуле

$$K_u = \frac{Q_{\text{тр}} e t}{100 \cdot 24},$$

где  $e$  – доля компонента, предусмотренная рецептом комбикорма, %;

$t$  – продолжительность работы линии дозирования, ч.

### 3.9.3. Оборудование для транспортирования сырья и готовой продукции

На комбикормовых заводах сыпучее сырье подвозится автотранспортом и выгружается в завальные ямы (см. п. 3.9.1), откуда оно поднимается вертикально вверх в наддозаторные бункеры нориями (рис. 3.128).

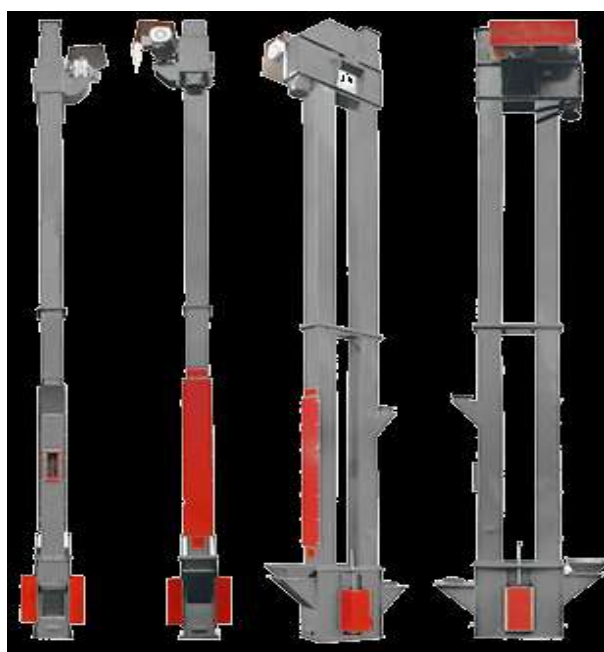


Рис. 3.128. Нория (общий вид)

Нория (ковшовый элеватор) представляет собой машину непрерывного транспорта с гибким рабочим органом в виде бесконечной ленты с ковшами (рис. 3.129, а).

Основной рабочий орган нории – бесконечная лента, с закрепленными на ней с определенным шагом ковшами, охватывающая верхний и нижний барабаны. Верхний (приводной) барабан вместе с кожухом, валом, приводным и тормозным устройствами входит в состав головки нории. Нижний (натяжной) барабан с натяжным устройством, кожухом и загрузочным бункером образует башмак нории. Головка и башмак соединены между собой шахтами, состоящими из секций в форме труб прямоугольного сечения. Ковши изготавливают из стали или пластмассы и крепят к ленте болтами.

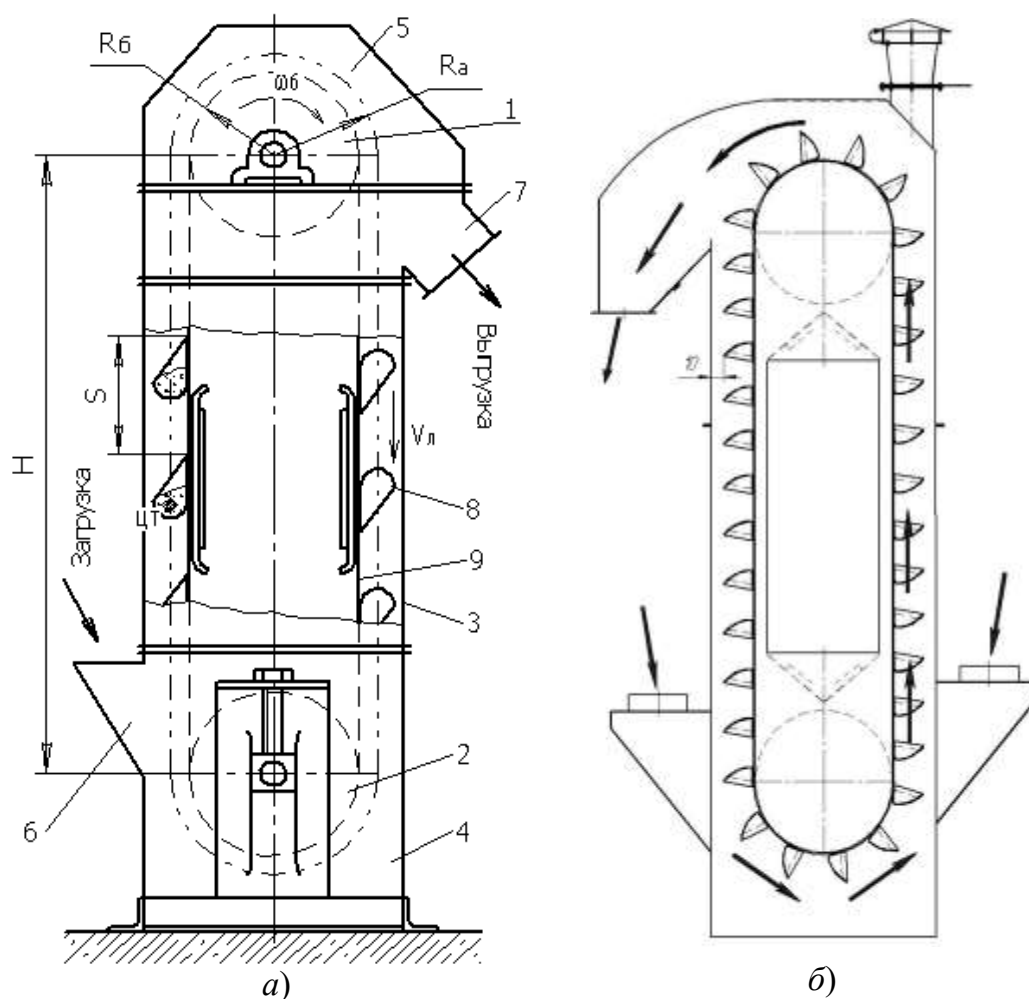


Рис. 3.129. Схема конструкции (а) [23] и технологического процесса нории (б);  
 1 – верхний (приводной) барабан; 2 – нижний (натяжной барабан); 3 – кожух;  
 4 – башмак нории; 5 – головка нории; 6 – загрузочная горловина;  
 7 – выгрузная горловина; 8 – ковш; 9 – норийная лента

В процессе работы нории (рис. 3.129, б) материал поступает в загрузочную часть (башмак), в котором ковши наполняются зачерпыванием или засыпкой, и вместе с лентой поднимается вверх со скоростью 0,6-5 м/с. Движение ленте с закрепленными на ней ковшами сообщает мотор-редуктор, который вращает приводной барабан. Проходя вокруг барабана башмака, ковши загружаются и поднимаются к головке нории. В головке нории ковши разгружаются под действием центробежной силы и силы тяжести.

В качестве примера нории рассмотрим норию зерновую НЗ-3М (рис. 3.130, табл. 3.39), выпускаемую фирмой «Доза-Агро».

Нория зерновая НЗ-3М «Доза-Агро» применяется для вертикального транспортирования зерна, гранул и мучнистых продуктов на мукомольных и комбикормовых предприятиях.

Рис. 3.130. Нория зерновая НЗ-3М «До-за-Агро»: 1 – головка; 2 – башмак; 3 – привод; 4 – шахта гладкая; 5 – взрыво-разрядитель; 6 – шахта монтажная; 7 – приводной барабан; 8 – натяжной барабан; 9 – загрузочный патрубок; 10 – патрубок для подсоединения аспирации; 11 – винтовое натяжное устройство; 12 – смотровой люк; 13 – лента; 14 – ковши; 15 – выгрузной патрубок; 16 – фланец присоединения взрыворазрядителя; 17 – фланец присоединения шахт; 18 – регулировочный скат; 19 – шибер; 20 – люк монтажный

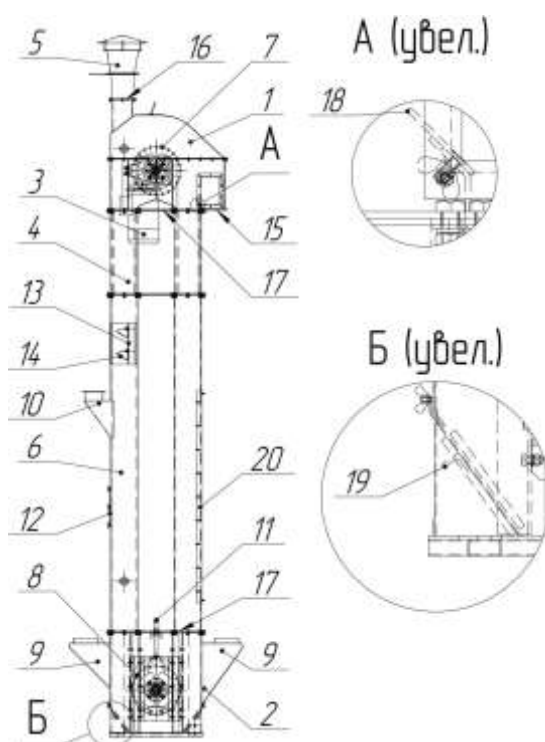


Таблица 3.39

### Техническая характеристика нории зерновой НЗ-3М

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	до 5
Общая установленная мощность, кВт	0,37-1,1
Высота подъема, м,	3-6
Частота вращения барабана, об/мин, не более	70
Скорость ленты, м/с, не более	1,1
Шаг ковшей, мм	150
Емкость ковшей, л	0,3
Ширина ленты, мм	125
Сечение шахты, мм	160×160
Высота секции, м	1, 1,5, 2

Головка нории НЗ-3М имеет фланец для подсоединения шахт 17, фланец патрубка выгрузки 15 и фланец для подсоединения взрыворазрядителя 16, а также регулировочный скат 18 для уменьшения просыпания транспортируемого продукта внутрь нории. В головке нории установлен мотор-редуктор 3, на валу которого закреплен приводной барабан 7, приводящий в движение рабочий орган – ленту 13 с ковшами 14. Ковши крепятся к ленте монтажными болтами и гайками. Башмак нории имеет фланец для подсоединения шахт 17, загрузочный патрубок 9, шибер 19. В башмаке установлен свободно вращающийся натяжной

барабан 8. Винтовое натяжное устройство 11 служит для обеспечения необходимого натяжения ленты.

Приводом нории является червячный мотор-редуктор с электро-тормозом, что предотвращает обратный ход ленты при отключении электроэнергии.

Оборудование крупных комбикормовых заводов располагается в вертикальной плоскости по схеме «сверху вниз», что позволяет использовать для перемещения сырья в ходе технологического процесса силу гравитации и тем самым сэкономить на подъемно-транспортном оборудовании и электроэнергии для его привода. Сырье перемещается от одной машины к другой при помощи самотечных труб с задвижками и распределителями.

Самым распространенным видом транспортных машин для сыпучих грузов на небольших комбикормовых заводах являются шнековые транспортеры (винтовые конвейеры). Они относятся к машинам непрерывного действия и представляют собой неподвижную цилиндрическую трубу или желоб U-образного профиля, перемещение материала по которым осуществляется вращающимся спиральным винтом (шнеком) (рис. 3.131, 3.132).

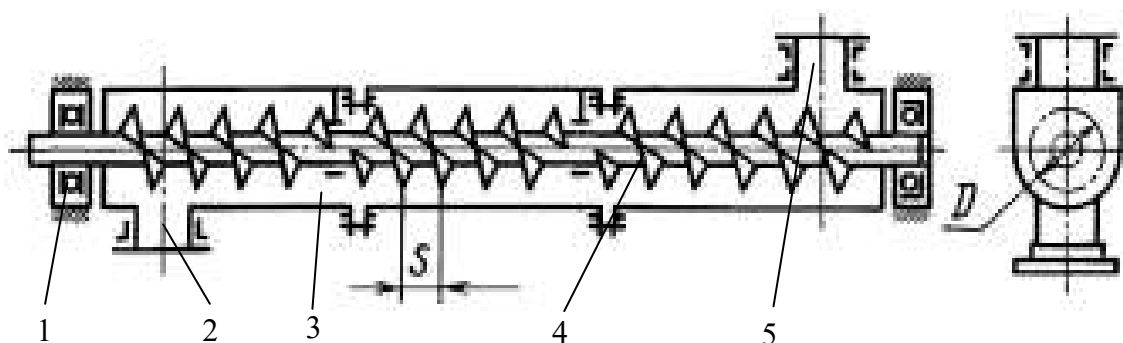


Рис. 3.131. Схема шнекового транспортера (винтового конвейера):

$D$  – диаметр винта;  $S$  – шаг винта; 1 – подшипниковый узел;

2 – выгрузное отверстие; 3 – желоб (корпус);

4 – винт (шнек); 5 – загрузочное отверстие

Винт (шнек) установлен в подшипниковых узлах и обычно приводится во вращение электродвигателем посредством ременной передачи. Винт также может приводиться во вращение мотор-редуктором, соединенным с валом шнека через зубчатую муфту. Привод шнекового транспортера может располагаться как со стороны загрузочного отверстия – толкающий транспортер, так и со стороны выгрузного – тянущий транспортер.



Рис. 3.132. Шнековый транспортер (общий вид):  
1 – ременная передача привода; 2 – электродвигатель;  
3 – загрузочный патрубок; 4 – желоб; 5 – выгрузной патрубок

Шнековые транспортеры различной длины собирают из готовых секций: загрузочной, разгрузочной и необходимого числа промежуточных. Желоба секций соединяются отбортовками через болтовые соединения. Валы шнеков различных секций соединяются промежуточной втулкой с болтовым соединением.

Преимуществами винтовых конвейеров являются простота конструкции, надежность, простое обслуживание, компактность, удобство загрузки и выгрузки материала. Их недостатками являются крошение перемещаемых материалов и ограниченная длина.

По расположению желоба и винта шнековые транспортеры делятся на горизонтальные (см. рис. 3.131), вертикальные (рис. 3.133) и наклонные (рис. 3.134).

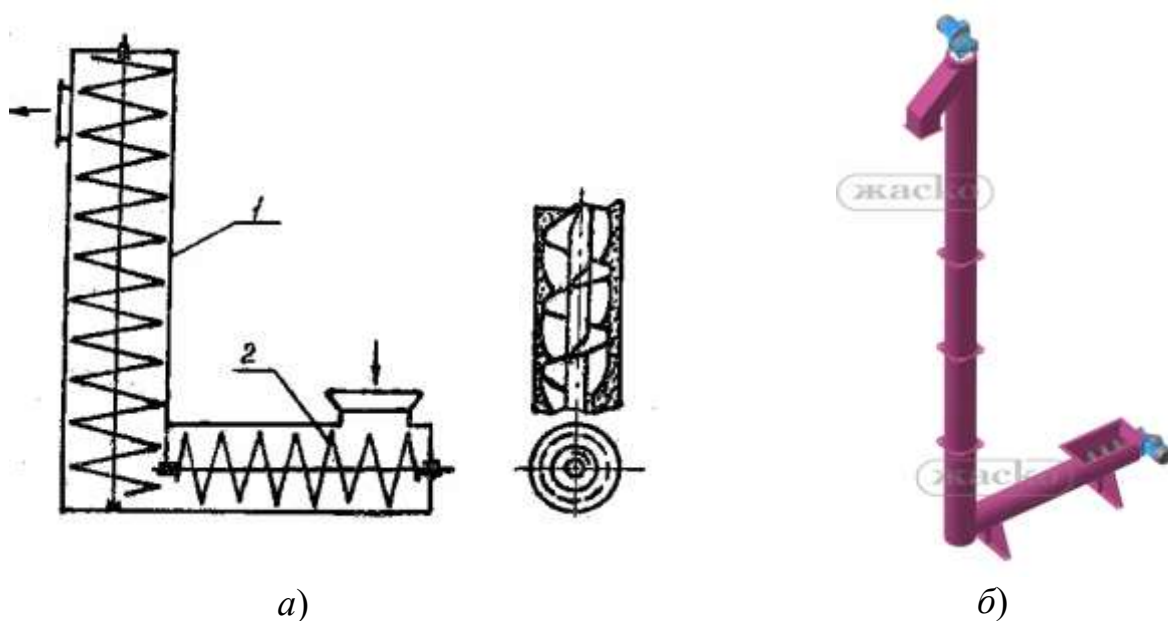
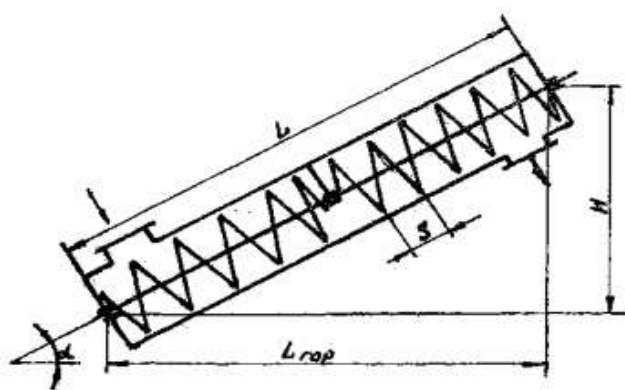


Рис. 3.133. Вертикальный шнековый транспортер:  
а – схема [25]: 1 – вертикальный шнек; 2 – горизонтальный питатель;  
б – общий вид;





а)



б)

Рис. 3.134. Наклонный шнековый транспортер:  
а – схема; б – общий вид

Наклонные шнековые транспортеры (рис. 3.134) по величине угла наклона делятся на пологонаклонные и крутонаклонные. У пологонаклонных транспортеров угол наклона меньше угла естественного откоса перемещаемого материала, а у крутонаклонных – больше. Пологонаклонные транспортеры по конструкции и принципу действия соответствуют горизонтальным, а крутонаклонные – вертикальным.

Горизонтальные и пологонаклонные транспортеры выпускают с различным исполнением корпуса – шнек в цилиндрической трубе или шнек в U-образном желобе (рис. 3.135), вертикальные и крутонаклонные – только шнек в цилиндрической трубе.



а)



б)

Рис. 3.135. Шнековый транспортер  
с U-образным (а) и цилиндрическим (б) корпусом

При перемещении материала по горизонтальному (см. рис. 3.131) и пологонаклонному (см. рис. 3.134) шнековому транспортеру, он под действием вращающегося винта частично смещается относительно его центра и движется вдоль винта по желобу, удерживаемый от совместного с ним вращения [25]. Материал удерживается от совместного вращения с винтом силой тяжести и трением о стенки и дно желоба. Для перемещения материала в винтовом конвейере необходимо, чтобы сила его сцепления с поверхностью винта была меньше силы трения о стенки и дно желоба.

Винт вертикальных (см. рис. 3.133) и крутонаклонных шнековых транспортеров вращается с большой скоростью, причем материал вращается вместе с ним под действием центробежной силы. Но при этом под действием силы трения о желоб материал вращается с меньшей скоростью, чем винт. Благодаря этому материал перемещается в осевом направлении, двигаясь вверх.

Вертикальные шнековые транспортеры (см. рис. 3.133) обычно состоят из двух участков: вертикального и горизонтального, причем загрузочное отверстие размещается в горизонтальном участке.

На комбикормовых заводах применяют шнековые транспортеры с двумя вариантами загрузки сырья (рис. 3.136): через загрузочный бункер или загрузочный патрубок.



а)



б)

Рис. 3.136. Варианты загрузки сырья в шнековый транспортер:  
а – загрузочный бункер; б – загрузочный патрубок

В качестве примера рассмотрим транспортер шнековый ТШ-150 (рис. 3.137, табл. 3.40), выпускаемый «Доза-Агро». Транспортер шнековый ТШ-150 предназначен для транспортировки сыпучих материалов зернистой или мучнистой консистенции с размером частиц до 30 мм, удельным весом до  $850 \text{ кг/м}^3$ , влажностью до 14%, в стационарных условиях в горизонтальном и наклонном направлениях (угол наклона до  $45^\circ$ ).



Рис. 3.137. Транспортер шнековый ТШ-150 «Доза-Агро»

Таблица 3.40

Техническая характеристика  
транспортера шнекового ТШ-150

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	до 2,2
Общая установленная мощность, кВт	до 10
Длина, м	3-9
Диаметр винта, мм	140
Частота вращения шнека, об/мин	330
Угол наклона транспортера к горизонту, град., не более	45
Длина, мм:	
– загрузочная секция	2130
– разгрузочная секция	2070
– промежуточная секция	2000

Транспортер шнековый ТШ-150 состоит из следующих узлов: электродвигателя с ременной передачей, загрузочной секции, выгрузной секции, промежуточной секции, составного шнека. В качестве загрузочного узла может быть установлен бункер (рис. 3.136, *а* и 3.137) или патрубок (рис. 3.136, *б*). Для обеспечения надежности установки транспортеры комплектуются стойкой.

Для транспортирования горячих гранул экструдированного или гранулированного комбикорма из экструдера или пресс-гранулятора в охладитель применяют ленточные скребковые конвейеры (транспортеры). Ленточный скребковый конвейер (рис. 3.138) представляет собой машину непрерывного транспорта с гибким рабочим органом в виде ленты с закрепленными на ней перпендикулярно поверхности поперечными скребками.



Рис. 3.138. Ленточный скребковый конвейер

Скребки на ленте конвейера устанавливают для предотвращения осыпания транспортируемого материала при его перемещении вверх при наклонном расположении конвейера. При перемещении материала в горизонтальной плоскости и соответствующем расположении конвейера применяют гладкую ленту без скребков.

Схема устройства ленточного скребкового конвейера представлена на рис. 3.139.

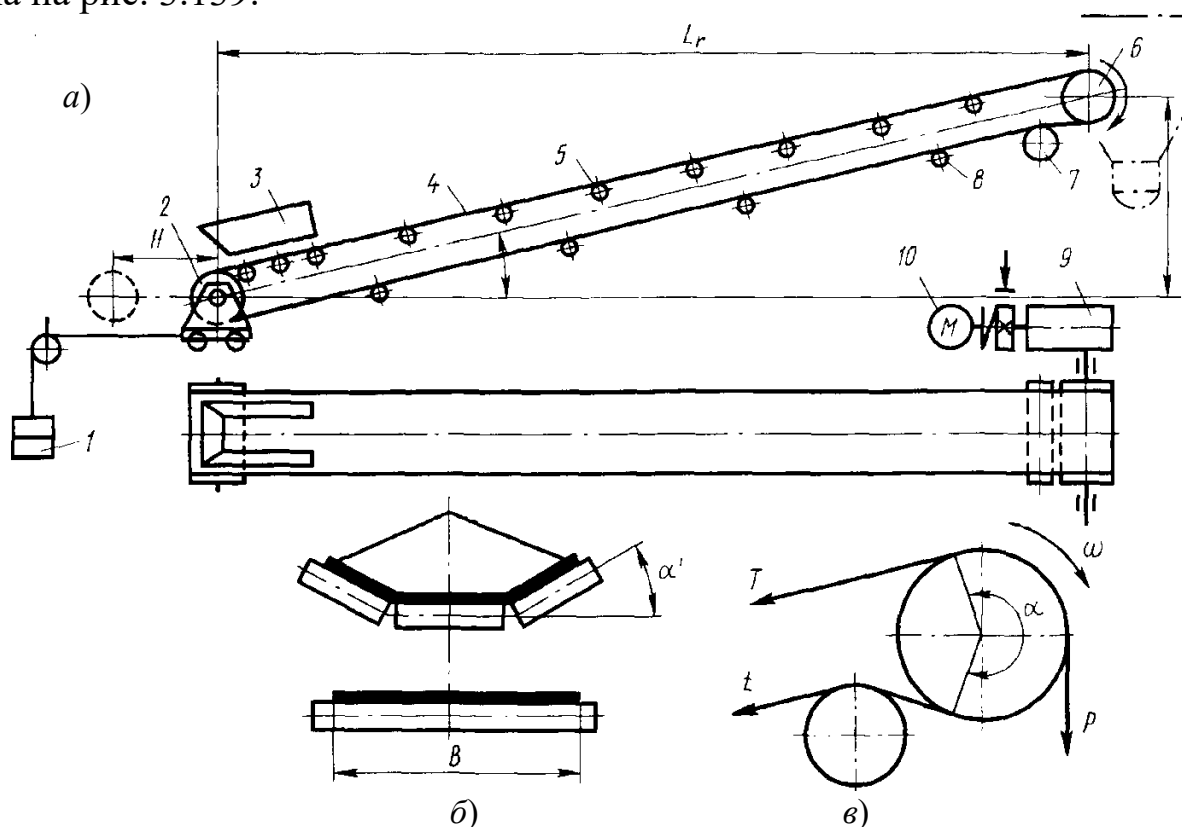


Рис. 3.139. Схема устройства ленточного скребкового конвейера:  
 а – схема конструкции; б – роlikоопоры; в – схема усилий на приводном барабане;  
 1 – грузовое натяжное устройство; 2 – натяжной барабан; 3 – загрузочная воронка; 4 – бесконечная прорезиненная лента; 5 – приводной барабан; 6 – верхние роlikоопоры; 7 – отклоняющий барабан; 8 – нижние роlikоопоры; 9 – электродвигатель; 10 – редуктор

Основным рабочим органом ленточного конвейера служит бесконечная лента 4, огибающая приводной 6 и натяжной 2 барабаны. Приводной барабан 6 приводится во вращение электродвигателем 10 через редуктор 9. Для увеличения тягового усилия рядом с приводным барабаном устанавливают отклоняющий барабан 7, увеличивающий угол обхвата.

Верхняя рабочая и нижняя холостая ветви ленты поддерживаются верхними 5 и нижними 8 роlikоопорами. Возможен вариант конструкции, когда роlikоопоры отсутствуют, а лента перемещается по поддерживающему желобу. Для исключения провисания ленты она предварительно натягивается посредством натяжного устройства 1.

Загрузка перемещаемого материала на ленту производится через загрузочную воронку 3. Выгрузка материала производится в выгрузное окно.

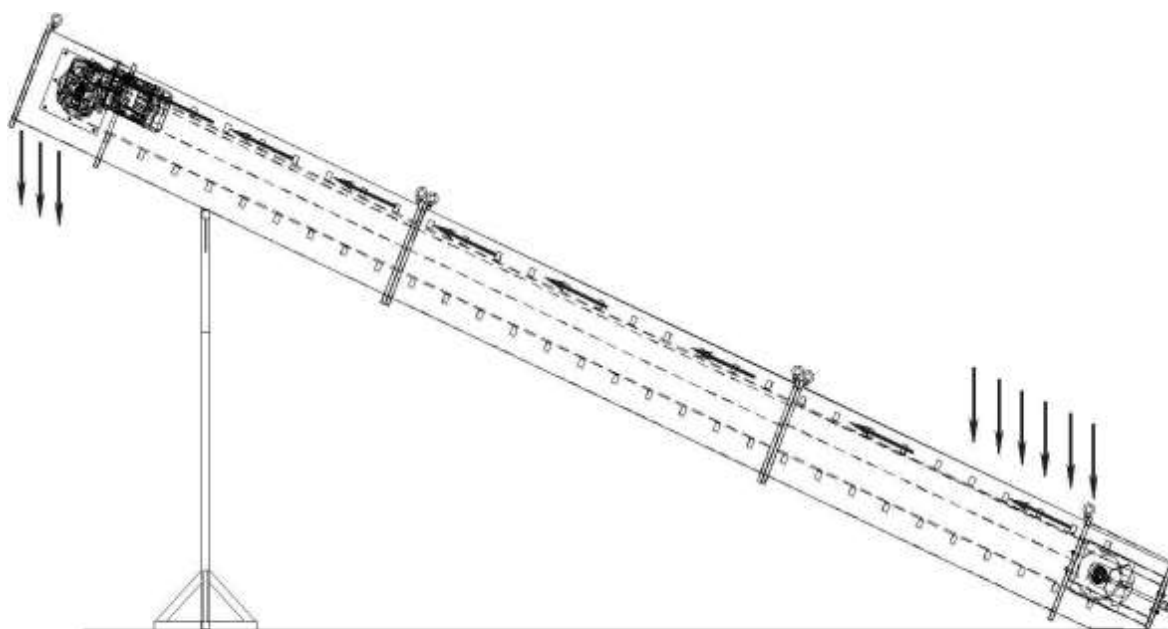


Рис. 3.140. Технологическая схема ленточного скребкового конвейера

Ленточные транспортеры различной длины собирают из готовых секций: загрузочной, выгрузной и необходимого числа промежуточных.

В ходе технологического процесса (рис. 3.140) продукт поступает на открытую ленту загрузочной (натяжной) секции конвейера. Лента, приводимая в движение приводным барабаном, движется по поддерживающему желобу в корпусе конвейера. При этом продукт транспортируется от загрузочной секции к выгрузной, где лента на повороте огибает приводной барабан, при этом происходит сброс находящегося на ней продукта в выгрузное окно.

Ленточные скребковые транспортеры могут иметь различную форму для удобства загрузки и выгрузки транспортируемого продукта. Помимо прямой (см. рис. 3.138), они могут иметь L-образную (рис. 3.141, *а*) и Z-образную форму (рис. 3.141, *б*), образуемую соединением горизонтальных и наклонных секций.



Рис. 3.141. Ленточные скребковые транспортеры различной формы:  
*а* – L-образная форма; *б* – Z-образная форма

В качестве примера рассмотрим конвейер ленточный скребковый КЛ-С300 (рис. 3.142, табл. 3.41), выпускаемый «Доза-Агро».



Рис. 3.142. Конвейер ленточный скребковый КЛ-С300  
«Доза-Агро»

Таблица 3.41

**Техническая характеристика конвейера  
ленточного скребкового КЛ-С300**

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	до 4
Общая установленная мощность, кВт	0,75-1,1
Длина, м	3-10
Ширина ленты, мм	300
Скорость движения ленты, м/с, не более	0,5
Угол наклона транспортера к горизонту, град., не более	45
Частота вращения барабана, об./мин, не более	70
Длина, мм:	
– загрузочная секция	2000
– разгрузочная секция	2000/1000
– промежуточная секция	2000

Конвейер ленточный КЛ-С300 предназначен для перемещения гранул и других продуктов в горизонтальном и наклонном направлениях. Конвейер состоит из следующих узлов: мотор-редуктора, приводной секции, промежуточной секции, натяжной секции, ленты. На приводной секции конвейера установлен мотор-редуктор, на валу которого закреплен приводной барабан, приводящий в движение ленту.

При работе ленточного конвейера лента движется по поддерживающему желобу в его корпусе. В натяжной секции устанавливается свободно вращающийся натяжной барабан. Натяжение ленты производится перемещением опор ведомого вала натяжной секции при помощи натяжных винтов. Разгрузка конвейера производится через выгрузное окно.

### 3.9.4. Расчет шнекового транспортера

Применяемые в комбикормовой промышленности шнековые транспортеры относятся к винтовым конвейерам. Чаще всего в их конструкции применяется сплошной спиральный винт.

Диаметры винтов (шнеков)  $D$  транспортеров обычно соответствуют ряду 100, 125, 150, 200, 250, 320, 400, 500, 650, 800 мм. Шаг винта  $S$ , как правило, принимается равным диаметру винта для горизонтальных конвейеров и  $0,8D$  для наклонных (см. рис. 3.131).

Основные конструктивные параметры горизонтальных шнековых транспортеров (винтовых конвейеров) определяются по нижеследующим формулам [25].



Высота боковых стенок желоба:

$$h = \frac{D}{2} + 20 \text{ мм.}$$

Ширина желоба:

$$B = D + 2\lambda ,$$

где  $\lambda$  – радиальный зазор между винтом и внутренней поверхностью желоба,  $\lambda = 5 \dots 10$  мм.

В вертикальных и наклонных шнековых транспортерах желоб выполняют в форме цилиндрической трубы:

$$D_t = D + 2\lambda .$$

Ширина загрузочного отверстия принимается не менее величины диаметра винта  $D \leq l_z$ , а ширина выгрузного отверстия, как правило, принимается равной шагу винта  $l_v = S$ .

Производительность горизонтального винтового конвейера определяется по формуле

$$Q = 15\pi D^2 S n_v \rho \psi ,$$

где  $Q$  – производительность транспортера, т/ч;  $n_v$  – частота вращения винта, об/мин;  $\rho$  – плотность перемещаемого продукта,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\psi$  – коэффициент заполнения желоба.

У наклонных винтовых конвейеров производительность уменьшается пропорционально углу наклона  $\beta$ :

$$Q_n = Q C_\beta ,$$

где  $C_\beta$  – коэффициент уменьшения производительности конвейера при определенном угле наклона  $\beta$ .

Скорость перемещения транспортируемого материала в винтовом конвейере определяется по формуле

$$v = \frac{S n_v}{60} .$$

Для эффективной работы винта (шнека) необходимо, чтобы рабочая частота его вращения была меньшей, чем максимально допустимая частота для винта с данным диаметром  $n_v \leq n_{\max}$ . Частоту вращения винта предпочтительно выбирать из ряда 6; 7.5; 9.5; 11.8; 15; 19; 23.6; 30; 37.5; 47.5; 60; 75; 95; 118; 150; 190  $\text{мин}^{-1}$ .

Диаметр винта горизонтальных и наклонных конвейеров определяется по формуле

$$D = \sqrt{\frac{Q C_\beta}{15\pi S n_v \rho \psi}}$$

и округляется до ближайшего стандартного значения.

Мощность электродвигателя, необходимая для привода горизонтального или наклонного винтового конвейера, определяется во формуле [25]

$$N = \frac{k_z Q}{367 E} \cdot (L \omega_0 \pm H) + P,$$

где  $k_z$  – коэффициент запаса,  $k_z = 1.1 \dots 1.2$ ;  $E$  – КПД привода,  $E = 0.8 \dots 0.9$ ;  $\omega_0$  – общий коэффициент сопротивления конвейера,  $\omega_0 = 1.2 \dots 2$ ;  $H$  – высота подъема, м;  $P$  – мощность холостого хода конвейера, кВт.

Мощность холостого хода винтового конвейера определяется по формуле

$$P = 0.2 k_p q_m L \nu \omega_v, \quad (3.23)$$

где  $k_p$  – коэффициент, учитывающий характер перемещения рабочего органа,  $k_p = 0.15$ ;  $q_m$  – погонная масса материала, Н/м;  $\omega_v$  – коэффициент сопротивления вращению винта, для подшипников скольжения  $\omega_v = 0.16$ , для подшипников качения  $\omega_v = 0.08$ .

Формула (3.23) пригодна для определения мощности привода винтового конвейера с углом наклона  $\beta \leq 45^\circ$ . При угле наклона более  $45^\circ$  расчетная мощность на привод шнека увеличивается в 2-3 раза.

Мощность электродвигателя, необходимая для привода вертикального винтового конвейера, определяется во формуле [25]

$$N = \frac{k_z Q H}{367 E} \cdot (\omega_0 + 1),$$

где  $k_z$  – коэффициент запаса,  $k_z = 1.2 \dots 1.4$ ;  $\omega_0$  – общий коэффициент сопротивления винтового конвейера,  $\omega_0 = 5 \dots 8$ .

### 3.9.5. Расчет ленточного конвейера

В данном параграфе приведен порядок упрощенного расчета параметров и выбора используемых в комбикормовой промышленности наклонных ленточных скребковых конвейеров (направление транспортирования груза – вверх).

Исходными данными для расчета ленточного конвейера являются: сменная производительность конвейера  $Q_{см}$ , т/см; длина транспортирования  $L$ , м; угол наклона конвейера,  $\beta$ , град; направление транспортирования (вверх, вниз); насыпная плотность транспортируемого материала,  $\gamma$ , кг/м<sup>3</sup>;  $f$  – коэффициент трения транспортируемого материала;  $\varphi$  – угол естественного откоса транспортируемого материала, град [22].

Производительность ленточного конвейера определяется по формуле [22]:

$$Q = \frac{Q_{cm} K}{t_{cm} K_m},$$

где  $K$  – коэффициент неравномерности загрузки конвейера,  $K = 1 \dots 1.5$ ;  
 $t_{cm}$  – продолжительность смены, ч;  $K_m$  – коэффициент использования машинного времени,  $K_m = 0.8 \dots 0.95$ .

Значения скорости движения ленты  $v$  выбираются в зависимости от свойств транспортируемого груза и особенностей конструкции конвейера: ширины и типа ленты, типа разгрузочного устройства, угла наклона конвейера согласно рекомендациям [22]. По ГОСТ 22644-77 скорость ленты конвейера должна выбираться из следующего ряда: 0.25; 0.315; 0.4; 0.5; 0.63; 0.8; 1; 1.25; 1.6; 2; 2.5; 3.15; 4; 5; 6.3; 8, 10 м/с (допускается отклонение в пределах  $\pm 10\%$ ).

Ширина конвейерной ленты определяется по формуле [22]

$$B = \sqrt{\frac{Q}{C v \gamma}},$$

где  $C$  – коэффициент площади сечения груза на ленте, зависящий от угла наклона конвейера к горизонту, угла естественного откоса груза и угла наклона боковых роликов,  $C = 240 \dots 358$ .

Полученное значение ширины ленты конвейера округляется в большую сторону до ближайшего из ряда согласно ГОСТ 22644-77: 300; 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000; 2250; 2500; 2750; 3000 мм.

Выбор подходящего ленточного конвейера осуществляется по справочникам и проспектам выпускаемого оборудования на основании исходных данных (длина транспортирования и допустимый угол наклона конвейера, вид груза), а также вычисленных производительности и ширине ленты. Производительность и ширина ленты выбранного ленточного конвейера должны быть не менее расчетных.

### 3.9.6. Оборудование для упаковки готовых комбикормов и премиксов

Готовые комбикорма и премиксы, предназначенные для реализации потребителям, упаковывают в бумажные или пластиковые мешки (Open Bag) по 15 (премикс), 25 и 50 кг, либо в крупногабаритные мягкие контейнеры (Big Bag) вместимостью от 300 до 1000 кг. После затаривания верхняя часть мешка (контейнера) зашивается или запаивается

для исключения проникновения внутрь воздуха и влаги с целью увеличения срока хранения продукта.

Таким образом, машины для упаковки комбикормов и премиксов должны выполнять следующие операции: дозирование продукта, загрузка в тару, закрытие тары, маркировка тары.

В качестве примера оборудования для упаковки комбикормов и премиксов рассмотрим фасовочную станцию «Open Bag» (рис. 3.143), выпускаемую «Доза-Агро».

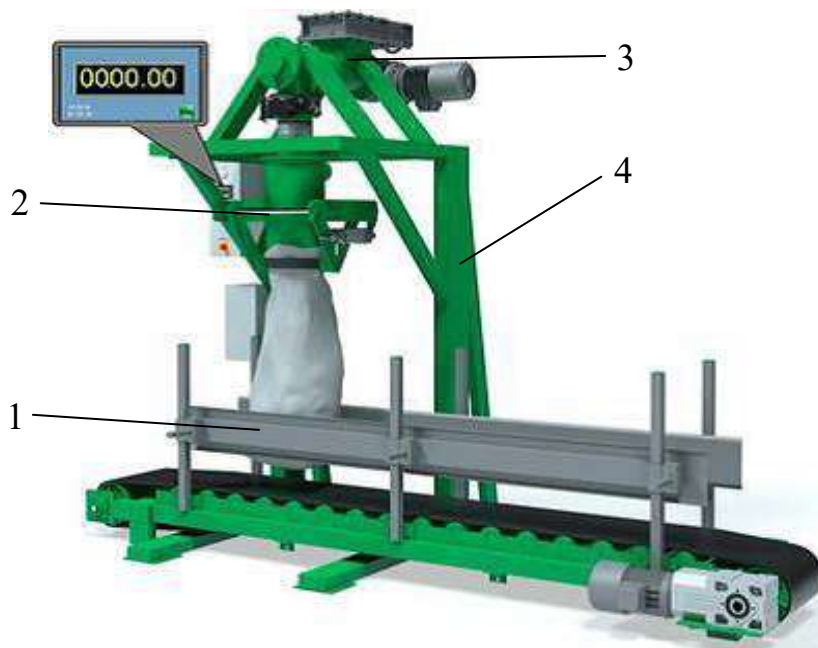


Рис. 3.143. Станция фасовки в мешки «Open Bag» «Доза-Агро»:  
1 – ленточный конвейер; 2 – узел затаривания и дозирования;  
3 – узел загрузки; 4 – рама

Фасовочная станция представляет собой раму, на которой размещены узлы загрузки, затаривания и дозирования. Под узлом затаривания и дозирования устанавливается ленточный конвейер для приема и удаления заполненных мешков из зоны затаривания. Узел затаривания и дозирования подвешен к несущей раме на двух датчиках веса для непрерывного взвешивания мешка с материалом в процессе фасовки и дозирования.

В узел загрузки продукт самотеком или транспортером подается из бункера готовой продукции. По мере его наполнения с помощью датчика верхнего уровня происходит отключение загрузки.

На загрузочный патрубок станции фасовки оператор вешает заранее подготовленный пустой мешок. Мешок удерживается на загрузочном патрубке в подвешенном состоянии с помощью прижимов, оснащенных пневмоприводами. Далее продукт попадает в мешок из узла за-

грузки с помощью винтового конвейера. На загрузочном патрубке фасовки он непрерывно взвешивается вместе с мешком по мере его наполнения. На первой стадии происходит быстрая подача продукта «грубым» потоком, на второй – досыпка незначительного количества до требуемого значения веса «тонким» потоком. Дисковый затвор отсекает поток материала в конце цикла дозирования и исключает просыпание продукта при смене мешков. Покидая фасовочную машину, горловина затаренного мешка запаивается или зашивается прошивочным устройством, мешок опускается на ленточный транспортер и транспортируется на склад.

Производительность станции фасовки «Доза-Агро» – до 15 т/ч. Производительность станции зависит от величины дозы, насыпного веса продукта, а также от навыков персонала, занятого навеской пустых мешков.

### ***Контрольные вопросы***

1. Куда загружают сыпучее сырье при его поступлении на комбикормовый завод?
2. Какие емкости используют для хранения оперативного запаса различных видов сырья в ходе технологического процесса?
3. Где хранят готовый комбикорм?
4. Как определяют емкость бункеров для хранения сырья?
5. Какие машины используют для транспортировки сырья в вертикальном направлении?
6. Как устроен винтовой конвейер?
7. Для чего применяют ленточные скребковые транспортеры?
8. Какие исходные данные необходимы для расчета ленточного конвейера?

## 4. МНОГООПЕРАЦИОННЫЕ АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ

### 4.1. Стационарные комбикормовые агрегаты и установки

Главной технологической линией комбикормового завода является линия измельчения, дозирования и смешивания компонентов. В практике внутрихозяйственного комбикормового производства такая технологическая линия часто оформляется как многооперационный стационарный или мобильный комбикормовый агрегат, т.е. установка, в которой составляющие ее машины закреплены в едином каркасе (раме). В их состав обычно входят молотковая дробилка, вертикальный смеситель, весовой дозатор и транспортное оборудование [32]. Обслуживает комбикормовые агрегаты и установки, как правило, один работник.

В «АНЦ «Донской» был разработан высокоэффективный стационарный автоматизированный комбикормовый агрегат АКА-3.322 для измельчения, дозирования и смешивания компонентов комбикорма (рис. 4.1, табл. 4.1), предусматривающий возможность его работы как в качестве автономной установки, так и в составе малого комбикормового завода (рис. 4.2).

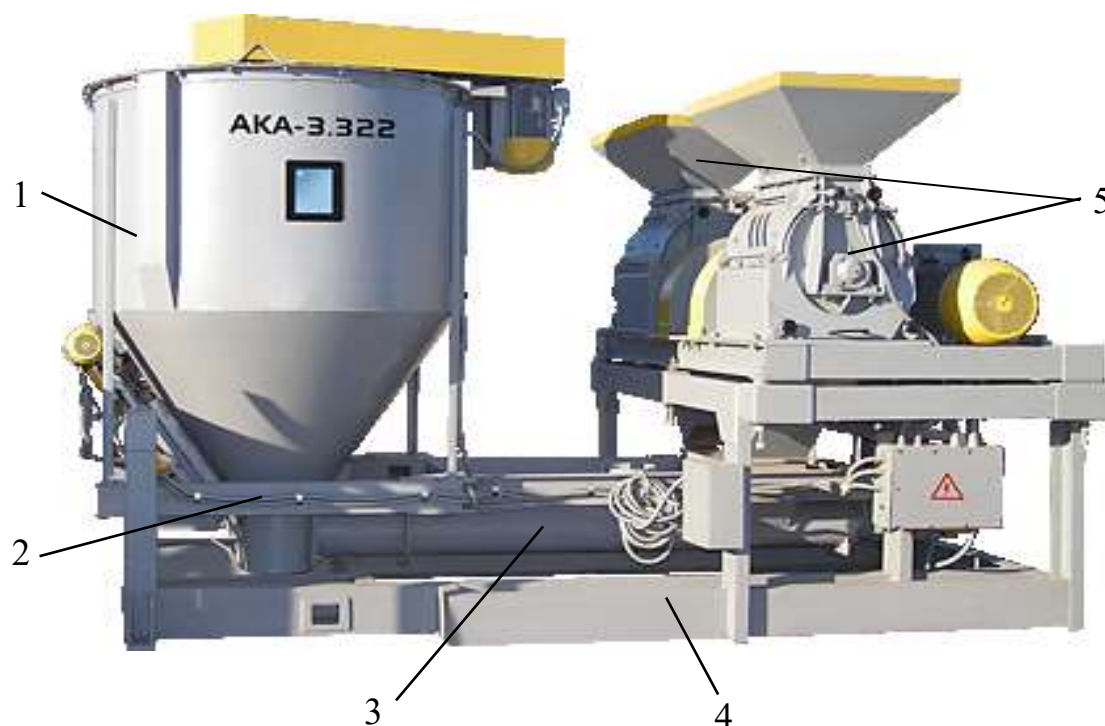


Рис. 4.1. Автоматизированный комбикормовый агрегат АКА-3.322:  
1 – вертикальный смеситель; 2 – промежуточная тензометрическая рама;  
3 – шнек-питатель; 4 – основная рама; 5 – молотковая дробилка ДМ-5

Таблица 4.1

**Технические характеристики автоматизированного  
комбикормового агрегата АКА-3.322**

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	3
Установленная мощность, кВт	45,1
Потребляемая мощность, кВт	не более 27
Расход электроэнергии на 1 т комбикорма, кВт·ч	3,5
Удельная металлоёмкость, кг/т·год	0,3
Емкость бункера смесителя-дозатора, м <sup>3</sup>	2,0
Однородность смешивания, %	95,0
Продолжительность смешивания, мин	3–5
Погрешность дозирования, %	не более $\pm 1,0$
Ввод жидкого сырья, %	до 3
Габаритные размеры, мм	3880×1960×2270
Масса, кг	1900



Рис. 4.2. Малый комбикормовый завод «Агрогрант»  
на базе агрегата АКА-3.322

Агрегат АКА-3.322 предназначен для приготовления рассыпных комбикормов из фуражного зерна и БВМД. Он предназначен для измельчения, весового дозирования и смешивания компонентов в однородную смесь в автоматическом режиме работы. Агрегат АКА-3.322 состоит из двух молотковых дробилок ДМ-5, двухшнекового вертикального смесителя, шнека-питателя, бункера для микрокомпонентов, тензометрической системы и системы автоматического управления.



Для управления технологическим процессом приготовления комбикорма в агрегате имеется автоматизированная система управления на базе микропроцессорной техники с программируемым контроллером, обеспечивающим не только исполнение требуемого алгоритма выполнения операций, но и возможность его оперативного изменения при изменении рецептуры кормовой смеси. Получая информацию от датчиков, данная система управляет в автоматизированном или ручном режимах рабочими органами агрегата и периферийными устройствами (шнеками, скребковыми транспортерами). Она связана с тензометрическим устройством взвешивания бункера-смесителя, что обеспечивает дозирование компонентов с погрешностью не более 1%.

Автоматическое управление обеспечивает в соответствии с выбранной рецептурой точную подачу до 12 различных компонентов в дробилку и смеситель, измельчение, смешивание и выдачу готового комбикорма без вмешательства оператора. Для перехода к другой рецептуре требуется менее минуты.

Агрегат АКА-3.322 компактен, легок в управлении, обеспечивает качественное дозирование, измельчение и смешивание компонентов, удешевляет себестоимость комбикормов. Его преимуществом является малое потребление электроэнергии – не более 3,5 кВт·ч/т.

Технологический процесс приготовления комбикорма на автоматизированном комбикормовом агрегате АКА-3.322 осуществляется следующим образом. Оператор на пульте шкафа управления задает требуемый рецепт смеси (массу каждого компонента) и запускает рабочий цикл. Компоненты (кукуруза, пшеница, ячмень и др.), находящиеся в оперативных бункерах, поочередно и по отдельности подаются транспортерами в дробилку, измельчаются и с помощью шнека-питателя направляются в бункер смесителя.

Масса каждого измельченного компонента, попадающего в бункер-смеситель, контролируется системой автоматического управления, и при достижении заданной величины его подача прекращается. Благодаря применению весового дозирования его погрешность составляет не более 1%. БВМК шнеком-питателем подаются в бункер-смеситель из специальных бункеров для их хранения. При заполнении бункера-смесителя последним компонентом осуществляется процесс смешивания, после чего готовый комбикорм выгружается через электрифицированную задвижку в выгрузной шнек.

Высокая однородность смешивания обеспечивается за счет оригинальной конструкции вертикального смесителя, внутри корпуса которого размещаются два шнека, вращающихся с различной скоростью,

в результате чего смешивание ингредиентов идет в 3-х направлениях одновременно. Основной процесс смешивания происходит в камере смешивания, расположенной во внутренней части корпуса смесителя. Продолжительность полного смешивания составляет 3-5 минут.

Комбикормовый агрегат АКА-3.322 выпускается ЗАО «Инженерный центр «Грант» (г. Волгодонск, Ростовская обл.).

В России также получили широкое распространение малогабаритные стационарные комбикормовые установки производительностью до 3,5 т/ч, выпускаемые различными производителями (рис. 4.3).

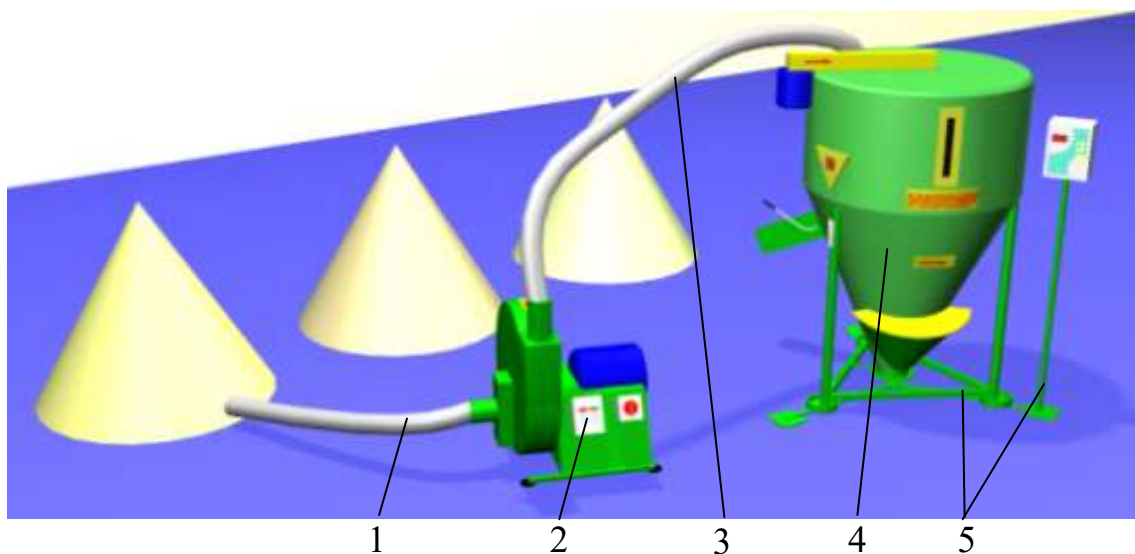


Рис. 4.3. Стационарная комбикормовая установка:

- 1 – всасывающий патрубок; 2 – молотковая дробилка с вентилятором;
- 3 – нагнетательный патрубок; 4 – вертикальный смеситель;
- 5 – тензометрическая рама (дозирующее устройство)

Машины в таких установках жестко не соединены между собой. Комбикормовые установки чаще всего включают лишь две машины – молотковую дробилку и вертикальный смеситель, соединяемые транспортным оборудованием. Молотковая дробилка оснащается центробежным вентилятором и всасывающим и нагнетательным патрубками для забора зернового сырья и транспортировки измельченного сырья в смеситель. Установки предназначены для приготовления ограниченного числа рецептов комбикорма из имеющегося в сельхозпредприятии зернового сырья и готовых покупных БВМД и премиксов по прямоточной технологической схеме с последовательным поочередным измельчением и загрузкой компонентов в смеситель. Дозирование сырья осуществляется при его загрузке в смеситель, установленный на тензометрической раме.

В сельхозпредприятиях стационарные установки обычно размещают не в отдельных зданиях, а в помещении зернового склада

(рис. 4.4). Это значительно облегчает загрузку зернового сырья, особенно при использовании пневматического транспортного оборудования.



Рис. 4.4. Размещение стационарной комбикормовой установки на зерновом складе сельхозпредприятия (установка «Агрогрант»)

Предварительная обработка фуражного зерна на складе позволяет не включать в состав стационарной комбикормовой установки оборудование для очистки зерна, а применение его пневмозабора позволяет избежать использования для транспортировки норий и шнековых транспортеров.

В качестве примера стационарной установки рассмотрим агрегат комбикормовый АК-3 (рис. 4.5, 4.6), выпускаемый ЗАО «Инженерный центр «Грант». Технические характеристики агрегата АК-3 приведены в табл. 4.2.



Рис. 4.5. Агрегат комбикормовый АК-3 «Агрогрант»: 1 – дробилка молотковая с пневмозабором ДМП-4; 2 – смеситель-накопитель вертикальный шнековый СВШ-3Ш

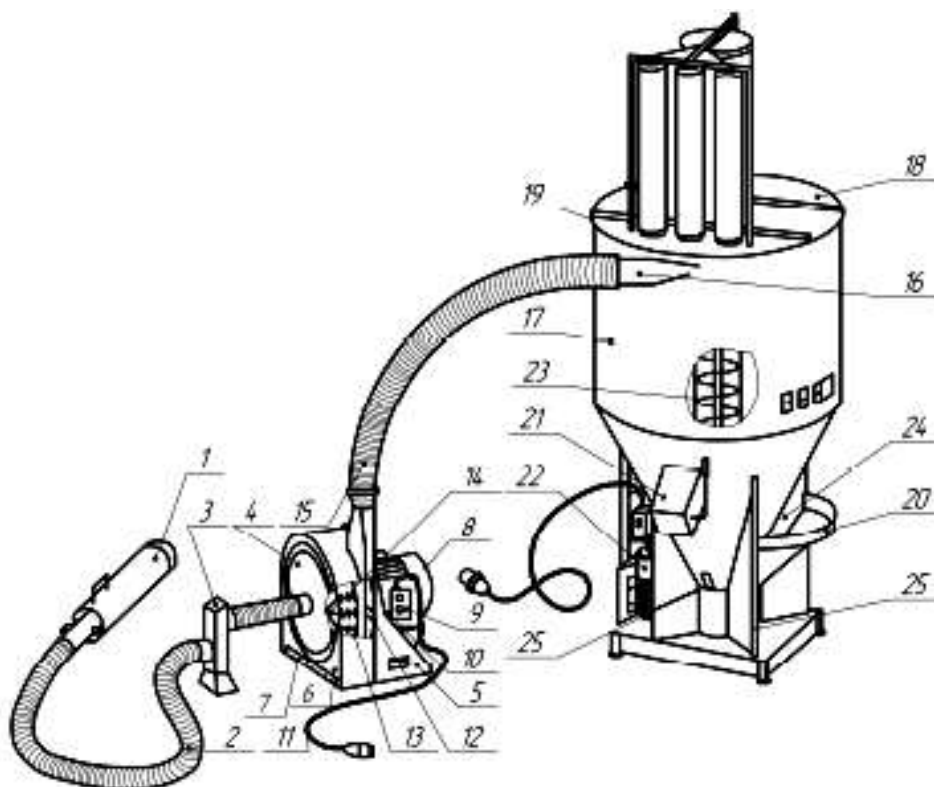


Рис. 4.6. Схема агрегата комбикормового АК-3 «Агрогрант»: 1 – эжектор; 2 – шланг всасывающий; 3 – сепаратор; 4 – шланг соединительный; 5 – станина; 6 – корпус молотковой дробилки; 7 – диафрагма; 8 – электродвигатель; 9 – выключатель; 10 – переключатель; 11 – провод электропитания; 12 – вентилятор; 13 – сито; 14 – ротор ударный; 15 – шланг напорный; 16 – патрубок загрузочный; 17 – смеситель вертикальный; 18 – крышка; 19 – кольцо зажимное; 20 – карман загрузочный для БВМК; 21 – канал разгрузочный для готового продукта; 22 – привод; 23 – шнек-смеситель; 24 – решетка; 25 – отверстие с задвижкой; 26 – система аспирации (фильтры)

Таблица 4.2

### Технические характеристики агрегата комбикормового АК-3 «Агрогрант»

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	до 3,5
Объем бункера смесителя, м³	3,4
Мощность электродвигателей, кВт	25
Однородность смешивания, %	93%
Влажность исходных компонентов, %	не более 16
Продолжительность смешивания, мин	20
Габариты бункера смесителя (с установленной системой аспирации), мм	2000×1650×4300
Масса, кг	784

В состав агрегата АК-3 входят дробилка молотковая с пневмозабором ДМП-4 и смеситель-накопитель вертикальный шнековый СВШ-3Ш с установленной системой аспирации. Дозирование сырья осу-

ществляется при загрузке в смеситель при помощи весового дозирующего устройства ЭВДУ. БВМК и премикс загружаются в смеситель вручную через боковой карман.

Малые стационарные комбикормовые установки (агрегаты) сыграли большую роль в обеспечении российского животноводства кормами в период 1992-2010 гг., но в настоящее время они уже не удовлетворяют современным требованиям. Современные условия требуют, чтобы для индивидуализации кормления животных комбикормовая установка могла выпускать корма по большому количеству рецептов из разнообразных видов сырья, обеспечивала использование в технологическом процессе не только базовых операций измельчения и смешивания, но и операций повышения питательной ценности и качества кормов.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие основные узлы включает многооперационный комбикормовый агрегат?
2. В какой последовательности осуществляется работа комбикормового агрегата АКА-3.322?
3. Какие машины входят в состав стационарных комбикормовых установок?

## **4.2. Мобильные комбикормовые агрегаты**

Мобильный комбикормовый агрегат (установка) – это комплект технологического оборудования (молотковая дробилка, смеситель и вспомогательное оборудование), которое устанавливается на самоходном транспортном средстве либо на прицепе к нему и может использоваться как в стационарном варианте в местах хранения зерна или кормления животных, так и в передвижном варианте непосредственно в сельхозпредприятиях для приготовления комбикормов с использованием покупных БВМК и премиксов и местного зернового сырья. Технология производства комбикормов предусматривает использование рецептов с учетом максимального применения имеющихся сырьевых ресурсов на местах. При этом комбикорм, приготавливаемый в хозяйствах и сбалансированный по питательной ценности для различных половозрастных групп животных, будет на 25-30% дешевле по сравнению с покупным.

Мобильные комбикормовые агрегаты делятся на прицепные и самоходные.

Устройство и технологический процесс прицепных комбикормовых агрегатов не отличаются от стационарных, описанных в п. 4.1. Агрегаты включают оборудование для загрузки сырья, его измельчения, весового дозирования, смешивания компонентов и выгрузки комбикорма.

Прицепные комбикормовые агрегаты размещаются на одноосном прицепном шасси, агрегируются с трактором (рис. 4.7) и приводятся в действие от его вала отбора мощности (ВОМ).



Рис. 4.7. Мобильный прицепной комбикормовый агрегат Riela GMA-3500, агрегируемый с трактором

В большинстве прицепных агрегатов загрузка сырья и выгрузка готового комбикорма выполняются механическими транспортерами, в некоторых для этого применяется пневмотранспорт, что повышает удобство работы.

Мобильные агрегаты, как и стационарные, могут устанавливаться и работать непосредственно на зерновом складе (рис. 4.8).



Рис. 4.8. Размещение мобильного комбикормового агрегата (Riela GMA-3500) на зерновом складе сельхозпредприятия

Технические характеристики некоторых прицепных мобильных комбикормовых агрегатов приведены в табл. 4.3.



Таблица 4.3

**Технические характеристики прицепных мобильных  
комбикормовых агрегатов [10]**

Характеристики	Производитель и название агрегата			
	Riela GMA 3500	Art's Way 5105	Daweke MX 2000	Gehl MX-170
Производительность, т/ч	10	8	10	10
Мощность привода, кВт	90	75	70	70
Вместимость смесителя, т	3,5	2,2	3,5	3,5
Продолжительность смешивания, мин	5-8	5-10	5-10	6-10
Продолжительность выгрузки комбикорма, мин	5-8	6-10	6-10	6-8
Масса, кг	4400	1600	3400	1700

В качестве примера прицепного комбикормового агрегата рассмотрим установку Riela GMA-3500 (рис. 4.9). В его состав входят пневмотранспортная система, молотковая дробилка, емкость для жидкого сырья, приемный бункер для БВМД, весовое дозирующее устройство, вертикальный смеситель.



Рис. 4.9. Мобильный прицепной комбикормовый агрегат Riela GMA-3500:  
1 – карданный вал; 2 – емкость для жидкого сырья; 3 – молотковая дробилка;  
4 – вертикальный смеситель; 5 – шасси

Технологический процесс прицепного мобильного комбикормового агрегата осуществляется в следующем порядке. Перед началом работы трактор доставляет мобильный агрегат к месту складирования зерна. Тракторист-оператор прокладывает к буртам с сырьем пневмо-



провод. Зерно из буртов через сепаратор по загрузочному пневмопроводу с помощью потока разреженного воздуха, создаваемого компрессором, подается в молотковую дробилку, где измельчается. После этого с помощью загрузочного шнека измельченное зерно подается в бункер смесителя. БВМК и премикс загружают в приемный бункер добавок вручную. Дозирование компонентов осуществляется тензоизмерительным устройством методом последовательного набора доз с выводом информации на индикатор пульта управления. После полной загрузки всех компонентов включается режим смешивания, и через 5–8 мин. приготовление комбикорма завершается. После этого комбикорм выгружается из смесителя с помощью пневмопровода к месту его складирования в хозяйстве или в бункера систем раздачи кормов. После этого цикл приготовления комбикорма повторяется.

Комбикормовый агрегат «ВНИИКП» отличается от представленных выше прицепных установок. Он размещается на автомобильном прицепе, но использует электропривод, питаемый от стационарной сети либо дизельным генератором, входящим в состав установки.

Мобильная установка для приготовления полнорационных комбикормов разработана ОАО «ВНИИКП» для обеспечения сельхозпредприятий сбалансированными комбикормами. Общий вид установки представлен на рис. 4.10, а технологическая схема – на рис. 4.11. Техническая характеристика мобильной установки «ВНИИКП» приведена в табл. 4.4.



Рис. 4.10. Мобильная установка «ВНИИКП» для приготовления полнорационных комбикормов в хозяйствах (общий вид)

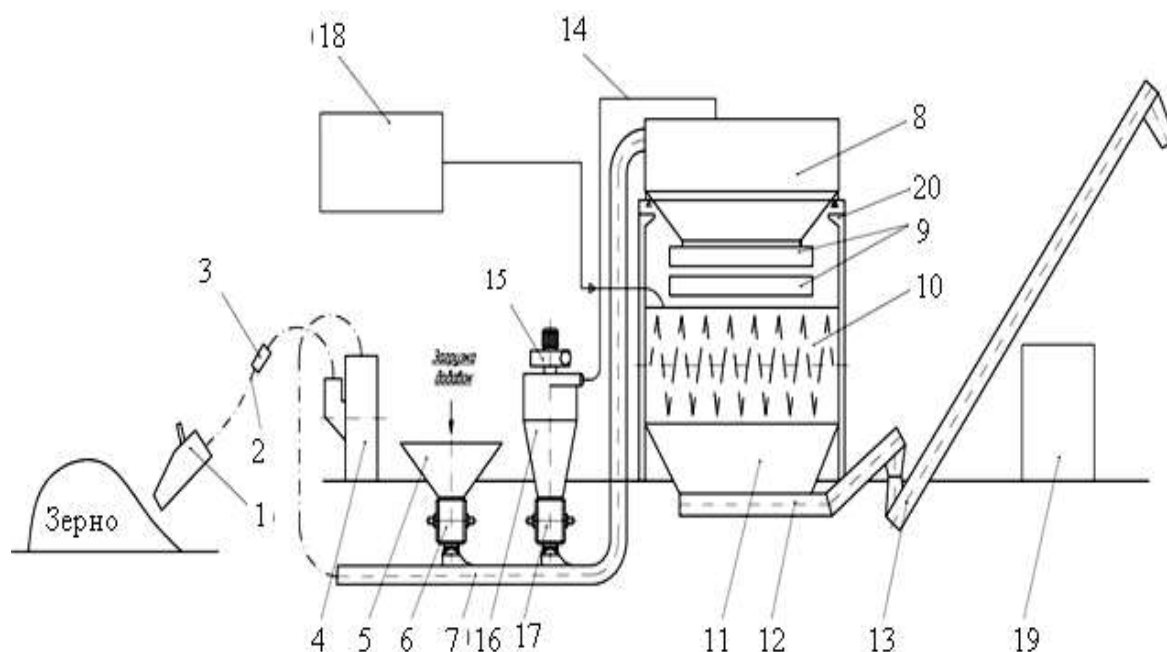


Рис. 4.11. Технологическая схема мобильной установки «ВНИИКП» для приготовления полнорационных комбикормов в хозяйствах: 1 – приемное устройство; 2 – гибкий продуктопровод; 3 – магнитный сепаратор; 4 – дробилка молотковая с вентилятором; 5 – воронка загрузочная; 6 – шлюзовой питатель; 7 – устройство пневматической подачи БВМК в смеситель; 8 – надсмесительный бункер; 9 – задвижки электрические; 10 – смеситель горизонтальный ДСП-0,2; 11 – подсмесительный бункер; 12 – питатель винтовой; 13 – поворотный шнек; 14 – воздуховод; 15 – вентилятор; 16 – циклон; 17 – шлюзовый затвор; 18 – система подачи жидких компонентов; 19 – система управления; 20 – тензорамы

Таблица 4.4

Техническая характеристика мобильной установки «ВНИИКП» для приготовления полнорационных комбикормов в хозяйствах

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	2
Общая установленная мощность, кВт	60
Погрешность дозирования компонентов, г	1
Однородность смеси с коэффициентом вариации, %, не более	5
Общий цикл дозирования и смешивания, мин.	12
Количество циклов в час	5
Габариты, мм	7200×2400×6000
Масса, кг	5000

В состав мобильной прицепной комбикормовой установки «ВНИИКП» входит следующее оборудование (рис. 4.12): молотковая дробилка с пневматической загрузкой и выгрузкой сырья, горизонтальный лопастной смеситель ДСП-0,2 на тензодатчиках, надсмесительный

бункер, загрузочный лоток для ввода БВМК, устройство пневматической подачи БВМК в смеситель, загрузочный пневмопровод для зерновых компонентов, циклон, насос для подачи жидких компонентов в смеситель, выгрузной шнек, тензометрическое весовое устройство, аспирационное оборудование, автоматизированная система управления технологическим процессом.

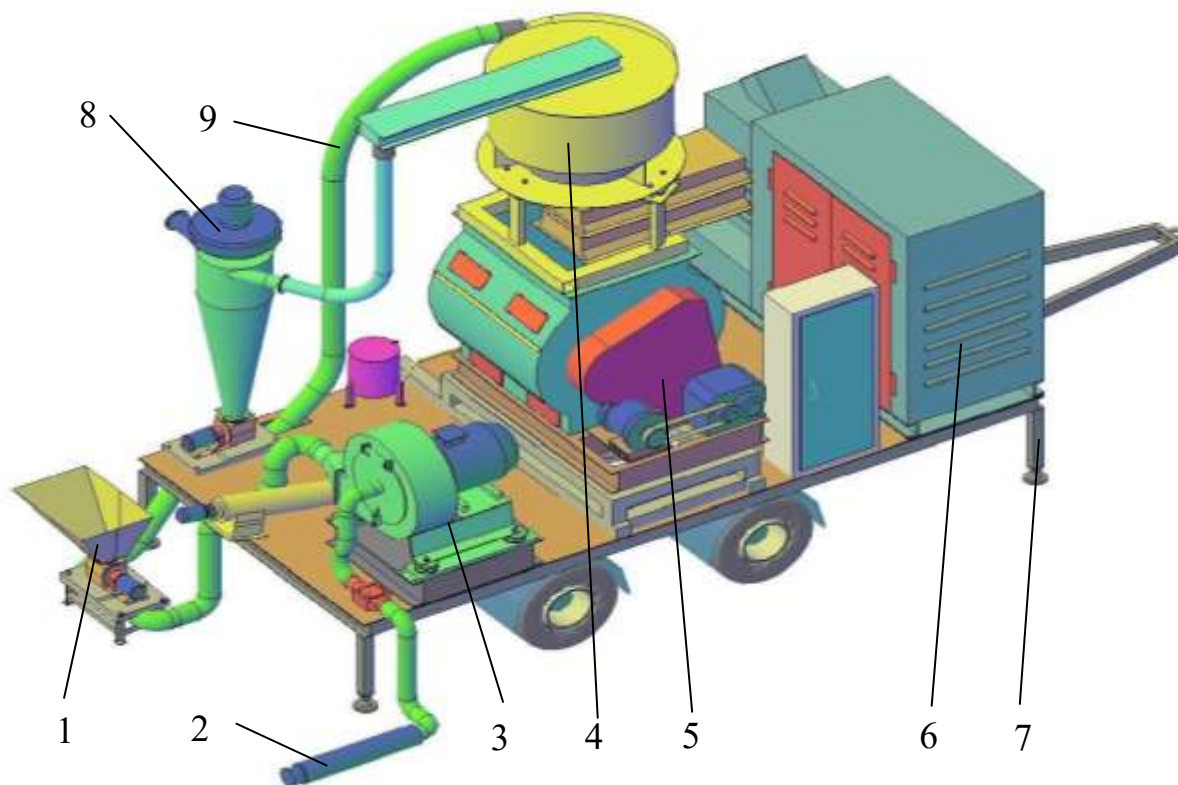


Рис. 4.12. Мобильная установка «ВНИИКП» для приготовления полнорационных комбикормов в хозяйствах (схема устройства): 1 – приемная воронка для загрузки БВМК; 2 – всасывающий патрубок; 3 – молотковая дробилка; 4 – надсмесительный бункер; 5 – горизонтальный смеситель; 6 – электрогенератор; 7 – шасси; 8 – циклон; 9 – нагнетательный патрубок

Обслуживают мобильную комбикормовую установку «ВНИИКП» один – два работника.

В самоходных мобильных комбикормовых агрегатах оборудование устанавливают на шасси грузового автомобиля с приводом от автономного дизельного двигателя или от ВОМ автомобиля (рис. 4.13). Производительность таких агрегатов составляет от 10 до 20 т/ч. Самоходные агрегаты выпускают фирмы «Buschhoff», «Awila» (Германия), «Troppe» (Австрия). В России получили распространение самоходные комбикормовые агрегаты МКЗ, выпускаемые в Беларуси. Эти агрегаты изготавливаются на основе оборудования фирмы «Troppe», которое устанавливается на шасси грузовых автомобилей МАЗ.



Рис. 4.13. Мобильный самоходный комбикормовый агрегат на шасси грузового автомобиля

Обычно в самоходных агрегатах используется пневматическая транспортная система для загрузки сырья и выгрузки готового комбикорма. Выгрузка готового комбикорма может также осуществляться при помощи поворотного шнека.

Технические характеристики некоторых самоходных мобильных комбикормовых агрегатов приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Технические характеристики самоходных мобильных комбикормовых агрегатов [10]

Характеристики	Производитель и название агрегата		
	Buschhoff Tourmix 02	МКЗ-3214	Tropper MIX 6216 QAD
Производительность, т/ч	15	12	12
Мощность привода, кВт	260	260	230
Вместимость смесителя, т	4-6	3-6	3-6
Продолжительность смешивания, мин	5-6	5-8	5-10
Продолжительность выгрузки комбикорма, мин	7-12	6-10	5-15

Технологический процесс самоходного мобильного комбикормового агрегата осуществляется в следующем порядке (рис. 4.14). Оператор подает пневморукав транспортной системы к месту хранения зерна и запускает двигатель привода комбикормового агрегата. Зерно по загрузочному пневмопроводу с вмонтированным сепаратором транспортируется в молотковую дробилку или плющилку. Измельченное или плющенное зерно подается в бункер-смеситель, установленный на тензодатчиках для весового дозирования. Премикс и БВМК загружают в

смеситель отдельно через специальный бункер, также вводят жидкое сырье из особой емкости. После полной загрузки всех компонентов производится смешивание сырья в течение 4–6 мин. Затем комбикорм посредством пневмосистемы или поворотного выгрузного шнека выгружается из смесителя. Время выгрузки составляет от 7 до 12 мин.

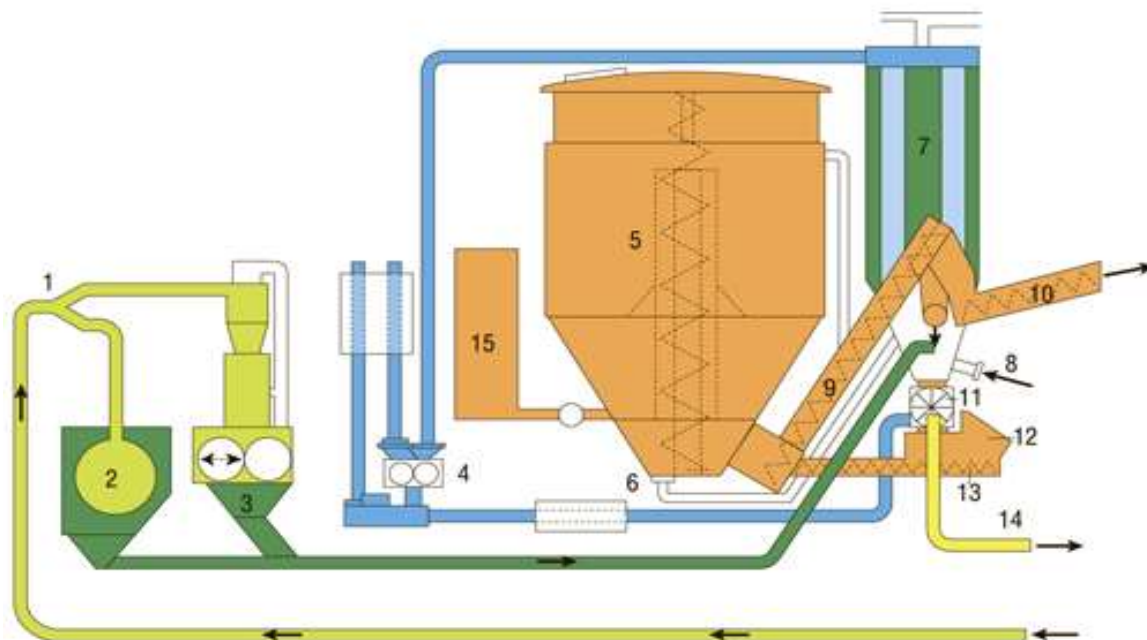


Рис. 4.14. Технологическая схема мобильного самоходного комбикормового агрегата: 1 – загрузочный пневмопровод; 2 – молотковая дробилка; 3 – вальцовая плющилка; 4 – компрессор; 5 – вертикальный смеситель; 6 – глушитель; 7 – циклон-осадитель; 8 – выгрузной шнек; 9 – поворотный шнек; 10 – шлюз; 11 – загрузочная воронка; 12 – загрузочный шнек; 13 – штуцер; 14 – разгрузочный пневмопровод; 15 – емкость для жидкого сырья

Для небольших сельхозпредприятий, в которых запас фуражного зерна хранится на нескольких складах или имеющих несколько территориально рассредоточенных животноводческих ферм, рациональным вариантом является использование агрегатируемого с трактором мобильного комбикормового агрегата на собственном шасси, способного не только производить комбикорм, но и доставлять его к месту кормления, а также готовить и раздавать кормосмеси. Преимущество такого агрегата в том, что транспортное средство (трактор) по завершении приготовления и раздачи кормов может быть использовано для других целей.

Для этого в «АНЦ «Донской» разработан агрегат комбикормовый мобильный АКМ-3М (рис. 4.15) на одноосном шасси с приводом от вала отбора мощности трактора. Техническая характеристика мобильного агрегата приведена в табл. 4.6.





Рис. 4.15. Агрегат комбикормовый мобильный АКМ-3М:

1 – карданный вал; 2 – загрузочный шланг; 3 – молотковая дробилка; 4 – центробежный вентилятор; 5 – привод смесителя; 6 – нагнетательный трубопровод; 7 – смеситель; 8 – выгрузное окно с заслонкой и скатным лотком; 9 – клиноременная передача; 10 – шасси; 11 – контрпривод

Таблица 4.6

#### Техническая характеристика агрегата комбикормового мобильного АКМ-3М

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	
на приготовлении комбикормов	до 2,5
на смешивании и раздаче кормосмесей	до 8
Время смешивания кормов, мин.	4-8
Вместимость бункера-смесителя, м <sup>3</sup>	2,8
Неравномерность раздачи и смешивания кормов, %	3-10
Габаритные размеры, мм	4200x2600x2000
Масса, кг	1500

В агрегате АКМ-3М применены простой по конструкции одношнековый смеситель с наклонным бункером, дробилка зерна с пневматической загрузкой-выгрузкой и тензометрическое электронное дозирующее устройство.

Привод смесителя агрегата осуществляется от гидромотора, приводимого в действие от гидросистемы трактора. На раме перед смесителем смонтирована зерновая молотковая дробилка с приводом от ВОМ трактора через контрпривод и клиноременную передачу, снабженная

гибким всасывающим рукавом и нагнетательным трубопроводом. Для исключения потерь кормов за счет их распыления бункер смесителя закрыт фильтровальной тканью и водонепроницаемым чехлом, которые крепятся при помощи дуг и растяжек. Воздух, прошедший через фильтровальную ткань, выходит через заднюю стенку бункера, не закрытую чехлом.

Для определения веса загружаемых в смеситель компонентов корма используется электронное весовое дозирующее устройство ЭВДУ-082 (см. п. 3.8). Дозирование кормовых компонентов производят по предварительно внесенному в память устройства рецепту.

Агрегат АКМ-3М позволяет загружать и измельчать зерновые компоненты, дозировать их, смешивать с премиксами, БВМК и меласой, транспортировать и выдавать полученный комбикорм в кормушки и транспортные средства (рис. 4.16). Его конструкция позволяет также готовить и раздавать кормосмеси с включением грубых и сочных кормов, что повышает экономическую эффективность его использования. Агрегат имеет производительность на приготовлении комбикормов до 2,5-3 т/ч, агрегируется с тракторами класса 0,9-1,4 ТС. Обслуживает его один работник.



Рис. 4.16. Загрузка агрегатом АКМ-3М компонентов комбикорма

Работа агрегата АКМ-3М осуществляется следующим образом. Вначале закрывают заслонку выгрузного окна на смесителе, включают дробилку и смеситель в работу, вставляют в борт зерна всасывающее



сопло шланга. После загрузки и измельчения одного вида сырья всасывающий шланг с соплом переносится в отсек с другим компонентом и т.д. После загрузки всех зерновых компонентов в бункер подается меласса, вручную засыпаются премиксы, витаминные и минеральные компоненты. Затем всасывающий шланг переводится в транспортное положение, и компоненты перемешиваются в смесителе в течение 6–8 минут, при этом сам агрегат может находиться в движении. При приближении к месту выдачи кормов водитель открывает заслонку выгрузного окна бункера и, продвигаясь вдоль кормушек со скоростью, необходимой для обеспечения заданной нормы выдачи, раздает комбикорм либо перегружает его в другие устройства для последующего использования. Норму выдачи комбикорма можно изменять величиной открытия выгрузного окна.

В «АНЦ «Донской» также разработан вариант мобильного комбикормового агрегата с электрифицированным приводом рабочих органов – АКМ-ЗМЭ. В нем для привода молотковой дробилки используют электродвигатель. В таком исполнении агрегат транспортируют трактором, а в месте использования он подключается к электросети и приводится в действие собственным электродвигателем. Это позволяет повысить производительность и снизить себестоимость производства комбикормов.

Достоинством мобильных комбикормовых агрегатов (установок) является их компактность и мобильность. Их появление и распространение было вызвано тем, что сельхозпредприятия желали производить более дешевые комбикорма на основе фуражного зерна своего производства и покупных БВМК, но построить и эксплуатировать собственный традиционный комбикормовый завод им было не по силам и средствам.

Важным достоинством мобильных агрегатов (установок) является их готовность к работе сразу же по прибытии в хозяйство. При их использовании нет необходимости в проектировании, подборе оборудования и строительстве комбикормового завода. Недостатком мобильных установок является неизменяемая структура и ориентация на самые распространенные виды сырья. Таким образом, их внедрение не решает проблему эффективного использования в кормопроизводстве местных специфических видов сырья.

Привод мобильных установок от дизельного двигателя транспортного средства обходится дороже, чем от электросети. Этого недостатка лишены установки на прицепе к автомобилю с приводом от собственного электрогенератора, но если установка подключается к электросети в месте работы, то она частично утрачивает свою мобильность, приобретая черты сходства со стационарными установками.

Эксплуатация мобильной комбикормовой установки обходится дороже, чем стационарной, так как при ее применении образуется дополнительная статья накладных расходов – на транспортировку самой установки и на техническое обслуживание и ремонт ее ходовой части.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие основные узлы включает мобильный комбикормовый агрегат?
2. На какие категории подразделяют мобильные комбикормовые агрегаты?
3. В чем состоят особенности устройства и эксплуатации агрегата комбикормового мобильного АКМ-3М?

### **4.3. Агрегаты и установки для производства премиксов и лекарственных кормосмесей**

В Аграрном научном центре «Донской» был разработан уникальный многооперационный агрегат для приготовления обогащающих и лекарственных микродобавок (премиксов) АП-100, включающий в себя все необходимое технологически увязанное и взаимосвязанное оборудование (рис. 4.17). Агрегат приготовления премиксов АП-100 включает загрузочный бункер для наполнителя, смеситель предварительного смешивания, смеситель-нормализатор в виде молотковой дробилки, смеситель-дозатор окончательного смешивания, установленный на тензометрической раме, шнековые транспортеры, механизмы привода, самотечные трубы, электроздвижки, шкаф автоматизированной системы управления с микропроцессором. Техническая характеристика агрегата приготовления премиксов АП-100 приведена в табл. 4.7.

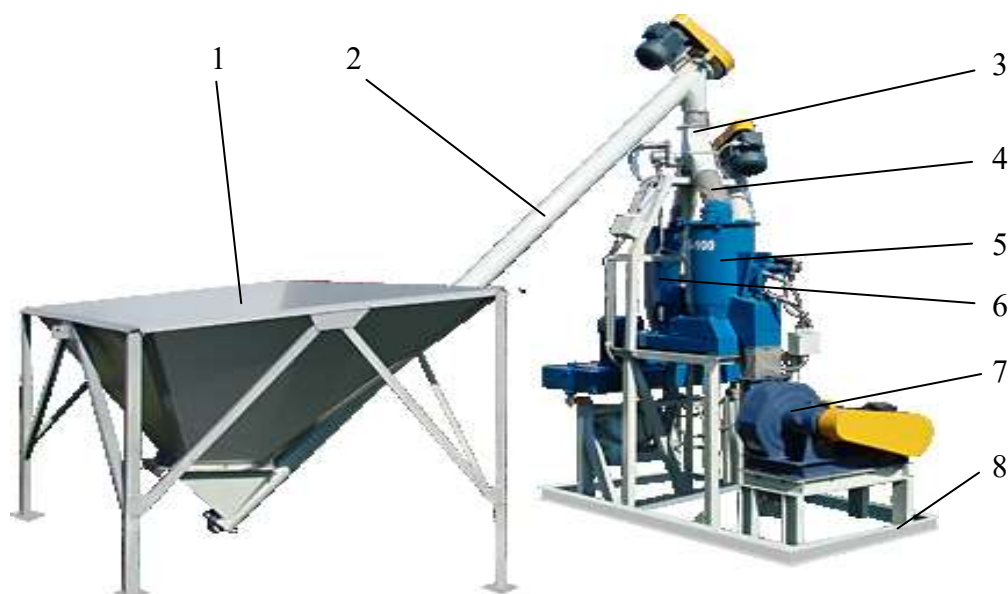


Рис. 4.17. Агрегат приготовления премиксов АП-100:

- 1 – бункер для наполнителя; 2 – подающий шнек; 3 – перекидной клапан;  
4 – самотечные трубы; 5 – смеситель окончательного смешивания; 6 – смеситель предварительного смешивания; 7 – молотковая дробилка-нормализатор; 8 – рама

Таблица 4.7

### Техническая характеристика агрегата приготовления премиксов АП-100

Показатель	Значение
Производительность, кг/час	200
Общая установленная мощность, кВт	10,7
Степень однородности смешивания, %	97
Модуль помола смеси, мм	0,25
Точность дозирования наполнителя, %	±0,3
Режим работы	циклический
Емкость смесителя предварительного смешивания, м <sup>3</sup>	0,03
Емкость смесителя основного смешивания, м <sup>3</sup>	0,1
Емкость приемного бункера, м <sup>3</sup>	1,0
Габаритные размеры, мм	3795×2173×2970
Масса, кг	400

Конструктивная схема агрегата АП-100 представлена на рис. 4.18. Входящие в его состав смесители вертикального типа состоят из цилиндрического корпуса с крышкой и выгрузным окном с электрозадвижкой. Рабочим органом их служат мешалки с двумя рядами радиальных наклонно установленных лопастей, приводимых во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу.

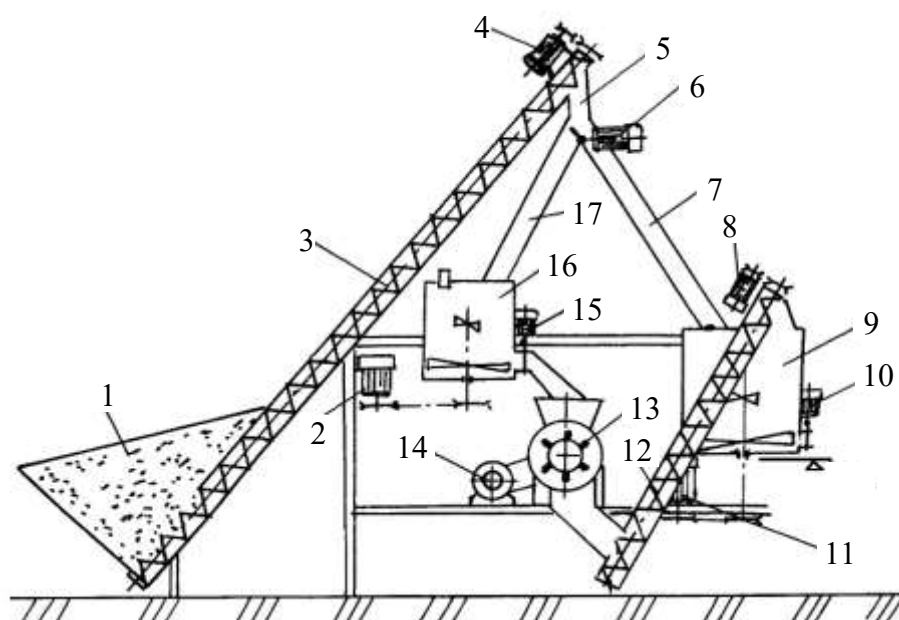


Рис. 4.18. Конструктивная схема агрегата приготовления премиксов АП-100:  
 1 – приемный бункер; 2, 11 – привод смесителя; 3, 12 – шнек; 4, 8 – привод шнека;  
 5 – перекидной клапан; 6 – привод клапана; 7, 17 – самотечные трубы; 9 – смеситель окончательного смешивания; 10, 15 – электрозадвижки; 13 – измельчитель-нормализатор;  
 14 – привод; 16 – смеситель предварительного смешивания

В качестве нормализатора использована молотковая дробилка, комплектуемая решетками с диаметром отверстий 2 и 3 мм. Ее применение, помимо эффекта доизмельчения и смешивания компонентов, обеспечивает небольшой нагрев нормализуемой массы, достаточный для получения продукта требуемой однородности и влажности.

Технологический процесс приготовления премиксов агрегатом АП-100 протекает в следующей последовательности. Перед началом работы агрегата микроэлементы развешиваются на лабораторных весах по требуемой рецептуре и размещаются в отдельных боксах. Наполнитель (дерьт, соевый шрот) предварительно загружается в приемный бункер. Включается система автоматизированного управления, и дальнейшие операции выполняются автоматически по алгоритму предварительно заложенной программы. Наполнитель наклонным шнеком через перекидной клапан подается в смеситель предварительного смешивания. Наполнение предварительного смесителя контролируется временем подачи шнека за счет установки в системе управления реле времени, т.е. имеет место предварительное объемное дозирование. В смеситель предварительного смешивания непосредственно при его работе последовательно (чтобы избежать взаимного контакта) вводят подготовленные микроингредиенты.

После предварительного смешивания в течение 3-5 мин открывается заслонка смесителя и смесь направляется самотеком в дробилку-нормализатор. В дробилке осуществляется измельчение с эффектом дополнительного смешивания компонентов.

Из дробилки нормализованная предварительная смесь по шнеку поступает в смеситель окончательного смешивания. Туда же из загрузочного бункера через шнек и клапан поступает дополнительная доза наполнителя, контролируемая по объему, задаваемому временем работы шнека (ручной режим) или по весу системой автоматического управления, блокирующей подачу наполнителя шнеком (автоматический режим). Смеситель окончательного смешивания установлен на тензодатчиках, что позволяет с высокой точностью (до 0,3%) отвесить необходимую дозу наполнителя. Заполненный смеситель включается на 4-6 мин. до полной готовности премикса. После вторичного разбавления наполнителем и смешивания, готовый премикс может быть затарен в мешки или направлен для промежуточного хранения и ввода в состав комбикорма.

Таким образом, технологический процесс работы агрегата АП-100 заключается в последовательном многократном разбавлении ингредиентов наполнителем и соответствующем их многоступенчатом смешивании.

вании, при этом при предварительном смешивании осуществляется объемное дозирование наполнителя, а при окончательном – весовое.

Весь технологический цикл приготовления премикса, за исключением операций ручного взвешивания микроингредиентов, автоматизирован. В принятой схеме агрегата предусмотрено дозирование групп микроэлементов «микро» и «средние» в ручном режиме с применением лабораторных аналитических весов. Взвешенные порции этих микроэлементов размещаются в специальных кассетах и в заданные управляющей программой моменты времени подаются в смеситель предварительного смешивания. В ходе дальнейшего совершенствования агрегата АП-100 планируется автоматизировать и этот процесс.

Высокое качество смешивания достигается созданием в лопастных вертикальных смесителях псевдосжиженного слоя. Использование программируемого микропроцессора и тензометрической системы взвешивания обеспечивают оптимальные параметры выполнения технологических операций, что позволяет в значительной степени снизить влияние человеческого фактора. Система управления позволяет оперативно изменять рецепты премикса и обеспечивает возможность работы агрегата в автономном режиме.

Благодаря использованию агрегата АП-100 при внутрихозяйственном производстве комбикормов становится возможным обеспечить максимальную эффективность их использования за счет учета потребностей различных половозрастных групп животных в витаминах, ферментах и микроэлементах, включаемых в состав премиксов. Агрегат АП-100 при производительности до 0,2 т/ч позволяет удовлетворить потребность в премиксах комбикормового завода производительностью до 20 т/ч.

В настоящее время агрегат приготовления премиксов АП-100 выпускается ЗАО «Инженерный центр «Грант» (г. Волгодонск, Ростовская область).

Одним из важнейших резервов увеличения производства продукции животноводства является ликвидация паразитарных заболеваний животных. Успехов в борьбе с паразитарными болезнями можно достигнуть только при комплексном проведении мероприятий, применяя групповой метод дегельминтизации, для проведения которого используют лекарственные кормосмеси.

При перемешивании корма с лечебным препаратом вручную невозможно добиться его равномерного распределения в смеси. Производство лекарственных кормосмесей на небольших комбикормовых заводах невозможно из-за отсутствия специальной аппаратуры для дози-

рования и смешивания лекарств в микродозах. На крупных же комбикормовых заводах такие смеси не готовят по причине ограниченного срока их хранения. Поэтому рациональным является приготовление лекарственных кормосмесей непосредственно в сельскохозяйственном предприятии.

Мобильная установка для приготовления лекарственных кормосмесей производительностью 1 т/ч, разработанная ОАО «ВНИИКП», размещается на прицепе к транспортному средству и может использоваться как в стационарном исполнении с установкой в местах кормления животных, так и в передвижном для выработки продукции в очагах заражения и во время профилактических мероприятий в местах сезонного выпаса (рис. 4.19, а).

В комплект оборудования мобильной установки «ВНИИКП» (рис. 4.19, б) входят: бункеры для наполнителя, питатели, смеситель для малых доз лекарственных препаратов, смеситель с бункером для готовой лекарственной кормовой смеси, автоматизированная система управления. Электропитание установки осуществляется от автономного источника. Техническая характеристика мобильной установки для приготовления лекарственных кормосмесей «ВНИИКП» приведена в табл. 4.8.



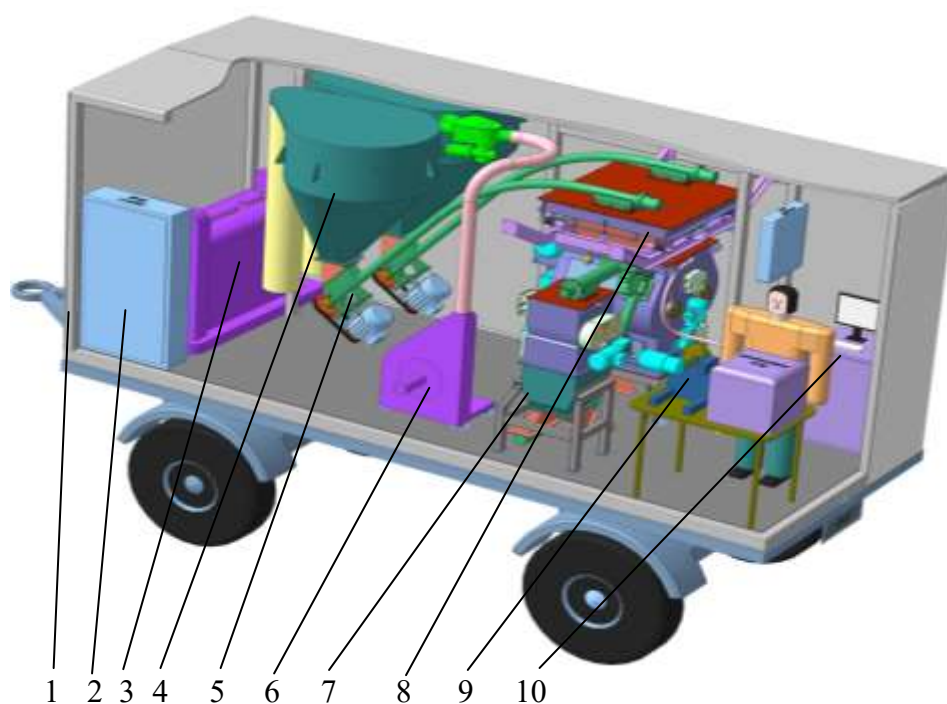
а)

Рис. 4.19. Мобильная установка для приготовления лекарственных кормосмесей «ВНИИКП»: а – общий вид; б – схема устройства;

1 – автомобильный прицеп; 2 – шкаф управления; 3 – дизельный электрогенератор; 4 – блок бункеров УЗ-ДББ для хранения комбикорма; 5 – питатель шнековый; 6 – дробилка молотковая ДМ-1; 7 – смеситель горизонтальный двухвальный УЗ-ДСП-0,02; 8 – смеситель горизонтальный двухвальный УЗ-ДСП-0,2;

9 – мельница шаровая; 10 – рабочее место оператора

(окончание см. на с. 212)



б)

Рис. 4.19. Окончание

Таблица 4.8

Техническая характеристика мобильной установки  
для приготовления лекарственных кормосмесей «ВНИИКП»

Показатель	Значение
Производительность, т/час	1
Общая установленная мощность, кВт	28
Удельный расход топлива, кг/кВт·ч	0,27
Масса, кг	4000
Стоимость оборудования, млн. руб.	5
Годовой экономический эффект, млн. руб.	2,2
Срок окупаемости, лет	2,5

Оборудование мобильной установки «ВНИИКП» обеспечивает автоматизированное весовое дозирование наполнителя, а также управление технологическим процессом с помощью программируемого управляющего контроллера с выводом информации о работе технологического оборудования на дисплей шкафа управления.

Технологическая схема производства лекарственной кормосмеси включает операции подготовки лекарственного препарата, дозирование наполнителя (комбикорм) и смешивание препарата с наполнителем (комбикормом) (рис. 4.20).



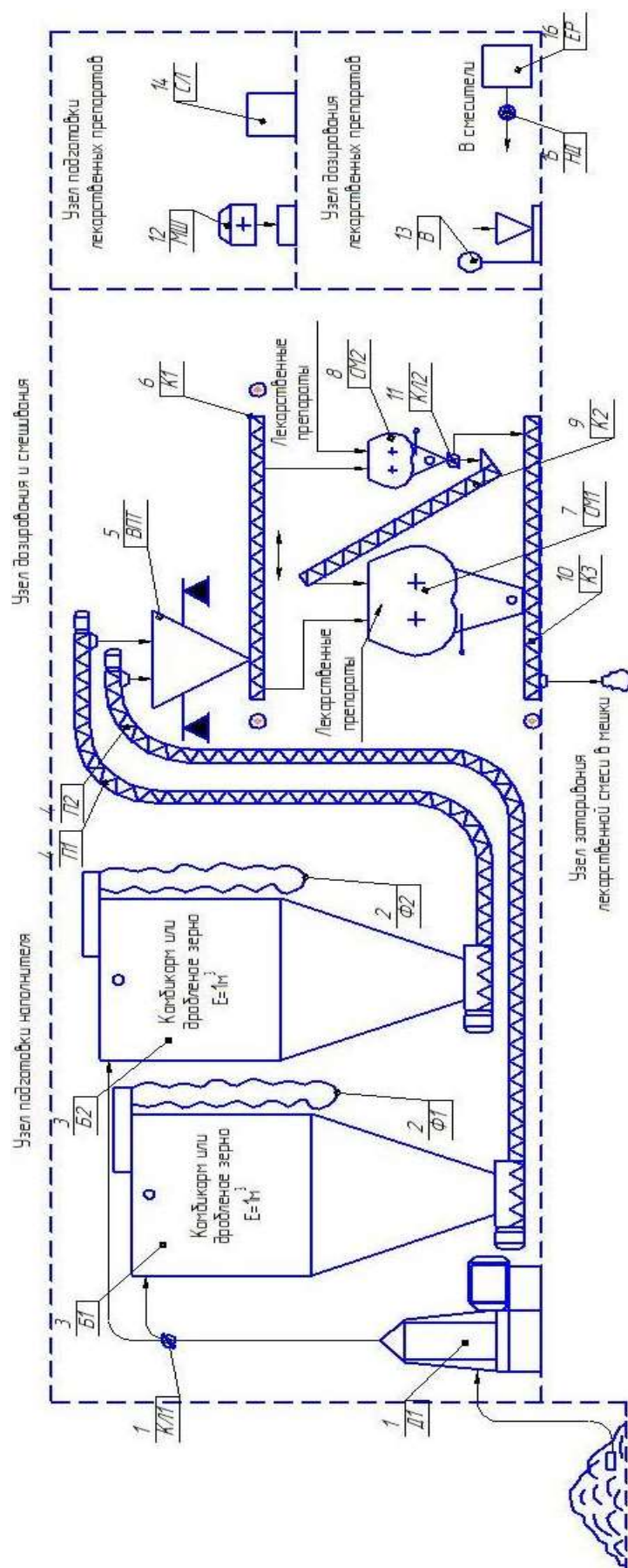


Рис. 4.20. Технологическая схема мобильной установки для приготовления лекарственных кормосмесей «ВНИИКП»:

- 1 – дробилка молотковая ДМ-1; 2 – воздушные фильтры; 3 – блок бункеров для наполнителя;
- 4 – питатель шнековый УЗ-ДПШ.С-60; 5 – весы порционные тензометрические; 6 – конвейер реверсивный шнековый;
- 7, 8 – смесители УЗ-ДСП-0,2 (СМ1) и УЗ-ДСП-0,02 (СМ2); 9 – конвейер винтовой; 10 – конвейер шнековый;
- 11 – клапан перекидной; 12 – мельница шаровая; 13 – весы электронные;
- 14 – смеситель малых доз препарата с наполнителем; 15 – насос-дозатор; 16 – емкость расходная

Применение данной мобильной установки обеспечивает: повышение рентабельности животноводства за счет снижения затрат на приготовление кормолекарственных смесей; производство более качественных смесей благодаря высокой точности дозирования и гомогенности смеси лекарств и наполнителя; возможность приготовления кормолекарственных смесей в труднодоступных местах сезонного выпаса животных.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие основные узлы включает агрегат приготовления премиксов АП-100?
2. В какой последовательности осуществляется работа агрегата АП-100?
3. Как устроена мобильная установка для приготовления лекарственных кормосмесей «ВНИИКП»?

### **4.4. Модульные комбикормовые заводы**

В настоящее время широкое распространение получило создание в сельскохозяйственных предприятиях малых комбикормовых заводов (производительность 0,5-3 т/ч) для собственного производства полнорационных кормов. Многие такие предприятия создаются на базе многооперационных агрегатов, описанных в п. 4.1.

Также для производства комбикормов в небольших сельхозпредприятиях применяют мобильные агрегаты (установки), описанные в п. 4.2. Анализ их работы показал, что в условиях России наиболее применимы установки на прицепе к автомобилю с приводом от собственного электродвигателя. Но необходимости в частых перемещениях комбикормового агрегата по территории сельхозпредприятия или за его пределы в российских условиях нет. Следовательно, такую установку рациональнее выполнить в стационарном варианте, но сохранив при этом ее целостность и возможность легкого перемещения на новое место. Фактически стационарная комбикормовая установка должна представлять собой транспортабельный контейнер с оборудованием, максимально готовым к работе. Это соответствует получившей распространение зарубежом концепции «Factory-in-a-box» – «Фабрика в коробке», предусматривающей поставку заказчику готового к использованию мини-завода в форме компактного комплекта оборудования, уже объединенного в единой конструкции [35, 37].

Очевидно, что такую мини-фабрику рационально разместить в мобильном контейнере. Широкое распространение интермодальных транспортных контейнеров предопределило использование для размещения малых предприятий стандартных 20-футовых контейнеров (рис. 4.21) [38]. Он имеет габариты 6×2,5×2,6 м, позволяющие транс-

портировать его как железнодорожным и водным, так и автомобильным транспортом. Такие мобильные контейнеры обладают жесткой конструкцией и могут выдерживать многократные перемещения.



Рис. 4.21. Внешний вид стандартного 20-ти футового грузового контейнера

Внутри закрытого контейнера либо его каркаса закрепляется технологическое и транспортное оборудование различного назначения (рис. 4.22).

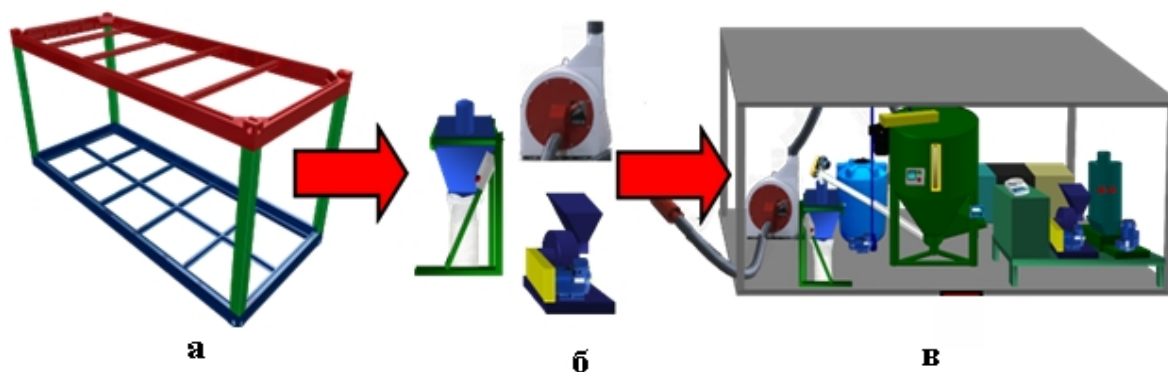


Рис. 4.22. Формирование технологического модуля на основе каркаса с габаритами грузового контейнера: *а* – каркас с габаритами грузового контейнера; *б* – оборудование; *в* – готовый технологический модуль

Таким образом, предлагается типовое проектное решение модуля, представляющее собой конструктивную форму, которая может иметь различное технологическое наполнение.

В последние годы в России разработаны и выпускаются малогабаритные машины для обработки сельскохозяйственного сырья (см. п. 3).

Это позволяет разместить в 20-футовом контейнере малый завод по приготовлению комбикормов мощностью до 1,5 т/ч, включающий оборудование для выполнения основных операций получения рассыпного комбикорма: молотковую дробилку, смеситель, транспортное и тензометрическое оборудование, а также опционально оборудование для приготовления предварительной смеси дополнительных компонентов с малыми дозами введения: малые смеситель и дробилку.

В «АНЦ «Донской» разработан основной технологический модуль для производства комбикормов производительностью 1,5 т/ч (0,4 т за цикл, 10-12 т в смену), обеспечивающий выполнение операций измельчения, дозирования и смешивания компонентов и включающий также технологический блок приготовления предварительной смеси белково-минеральных компонентов (рис. 4.23).

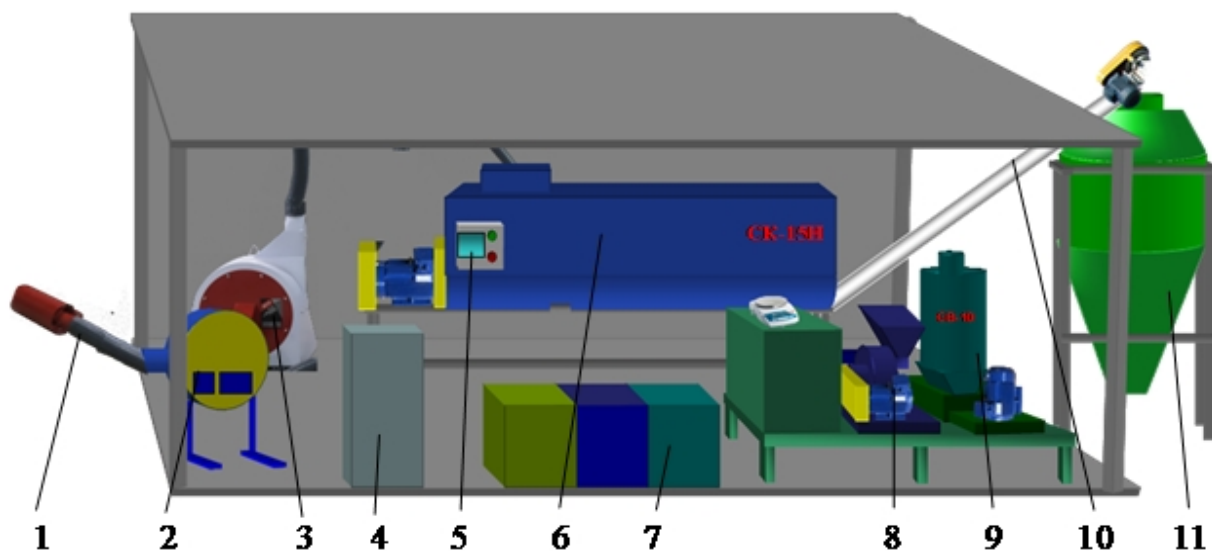


Рис. 4.23. Основной технологический модуль для производства комбикормов производительностью 1,5 т/ч «АНЦ «Донской» (общий вид): 1 – пневмукав для загрузки зерна; 2 – сепаратор СА-2; 3 – дробилка молотковая ДЗ-3 с центробежным вентилятором; 4 – шкаф управления; 5 – весовое дозирующее устройство ЭВДУ; 6 – смеситель горизонтальный СК-15Н; 7 – емкости для хранения БВМД; 8 – молотковая дробилка МД-0,5; 9 – смеситель вертикальный СВ-10; 10 – шнек для выгрузки комбикорма; 11 – бункер для готового комбикорма БСК-6

Разработанный технологический модуль представляет собой объемную жесткую открытую конструкцию из металлических рам (6×2,5×2,6 м), в которой компактно на одном горизонтальном уровне смонтировано оборудование, обеспечивающее выполнение законченного производственного цикла (рис. 4.24).

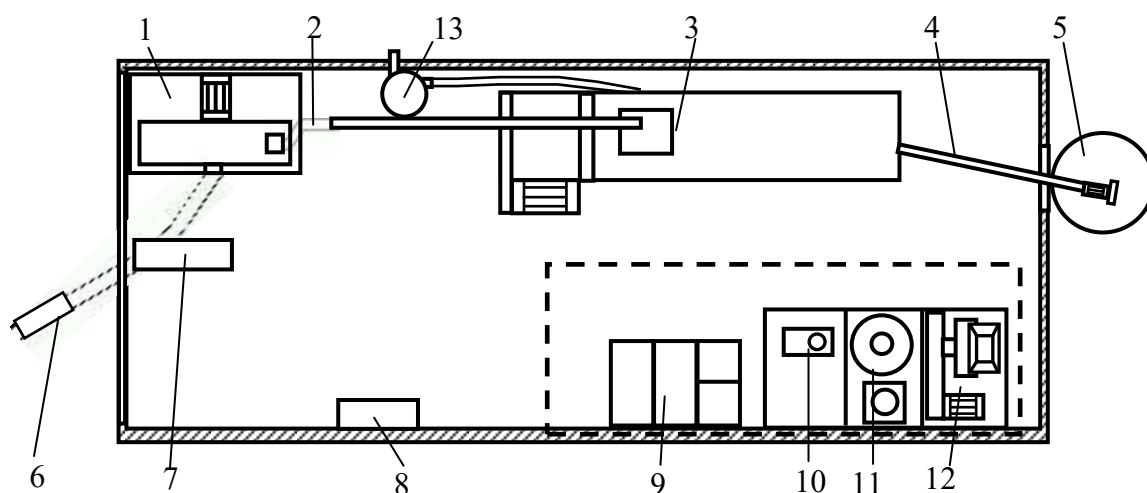


Рис. 4.24. Основной технологический модуль для производства комбикормов производительностью 1,5 т/ч «АНЦ «Донской» (компоновочная схема): 1 – дробилка молотковая ДЗ-3 с центробежным вентилятором; 2 – пневморукав для загрузки измельченного сырья в смеситель; 3 – смеситель горизонтальный СК-15Н; 4 – шнек для выгрузки готового комбикорма; 5 – бункер для комбикорма БСК-6; 6 – пневморукав для загрузки сырья в дробилку; 7 – сепаратор СА-2; 8 – шкаф управления; 9 – емкости для хранения БВМД; 10 – весы лабораторные; 11 – смеситель вертикальный СВ-10; 12 – дробилка молотковая МД-0,5; 13 – циклон-осадитель

Комплект оборудования его основного технологического блока (блок измельчения, дозирования и смешивания) включает молотковую дробилку ДЗ-3 с центробежным вентилятором и шлангами для пневмозабора зернового сырья и подачи измельченного сырья в смеситель, а также горизонтальный лопастной смеситель СК-15Н, установленный на тензодатчиках.

Очистка зернового сырья осуществляется сепаратором СА-2. Для аспирации образующейся в процессе загрузки и измельчения зерна пыли предназначен циклон-осадитель, подключаемый к дробилке и к главному смесителю.

В состав оборудования технологического блока формирования предварительной смеси БВМК (на рис. 4.24 выделен пунктирной линией) включены молотковая дробилка МД-0,5 и вертикальный лопастной смеситель периодического действия СВ-10 (производительность 100 кг/ч), а также рабочий стол, лабораторные весы для микрокомпонентов, весовое устройство для дозирования белково-минеральных добавок, емкости для хранения компонентов.

Готовый комбикорм шнеком загружается в бункер типа БСК, размещаемый вне модуля (опционально).

В ходе технологического процесса модуля предварительно очищенные зерновые компоненты пневмотранспортом поочередно через сепаратор подаются в молотковую дробилку, измельчаются и направляются в бункер горизонтального лопастного смесителя периодического действия, установленного на тензометрической раме с весовым устройством, регистрирующим поступающую дозу каждого компонента. При переходе на другой вид зернового сырья, при необходимости, заменяется решето дробилки.

При приготовлении предварительной смеси БВМК минеральные компоненты (мел, фосфаты и др.), мучнистые компоненты (отруби) и белковое сырье животного происхождения (рыбная и мясокостная мука) поочередно загружают в малый смеситель СВ-10, осуществляя их весовое дозирование согласно рецепту. В случае, если минеральное сырье имеет крупнокусковую форму, его предварительно измельчают в дробилке МД-0,5. Компоненты с малой дозой (премикс, соль поваренная и др.) дозируют отдельно на точных весах и затем вручную загружают в смеситель СВ-10.

Готовая разовая доза предварительной смеси БВМК вручную загружается в горизонтальный смеситель через загрузочное отверстие. Включается привод главного смесителя и в течение 4-5 мин производится смешивание всех компонентов корма.

После окончания цикла смешивания оператор включает выгрузной шнек, открывает задвижку выгрузного окна смесителя и производит выгрузку готового комбикорма в бункер либо в транспортное средство. Время выгрузки готового комбикорма из смесителя составляет около 3 мин. Также возможно оснащение модуля устройством для дозированной загрузки комбикорма в мешки.

Режим работы основного модуля – периодический. Время смешивания компонентов в главном смесителе – 4-5 мин, полный цикл приготовления порции комбикорма (400 кг) – 20-25 мин. Установленная мощность основного модуля: 32 кВт. Общая масса модуля составляет 2,3 т (каркас – 1 т, оборудование – 1,3 т). Обслуживает модуль один основной работник.

Технологический модуль собирают и настраивают на предприятии изготовителе (рис. 4.25). Готовый модуль доставляют в сельхозпредприятие, устанавливают и соединяют транспортным оборудованием с емкостями для сырья и готовой продукции, а также подключают к электросети.



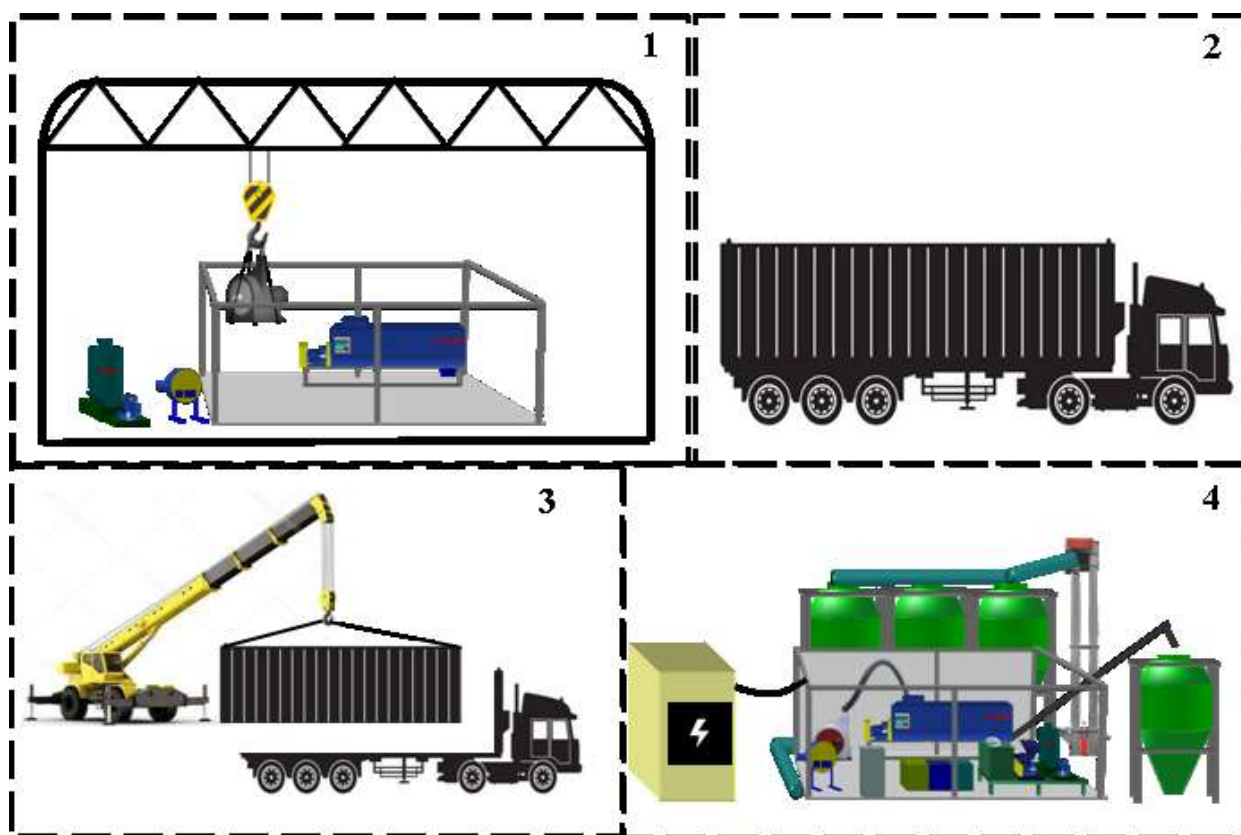


Рис. 4.25. Создание и размещение основного комбикормового модуля в сельхозпредприятии: 1 – сборка и настройка основного модуля на предприятии-изготовителе; 2 – транспортировка модуля; 3 – установка модуля в сельхозпредприятии; 4 – соединение модуля с емкостями для сырья и готовой продукции и его пуск в эксплуатацию

Альтернативой для установки в комплекте с основным модулем набора емкостей для сырья является его размещение непосредственно в помещении зернового склада сельхозпредприятия (рис. 4.26). При этом сырье загружается из буртов пневматическим устройством, совмещенным с молотковой дробилкой.

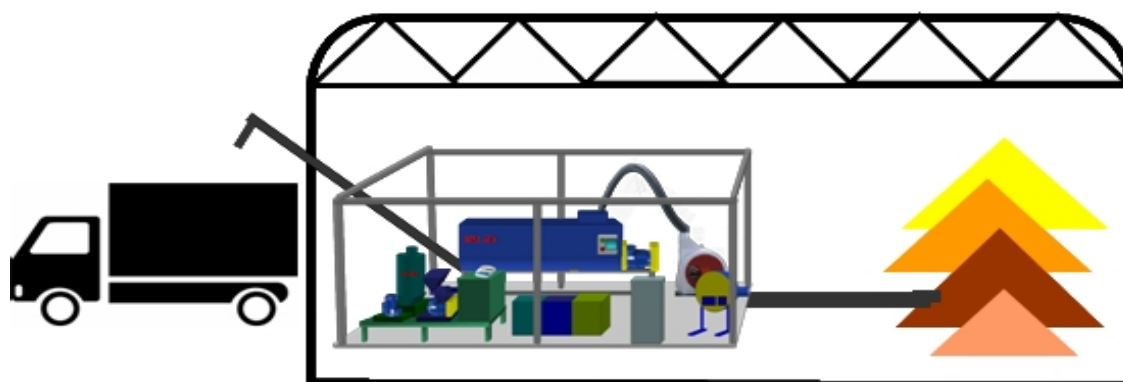


Рис. 4.26. Схема размещения основного комбикормового модуля на зерновом складе сельхозпредприятия



Добиться значительного снижения затрат времени и труда возможно только при проектировании малого комбикормового завода на базе модульного принципа построения [34, 36]. При этом рационально поставлять заказчикам не отдельные машины, а комплектные технологические линии, оформленные в виде модулей, т.е. размещенные на конструктивной платформе – стальном каркасе.

На основе таких типовых технологических модулей могут создаваться малые внутрихозяйственные модульные комбикормовые заводы, которые будут производить корма, состав, качество и стоимость которых соответствуют требованиям конкретного сельхозпредприятия.

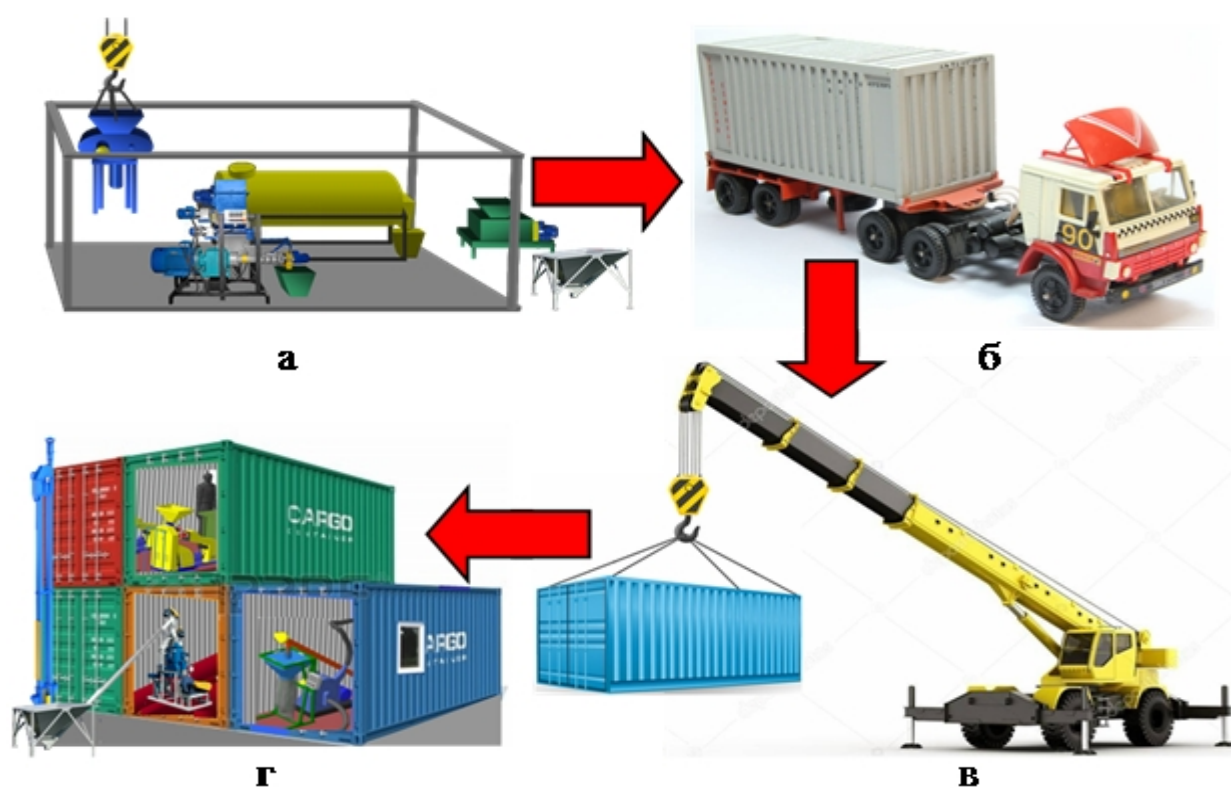


Рис. 4.27. Создание модульного комбикормового завода:  
 а – сборка модулей на предприятии-изготовителе;  
 б – транспортировка готовых модулей; в – монтаж модулей;  
 г – малый модульный завод

Центром модульного завода, в котором соединяются потоки сырья, является основной технологический модуль измельчения, дозирования и смешивания сырья. Основным модуль является базой современного производства полнорационного комбикорма, образуемого путем присоединения к нему дополнительных технологических модулей,

обеспечивающих выполнение операций подготовки сырья, таких как очистка, просеивание, обеззараживание, и операций заключительной обработки комбикорма, таких как экструдирование, экспандирование и гранулирование.

При создании модульного комбикормового завода (рис. 4.27) технологические модули с уже установленным оборудованием доставляются заказчику, где устанавливаются на предварительно подготовленном легком фундаменте и соединяются в вертикальной и горизонтальной плоскостях посредством имеющихся на их каркасах соединительных элементов, образуя одно- или двухуровневый завод.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие контейнеры используют для размещения оборудования малых модульных предприятий?
2. Как устроен основной технологический модуль для производства комбикормов «АНЦ «Донской»?
3. В чем состоит модульный принцип формирования малых комбикормовых заводов?

## Библиографический список

1. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин / М.В. Соколов, А.С. Клинков, О.В. Ефремов и др. – М.: Изд-во «Машиностроение-1», 2004. – 248 с.
2. Афанасьев В.А. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов / В.А. Афанасьев. – Воронеж: Элист, 2008. – Т. 1. – 196 с.
3. Афанасьев В.А. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов / В.А. Афанасьев. – Воронеж: Элист, 2008. – Т. 2. – 295 с.
4. Афанасьев В.А. Руководство по технологии комбикормовой продукции с основами кормления животных / В.А. Афанасьев. – Воронеж, 2007. – 389 с.
5. Афанасьев В.А. Система технологических процессов комбикормового производства / В.А. Афанасьев, А.И. Орлов. – Воронеж, 2002. – 113 с.
6. Бурцев А.В. Современная техника и технология термопластической экструзии в производстве «сухих завтраков» / А.В. Бурцев, В.А. Грицких, Г.И. Касьянов. – Краснодар: Экоинвест, 2004. – 112 с.
7. Демский А.Б. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов: справ. / А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 760 с.
8. Егоров Б.В. Технологія виробництва преміксів: підручник / Б.В. Егоров, О.И. Шаповаленко, А.В. Макаринська. – Киев: Центр учбової літератури, 2007. – 288 с.
9. Инженерная оптимизация экструзионного оборудования: учеб. пособие / А.С. Клинков, М.В. Соколов, В.И. Кочетов и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.
10. Календрузь И. Мобильные комбикормовые агрегаты / И. Календрузь, О. Васильев // Комбикорма. – 2010. – № 8. – С. 48–51.
11. Кожарова Л.С. Основы комбикормового производства: учеб. / Л.С. Кожарова. – М.: Пищепромиздат, 2004. – 288 с.
12. Кудрявцева З.А. Проектирование производств по переработке пластмасс методом экструзии: учеб. пособие / З.А. Кудрявцева, Е.В. Ермолаева. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2003. – 96 с.
13. Курочкин А.А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств / А.А. Курочкин, В.М. Зимняков; под ред. А.А. Курочкина. – М.: КолосС, 2006. – 320 с.

14. Кушнир В.Г. Использование экструдеров при переработке продукции растениеводства в Республике Казахстан: учеб.-метод. пособие / В.Г. Кушнир, Н.В. Гаврилов, С.А. Ким. – Костанай, 2016. – 128 с.

15. Литвинец Ю.И. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс экструзией / Ю.И. Литвинец. – Екатеринбург, 2001. – 46 с.

16. Литвинец Ю.И. Технологические и энергетические расчеты при переработке полимеров экструзией / Ю.И. Литвинец. – Екатеринбург, 2010. – 56 с.

17. Машины и оборудование для производства комбикормов: справ. пособие / В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.А. Бортник и др. – Минск: Экоперспектива, 2005. – 487 с.

18. Мишуров Н.П. Технологии и оборудование для производства комбикормов в хозяйствах: справоч. / Н.П. Мишуров. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 204 с.

19. Остриков А.Н. Практикум по курсу «Технологическое оборудование» / А.Н. Остриков, М.Г. Парфенопуло, А.А. Шевцов. – Воронеж: ВГТА, 1999. – 424 с.

20. Остриков А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.

21. Пелевин А.Д. Комбикорма и их компоненты / А.Д. Пелевин, Г.А. Пелевина, И.Ю. Венцова. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 519 с.

22. Пособие по проектированию конвейерного транспорта. Ленточные конвейеры (к СНиП 2.05.07-85). – М.: Стройиздат, 1988. – 41 с.

23. Расчет и конструирование машин пищевой промышленности: учеб. пособие / Т.И. Тупольских, И.А. Хозяев, И.Ю. Механцева и др. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. – 125 с.

24. Садов В.В. Производство комбикормов в хозяйственных условиях: учеб. пособие / В.В. Садов. – Барнаул: изд-во АГАУ, 2009. – 96 с.

25. Сурашов Н.Т. Расчет винтовых конвейеров / Н.Т. Сурашов, М.И. Гудович, Л.Д. Мукиева. – Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2014. – 32 с.

26. Сыроватка В.И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах / В.И. Сыроватка. – М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2010. – 248 с.

27. Тарасов В.П. Технологическое оборудование зерноперерабатывающих предприятий: учеб. пособие / В.П. Тарасов. – Барнаул: АлтГТУ, 2014. – 292 с.

28. Технологии и оборудование для экструдирования растительного сырья: учеб. пособие / В.И. Пахомов, Д.В. Рудой, Т.И. Тупольских и др. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2018. – 108 с.
29. Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна / Л.А. Глебов, А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев и др. – М.: ДеЛи принт, 2010. – 696 с.
30. Технологическое оборудование предприятий отрасли (зерноперерабатывающие предприятия): учеб. / Л.А. Глебов, А. Б. Демский, В.Ф. Веденьев и др. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 816 с.
31. Технология и оборудование для производства комбикормов: в 2-х ч. Ч. I. Технология комбикормов / В.А. Шаршунов, Л.В. Рукшан, Ю.А. Пономаренко и др. – Минск: Мисанта, 2014. – 978 с.
32. Технология и оборудование для производства комбикормов: в 2-х ч. Ч. II. Технологическое оборудование комбикормовых предприятий / В.А. Шаршунов, Л.В. Рукшан, Ю.А. Пономаренко и др. – Минск: Мисанта, 2014. – 815 с.
33. Чеботарев О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. – М.: ИКЦ «МарТ», Ростов-на-Дону: Издательский центр «МарТ», 2004. – 688 с.
34. A general approach to module-based plant design / M. Eilermann, C. Post, H. Radatz et al. // Chemical Engineering Research and Design. – 2018. – Т. 137. – С. 125–140.
35. Jackson M. Factory-in-a-box – mobile production capacity on demand / M. Jackson, A. Zaman // International Journal of Modern Engineering. – 2007. – Т. 8. – № 1. – С. 12–26.
36. Methodology for the development of modular factory systems / A. Kampker, H. Voet, P. Burggraf et al. // FAIM Conference Proceedings. – 2014. – С. 131–138.
37. Realizing a factory-in-a-box solution in a local manufacturing environment / A. Granlund, M. Hedelind, M. Wiktorsson et al. // 42nd CIRP Conference on Manufacturing Systems Sustainable Development of Manufacturing Systems. – 2009. – С. 1–8.
38. Smith R.E. Prefab architecture: A guide to modular design and construction / R.E. Smith. – John Wiley & Sons, 2011. – 402 с.

## Оглавление

Предисловие .....	3
1. ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ .....	4
1.1. Виды и состав комбикормовой продукции .....	4
1.2. Сырье для производства комбикормов, БВМК и премиксов .....	10
1.3. Требования к качеству комбикормов, БВМК и премиксов и контроль их выполнения .....	13
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ .....	17
2.1. Технология производства рассыпных комбикормов для сельскохозяйственных животных .....	17
2.2. Технологический процесс производства гранулированных комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы .....	23
2.3. Технология производства экструдированных комбикормов для аквакультуры и домашних животных .....	28
2.4. Технологический процесс производства белково-витаминно-минеральных концентратов .....	35
2.5. Технологический процесс производства премиксов .....	36
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ И ПРЕМИКСОВ ..	44
3.1. Оборудование для очистки и сепарации сырья и комбикорма .....	44
3.1.1. Машины и аппараты для очистки сырья .....	44
3.1.2. Машины для сепарации гранулированного комбикорма .....	52
3.2. Оборудование для измельчения сырья .....	55
3.2.1. Молотковые дробилки .....	55
3.2.2. Расчет молотковой дробилки .....	64

3.3. Оборудование для смешивания компонентов комби- кормов .....	68
3.3.1. Общие сведения о смесителях .....	68
3.3.2. Горизонтальные смесители компонентов комби- кормов .....	72
3.3.3. Вертикальные смесители компонентов комби- кормов .....	75
3.3.4. Расчет смесителя .....	78
3.4. Оборудование для гранулирования комбикормов .....	80
3.4.1. Пресс-грануляторы .....	80
3.4.2. Расчет пресс-гранулятора .....	89
3.4.3. Охладители гранул .....	91
3.4.4. Измельчители гранул .....	96
3.5. Оборудование для экструдирования и экспандирования сырья и комбикормов .....	97
3.5.1. Кондиционеры-смесители .....	97
3.5.2. Одношнековые экструдеры .....	100
3.5.3. Расчет одношнекового экструдера .....	109
3.5.4. Двухшнековые экструдеры .....	117
3.5.5. Расчет двухшнекового экструдера .....	122
3.5.6. Экспандеры .....	127
3.5.7. Охладители экструдата .....	131
3.5.8. Сушильные установки .....	134
3.6. Оборудование для ввода жидкого сырья в состав ком- бикормов .....	137
3.6.1. Установки для ввода жидкого сырья при смеси- вании компонентов .....	137
3.6.2. Машины для финишного напыления жидкого сырья .....	141
3.6.3. Машины для вакуумного напыления жидкого сырья .....	144
3.7. Оборудование для производства премиксов .....	147
3.7.1. Оборудование для дозирования микрокомпо- нентов .....	147
3.7.2. Смесители премиксов .....	154



3.8. Оборудование для дозирования компонентов комби- кормов .....	157
3.9. Оборудование для транспортировки, хранения и упа- ковки сырья и готовой продукции .....	164
3.9.1. Оборудование для хранения сырья и готовой продукции .....	164
3.9.2. Расчет требуемого количества и вместимости бункеров для сырья и готовой продукции .....	172
3.9.3. Оборудование для транспортирования сырья и готовой продукции .....	173
3.9.4. Расчет шнекового транспортера .....	184
3.9.5. Расчет ленточного конвейера .....	186
3.9.6. Оборудование для упаковки готовых комбикор- мов и премиксов .....	187
4. МНОГООПЕРАЦИОННЫЕ АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ	190
4.1. Стационарные комбикормовые агрегаты и установки ...	190
4.2. Мобильные комбикормовые агрегаты .....	196
4.3. Агрегаты и установки для производства премиксов и лекарственных кормосмесей .....	207
4.4. Модульные комбикормовые заводы .....	214
Библиографический список .....	222

Учебное издание

**Пахомов Виктор Иванович**  
**Рудой Дмитрий Владимирович**  
**Брагинец Сергей Валерьевич**  
**Бахчевников Олег Николаевич**  
**Ольшевская Анастасия Владимировна**

# ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ И ПРЕМИКСОВ

Редактор А.А. Литвинова  
Компьютерная обработка: И.В. Кикичева

---

В печать 19.04.2019 г.  
Формат 60х84/16. Объем 14,3 усл. п. л.  
Тираж 100 экз. Заказ № 599. Цена свободная.

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1