

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Российский научно-исследовательский институт
информации и технико-экономических исследований
по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного
комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех»)

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ КОНСЕРВИРОВАНИЯ
И ПЛЮЩЕНИЯ ВЛАЖНОГО
ФУРАЖНОГО ЗЕРНА**

Научное издание

Москва
2012

УДК 631.363
ББК 40.729
М 71

Рецензенты:

Ю. А. Цой, д-р техн. наук, проф., чл.-корр. Россельхозакадемии,
зав. отделом комплексной электрификации и механизации
ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии;

В. Н. Воронков, д-р техн. наук, зав. кафедрой
«Технологическое и информационное обеспечение сельско-
хозяйственного производства» ФГБОУ «РИАМА»

Мишуров Н.П.

**Ресурсосберегающие технологии и оборудование для кон-
сервирования и плющения влажного фуражного зерна:** науч.
М 71 изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 84 с.

ISBN 978-5-7367-0947-2

Приведены научные основы хранения и консервирования фуражного зерна, рассмотрены основные способы консервирования влажного фуражного зерна: сушка, создание герметических условий, консервация зерна охлаждением, химическое консервирование. Даны технологические схемы и комплексы машин для реализации различных вариантов ресурсосберегающих технологий консервирования плющеного фуражного зерна. Предложены технологические схемы и оборудование для подготовки к скармливанию животным консервированного химическим способом целого фуражного зерна.

Предназначено для специалистов инженерно-технической системы АПК, научных и руководящих работников отрасли.

УДК 631.363
ББК 40.729

ISBN 978-5-7367-0947-2

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Кормление, которое обеспечивает животным крепкое здоровье, нормальные воспроизводительные функции, высокую продуктивность и хорошее качество продукции при наименьших затратах корма, считается полноценным. Полноценность кормления животных обуславливается наличием в рационах определенного количества энергии и питательных веществ в соответствии с их потребностями.

Важную роль в организации кормления играют зерновые корма. Зерна злаков содержат много крахмала и других органических веществ, отличаются высокой энергетической ценностью и охотно поедаются животными.

Постоянная потребность в зерне, с одной стороны, и сезонный характер производства, с другой, ставит сельхозпроизводителей перед необходимостью хранить его в течение длительного промежутка времени (от урожая до урожая). При этом стоит задача не только сохранить в целости все заложенное на хранение зерно, но и предотвратить снижение его питательности.

Одним из наиболее известных и распространенных способов консервации зерна является сушка, которая за счет снижения влажности зерновой массы ниже критической обеспечивает длительные сроки ее хранения. Однако для сушки зерна используется достаточно сложное и дорогое оборудование, эксплуатация которого связана с большими затратами энергии. И если для продовольственного и семенного зерна сушка является в настоящее время единственным приемлемым методом хранения и обеспечения сохранности потребительских свойств, то для консервирования фуражного зерна разработаны и используются на практике другие способы. Наиболее эффективной альтернативой сушке является химическое консервирование фуражного зерна, которое обеспечивает сохранение урожая зерновых без сушки влажного зерна перед закладкой на хранение, что может дать существенную экономию материальных и финансовых ресурсов.

Особенность кормового зерна, связанная с его целевым назначением, состоит в том, что оно может обрабатываться во влажном состоянии. Влажное зерно требует меньших затрат энергии на обработку, а позитивные структурные изменения, происходящие при

этом в зерне, более глубоки. Кроме того, результатами проведенных испытаний и практическим опытом установлено, что плющенное зерно усваивается животными на 20-25% эффективнее, чем дробленое.

Внедрение в практику кормопроизводства технологий приготовления кормов на основе плющеного и консервированного химическим способом фуражного зерна позволяет снизить напряженность проведения уборочной кампании, существенно сократить потери и порчу зерна и значительно снизить затраты ресурсов на производство продукции животноводства в целом. Химическое консервирование целого влажного фуражного зерна создает широкие возможности для применения различных технологий его дальнейшей обработки с целью повышения потребительских свойств как корма.

Отзывы и замечания по изданию просьба направлять в ФГБНУ «Росинформагротех» по адресу: 141261, Московская обл., Пушкинский р-н, пос. Правдинский, ул. Лесная, 60. Тел.: (495) 993-44-04, 993-42-92. Факс (496) 531-64-90. E-mail: fgnu@rosinformagrotech.ru

*В целях повышения качества информационного обеспечения
просим заполнить карточку обратной связи на сайте
www.rosinformagrotech.ru и направить по e-mail:
inform-iko@mail.ru или факсу (495) 993-42-92, или по адресу:
141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60
(ФГБНУ «Росинформагротех»)*

1. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ И КОНСЕРВИРОВАНИЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Зерновые корма играют важную роль в организации кормления животных (их доля в составе комбикормов составляет 65-70 %), так как содержат большое количество питательных легкопереваримых веществ. В зерне не так много протеина и мало воды, но оно богато углеводами: много крахмала и других органических веществ. Зерна злаков отличаются более высокой энергетической ценностью, поэтому охотно поедаются животными.

Наилучшим из зерновых кормов для всех видов сельскохозяйственных животных считается ячмень. Наряду с высоким содержанием обменной энергии (10,5-10,7 МДж) в нем пониженное содержание лизина, иногда треонина: содержит в 1 кг 1,21 корм. ед., 113 г сырого и 85 г переваримого протеина, 49 г сырой клетчатки, 638 г БЭВ, в том числе 485 г крахмала [1].

Кукуруза по содержанию обменной энергии в 1 кг корма (12,20-13,67 МДж) превосходит все виды зерновых кормов: содержит в 1 кг 653-658 г БЭВ, в том числе 555-560 г крахмала, 4-8% жира, 2-3% клетчатки, что способствует высокой переваримости всех органических веществ (88-92%). В состав комбикормов для свиней вводят в среднем до 35-45% зерна кукурузы, для молочного скота – 50-60, птицы – 30-40%.

Овес по питательной ценности (в 1 кг 9,20-10,78 МДж обменной энергии) уступает ячменю из-за большего содержания клетчатки (9,7%) и жира (4%): содержит 57% БЭВ, в том числе 32% крахмала, 10-11% сырого протеина хорошей растворимости. Оптимальное количество овсяной муки в кормовых смесях для поросят-сосунов в ошелушенном виде – 10-35%, в неошелушенном – до 10%. В комбикорм для мясного откорма и птицы его вводят не более 20%, для свиноматок – 20-30, для производителей и лактирующих животных – 10-15%.

Для кормовых целей используется фуражная пшеница, имеющая пониженные хлебопекарные свойства. В 1 кг пшенице содержится 10,8-13,58 МДж обменной энергии, 133 г сырого и 106 г переваримого протеина, 20 г сырого жира, 661 г БЭВ, в том числе 515 г крахмала. По содержанию протеина зерно пшеницы превосходит

все виды других хлебных злаков, причем более ценный протеин содержится в пшеничных отрубях. Органические вещества пшеницы обладают высокой переваримостью: протеина – 74,5%, жира – 35,2, БЭВ – 90,2, клетчатки – 48,4%. Оптимальное количество ввода пшеницы в комбикорма – 30%, для подсосных свиноматок и хряков-производителей – 20%.

Рожь по питательной ценности (в 1 кг содержится 10,30-12,32 МДж обменной энергии) и химическому составу незначительно отличается от ячменя и очень близка к пшенице. В мелком и щуплом зерне, которое обычно используется на фуражные цели, содержится около 15% протеина, более 70% БЭВ, до 4% клетчатки. Рожь беднее пшеницы незаменимыми аминокислотами, содержит гликозиды – 5-алкилрезорцинол и 5Н-алкилрезорцинол, поэтому она менее вкусная, чем другие злаки. В связи с сильным набуханием крахмала ржи в желудке у животных могут наступать расстройства пищеварения. Все это сдерживает использование ржи в качестве основного компонента комбикормов и рационов для свиней. Для поросят-отъемышей максимальный уровень содержания ржи в кормосмесях не превышает 10%, свиноматок – 10-20, откормочного молодняка 20-30%, у откормочного поголовья рожь способствует получению сала высокого качества [1].

Сезонный характер производства зерна и постоянная потребность в нем заставляют сельхозпроизводителей хранить его длительное время. Перед предприятиями стоит непростая задача – не только сохранить количество заложенного на хранение зерна, но и не потерять его полезные свойства и уберечь от токсичности.

Факторы, отрицательно воздействующие на зерно до закладки на хранение:

- неблагоприятные климатические условия в период созревания и уборки урожая (табл. 1), полевая микрофлора;
- наличие семян сорняков и других примесей;
- грызуны, птицы, насекомые и клещи;
- механические повреждения зерна при уборке и транспортировке;
- нарушения технологии уборки.

**1. Влажность поступающего с поля зерна колосовых культур
(по зонам Российской Федерации) [2]**

Зоны возделывания	Влажность, %
Северо-Западный район	27,5
Центральный район	22
Волго-Вятский район	24
Центрально-Черноземный район	19
Поволжский район:	
северная часть	20
южная часть	15
Северо-Кавказский район	16
Уральский район:	
северная часть	25
южная часть	16
Западно-Сибирский район:	
северная часть	25
южная часть	21
Восточно-Сибирский район	26
Дальневосточный район	26

Сохранность фуражного зерна при хранении зависит от биотических и абиотических факторов. Биотические факторы обусловлены природой зерна как живого организма, а абиотические – условиями внешней среды, влияющими на сохранность зерна. Биотические и абиотические факторы взаимосвязаны. Интенсивность различных процессов жизнедеятельности зерна можно ослабить или усилить путем изменения условий внешней среды при хранении. Поэтому на сохранность зерна абиотические факторы оказывают косвенное влияние через воздействие биотических факторов [3].

Определяющее влияние на сохранность зерна при хранении оказывает группа биотических факторов, к которой относят биохимические процессы (процессы обмена веществ, протекающие внутри продуктов). К ним относят процессы, обусловленные действием ферментов зерна. Интенсивность их протекания зависит от природы зерна, его химического состава, особенностей обмена веществ и условий хранения.

Наибольшее влияние на сохранность зерна при хранении оказывает дыхание – процесс, присущий всем живым организмам, в том числе и растительным продуктам. Оно связано с деятельностью

окислительно-восстановительных ферментов (оксидаз) и является важным источником энергии для обмена веществ и поддержания жизнедеятельности. Дыхание зерна – сложный процесс *диссимиляции* (распада) органических веществ (преимущественно одномолекулярных углеводов) до конечных продуктов дыхания с выделением энергии в виде тепла. Выделяют два вида дыхания зерна – аэробное и анаэробное. Однако при хранении зерновых масс наибольшее значение имеет не вид или характер дыхания, а его интенсивность.

Интенсивность процесса дыхания выражают несколькими показателями:

- потерей массы сухих веществ (в миллиграммах или процентах);
- количеством тепла, выделяемого при дыхании (калориметрически);
- количеством поглощенного кислорода или выделенного диоксида углерода.

Самым отрицательным следствием дыхания в этом случае является выделение большого количества тепла, приводящего к самосогреванию зерновой массы – самопроизвольное повышение ее температуры вследствие протекающих в ней физиологических процессов и плохой теплопроводности. В зависимости от исходного состояния зерна и условий хранения в каком-либо участке насыпи температура поднимается до 55-65°C, в редких случаях – до 70-75°C. Образующийся очаг самосогревания не остается локализованным. Тепло передается в соседние участки насыпи, что способствует активизации в них физиологических процессов и теплообразованию. Если не принять меры к ликвидации начавшегося процесса самосогревания, то вся зерновая масса окажется в греющем состоянии. При запущенных формах самосогревания партия зерна вообще может быть непригодной к использованию.

К факторам, влияющим на интенсивность дыхания зерна всех культур, относят влажность, температуру и степень аэрации зерновой массы.

Чем влажнее зерно, тем интенсивнее оно дышит. Интенсивность дыхания очень сухих зерен (пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы и бобовых влажностью до 11-12% и высокомасличных влажностью 4-5%) ничтожна. Очень сырое зерно (влажностью более 30%) и се-

мена масличных (влажностью более 15-20%), находящиеся в неохлажденном состоянии при свободном доступе воздуха, теряют 0,05-0,2% сухих веществ в сутки.

Влажность, при которой в зерне появляется свободная влага и резко возрастает интенсивность дыхания зерна и семян, называют критической.

Величины критической влажности зерна и семян различных культур следующие (%) [4]:

- гороха, фасоли, чечевицы – 15-16;
- пшеницы, ржи, ячменя – 14,5-15,5;
- кукурузы, проса, сорго – 12,5-14;
- подсолнечника среднemasличного – 10-11, высокомасличного – 0-8.

Зерно основных злаковых культур влажностью до 14% (ниже критической) устойчиво. Его можно хранить в насыпи большой высоты (до 30 м и более). Зерно средней сухости, находящееся на грани критической влажности, дышит в 2-4 раза интенсивнее сухого, но у него малый газообмен, поэтому такое зерно достаточно устойчиво при хранении. Влажное зерно дышит в 4-8 раз интенсивнее сухого, сырое (влажностью свыше 17%) – в 20-30 раз энергичнее сухого.

Таким образом, зерновая масса основных зерновых культур влажностью ниже критической на 2-3% длительное время сохраняет свои технологические свойства.

Важным фактором, влияющим на интенсивность дыхания, является температура. В определенном интервале ее повышение на 10°C увеличивает интенсивность дыхания в 2-3 раза. Влияние температуры на дыхание зерна зависит и от времени воздействия данной температуры. Так, максимальная интенсивность дыхания зерна пшеницы при температуре 50-55°C проявляется только короткий срок, далее интенсивность дыхания снижается вследствие разрушения веществ, входящих в состав клеток зерна (белков, ферментных систем и др.).

При пониженных температурах газообмен резко снижается. При температуре 0-10°C интенсивность дыхания зерна даже влажностью 18% ничтожна. Критическая влажность зерна пшеницы отчетливо проявляется лишь при температуре 18°C и выше. Поэтому

для сохранения зерна так важно поддерживать пониженные (до 10°C) температуры.

Газовый состав воздуха также является важнейшим абиотическим фактором. Повышенные концентрации диоксида углерода (CO₂) и пониженные до определенных пределов концентрации кислорода (до 2%) оказывают положительное влияние на сохраняемость продукции за счет снижения интенсивности дыхания и предотвращения потерь от развития микроорганизмов (гниения и плесневения). При хранении продукции в такой газовой среде ослабевают процессы обмена веществ, замедляются процессы старения и отмирания тканей, значительно продлеваются сроки хранения.

Исходя из вышеприведенного в основе всех способов хранения или консервирования продуктов, применяемых на практике, лежат принципы частичного или полного подавления происходящих в них биологических процессов (биотических факторов, влияющих на сохранность): биоз, анабиоз, ценоанабиоз и абиоз [3].

При реализации биоза продукты сохраняются в живом состоянии, с присущим им обменом веществ, без подавления процессов жизнедеятельности. Этот принцип основан на иммунных (защитных) свойствах любого нормально функционирующего здорового организма (в том числе и растительного), обладающего иммунитетом – способностью противостоять воздействию патогенной микрофлоры и неблагоприятных условий внешней среды.

Анабиоз – приведение продукта в состояние, при котором резко замедляются или совсем не проявляются биологические процессы: крайне слабо протекают процессы обмена веществ в клетках, приостановлена активная деятельность микроорганизмов, клещей и насекомых. Однако живое начало в продукте и живые организмы в нем не уничтожены. При возникновении благоприятных условий активизируются все процессы жизнедеятельности. Анабиоз может быть создан несколькими способами:

- *термоанабиоз* – хранение продуктов при пониженных и низких температурах, которые замедляют процессы обмена веществ в тканях, снижают активность ферментов, приостанавливают развитие микроорганизмов;
- *ксероанабиоз* – хранение продуктов в сухом, или обезвоженном состоянии. Частичное или полное обезвоживание продукта

приводит практически к полному прекращению в нем биохимических процессов, лишает микроорганизмы возможности развиваться в этом продукте;

- *осмоанабиоз* – хранение продуктов при повышении осмотического давления в их тканях, что защищает продукты от воздействия на них микроорганизмов и исключает нежелательные микробиологические процессы (гниение, плесневение, брожение);

- *ацидоанабиоз* – хранение продуктов при повышении кислотности среды;

- *наркоанабиоз* – применение для консервирования анестезирующих, наркотических веществ (хлороформ, эфир), которые останавливают действие микроорганизмов и вредителей, замедляют процессы обмена веществ;

- *аноксианабиоз* – хранение продуктов без доступа воздуха, создание бескислородной среды. Отсутствие кислорода исключает возможность развития аэробных микроорганизмов (прежде всего, плесневых грибов), насекомых и клещей. Дыхание клеток самого продукта резко замедляется и приобретает анаэробный характер. Таким образом, происходит консервация продуктов в герметических условиях.

Принцип ценоанабиоза основан на создании анабиотических условий с помощью определенных полезных групп микроорганизмов, для которых создаются благоприятные условия. Полезная микрофлора вырабатывает консервирующие вещества, которые препятствуют развитию нежелательной (патогенной) микрофлоры, вызывающей порчу продуктов. На этом принципе основано микробиологическое консервирование.

Абиоз предусматривает отсутствие живых начал в продуктах, хранение их в неживом состоянии. При этом либо весь продукт превращается в безжизненную и стерильную органическую массу, либо в нем (или на его поверхности) уничтожаются определенные группы микроорганизмов, вызывающих порчу. Абиоз имеет несколько видов:

- *термоабиоз (термостерилизация)* – обработка продуктов высокими температурами, нагрев их до 100°C и выше. При этом практически все живые организмы погибают;

- *химабиоз (химическая стерилизация)* – консервирование продуктов химическими веществами, убивающими микроорганизмы (антисептиками) и насекомых (инсектицидами);

- *механическая стерилизация* – удаление микроорганизмов из продуктов фильтрованием или центрифугированием;
- *лучевая (фото) стерилизация* – уничтожение микроорганизмов и насекомых ультрафиолетовыми, инфракрасными, рентгеновскими лучами, β и γ -излучением в определенных дозах (радиация).

Анализ известных способов хранения фуражного зерна с учетом его физико-химических свойств и целевого назначения показал, что наиболее целесообразно для консервирования влажного кормового зерна использовать *ксероанабиоз* – хранение зерна в сухом или обезвоженном состоянии; *аноксианабиоз* – хранение зерна без доступа воздуха, создание бескислородной среды; *термоанабиоз* – хранение зерна при пониженных и низких температурах; *ацидоанабиоз* – хранение продуктов при повышении кислотности среды; *химабиоз (химическая стерилизация)* – консервирование продуктов химическими веществами, убивающими микроорганизмы (антисептиками) и насекомых (инсектицидами).

2. СПОСОБЫ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ВЛАЖНОГО ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Технологии консервирования зерновых масс основаны на их свойствах, рассмотренных в предыдущем разделе. Правильное использование взаимосвязей этих свойств и взаимодействия между зерновой массой и окружающей средой обеспечивает наибольшую технологическую и экономическую эффективность при хранении. На состояние и сохранность зерна влияют такие факторы, как влажность и температура зерновой массы и окружающей ее среды, доступ воздуха к зерновой массе (степень аэрации). Данные факторы положены в основу разработанных способов консервации фуражного зерна [4]:

- в сухом состоянии, т. е. с влажностью ниже критической;
- в охлажденном состоянии (когда температура зерна понижена до пределов, значительно тормозящих жизненные функции компонентов зерновой массы);
- без доступа воздуха (в герметическом состоянии);
- химическое консервирование.

2.1. Сушка

Хранение зерна в сухом состоянии базируется на принципе ксероанабиоза. Обезвоживание любой партии зерна до влажности ниже критической приводит все живые компоненты, за исключением насекомых-вредителей, в анабиотическое состояние. При этих условиях исключаются повышенный газообмен в зерне и семенах, развитие микроорганизмов и клещей.

Для хранения зерновых масс в сухом состоянии используют различные способы сушки зерна, основанные на их сорбционных свойствах. Если зерновую массу или отдельные зерна поместить в среду, где будет происходить отдача влаги в виде пара или даже жидкости (что бывает реже), т.е. создать условия для десорбции, то можно наблюдать процесс высушивания [5, 6].

Продолжительность сушки и скорость влагоотдачи зависят от вида зерна, его состояния и свойств агента. Все способы сушки зерна и семян разделяют на две группы: без специального использования тепла (без подвода тепла к высушиваемому объекту) и с использованием тепла.

К первой группе относится сушка путем контакта зерновой массы с водоотнимающими средствами твердой консистенции (сухой древесиной, активированным углем, сульфатом натрия и др.) или обработка зерновой массы сухим природным воздухом.

Второй способ (с использованием тепла) наиболее распространен и основан на создании условий, обеспечивающих повышение влагоемкости паровоздушной среды, окружающей зерно. В этом случае агентом сушки (теплоносителем) служит воздух, влагоемкость которого значительно повышается в результате нагрева. Наиболее распространенный способ сушки с использованием тепла в специальных устройствах – зерносушилках.

Способы сушки с использованием тепла разнообразны. Они различаются, главным образом, по признаку передачи тепла зерну и удаления из него влаги и по характеру среды. Тепло может передаваться зерну контактным способом, т.е. соприкосновением зерна с нагретой поверхностью различных сушильных печей (подовые сушилки), подогретым воздухом или смесью воздуха с дымовыми газами, называемой газовой смесью. В первом случае воздух, со-

прикасаясь с нагретым зерном, отнимает от него часть тепла и одновременно поглощает испаряющуюся из зерна влагу.

Сушка подогретым воздухом может быть представлена простейшей схемой: атмосферный воздух, содержащий известное количество влаги, нагревается калорифером, в результате чего повышается его влагоемкость. Поступая затем под влиянием искусственной тяги в сушильную камеру, подогретый воздух нагревает зерно и одновременно поглощает выделяющуюся из него влагу. Со сниженной температурой и повышенной влажностью (относительной и абсолютной) воздух удаляется из сушилки.

Сушка смесью воздуха с дымовыми газами отличается от сушки подогретым воздухом лишь способом нагрева воздуха. В смесительной камере атмосферный воздух смешивают с дымовыми газами в количестве, необходимом для достижения требуемой температуры.

По составу газовая смесь близка к воздуху: на 1 м^3 дымовых газов в смесительной камере добавляется $15\text{-}25 \text{ м}^3$ наружного воздуха.

При сушке зерна газовой смесью расходуется в $2\text{-}2,5$ раза меньше топлива, чем при сушке нагретым воздухом, потому она получила наибольшее распространение. Почти все отечественные сушилки работают на газовой смеси.

Для сохранения качественных показателей зерна при искусственной сушке важное значение имеет предельная температура воздуха или газовой смеси, поступающих в сушильную камеру, максимальная температура нагретого зерна и продолжительность сушки.

Зерносушилки классифицируют по следующим признакам: способу подвода теплоты, состоянию зернового слоя, конструкции сушильной камеры, режиму работы, принципу действия и конструктивному исполнению [7].

По способу подвода теплоты различают конвективные и кондуктивные (контактные) зерносушилки. При конвективном методе сушки тепловая энергия передается зерну от нагретого газа, а при кондуктивном – от нагретой поверхности, в качестве которой используют трубы, обогреваемые паром, горячей водой или газом. В современных зерносушилках в основном используется конвективный метод сушки.

В зависимости от сочетаний направлений перемещения зерна и сушильного агента (подогретого воздуха) сушилки делятся на три основных типа (рис. 1): поперечное (перекрестное) перемещение зерна и воздуха (рис. 1а), противоточное (рис. 1б) и прямоточное (рис. 1в) [8].

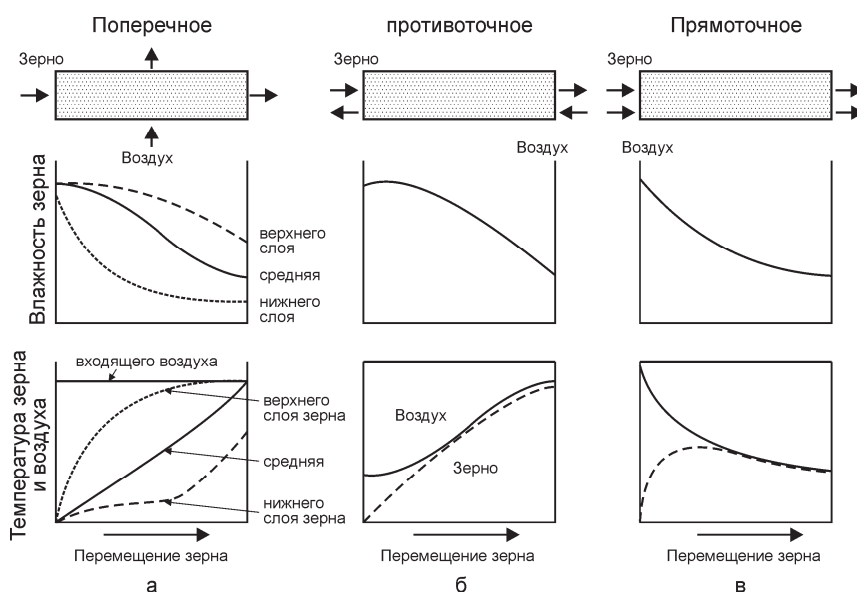


Рис. 1. Изменение влажности и температуры при различном направлении движения сушильного агента (воздуха) и зерна в сушилках

В сушилках с поперечным (перекрестным) перемещением зерна и воздуха (см. рис. 1а) воздух проходит под прямым углом к направлению перемещения зерна, охлаждается по мере его перемещения, и зерно просушивается в разных условиях в зависимости от его положения в зерновом слое. Зерно, близкое к зоне входа воздушного потока, быстро нагревается до температуры входящего воздуха, в то время как зерно в верхних слоях остается холодным даже при многих проходах воздуха. Следовательно, зерно будет пересушенным в нижних слоях и недосушенным в верхних и должно быть тщательно перемешано в процессе выгрузки для усреднения его влажности. Часть зерна будет иметь температуру воздуха сушки, после сушки его следует охладить до температуры безопасного хранения.

Часть израсходованного воздуха будет иметь неполную насыщенность, что увеличивает энергопотребление на сушку. В некоторых моделях ненасыщенный теплый воздух, прошедший через слой высушиваемого зерна или охладительные секции, для повышения эффективности сушки повторно подают во входной патрубок вентилятора.

Сушилки с перекрестным способом сушки – наиболее простые и дешевые конструкции. В сушилках с прямоточной схемой работы зерно и воздух перемещаются в одном направлении (см. рис. 1в). Охлаждение теплого воздуха в процессе испарения влаги из зерна предотвращает нагрев зерна до значений температуры воздуха на входе в зерновой слой. Это позволяет повысить температуру воздуха, входящего в зерновой слой, так как зерно не нагревается до температур выше критических значений. Повышение температуры сушки позволяет повысить термическую эффективность сушки. В сушилках с противотоком (рис. 1б) зерно и воздух движутся в противоположных направлениях. Входящий в зерновую массу горячий воздух взаимодействует с сухим зерном и слегка охлаждается вследствие испарения влаги. Температура сухого зерна близка к температуре входного воздуха, которая не должна превышать безопасный максимум нагрева зерна. Как и в поточных сушилках, в конструкциях с противотоком зерно равномерно обрабатывается воздушным потоком, и отработанный воздух почти полностью насыщается водяными парами [8].

По состоянию зернового слоя различают сушилки с плотным неподвижным, движущимся и взвешенным слоем. Наиболее распространены сушилки с гравитационным движущимся слоем зерна. Конструктивно такая сушилка состоит из вертикальной шахты, которую сверху непрерывно загружают свежим зерном. В нижней ее части создается подпор зерна.

По конструкции сушильной камеры различают шахтные, барабанные, камерные, трубные и другие зерносушилки.

Особый интерес представляют сушилки шахтного типа, где зерно под действием силы тяжести движется сверху вниз и пронизывается сушильным агентом (воздухом). Зерно движется по шахте сплошной массой, скорость его продвижения регулируется выпускным устройством внизу шахты. Выпускное устройство в зависимости от конструкции может выпускать зерно периодически или

непрерывно. Для подвода сушильного агента и отвода отработанного воздуха в сушильной камере установлены короба шатрового типа с открытыми днищами. Сушильный агент поступает из подводящих коробов через их нижнюю открытую часть, пронизывает зерно и через отводящие короба выводится из сушильной камеры (рис. 2). При этом, взаимодействие зернового потока и воздуха происходит в разных направлениях (в прямом, обратном и поперечном), что обеспечивает смешанное взаимодействие воздуха и зернового потока – следовательно, обеспечивается щадящая, эффективная и однородная сушка [8].

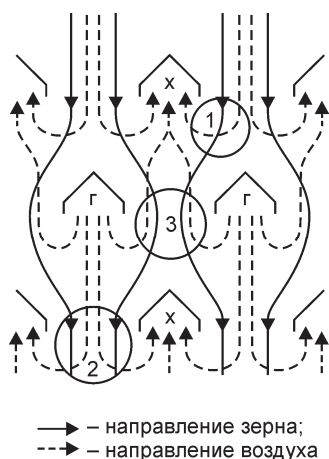


Рис. 2. Движение зерна и воздуха в шахтных сушилках: Г – короб «шатрового типа» подвода горячего воздуха; Х – короб отвода насыщенного влагой воздуха; 1 – зона поперечного перемещения зерна и воздуха; 2 – зона прямоточного перемещения зерна и воздуха; 3 – зона противоточного перемещения зерна и воздуха

В шахтных сушилках движение зерна происходит между зазорами горячих и холодных коробов – воздушный поток, движущийся от горячих коробов к холодным, пронизывает тонкие зерновые струи в поперечном, противоточном и поточном направлениях, за счет чего сопротивление движущегося зернового слоя воздушному потоку низкое. В связи с этим мощность электродвигателей вентиляторов в шахтных сушилках можно уменьшить почти в 2 раза по сравнению с сушилками с поперечным движением воздуха и зерна, а также повысить температуру воздуха при меньших его расходах. При этом зерно не находится в постоянном контакте с горячими коробами, в результате чего оно нагревается до температуры, значительно меньшей температуры сушильного воздуха [8].

В барабанных зерносушилках сушильная камера – это полый вращающийся цилиндр, внутри которого устанавливают насадку в виде лопастей, способствующих разрыхлению и пересыпанию зерна при его движении вдоль барабана.

По режиму работы различают сушилки периодического и непрерывного действия. В непрерывно действующих сушилках зерно перемещается от места загрузки к месту его выпуска. Достоинства непрерывно действующих сушилок – более полное использование сушильной камеры, так как практически исключены простои ее во время загрузки и разгрузки, лучшие условия для контроля и автоматизации процесса сушки, возможность использовать их в поточных линиях.

В периодически действующих сушилках зерно загружают в рабочую шахту на полную ее вместимость, высушивают до требуемой влажности без перемещения и полностью выгружают. Величина влагосъема зависит от длительности этапа сушки, который изменяют с целью оптимального использования сушильного агента при термически безопасных режимах сушки. Длительность этапа охлаждения может устанавливаться независимо от этапа сушки [8].

Главное технологическое преимущество сушилок периодического действия заключается в том, что они позволяют в щадящем режиме сушки, независимо от исходной влажности зерна, получить зерновой материал с заданной и высокой однородностью влажности.

По конструктивному исполнению различают стационарные и передвижные зерносушилки. Производительность передвижных зерносушилок ограничена габаритными и транспортными возможностями и составляет 8-10 т/ч.

По принципу действия различают прямоточные и рециркуляционные зерносушилки. В первых зерно проходит через сушильную камеру один раз. За один проход влажность снижается не более чем на 6-7%.

В рециркуляционных сушилках (рис. 3) в отличие от прямоточных часть выпускаемого зерна смешивается с сырым зерном и вновь возвращается в сушилку. Благодаря этому можно высушить зерно с высокой начальной влажностью до сухого состояния, стойкого для хранения [8].

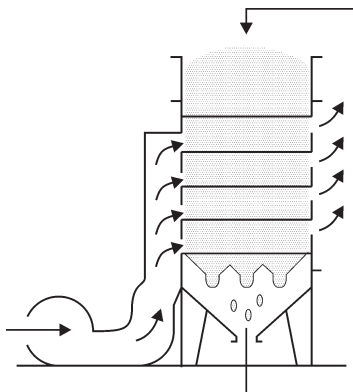


Рис. 3. Схема рециркуляционной сушилки

Анализ технических показателей сушилок (табл. 2, [9]) позволил выявить следующие их недостатки:

- сложность, большие габаритные размеры и металлоемкость оборудования;
- высокие стоимость и затраты на монтаж оборудования;
- эксплуатация сушилок связана с большими затратами энергии;
- требуется высокая квалификация персонала;
- сезонный характер использования дорогого оборудования;
- напряженный режим работы и др.

2. Техническая характеристика сушилок зерна

Показатели	Модель сушилки					
	С-60	СК-20	СБВС-5	СЗК-50	СКУ-15	ССК-16
1	2	3	4	5	6	7
Производительность, пл. т/ч	До 60	До 20	До 16	До 50	До 15	До 5
Установленная мощность, кВт	265	168	-	153	63	22
Расход топлива:						
жидкого, кг/ч	100-420	До 200	До 150	*	До 6**	47,2-
газообразного, м ³ /ч	150-500	-			До 8***	
Габаритные размеры мм	19200х х18700х х22820	18000х х5500х х15000	14000х х8000х х15000	8500х х7200х х16500	-	7286х х4440х х4421

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Масса, т	90	23	16	26	9	4,2
Изготовитель	ЗАО «Агро- пром- техни- ка»	Завод «Брян- сксель- маш»	Завод «Брян- сксель- маш»	ОАО «Сибир- ский Агро- про- мыш- ленный Дом»	ОАО «Тверь- сель- маш»	РУП «Мо- зырьсель- маш» (Респуб- лика Бела- русь)

* Дополнительно устанавливаются теплогенератор и нория.

** кг/ пл. т.

*** м³/пл. т.

И если для подготовки к хранению семенного и продовольственного зерна сушке практически нет альтернативы, то для консервации фуражного зерна разработаны ресурсосберегающие технологии, обеспечивающие сохранность зерна во влажном состоянии без использования такого энергозатратного процесса, как сушка.

2.2. Создание герметичных условий

Потребность подавляющей части живых компонентов зерновой массы в кислороде позволяет консервировать ее путем изоляции от атмосферного воздуха или в специальной среде, не содержащей кислорода. Режим хранения зерновых масс без доступа воздуха (в герметических условиях) основан на принципе аноксианабиоза [10, 11].

Отсутствие кислорода в межзерновых пространствах и над зерновой массой значительно сокращает интенсивность ее дыхания. Зерна основной культуры и семена сорных растений переходят на аэробное дыхание и постепенно, по мере снижения содержания кислорода в воздухе межзерновых пространств, понижают свою жизнеспособность. Почти полностью прекращается жизнедеятельность микроорганизмов, так как подавляющая масса их состоит из аэробов. Исключается возможность развития клещей и насекомых, также нуждающихся в кислороде.

При содержании зерновой массы влажностью в пределах до критической в условиях бескислородной среды хорошо сохраняет-

ся ее кормовая ценность. При влажности от критической и выше хранение зерновых масс без доступа воздуха также дает положительные результаты. Однако в этом случае наблюдается некоторое снижение качества зерна при сохранении кормовых свойств.

Большие отрицательные воздействия на состояние зерновой массы при недостатке или отсутствии кислорода в воздухе межзерновых пространств проявляются в условиях очень высокой ее влажности. Так, при влажности более 20% активно развиваются дрожжи, при 35% наблюдается молочнокислое и спиртовое брожение, которое приводит к снижению потребительских свойств зерна или его порче.

Создание бескислородных условий при хранении зерновых масс достигается тремя способами:

- естественным накоплением диоксида углерода при снижении содержания кислорода в зерновой массе в результате дыхания всех живых компонентов, отчего и происходит ее самоконсервирование;
- созданием в зерновой массе вакуума;
- введением в зерновую массу газов, вытесняющих воздух из межзерновых пространств.

Первый путь более доступный и дешевый, наиболее распространен в практике хранения. Его недостаток состоит в том, что для полного консервирования зерновой массы требуется то или иное время, в течение которого имеющийся в замкнутом пространстве хранилища кислород будет использован зерном, микроорганизмами и вредителями. В связи с этим возможно некоторое изменение качества зерна. Так, в зерновых массах повышенной влажности до наступления полного консервирования развиваются микроорганизмы, а в партиях сухого зерна – вредители-насекомые.

При самоконсервировании для наиболее быстрого наступления бескислородного состояния очень важно иметь минимальный запас воздуха в хранилище. Последнее достигается его полной загрузкой, при которой полностью или почти полностью отсутствует надзерновое пространство.

Важнейшим условием обеспечения сохранности влажного фуражного зерна и сокращения потерь питательных веществ при его консервации в герметических условиях является быстрое расходование кислорода из межзерновых пространств. Специально выполненные исследования российских специалистов показали, что значительно повысить скорость расходования кислорода из межзерновых пространств можно с помощью специальных добавок, вносимых в зерновую массу. Установлено, что при влажности зерна 25-30% и темпера-

туре +18-20°C, характерной для периода уборки урожая, кислород в зерновой массе с добавками почти полностью (до 0,1%) расходовался за трое-четверо суток, а содержание углекислого газа в нём достигало 90-95%. Наиболее быстро кислород расходовался с добавлением хвои сосны, луговой травы и крапивы двудомной в дозе 3% от массы расплющенного зерна в герметичной ёмкости. Однако и другие виды добавок усиливали интенсивность дыхания и ускоряли процесс расходования кислорода в зерновой массе [12].

Лучшие результаты получены при внесении добавок, измельчённых на отрезки длиной 1-2 см. Биодобавки вносили в массу зерна двух видов: целого и расплющенного, послойно или путём перемешивания с ним в дозе от 0,5 до 10% от массы зерна.

Результаты исследований (табл. 3), показывают, что все виды использованных добавок обеспечивали прекращение процесса дыхания на двое-трое суток раньше, чем в контроле (без добавок).

3. Интенсивность дыхания зерна ячменя влажностью 25% в зависимости от продолжительности его хранения в герметичных условиях (среднее за три года) [12]

Вариант	Суточное выделение CO ₂ , мл						
	первые сутки	вторые сутки	третьи сутки	четвертые сутки	пятые сутки	шестые сутки	седьмые сутки
Контроль (без добавок)	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2
Луговая трава	2,2	0,4	0,6	0,4	0,1	0,0	0,0
Крапива двудомная	2,0	0,7	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0
Кипрей (Иван-чай)	0,2	0,2	0,7	0,4	0,3	0,0	0,0
Хвоя сосны	1,8	0,4	0,8	0,3	0,3	0,0	0,0

Таким образом, результаты исследований позволили выявить положительный эффект изучаемых видов добавок на процесс хранения зерна в герметичных условиях.

Среди рассматриваемых вариантов плющения и герметизации фуражного зерна повышенной влажности по сравнению с контрольным вариантом наилучший показатель эффективности получен при внесении в зерно в качестве добавки, ускоряющей расходование кислорода из межзернового пространства, размолотой хвои сосны и ели (табл. 4).

4. Расчёт эффективности различных технологий консервирования фуражного зерна [12]

Показатели	Технология консервирования				
	контроль (зерно без консерви- рующих до- бавок)	контроль (зерно и биотроф- 600)	контроль (зерно и AIV-3)	вариант 1 (зерно и хвоя ели и сосны)	вариант 2 (зерно и луговая травы)
Потери сухого вещества, %	4,47	2,5	2,62	2,54	2,64
Дополнительный объем продукции за счёт снижения потерь сухого вещества, кг/кг корма	0,0	75,8	71,2	74,2	70,4
Себестоимость плющеного зерна, руб/т	4994,0	4843,0	4867,2	4871,2	4851,0
Цена реализации зерна, руб/т	5240,0	5240,0	5240,0	5240,0	5240,0
Прибыль, руб/т	246,0	397,0	372,8	368,8	389,0
Рентабельность, %	4,9	8,2	7,7	7,6	8,0

Как показали исследования, использование добавок положительно влияет на питательность консервируемого фуражного зерна (табл. 5). При этом наивысшую питательность имел ячмень с добавкой в виде хвои сосны.

5. Питательность влажного зерна, консервированного с различными добавками, в 1 кг натурального корма [12]

Вариант опыта	Обменная энергия, МДж	Кормовые единицы
Ячмень без добавки в плющеном виде	8,46	0,84
Ячмень + хвоя сосны (20 кг/т)	8,56	0,85
Ячмень + луговая трава	8,08	0,87

Способ создания бескислородных условий в хранилищах путем вакуума широкого распространения не получил из-за повышенных

требований к герметичности хранилищ и его экономической неэффективности, хотя известны хранилища из синтетических мягких материалов (типа пленок), опирающихся при их заполнении зерновой массой на металлический каркас. После заполнения таких хранилищ воздух из них откачивают вакуумным насосом.

В настоящее время все большее распространение получает консервирование зерновых масс введением в них тех или иных газов. Приемлемым для этих целей является диоксид углерода. Его вводят в газообразном состоянии или используя сухой лед. Раздробленные на кусочки брикеты сухого льда помещают в зерновую массу в процессе загрузки хранилища, обеспечивая большее количество брикетов в верхних слоях насыпи. Диоксид углерода, как более тяжелый, быстро вытесняет воздух из межзерновых пространств. Применение диоксида углерода в виде брикетов льда сопровождается и охлаждением зерновой массы, что также способствует ее консервированию. Однако лед впоследствии тает, в результате чего повышается влажность зерна.

Перспективным приемом консервирования зерновых масс является введение в них смеси газов, образуемых в результате сжигания сжиженного газа в генераторах. Образующаяся при этом и предварительно охлажденная газовая среда (86-88% азота, 11-13 – диоксида углерода, 0,5-1% кислорода) вводится в зерновые массы, помещенные в герметичные хранилища. Однако это довольно дорогостоящий способ создания бескислородной среды.

Необходимым условием для успешного хранения зерновых масс без доступа воздуха является наличие герметичных зернохранилищ. В случае недостаточной их герметичности к зерновой массе и в ее межзерновые пространства легко проникает воздух атмосферы, и создаются условия для дыхания всех ее компонентов. В связи с этим для такого режима непригодны обычные склады и железобетонные силосные элеваторы. Для хранения зерна в герметических условиях необходимо использовать металлические силосы, в которые периодически нагнетают газ для поддержания давления несколько выше атмосферного. Это, а также большие инвестиционные и эксплуатационные затраты на оборудование являются одними из основных причин того, что данный способ консервирования влажного зерна не получил широкого распространения на практике.

2.3. Консервация зерна охлаждением

Консервирование охлаждением основано на том, что критическая влажность зерна увеличивается с уменьшением температуры хранения. Жизнедеятельность основной культуры и семян сорных растений, микроорганизмов, насекомых и клещей при пониженных температурах резко снижается или приостанавливается. Основан этот режим на принципе термоанабиоза [10].

Особое значение приобретает временное хранение в охлажденном состоянии партий сырого и влажного зерна, которые не представляется возможным высушить в короткое время. Для таких партий охлаждение является основным и почти единственным методом сохранения их от порчи.

Охлажденными считаются только партии зерна, имеющие в насыпи температуру не более 10°C. При этом зерновые массы с температурой во всех слоях насыпи 0-10°C считают охлажденными в первой степени, а с температурой ниже 0°C – во второй степени.

Способы охлаждения атмосферным воздухом можно разделить на две группы: пассивные и активные.

При пассивном охлаждении зерновую массу не перемещают и не нагнетают в нее воздух. При этом способе температуру зерновых масс снижают, проветривая зернохранилища, открывая двери и окна, устраивая приточно-вытяжную вентиляцию. Такое пассивное охлаждение применяют для всех хранящихся партий зерна во всех случаях, когда температура воздуха ниже температуры зерновой массы. В летне-осенний период его проводят в ночные часы, а с наступлением устойчивой холодной и сухой погоды – круглосуточно.

Пассивное охлаждение не всегда дает достаточный эффект, так как воздух, циркулируя у поверхности зерновой насыпи, медленно, постепенно, послойно охлаждает ее. В связи с плохой тепло- и температуропроводностью зерновой массы ее внутренние участки медленно поддаются охлаждению. Эффект охлаждения будет зависеть от разницы температур воздуха и зерновой массы, а также и от продолжительности периода охлаждения.

Наилучшие результаты при пассивном охлаждении наблюдаются в партиях зерна сухого и средней сухости. В зерновой массе с высокой влажностью и значительной положительной температурой

(20°C и более) при высоте насыпи более 1 м не происходит охлаждение всех ее слоев и угроза самосогревания не исчезает.

Несмотря на недостатки метода пассивного охлаждения, он всегда приносит определенную пользу, не требуя при этом расхода механической энергии и больших затрат труда. Кроме того, охлаждение пола, стен хранилища является мероприятием, ограничивающим развитие вредителей-насекомых.

При активном охлаждении зерно пропускают через зерноочистительные машины, конвейеры и нории. Зерновые массы охлаждают также с помощью стационарных или передвижных установок для активного вентилирования.

Перемещение зерновых масс с помощью последовательно установленных конвейеров или через зерноочистительные машины, снабженные аспирационными установками, дает хороший технологический эффект. При этом, чем длиннее путь движения зерна, тем больше оно соприкасается с окружающим воздухом и быстрее охлаждается. Наибольший эффект достигается при пропуске зерна через зерноочистительные машины, снабженные вентиляторами (сепараторы, аспирационные колонки).

Наиболее прогрессивным методом охлаждения является активное вентилирование. При активном охлаждении результаты его выявляют определением температуры и влажности зерновой массы до и после проведения работ. Одновременно проверяют партию зерна на зараженность вредителями хлебных запасов.

Обязательным условием охлаждения зерновой массы является проведение его без увеличения влажности последней. Зерно не должно быть подмочено атмосферными осадками, не должна быть также увеличена его влажность в результате сорбции паров воды из воздуха. Поэтому активное охлаждение любой партии зерна необходимо проводить с учетом ее фактической и равновесной влажности, температуры и влажности воздуха.

Исключение составляют зерновые массы в состоянии самосогревания. Охлаждение их возможно и даже необходимо при любой влажности воздуха, так как даже холодный, насыщенный водяными парами воздух при соприкосновении с нагретой зерновой массой заметно повышает свою температуру и увеличивает влагоемкость, тем самым способствуя охлаждению зерна и снижению его влажности. В процессе охлаждения отдельных партий зерна

наблюдается снижение их влажности. В партиях сырого зерна при контакте их с холодным сухим воздухом и особенно температурой ниже 0°C потеря зерном влаги может достигать нескольких процентов [10, 13, 14].

Для активного охлаждения зерновой массы широко применяются установки периодического действия, такие как вентилируемые бункера [15]. ГНУ ВИМ Россельхозакадемии был разработан прием временного консервирования влажного зерна с использованием холодильной машины. Установлена возможность хранения влажного фуражного зерна в охлажденном состоянии до момента скармливания его животным [16]. Применение искусственного охлаждения воздуха значительно расширяет возможности активного вентилирования – надежного и независимого от погодных условий приема, сохранения качества зерна в период, предшествующий основной обработке его на зерносушилках. Кроме того, в дальнейшем холодильные установки могут использоваться как комбинированные агрегаты, позволяющие охлаждать зерно и подсушивать параллельно другую партию зерна отработанным воздухом, нагретым в компрессоре и конденсаторе установки.

Зернохранилища при использовании искусственного холода получают многоцелевое назначение: временное размещение и консервирование влажного зерна, охлаждение зерна после сушки, хранение зерна кондиционной влажности, аэрация зерна при хранении [16].

Недостатками таких типов хранилищ и бункеров активного вентилирования является: ограничение влажности загружаемого в них зерна до 23%, так как при большей влажности необходимо перемещение зерна из бункера в бункер во избежание его слеживаемости; конденсация паров из теплого воздуха на более холодных стенках; неравномерность аэрации во всех зонах при больших объемах зерновой массы и неоднородном гранулометрическом составе насыпи.

Следует отметить высокую стоимость сооружений и большой расход электроэнергии для этих типов хранилищ, что предопределяет их использование в основном для семенного зерна, а при временном консервировании и для продовольственного.

К недостаткам этого способа консервирования влажного зерна, которые сдерживают его широкое применение на практике, можно

отнести: невозможность равномерного снижения температуры по всей массе вороха, большие энергозатраты, необходимость сложного оборудования и герметичных хранилищ, трудность в поддержании требуемых температур, отсутствие отечественного оборудования, ненадежность хранения (возможна порча зерна) и др.

2.4. Химическое консервирование

Химическое консервирование основано на смешивании зерновой массы с химическими веществами, обладающими фунгицидными и бактерицидными свойствами. Консерванты вызывают необратимое угнетение жизнеспособности зерна, гибель микроорганизмов и ликвидируют, таким образом, основные причины интенсивного дыхания зерновой массы, ее самосогревания и плесневения.

В мире уже исследовано более 1000 различных химических соединений, начиная от поваренной соли до самых сложных препаратов. В то же время как в нашей стране, так и за рубежом в качестве консервантов влажного фуражного зерна наибольшее распространение получили органические кислоты, которые хорошо усваиваются животными и не являются для них инородными соединениями. Так, микробы, живущие в рубце молочной коровы, ежедневно производят около 1,5 л пропионовой кислоты, представляющей собой важный источник питательных веществ для жвачных животных. Кроме того, она входит в состав некоторых продуктов питания. Например, швейцарский сыр содержит около 1% пропионовой кислоты, вырабатываемой специальными микроорганизмами при его созревании. Такой концентрации пропионовой кислоты хватило бы, чтобы законсервировать зерно влажностью 26% на целый год [17].

Пропионовая кислота [$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$)] – молекулярный вес 74,08. Желтоватая жидкость с резким запахом, напоминающим уксусную кислоту. Малотоксична, в небольших дозах необходима для организма человека. Является естественным метаболитом в организме животного. По сравнению с другими ЛЖК значительно активнее подавляет развитие плесени. Антигрибковое действие явно проявляется при дозе внесения 0,3-0,5% пропионовой кислоты от массы зерна.

Муравьиная кислота техническая [$\text{HCOOH (CH}_2\text{O}_2\text{)}$] – метановая кислота, молекулярный вес 46,03. Содержит 98 % основного вещества, 1,5% воды, около 0,0006% железа, около 0,05% толуола и примерно 1% уксусной кислоты. Обладает резким запахом, бактерицидным и особенно фунгицидным действием, широко распространена в природе, образуется и усваивается в преджелудках жвачных животных. Консервирующий эффект слабее, чем у пропионовой кислоты.

Уксусная кислота [$\text{CH}_3\text{COOH (CH}_4\text{O}_2\text{)}$] – молекулярный вес 60,05. Консервирующее действие слабее муравьиной на 5-10%. Является естественным метаболитом в организме жвачных животных. В рубце коровы в сутки образуется до 1,7 кг и более. Обладает резким запахом.

Концентрат низкомолекулярных кислот (КНМК) – продукт, получаемый методом азеотропной ректификации сточных вод производства жирозаменителей. В состав входят (по разным источникам) муравьиная кислота – 27-35%, уксусная – 25-35, пропионовая – 5-20, масляная – 2-8, вода – 4-35%.

Препарат Luprosil – содержит 99,5% пропионовой кислоты.

Консервант AIV-3+ – содержит муравьиную кислоту (62%), формиат аммония (24%), воду (14%). Используется для консервирования плющеного зерна. Высокое содержание формиата аммония, с одной стороны, обеспечивает низкую коррозионность, значительно снижает опасность ожогов при попадании на кожу и уменьшает летучесть, а с другой – обеспечивает высокую эффективность при применении.

Консервант AIV-2000 – в состав входят муравьиная кислота (55%), пропионовая кислота (5%), формиат аммония (24%), эфиры бензойной кислоты (1%), бензойная кислота (1%), вода (14%).

Аммофор – содержит муравьиную кислоту (60-67%), формиат аммония (4-8%), антикоррозионные присадки и воду. Чаще используется для консервирования сенажа и силосов.

Промир – эффективный консервант для высоковлажного зерна. Содержит муравьиную кислоту (43-48%) и пропионовую (18-23%), формиат аммония (4-8%), антикоррозионные присадки и воду.

Нормы внесения химических консервантов в фуражное зерно зависят от его исходной влажности и длительности хранения (табл. 6).

**6. Нормы внесения некоторых консервантов в цельное зерно
всех видов, л/т [18]**

Консервант	Концентрация, %	Период хранения, месяцы	Влажность зерна, %				
			20	25	30	35	40
Пропионовая кислота	100	6	5,5	8,0	11,5	14,5	18,0
		12	7,5	10,0	13,0	16,5	20,5
Уксусная кислота	100	6	7,5	10,5	13,5	16,5	20,5
		12	10,0	12,5	16,0	19,0	23,0
Муравьиная кислота	100	6	10,5	13,0	15,5	18,0	21,0
		12	13,0	15,0	18,0	20,5	23,5
КНМК	70	6	12,0	15,5	19,0	22,5	26,0
		12	14,5	18,0	21,5	25,0	28,5

Препарат Luprosil выпускает компания «BASF» (Германия), обеспечивает консервацию и низкий уровень микроорганизмов в фуражном зерне (табл. 7), что снижает нагрузку на иммунную систему животных и благотворно действует на работу органов пищеварения. Благодаря этому стимулируется потребление и усвояемость кормов животными [17].

**7. Развитие микроорганизмов в озимой пшенице, подвергшейся
консервации раствором препарата Luprosil**

Срок хранения после консервации, месяцы	Количество микроорганизмов на 1 г озимой пшеницы (влажность 17%), обработанной после уборки урожая раствором препарата Luprosil в концентрации 0,65%		
	плесневые грибки	дрожжевые грибки	бактерии
0	27000	5000	36 млн
1	<15	<15	670000
6	0	0	6100
12	0	0	500

МАТТИАС 1998 г. Сельскохозяйственный центр «Хаус Дюссе».

Для консервации фуражного зерна, зерновой кукурузы и бобовых, используемых для кормления сельскохозяйственных животных, помимо Luprosil применяются препараты Lupro-Grain и Luprosil NC, которые являются высококалорийной субстанцией (1 кг пропионовой кислоты по энергетической ценности примерно соответствует энергетической ценности 2 кг ячменя) (табл. 8) [17].

8. Энергетическая ценность препаратов Luprosil

Виды животных	Luprosil	Lupro-Crain	Luprosil NC	Яч-мень
Молочные коровы (МДж NEL/кг)	14,6	14,1	9,7	7,2
Свиньи (МДж МЕ/кг)	20,7	20,0	13,8	12,4
Птица (МДж АМЕ/кг)	20,7	20,0	13,8	11,2
Мясные породы крупного рогатого скота (МДж МЕ/кг)	18,2	17,6	12,1	11,3

Примечания:

1. NEL – истинная энергетическая ценность.
2. МЕ – обменная энергия.
3. АМЕ – полная обменная энергия.

Расход продуктов Luprosil, Luprosil NC и Lupro-Grain при консервации любых видов цельного влажного зерна, включая кукурузу, приведен в табл. 9-11, а расход Luprosil и Lupro-Grain при консервации влажного измельченного зерна – в табл. 12,13 [18].

9. Концентрация препарата Luprosil при различных сроках хранения целого зерна различной влажности

Исходная влажность зерна, %	Концентрация Luprosil, %			
	при сроке хранения зерна, месяцы			
	1	1-3	3-6	6-12
До 16	0,35	0,45	0,50	0,55
16-18	0,40	0,50	0,55	0,65
18-20	0,45	0,55	0,65	0,75
20-22	0,50	0,65	0,75	0,85
22-24	0,55	0,70	0,85	0,95
24-26	0,60	0,80	0,95	1,05
26-28	0,70	0,90	1,05	1,15
28-30	0,80	1,00	1,15	1,30
30-32	0,90	1,10	1,25	1,45
32-34	1,00	1,20	1,35	1,60
34-36	1,10	1,30	1,50	1,75
36-38	1,25	1,45	1,65	1,90
38-40	1,40	1,60	1,80	2,05
40-42	1,55	1,75	1,95	2,20
42-44	1,70	1,90	2,10	2,35
44-46	1,85	2,05	2,25	2,55
46-48	2,00	2,20	2,40	2,75
48-50	2,15	2,35	2,60	2,95

10. Концентрация препарата Luprosil NC при различных сроках хранения целого зерна различной влажности

Исходная влажность зерна, %	Концентрация Luprosil NC,%			
	при сроке хранения зерна, месяцы			
	1	1-3	3-6	6-12
До 16	0,70	0,90	1,00	1,10
16-18	0,80	1,00	1,10	1,30
18-20	0,90	1,10	1,30	1,40
20-22	1,00	-	-	-

11. Концентрация препарата Lupro-Grain при различных сроках хранения целого зерна различной влажности

Исходная влажность зерна, %	Концентрация Lupro-Grain, %			
	при сроке хранения зерна, месяцы			
	1	1-3	3-6	6-12
До 16	0,40	0,50	0,60	0,65
16-18	0,50	0,60	0,65	0,80
18-20	0,55	0,65	0,75	0,90
20-22	0,60	0,80	0,90	1,00
22-24	0,75	0,95	1,05	1,15
24-26	0,90	1,10	1,20	1,30
26-28	1,05	1,25	1,35	1,45
28-30	1,20	1,40	1,50	1,60
30-32	1,35	1,55	1,65	1,75
32-34	1,50	1,70	1,80	1,90
34-36	1,65	1,85	1,95	2,10
36-38	1,80	2,00	2,10	2,25
38-40	1,95	2,15	2,25	2,40

12. Концентрация препарата Luprosil при различных сроках хранения дробленого и молотого зерна различной влажности

Исходная влажность зерна, %	Срок хранения, месяцы		
	1	1-3	6-12
1	2	3	4
До 16	0,40	0,50	0,70
16-18	0,50	0,60	0,85
18-20	0,60	0,70	1,00
20-22	0,70	0,80	1,15
22-24	0,80	0,90	1,25
24-26	1,00	1,10	1,35
26-28	1,15	1,25	1,50

Продолжение табл. 12

1	2	3	4
28-30	1,30	1,40	1,65
30-32	1,45	1,55	1,80
32-34	1,60	1,70	1,95
34-36	1,75	1,95	2,10
36-38	1,90	2,10	2,25
38-40	2,10	2,25	2,30

13. Концентрация препарата Lupro-Grain при различных сроках хранения дробленого и молотого зерна различной влажности

Исходная влажность зерна, %	Срок хранения, месяцы		
	1	1-3	6-12
До 16	0,45	0,60	0,80
16-18	0,50	0,70	0,95
18-20	0,60	0,85	1,10
20-22	0,70	1,00	1,25
22-24	0,85	1,15	1,40
24-26	1,05	1,30	1,55
26-28	1,20	1,45	1,70

В России применяются и другие импортные консерванты (табл. 14). В основном это смеси на основе муравьиной кислоты: AIV, Ammofor и Promyr с добавлением формиата аммония и пропионовой кислоты (до 20%). Поставка осуществляется в канистрах по 36 кг, бочках – по 240 кг и автоцистернах [18].

14. Химические консерванты для влажного и плющеного зерна

Химический консервант	Фирма-производитель	Ориентировочная норма внесения, л/т*	Примечание
AIV-3 Plus	Kemira	4-6	При внесении разбавляется водой из соотношения 1:10
AIV-2000	Kemira	3-5	
Ammofor	Perstorp	4-5	
Promyr	Perstorp	3-4	
Биотроф-600	Биотроф	0,3-0,5	
Химический Биотроф	Биотроф	4-7	

*Норма условная, требуемая, устанавливается в каждом случае индивидуально в зависимости от способа закладки фуражного зерна, условий и длительности хранения и др.

В качестве консервирующих препаратов для влажного зерна могут применяться и другие химические соединения, отвечающие следующим требованиям: хорошая растворимость в воде, отсутствие щелочной реакции, нетоксичность для животных и обслуживающего персонала, способность быстро прекращать ферментные и микробные процессы в консервируемых кормах, способность хорошо сохранять (повышать) питательные качества кормов, дешевизна, удобство в использовании.

Однако необходимо иметь в виду, что бактериальные препараты, «сжигая» сахара, содержащиеся в зерне, до молочной кислоты подкисляют консервируемую массу за достаточно продолжительный промежуток времени, в течение которого происходят существенные потери питательных веществ. Именно этим объясняется тот факт, что в европейских странах с развитым животноводством для консервирования зерна применяются исключительно химические консерванты, а для силосования трав как химические, так и биологические.

Преимущества технологии консервирования зерна:

- уборка начинается в стадии молочно-восковой спелости зерна при влажности 35-40%, когда питательная ценность зерновых наивысшая, поэтому с 1 га площади заготавливают на 10% больше питательных веществ;
- урожай убирается на две-три недели раньше обычных сроков, что важно для регионов с неустойчивым климатом;
- не требуется сушка зерна;
- химические консерванты способны снизить pH зерна до 4,0-4,2 в считанные минуты, таким образом, свести к минимуму потери питательных веществ, в том числе сахаров;
- возможность выращивания более поздних и урожайных сортов;
- уменьшение потерь зерна от осыпания и птиц;
- погодные условия не оказывают решающего значения при уборке зерновых культур;
- снижение затрат труда;

- неравномерное созревание зерна не затрудняет его обработку;
- технология позволяет эффективно консервировать все виды зерновых и бобовых культур, кукурузы.

Внедрение технологии химического консервирования плющеного фуражного зерна ячменя в передовых хозяйствах зарекомендовало себя положительно, так как:

- при создании анаэробных условий зернофураж сохраняет питательные свойства в течение девяти месяцев стойлового периода;
- кормовое достоинство плющеного зерна по важнейшим питательным веществам – на 4-9% выше по сравнению с размолотым ячменем;
- в результате опытов выявлено, что в рационах сухостойных и дойных коров продуктивностью 5500-7500 кг молока за лактацию можно включать 20-50% плющеного зерна от потребности в концентратах без снижения перевариваемости питательных веществ;
- применение плющеного консервированного зерна оказывает положительное влияние на уровень продуктивности, качество молока, здоровье и воспроизводство коров;
- технология эффективна, так как позволяет скармливать более дешевый зернофураж вследствие исключения затрат на сушку корма.

Экономическая эффективность ресурсосберегающих технологий химического консервирования влажного фуражного зерна и его плющения обоснована рядом исследований. Так, расчеты показывают, что экономическая выгода консервации зерна кислотными продуктами заключается в значительном снижении постоянных издержек (табл. 15). Разница между размером переменных издержек сокращается при растущих ценах на энергоносители и свидетельствует в пользу консервации зерна кислотными продуктами. Это становится наиболее очевидным при анализе затрат на консервацию и сушку кормов с большим содержанием влаги, например зерновой кукурузы. При сушке кукурузы требуемые затраты энергии резко возрастают с увеличением ее влажности, значительно повышая расходы на подготовку кукурузы к хранению [17].

15. Экономическая эффективность химического консервирования влажного зерна по сравнению с сушкой

Годовое потребление – 100 т собственного фуражного зерна (остаточная влажность зерна 20%, высушивание до влажности 14% или консервация влажного зерна химическими препаратами, срок хранения 12 месяцев)									
Способ консервации		Периодическая сушка		Конвейерная сушка		Luprosil		Lupro-Grain	
Производительность оборудования		1 т/ч		1 т/ч		10 т/ч		10 т/ч	
Общие постоянные издержки*		-	14,88 €/т	-	25,87 €/т	-	6,34 €/т	-	6,34 €/т
Переменные издержки	Мазут 0,55(€/л)	7,5 л/т	4,13€/т	7,5 л/т	4,13€/т	-	-	-	-
	Электроэнергия 0,14 (€/кВт·ч)	6,5 кВт·ч/т	0,91 €/т	6,5 кВт·ч/т	0,91 €/т	1,5 кВт·ч/т	0,21 €/т	1,5 кВт·ч/т	0,21 €/т
	Luprosil 1,2 (€/кг)	-	-	-	-	10 л/т	10,2 €/т	-	-
	Lupro-Grain 1,25 (€/кг)	-	-	-	-	-	-	10 л/т	12,5 €/т
	Трудовые затраты 12,5 (€/чел.-ч)	0,2 чел.-ч	2,5 €/т	0,2 чел.-ч	2,5 €/т	0,1 чел.-ч/т	1,25 €/т	0,1 чел.-ч/т	1,25 €/т
	Итого	-	7,54 €/т	-	7,54 €/т	-	11,66€/т	-	13,96 €/т
Общие издержки		22,42 €/т		33,41 €/т		18 €/т		20,3 €/т	

Годовое потребление – 400 т собственного фуражного зерна (остаточная влажность зерна 20%, высушивание до влажности 14% или консервация влажного зерна химическими препаратами, срок хранения 12 месяцев)									
Способ консервации		Периодическая сушка		Конвейерная сушка		Luprosil		Lupro-Grain	
Производительность оборудования		1 т/ч		1 т/ч		10 т/ч		10 т/ч	
Общие постоянные из- держки*			6,7 €/т		8,59 €/т		1,59 €/т		1,59 €/т
Перемен- ные из- держки	Мазут 0,55(€/л)	7,5 л/т	4,13€/т	7,5 л/т	4,13€/т				
	Электроэнер- гия 0,14 (€/кВт·ч)	6,5 кВт·ч/т	0,91 €/т	6,5 кВт·ч/т	0,91 €/т	1,5 кВт·ч/т	0,21 €/т	1,5 кВт·ч/т	0,21 €/т
	Luprosil 1,2 (€/кг)					8,50 л/т	10,2 €/т		
	Lupro-Grain 1,25 (€/кг)							10 л/т	12,5 €/т
	Трудовые затраты 12,5 (€/чел.-ч)	0,2 чел.-ч	2,5 €/т	0,2 чел.-ч	2,5 €/т	0,1 чел.-ч/т	1,25 €/т	0,1 чел.-ч/т	1,25 €/т
	Итого		7,54 €/т		7,54 €/т		11,66€/т		13,96 €/т
Общие издержки		14,24 €/т		16,13 €/т		13,25 €/т		15,55 €/т	

*Постоянные издержки – сушка зерна: ежегодная амортизация оборудования – 8,3%, процентная ставка – 4%, ремонт – 2%, страховка – 1% из расчета затрат на приобретение оборудования.

Консервация зерна химическими препаратами: ежегодная амортизация оборудования – 8,3%, процентная ставка – 4%, ремонт – 2%, страховка – 1% из расчета затрат на приобретение оборудования и препаратов.

3. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛЮЩЕНИЯ И ХИМИЧЕСКОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ ВЛАЖНОГО ЗЕРНА

Анализ способов консервации влажного фуражного зерна показал, что наиболее экономически эффективным способом является химическое консервирование, которому подвергают как целое, так и измельченное фуражное зерно.

Наибольшее распространение на практике получило химическое консервирование измельченного зерна. В этом случае технологический процесс консервирования кормового зерна включает в себя следующие технологические операции: уборка фуражного зерна → транспортировка → измельчение → внесение консерванта и смешивание → закладка на хранение (рис. 4).

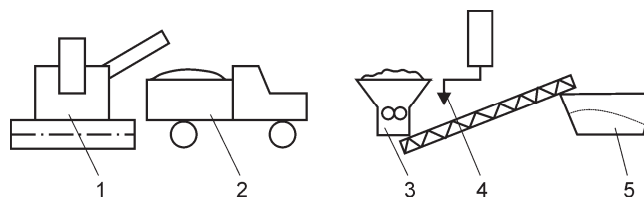


Рис. 4. Схема технологического процесса плющения и химического консервирования влажного фуражного зерна: 1 – обмолот зерновой массы; 2 – транспортировка вороха; 3 – плющение зерна; 4 – внесение консерванта и смешивание; 5 – закладка на хранение

Измельчение влажного фуражного зерна осуществляется путем его плющения – наиболее рациональным способом переработки влажного зерна для скармливания, при котором обеспечивается высокое качество корма. Применение молотковых дробилок для измельчения влажного зерна неэффективно, так как в ходе измельчения происходит залипание решет, процесс идет нестабильно. При этом затраты энергии возрастают до 20-25 кВт·ч/т при влажности зерна 28-30%, а производительность дробилок снижается на 30-50% [18].

Кроме того, плющенное зерно благоприятно влияет на процесс пищеварения жвачных животных. Согласно исследованиям финских ученых скармливание зерна, приготовленного по новой технологии, обеспечивает более высокие (на 10-11%) надои молока,

чем при кормлении обычным дробленным зерном, и увеличение выхода жира (на 5%).

При использовании мелкоизмельченного зерна у жвачных животных нарушаются процессы более полного использования его питательных веществ, в частности, перевод, биологически неполноценного белка в более биологически полноценный, преобразование углеводов в летучие жирные кислоты и др. Только при плющении зерна получается корм, наиболее соответствующий биохимическим процессам, происходящим в рубце жвачного животного. Малоценный белок зерна в этом случае легко переходит в биологически полноценный белок микроорганизмов, которые являются кормом для животного. Микроорганизмы рубца, используемые организмом животного, можно приравнять к кормам животного происхождения, богатым незаменимыми аминокислотами и водорастворимыми витаминами. По данным французских ученых, в день микроорганизмы рубца коровы способны синтезировать до 2,5-3,5 кг аминокислот. Таким образом, наиболее оптимальными частицами, благотворно влияющими на процессы рубцового пищеварения, являются частицы плющеного зерна.

С внедрением в практику подготовки зерна плющением представляется возможным перерабатывать его при вязкопластическом состоянии, что соответствует свойствам влажного, а также неокончательно дозревшего зерна.

Усилие и работа, необходимые для расплющивания зерна в состоянии вязкопластического тела, зависят от его влажности. Проведенные эксперименты с гладкими плющильными поверхностями показали, что с увеличением влажности ячменя с 17 до 35% удельное усилие деформации снижается в 2,6 раза. С увеличением влажности до 35% и более изменение усилия деформации зерна незначительно. У зерна влажностью близкой к кондиционной (14%) энергоемкость плющения различных культур (рис. 5) значительно отличается друг от друга. У более влажного зерна внутренние связи частиц ослабляются, текучесть массы возрастает, что приводит к быстрому разрыву при плющении зерновой оболочки и разрушению эндосперма. Это является причиной снижения энергоемкости при плющении всех исследуемых культур. Независимо от характера кривых энергоемкости, соответствующих различным культурам, при высокой влажности (32-36%) они близки по значению, что дает

возможность получить требуемое качество плющения зерновых смесей [18].

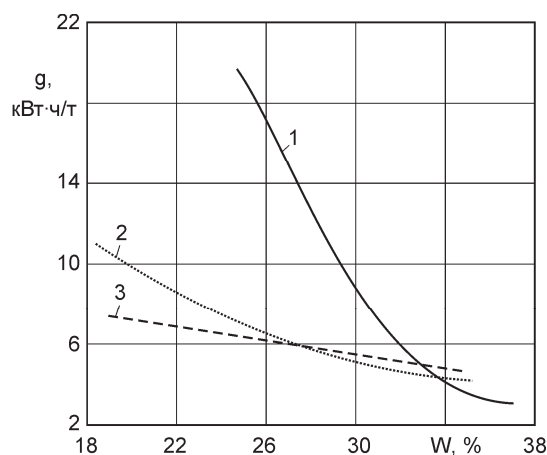


Рис. 5. Влияние влажности зерна на энергоёмкость плющения:
1 – кукурузы; 2 – гороха; 3 – пшеницы

Энергоёмкость одностадийного плющения гладкими вальцами составляет до 8 кВт·ч/т при влажности зерна 20-30%. Более эффективны рифлёные вальцы, обеспечивающие повышение производительности, снижение энергоёмкости и металлоёмкости плющилки в 1,3-2 раза.

Конструкция плющилок для обработки влажного фуражного зерна проста (рис. 6). При загрузке мобильными погрузчиками приёмный бункер может быть оборудован надставными бортами (изготовление надставных бортов в условиях хозяйства не представляет сложности). В бункере имеется решётка для обеспечения безопасности работы и исключения попадания инородных предметов и солоmistых примесей.

Для плющения влажного зерна сельхозпредприятия нашей страны широко используют вальцовые плющилки серии «Murska», выпускаемые финской фирмой «Aimo Kortteen Konepaja Oy» (табл. 16). Плющилки можно устанавливать на навеску трактора с приводом от ВОМ, а также использовать как стационарные с приводом от электродвигателя. Конструкция плющилок предусматривает бесступенчатое регулирование вальцов для плавного изменения зазора между ними.

Имеется домкрат для аварийного разжатия валцов при попадании постороннего тела в зазор между валцами [19].

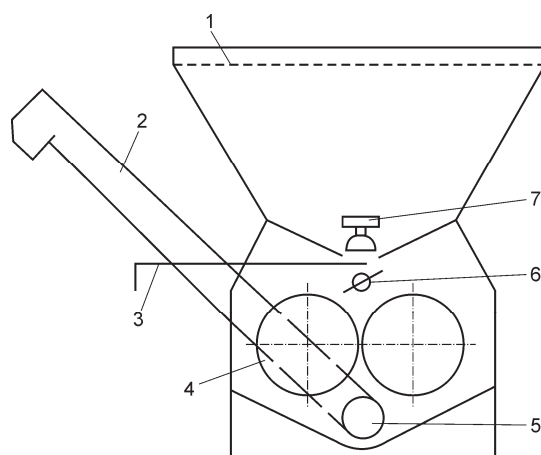


Рис. 6. Конструктивная схема плющилки: 1 – решетка приемного бункера; 2 – выгрузной элеватор; 3 – заслонка; 4 – валцы; 5 – донный шнек; 6 – подающий ротор; 7 – магнитная защита

16. Техническая характеристика плющилок серии «Murska» (данные производителя)

Показатели	«Murska» 350 S2	«Murska» 700 S2	«Murska» 1000 S2	«Murska» 1400 S2x2	«Murska» 2000 S2
Производительность, т /ч	До 5	До 10	До 20	До 30	До 40
Потребляемая мощность при работе, кВт:					
от ВОМ трактора	15-30	20-50	30-65	75	95
электродвигателя	15	30	-	-	-
Вместимость приемного бункера, л	190	270	370	1300	1500
Высота подъема элевато- ра, мм	3300	3300	3300	3300	3300
Габаритные размеры, мм	1200х х1100х х1020	1450х х1150х х1040	1450х х1150х х1150	2350х х2300х х1700	2600х х2350х х1700
Масса, кг	320	550	700	1700	2200

Продолжение табл. 16

Показатели	«Murska» 350 S2	«Murska» 700 S2	«Murska» 1000 S2	«Murska» 1400 S2x2	«Murska» 2000 S2
<i>Параметры вальцов</i>					
Число	2	2	2	4	4
Длина, мм	350	700	1000	1400	2000
Диаметр, мм	300	300	300	300	300

С 2001 г. Лужская сельхозтехника производит плющилки ПЗ-10, которые являются аналогом плющилки «Murska 700 S».

Специалистами ГНУ ЗНИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого изучена целесообразность применения двухступенчатого плющения вместо одноступенчатого. Экспериментальные исследования проводились на зерне влажностью 16%, которая поддерживалась постоянной.

По результатам экспериментальных исследований построены графические зависимости изменения энергоемкости \mathcal{E} (рис. 7а) и удельных энергозатрат q (рис. 7б) от входного межвальцового зазора первой ступени для одно- и двухступенчатого плющения [20].

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что при увеличении степени плющения для двухступенчатого плющения (т.е. уменьшения межвальцового зазора второй ступени) удельные энергозатраты снижаются.

На рис. 7 а, б показаны зоны 1 (для одноступенчатого плющения) и 2 (для двухступенчатого плющения), которые определяют пределы использования готового продукта, отвечающего зоотребованиям, от выходного межвальцового зазора. Анализ этих зон доказывает, что использование двухступенчатого плющения по сравнению с одноступенчатым позволяет снизить энергоемкость и удельные энергозатраты минимум в 10 раз (разница площадей зон 1, 2).

На основании полученных оптимальных конструктивно-технологических параметров и режимов работы в ГНУ ЗНИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого изготовлен опытный образец технического средства для двухстадийного плющения зерна с одновременным внесением консервантов ПЗД-3 (рис. 8) [18].

ПЗД-3 по сравнению с одностадийными установками позволяет плющить зерно вальцами с гладкой рабочей поверхностью с боль-

шей пропускной способностью, меньшей энергоемкостью рабочего процесса и выходом хлопьев, отвечающих зоотребованиям.

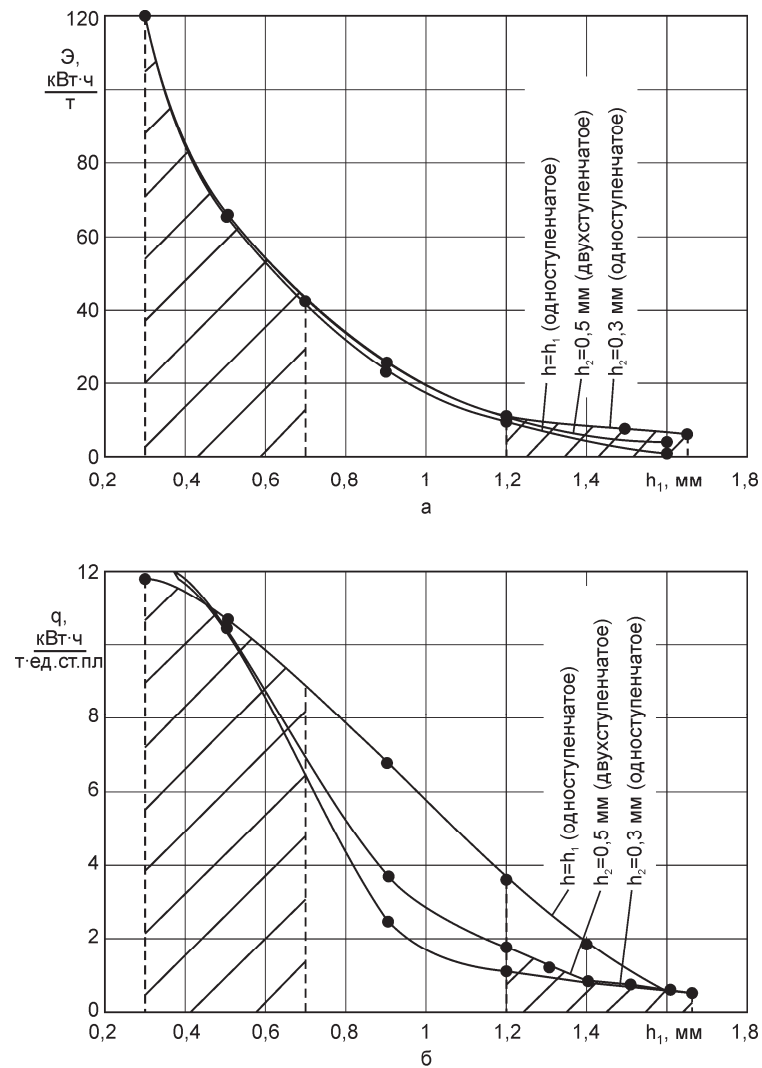


Рис. 7. Зависимости изменения энергоемкости \mathcal{E} (а) и удельных энергозатрат q (б) от входного межсальцового зазора h_1 первой ступени

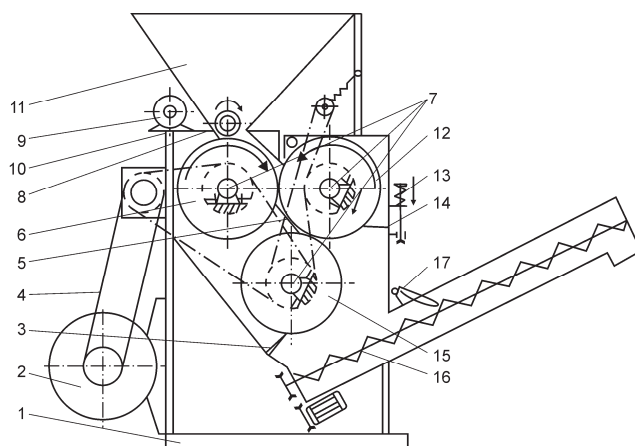


Рис. 8. Конструктивно-технологическая схема технического средства для двухстадийного плющения зерна: 1 – рама; 2, 9 – электродвигатели; 3, 5, 14 – очищающие ножи; 4 – ременная передача; 6 – основной валец; 7 – регулируемые опоры; 8 – питающее устройство (дозатор); 10 – цепная передача; 11 – питательный бункер; 12 – боковой валец; 13 – защитное устройство; 15 – нижний валец; 16 – выгрузный шнековый транспортер; 17 – форсунка

Для внесения консерванта в измельченный материал в шнек установлена форсунка (17). Оборудование для подачи консерванта размещается на отдельной платформе.

Техническая характеристика опытного образца двухступенчатой плющилки зерна

Установленная мощность, кВт	17,75
Пропускная способность дробилки	3,8 т/ч
Энергоемкость, кВт·ч/т	3-5,5
Удельные энергозатраты кВт·ч/(т·ед. ст. пл.)	$q = 2,3-3,1$
Сход с сита ø 2,5 мм, %	не более 0,4
Диаметр вальцов, мм	$D = 275$
Окружная скорость вальцов, м/с	$v = 5,6-6,3$
Длина рабочей поверхности вальцов, мм	400
Межвальцовый зазор, мм:	
первой ступени	1,8
второй	0,7
Масса, кг	550

В ходе ведомственных испытаний в с. Фатеево а/ф «Двуречье» Кирово-Чепецкого района на зерне озимой ржи влажностью 14-16% пропускная способность составила $Q = 3,6$ т/ч, энергоемкость $\mathcal{E} = 3,1$ кВт·ч/т, при влажности 20-30% $Q = 3,8$ т/ч и $\mathcal{E} = 3$ кВт·ч/т.

Для сравнения: при влажности 14-16 % пропускная способность при плющении ячменя $Q = 3,4$ т/ч, энергоемкость $\mathcal{E} = 4,4$ кВт·ч/т, а при плющении овса $Q = 2,5$ т/ч, $\mathcal{E} = 3,6$ кВт·ч/т. Энергоемкость процесса плющения ячменя выше, чем у ржи и овса из-за более высокой твердости данного зернового материала, а низкая пропускная способность на овсе объясняется тем, что овес является пленчатой культурой и при плющении ухудшаются условия захвата зерна вальцами.

Были выполнены расчеты для определения экономической эффективности использования установки для двухстадийного плющения зерна различных культур с одновременным внесением консервантов ПЗД-3 по сравнению с плющилкой для одностадийного плющения зерна различных культур «Murska-350S». Исходные данные и расчет технико-экономической эффективности приведены в табл. 17, 18. Годовая нагрузка в хозяйстве на технические средства для плющения зерна ПЗД-3 и «Murska-350S» составляет 1000 т. Проект оптовой цены базовой машины и нового технического средства приняты исходя из реальной стоимости на начало 2005 г.

17. Исходные данные для расчета технико-экономической эффективности применения технического средства для двухстадийного плющения зерна с одновременным внесением консервантов ПЗД-3

Показатели	Обозначение	Базовый вариант (Б)	Новый вариант (Н)
Оптовая цена, руб.	C_o	350000	140000
Коэффициент перевода оптовой цены в балансовую, учитывающий затраты на поставку, сборку и регулировку машин	m	1,2	1,2
Годовая нормативная нагрузка, ч	T	200	260
Пропускная способность, т/ч	W	5	3,8
Обслуживающий персонал	L	1	1
Часовая тарифная ставка механика технологической линии, руб/ч	$Ч_m$	15	15

Продолжение табл. 17

Показатели	Обозначение	Базовый вариант (Б)	Новый вариант (Н)
Затраты на хранение, руб/ч	Z_x	0,15	0,15
Установленная мощность, кВт	N	30	17,75
Стоимость электроэнергии, руб/(кВт·ч)	C_e	0,8	0,8
Норма амортизационных отчислений, %	a	16,7	16,7
Норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание, %	K_p	1,8	1,8
Коэффициент использования эксплуатационного времени	K_s	0,95	0,95

Годовой экономический эффект от применения технического средства для двухстадийного плющения зерна с одновременным внесением консервантов ПЗД-3 составит:

$$\mathcal{E}_r = [(IB + E \cdot KB) - (IH + E \cdot KH)] \cdot W \cdot T \cdot K \mathcal{E} = [(90,03 + 0,15 \cdot 442,1) - (41,24 + 0,15 \cdot 179,0)] \cdot 3,8 \cdot 260 \cdot 0,95 = 82840 \text{ руб.}$$

Эффективность применения консервантов зависит от равномерности их внесения (степень равномерности не менее 95%) и соблюдения основных технологических приемов при закладке зерна на хранение. Равномерному внесению консерванта в плющенное зерно способствует использование различных насосов-дозаторов, обеспечивающих точность дозирования и качественное распыление препарата. Как правило, форсунки насосов располагают в основании выгрузного шнека вальцовой мельницы, что обеспечивает дополнительное перемешивание зерна с консервантом по мере его выгрузки.

Основные требования к выполнению технологических операций внесения и смешивания консерванта с зерном: точное дозирование консерванта; равномерный поток зерна в плющилке, тщательное перемешивание консерванта с зерном.

Необходимость высокой равномерности распределения консерванта обусловлена тем, что необработанное зерно не только плесневеет само, но и становится причиной порчи соседнего обработанного зерна.

**18. Расчет технико-экономической эффективности применения технического средства
для двухстадийного плющения зерна с одновременным внесением консервантов ПЗД-3**

Показатели	Формула для расчета	Базовый вариант		Новый вариант	
		числовое выражение формулы	числовое значение	числовое выражение формулы	числовое значение
Балансовая цена, руб.	$B = Ц_0 \cdot m$	3500001,2	420000	140000·1,2	168000
Удельные затраты на заработную плату, руб/т	$З = \sum (Ч \cdot Л) / W \cdot K_э$	15·1/5·0,95	3,16	15·1/3,8·0,95	4,16
Амортизационные отчисления, руб/т	$A = B \cdot a / W \cdot T \cdot 100 \cdot K_э$	420000·16,7/ 5·200·100·0,95	73,83	168000·16,7/ 3,8·260·100·0,95	29,89
Удельные затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/т	$P = B \cdot K_p / W \cdot T \cdot 100 \cdot K_э$	420000·1,8/ 5·200·100·0,95	7,96	168000·1,8/ 3,8·260·100·0,95	3,22
Удельные затраты на электроэнергию, руб/т	$Э = N \cdot C_э / W \cdot K_э$	30·0,8 / 5·0,95	5,05	17,75·0,8/3,8·0,95	3,93
Удельные затраты на хранение, руб/т	$X = 3x / W \cdot K_э$	0,15/5,0·0,95	0,03	0,15/3,8·0,95	0,04
Удельные капиталовложения, руб/т	$K = B / W \cdot T \cdot K_э$	420000/5·200·0,95	442,1	168000/ 3,8·260·0,95	179,0
Удельные эксплуатационные затраты, руб/т	$И_э = З + A + P + Э + X$	3,16 + 73,83 + +7,96 +5,05+ +0,03	90,03	4,16 + 29,89 + 3,22 + + 3,93+ 0,04	41,24

Ручное внесение консерванта лейкой или аналогичными приспособлениями не обеспечивает равномерного его распределения в зерновой массе, поэтому применять его нецелесообразно и небезопасно.

В СЗ НИИМЭСХ для внесения консервантов разработан и выпускается насос-дозатор (рис. 9), опытные образцы которого прошли испытания на Северо-Западной МИС и широкую производственную проверку в сельскохозяйственных организациях России и Беларуси [21].

Конструкция насоса дает возможность работы с любыми маловязкими технологическими жидкостями, включая жидкости на основе органических кислот. Установка дозы внесения осуществляется сменными дроссельными шайбами в распылительной форсунке или дозатором.

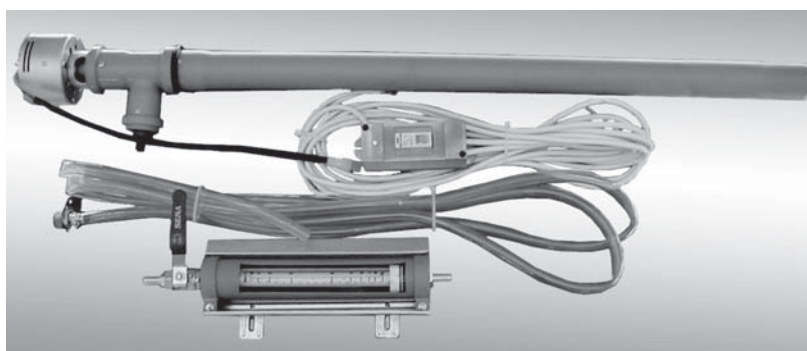


Рис. 9. Насос-дозатор внесения консервантов в плющенное зерно конструкции СЗ НИИМЭСХ

Форсунка внесения консерванта устанавливается над донным шнеком. Смешивание консерванта с зерном происходит в донном шнеке плющилки при перемещении зерна от валцов к выгрузному элеватору. В выгрузном элеваторе происходит дополнительное перемешивание.

Техническая характеристика

Производительность, л/мин	10-15
Номинальное давление, мПа	0,035
Номинальная мощность, Вт	110
Напряжение питания, В	12

В зависимости от развития инженерной инфраструктуры сельхозпредприятий, технической оснащенности и природно-климатических условий ГНУ СЗ НИИМЭСХ предлагает использовать четыре технологические схемы плющения и химического консервирования влажного фуражного зерна: производство кормов с плющением зерна и внесением консерванта в поле, производство кормов с плющением зерна и внесением консерванта в хранилище, плющение и консервирование зерна на стационарном пункте (открытой площадке), закладка плющеного и консервированного фуражного зерна в полиэтиленовый рукав [15, 22, 23, 24].

Технологическая схема производства кормов с плющением зерна и внесением консерванта в поле включает в себя следующие операции: уборка зерновых культур → загрузка плющилки в поле → плющение в поле → внесение консерванта и смешивание → транспортировка готового продукта → закладка на хранение (рис. 10).

Преимуществом данной схемы является сокращение числа погрузо-разгрузочных операций; к недостаткам можно отнести увеличение времени выгрузки зерна из бункера комбайна из-за малой вместимости бункера плющилки, испарение консерванта во время транспортировки корма к месту хранения. В данном случае возможно обслуживание не более двух-трех комбайнов одной плющилкой при сезонной нагрузке до 500 т.



Рис. 10. Производство кормов с плющением зерна и внесением консерванта в поле

Состав комплекса технических средств для реализации этой технологии производства плющеного и консервированного химическим способом влажного фуражного зерна и технико-эксплуатационные показатели работы машин и оборудования приведены в табл. 19.

19. Состав комплекса технических средств и технико-эксплуатационные показатели работы машин и оборудования

Операция	Комплекс машин	Производительность (эксплуатационная), т/ч	Расход топлива, л/т	Обслуживающий персонал
Уборка зерновых культур	СК-5М	2,5	5,3	1
	«Енисей-1200Н»	3,0	4,8	
	«SR-2065»	3,5	5,1	
	«Mega 350»	5,2	4,2	
	JD 1550 CWS	5,1	4,5	
Плющение зерна	MT3-80 + «Murska-350»	3	2,9	1
	MT3-80 + «Murska-700»	5,5	2,2	
	MT3-1221 + «Murska-1400»	11	1,5	
	MT3-80 + NC-2210	6	2,0	
Транспортировка корма	ГАЗ-3507 ЗиЛ-ММЗ-554 КамАЗ-55102			2
Трамбовка и укрытие	ДТ-75М		0,6-3,2	1+1-2

Технологическая схема производства кормов с плющением зерна и внесением консерванта в хранилище включает в себя следующие операции: уборка зерновых культур → транспортировка зернового вороха → плющение в хранилище → внесение консерванта и смешивание → уплотнение и закладка на хранение. Один из вариантов размещения технологического оборудования плющения и консервирования зерна в хранилище представлен на рис. 11 (ГПС «Мыслинский», Ленинградская область) [18].

К недостаткам такой технологической схемы следует отнести повышенную концентрацию паров консерванта в хранилище. Необходима постоянная вентиляция хранилища при закладке корма.

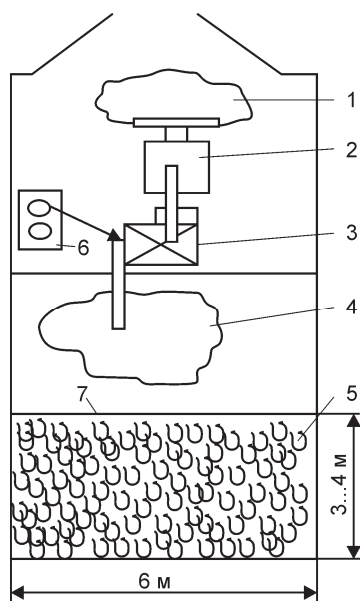


Рис. 11. Технологическая схема приготовления консервированного плющеного зерна в хранилище:

- 1 – зерновой ворох на площадке разгрузки;
 2 – оборудование для загрузки зерна; 3 – плющилка;
 4 – заполняемый зерном засек;
 5 – засек готового корма; 6 – емкости с консервантом;
 7 – временная перегородка*

Состав комплекса технических средств для реализации технологии производства плющеного и консервированного химическим способом влажного фуражного зерна в хранилище и технико-эксплуатационные показатели работы машин и оборудования приведены в табл. 20.

Технологическая схема производства кормов с плющением зерна и внесением консерванта на стационарном пункте включает в себя следующие операции: уборка зерновых культур → транспортировка зернового вороха → плющение на стационарном пункте → внесение консерванта и смешивание → транспортировка готового продукта к месту хранения → уплотнение и закладка на хранение (рис. 12).

20. Состав комплекса технических средств и технико-эксплуатационные показатели работы машин и оборудования для работы в хранилище

Операция	Комплекс машин	Производительность (эксплуатационная), т/ч	Расход топлива, л/т	Обслуживающий персонал
Уборка зерновых культур	СК-5М	3	4,87	1
	«Енисей-1200Н»	3,5	4,2	
	SR-2065	4	4,87	
	«Mega 350»	5,8	3,6	
	JD 1550 CWS	5,6	4,1	
Транспортировка зерна	ГАЗ-3507 ЗиЛ-ММЗ-554 КамАЗ-55102	-	-	1
Загрузка в плющилку	СК-2	8	4*	1
	ПС-10	5	7*	
	ОВС-25	10	7*	
Плющение зерна	ВМ-10	6	32*	1
	«Murska -350»	3,5	15*	
	«Murska -700»	6	30*	
Уплотнение и укрытие корма	Вручную	-	-	3-4

* Установленная мощность, кВт.



Рис. 12. Технологическая схема плющения и консервирования зерна на стационарном пункте (открытой площадке)

Данный вариант технологии плющения и консервирования влажного фуражного зерна обеспечивает высокую производительность технологической линии в стационарных условиях. Валовой

объем производства плющеного зерна по данной схеме составляет 1500-2000 т при использовании плющилки фактической производительностью 12-15 т/ч.

Состав комплекса технических средств для реализации технологии производства плющеного и консервированного химическим способом влажного фуражного зерна на стационарном пункте (открытой площадке) и технико-эксплуатационные показатели работы машин и оборудования приведены в табл. 21.

21. Состав комплекса технических средств и технико-эксплуатационные показатели работы машин и оборудования для работы на стационарном пункте

Операция	Комплекс машин	Производительность (эксплуатационная), т/ч	Расход топлива, л/т	Обслуживающий персонал
Уборка зерновых культур	СК-5М	3	4,87	1
	«Енисей-1200Н»	3,5	4,2	
	SR-2065	4	4,87	
	«Mega 350»	5,8	3,6	
	JD 1550 CWS	5,6	4,1	
Транспортировка зерна	ГАЗ-3507	-	-	1
	ЗиЛ-ММЗ-554			
	КамАЗ-55102			
Загрузка в плющилки	СК-2	8	4*	1
	ПС-10	5	7*	
	ОВС-25	10	7*	
	МТЗ-80+КУН-10	10	0,91*	
Плющение зерна	ВМ-10	7	32*	1
	«Murska -350»	4	15*	
	«Murska - 700»	7	30*	
	МТЗ 1221 + «Murska 1400»	15	1,3	
	NC – 1210	4,5	10*	
	NC – 2210	8	15*	
Транспортировка готового продукта	ГАЗ-3507	-	-	1
	ЗиЛ-ММЗ -554			
Трамбовка и укрытие	ДТ-75М	-	0,6-3,2	1+1-2

* Установленная мощность, кВт.

Технологическая схема с закладкой плющеного и консервированного фуражного зерна в полиэтиленовый рукав на открытой площадке включает в себя следующие операции: уборка зерновых культур → транспортировка зернового вороха → плющение на открытой площадке → внесение консерванта и смешивание → набивание готового продукта в полиэтиленовый рукав на открытой площадке (рис. 13).



Рис. 13. Технологическая схема плющения и консервирования фуражного зерна с закладкой готового продукта в полиэтиленовый рукав

Состав комплекса технических средств, для реализации технологической схемы плющения и консервирования фуражного зерна с закладкой готового продукта в полиэтиленовый рукав и технико-эксплуатационные показатели работы машин и оборудования приведены в табл. 22.

Для плющения, внесения консерванта, смешивания его с плющенным зерном и упаковки в полиэтиленовый рукав фирма «Aimo Kortteen Конерау Оу» выпускает плющилки «Murska» с установленным на них оборудованием для упаковки готового продукта (табл. 23).

Рукава, в которые упаковывается зерно, изготовлены из эластичной упругой пленки и имеют Ø1,5 и 2 м, длину – до 60 м, упаковывают в них – 110-180 т корма.

22. Состав комплекса технических средств и технико-эксплуатационные показатели работы машин и оборудования при закладке готового продукта в полиэтиленовый рукав

Операция	Комплекс машин	Производительность (эксплуатационная), т/ч	Расход топлива, л/т	Обслуживающий персонал
Уборка зерновых культур	СК-5М	3,0	4,87	1
	«Енисей-1200Н»	3,5	4,2	
	SR-2065	4,0	4,87	
	«Mega 350»	5,8	3,6	
	JD 1550 CWS	5,6	4,1	
Транспортировка зерна	ГАЗ-3507 ЗиЛ-ММЗ-554 КамАЗ-55102			1
Загрузка в плющилку	ТО-18	15	15	1
	К-700+погрузчик		20	
Плющение зерна и набивание рукава	МТЗ 1221+ «Murska 1400S2x2CB»	15	1,45	1

23. Техническая характеристика плющилок «Murska» с упаковочным выходом

Показатели	«Murska 700S2CB»	«Murska 1000HDCB»	«Murska 1400S2x2CB»	«Murska 2000S2x2CB»
Производительность, т/ч	До 10	До 20	До 30	До 40
Потребляемая мощность от ВОМ трактора, кВт	50-80	80-100	80-120	100-150
Габаритные размеры, мм	4350x2100x x3040	4350x2100x x3150	3500x2350x x1820	3500x2350x x1820

К достоинствам этой технологической схемы можно отнести низкие затраты труда и исключение контакта обслуживающего персонала с консервантом, значительное снижение расхода консерванта, высокое качество хранения готового продукта (практически полное отсутствие потерь из-за плесневения) за счет быстрого герметичного упаковывания корма: исходная влажность зерна не оказывает существенного влияния на хранение готового продукта, для размещения рукавов с кормом можно использовать любую ровную площадку.

4. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО ХИМИЧЕСКОМУ КОНСЕРВИРОВАНИЮ И ПОДГОТОВКЕ К СКАРМЛИВАНИЮ ВЛАЖНОГО ЦЕЛОГО ЗЕРНА

В приведенных ранее технологических схемах плющения и консервирования фуражного зерна не предусмотрена одна из важнейших технологических операций послеуборочной обработки – очистка зернового вороха. Зерновая масса подвергается обработке в том виде, в каком поступает от зерноуборочного комбайна. При низкой культуре производства зерна проблема засоренности зернового вороха выходит на первый план. В зерновой ворох попадают камни, почва, гайки, болты, куски сегментов, окалина и др. Особенно опасны металлические детали, которые могут привести к поломке валцов плющилки. Наряду с этим в зерновой ворох попадают части растений: кусочки соломы, стержни колоса, колосовые и цветочные чешуйки, поллова, мякина, семена сорных растений и др. Присутствующая в ворохе солома наматывается на питатель плющилки, мелкие семена сорняков попадают в готовый корм и могут сохранять всхожесть, пройдя даже через желудок животных, сорная примесь содержит семена растений, которые опасны для организма животных. Для получения высококачественного корма зерно должно отвечать требованиям, приведенным в табл. 24.

Сорные составляющие зернового вороха имеют более высокую влажность, чем зерно. Уже в процессе обмолота влажность зерна заметно повышается в результате соприкосновения с примесями. Дальнейшее повышение его влажности происходит при транспортировании и хранении вороха на току в ожидании обработки (табл. 25). Это обусловлено главным образом тем, что интенсивность дыхания сорной примеси во много раз выше, чем зерна (табл. 26).

24. Ограничительные показатели качества зерновых культур [25]

Показатели	Кукуруза, зерно	Овес	Ячмень	Просо	Пше- ница	Рожь	Горох	Вика	Сорго
Влажность, %	16	16	15,5	15	16	16	16	17	15
Содержание сорной примеси, %	5	5	8	8	5	5	5	5	5
В том числе:									
вредной	0,2	0,2	0,2	-	0,2	0,2	-	-	0,2
горчака и вязеля	0,1	0,04	0,1	-	0,1	0,1	-	-	0,04
спорыньи и головни	0,15	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	-	0,1
куколя	-	0,5	0,5	-	0,5	0,5	-	-	0,5
Содержание зерновой примеси, %	15	15	15	15	15	15	15	15	15

**25. Изменение влажности зерна в процессе уборки
и хранения на току [26]**

Культура	Влажность зерна, %		
	из колосьев	из бункера комбайна	из насыпи на току
Рожь	18,57	19,59	22,62
Пшеница	24,52	29,2	31,25

26. Интенсивность дыхания вороха и его составных частей [26]

Культура	Влажность зерна, %	Выделение CO ₂ за 24 ч на 100 г сухой массы, мг		
		ворох	зерно	сорные примеси
Рожь	28,35	194,55	103,57	433,94
Пшеница	22,93	32,57	13,91	341,74

Таким образом, сопоставляя ход процессов жизнедеятельности в немедленно очищенном зерне и взятом из вороха в бункере комбайна, очевидно, что у своевременно очищенного зерна предпосылки для обеспечения его длительного хранения намного выше, чем у неочищенного.

Вследствие более высокой интенсивности дыхания сорной примеси для ее химической консервации требуется более высокая доза препарата, чем для обработки чистого зерна. Поэтому вносимого в неочищенный ворох обычного количества консерванта (соответствующего влажности зерна и длительности его хранения) может не хватить для надежной консервации сорной примеси, и с течением времени она начинает портиться, приводя к порче весь объем зерновой массы. Кроме того, сорная примесь отрицательно влияет на равномерность распределения консерванта по всей массе зерна. В этом случае для надежной консервации засоренного зернового вороха вынуждены значительно увеличивать дозу вносимого препарата, что экономически неэффективно. Поэтому в условиях низкой культуры производства зерна, что повсеместно имеет место быть, очистка зернового вороха от сорной примеси является необходимой технологической операцией, обеспечивающей соответствие кормового зерна требуемым показателям качества и создающей хорошие предпосылки для его длительного хранения без потери питательности при экономном расходовании консерванта.

Наибольшее распространение получили технологии консервирования плющеного зернового вороха, по сравнению с которыми химическое консервирование целого фуражного зерна имеет ряд преимуществ:

- целое зерно предоставляет более широкие возможности для выбора технологии его дальнейшей переработки;
- требуются менее производительные, а соответственно и более дешевые плющилки, которые равномерно эксплуатируются в течение года (при консервации плющеного зерна для быстрой переработки всего объема зерновой массы в период заготовки требуются высокопроизводительные и дорогие плющилки, которые эксплуатируются короткий промежуток времени);
- хранение обработанного консервантом фуражного зерна может осуществляться насыпью в любых помещениях и др.

Консервирование целого зерна предоставляет возможность повышения его питательности за счет тепловой обработки, так как эффективность использования кормов в целом в значительной степени зависит от качества предварительной подготовки фуражного зерна. С момента поступления в организм животного и до всасывания питательные вещества, входящие в состав фуражного зерна, проходят длительную цепь преобразований от сложных до простых в результате механического воздействия, гидрирования, кислотной обработки и ферментативного расщепления. Основной частью сухого вещества фуражного зерна являются безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) (60-72%), основную долю которых составляет крахмал – один из главных источников энергии для организма животных. Однако молекулы зерен крахмала связаны между собой настолько прочно, что проникновение в их расположение молекул другого рода происходит с большим трудом. Плохая переваримость крахмала в его обычном состоянии приводит к значительному расходу физиологической энергии животного. Поэтому для повышения питательной ценности фуражного зерна применяют специальные способы обработки. При этом технологии обработки кормов основаны на способах направленного преобразования свойств питательных веществ исходя из знания биологических процессов, происходящих в организме животных. Основными факторами воздействия на зерно при его обработке являются вода, давление, температура, радиация и химические средства

как каждый в отдельности, так и в различных комбинациях [27].

Изменения свойств углеводов зерна, прежде всего крахмала, наблюдаются при различных видах тепловой обработки. Это связано в первую очередь с тем, что при влажности продукта выше 15% и температуре свыше 65°C происходит клейстеризация крахмала, его гранулы деградируют, образуется сплошная однородная масса высокой вязкости с четко выраженными клеящими свойствами, находящаяся в вязко-текучем состоянии. Такой крахмал легче расщепляется на простые углеводы, т.е. проявляет более высокую податливость действию амилолитических ферментов.

Кроме того, вследствие деструкции макромолекул крахмала происходит увеличение содержания декстринов (в зависимости от способа обработки их количество возрастает в 3-18 раз). Параллельно с изменением свойств углеводов наблюдается изменение белкового комплекса, в результате чего переваримость белков повышается.

Зерновое сырье нередко в значительной степени обсеменено микроорганизмами. Их интенсивное развитие приводит к порче продукта, потерям в массе сухого вещества, снижению его качества. Исследование зерна, пораженного некоторыми видами плесеней, показало возможность присутствия в нем токсичных для человека и животных продуктов метаболизма этих грибов. Микрофлора зерна в основном состоит из мезофилов, имеющих максимальную температуру выживания 45°C [28].

Таким образом, при различных технологиях тепловой обработки в результате сложных преобразований происходят повышение питательной ценности исходных компонентов комбикормов, их обеззараживание, что в конечном итоге значительно повышает и качество кормов.

Анализ результатов использования в рационах животных и птицы кормов, подвергнутых различным видам тепловой обработки, показал, что наиболее эффективной является микронизация (табл. 27).

**27. Эффективность использования кормов,
подвергнутых различным видам тепловой обработки**

Технология обработки	Виды животных	Рост при- весов, %	Снижение затрат кор- мов, %
Двойное гранулиро- вание	Телята	5-6	6-7,3
Экструдирование	Поросята-отъемыши	18,6	9,7
Экспандирование	Поросята	2,8-8,8	2,5-5,3
	Цыплята	4,7-6,2	3,5-4,9
Микронизация	Поросята-отъемыши	12,3-34,1	6,5 - 21,1
	Телята до 95 дней	10,8	6,0-7,2
Поджаривание	Поросята раннего отъема	0,1-1	0
Поджаривание с про- париванием	Поросята раннего отъема	7,5-11,3	8-10,3
Пропаривание	Поросята раннего отъема	2,5-3,3	2,1-3,2
Пропаривание с плю- щением	Поросята до 60 дней	11,5-13,3	10,1-12,2
	Телята до 95 дней	8-10	4-5
Термовструдирова- ние	Поросята-отъемыши	6-12	5-9
Флакирование	Поросята	1,8-2,4	1,2-1,6

Микронизация представляет собой процесс тепловой обработки фуражного зерна интенсивным потоком ИК-излучения с целью повышения его кормовых свойств. Ее сущность заключается в том, что поток ИК-излучения имеет способность проникать в обрабатываемый материал, вызывая его интенсивный глубинный нагрев. Внутри зерна вода во всем объеме эндосперма мгновенно переходит в псевдопарообразное состояние и стремится диффундировать с высокой скоростью из зерна в окружающую среду. Однако плотный алейроновый слой зерна активно препятствует этому процессу, вследствие чего образовавшийся псевдопар оказывается заключенным в герметичной оболочке. Это состояние вызывает резкое повышение давления внутри зерна (по расчетам, оно может достигать за несколько секунд 100 МПа и выше), в результате чего оно вспучивается. Если же давление пара превысит прочность оболочки зерна, то происходит своеобразный взрыв, разламывающий зерно и выворачивающий содержимое наружу. Под действием высоких температур и давления существенно изменяется физико-химическая структура зерна [28].

При микронизации наряду с повышением питательности улучшаются вкусовые свойства зерна, его цвет и запах, снижаются энергозатраты организма животного на переваримость кормов, уменьшается механическая прочность зерна, происходит инактивация его грибной и бактериальной микрофлоры.

Проведенные специалистами ОАО ВНИИ КП исследования показали, что при обработке ИК-излучением неподвижного слоя ячменя поверхностная микрофлора практически уничтожается через 30 с, а через 60 с инактивируется и глубинная. При обработке виброперемешивающегося слоя поверхностная грибная микрофлора зерна почти полностью погибает уже через 60 с, а глубинная через 90 с обработки уничтожается на 75%. Полное обеззараживание зерна было достигнуто через 120 с обработки [28].

Микронизация обеспечивает также и эффективное снижение токсичности зерна. Так, если токсичность исходного зерна соответствует IV степени, то ИК-обработка в течение 30 с снижает ее до III, а через 120 с обработки токсичность зерна доводится до I степени. При микронизации зерна в течение 30 с содержание афлатоксина В₁ снижается до 50-250 мкг/кг, а увеличение длительности обработки до 90 с приводит к его полной инактивации [28].

Исходя из этого целесообразна следующая технология подготовки фуражного зерна к скармливанию животным с включением в ее состав способа для повышения питательности зерновых компонентов корма:

уборка зерновых культур → транспортирование вороха → очистка вороха → транспортирование очищенного зерна к месту обработки и хранения → химическое консервирование целого очищенного фуражного зерна → закладка на хранение → выемка → микронизация → плющение → охлаждение → смешивание с обогащенными добавками.

Одним из сдерживающих факторов внедрения микронизации на практике являлась достаточно высокая энергоемкость процесса микронизации (150 кВт·ч/т и выше). Поэтому для совершенствования процесса микронизации с целью снижения удельных энергозатрат были выполнены теоретические и экспериментальные исследования и разработаны оптимальные параметры и режимы работы установки для ИК-обработки фуражного зерна.

При этом в качестве основополагающей гипотезы, создающей предпосылки для значительного снижения энергоемкости процесса с соблюдением требуемого качества готового продукта, было выдвинуто предложение подвергать микронизации виброкипящий слой зерна. Виброкипение с интенсивной циркуляцией частиц сыпучего материала реализуется в режимах с их подбрасыванием. Поэтому область существования и устойчивости режима виброкипания слоя сыпучего материала можно получить, определяя область существования и устойчивости режимов с подбрасыванием материальной частицы с учетом влияния на нее вышележащих частей слоя.

Приведенному выше предположению соответствует модель в виде материальной частицы с приведёнными параметрами, которые соединены между собой упругими элементами ничтожно малой жесткости.

В результате теоретических исследований движения плоской материальной частицы с приведенными параметрами по гармонически колеблющейся плоскости (с использованием методики теоретических исследований по этому вопросу, выполненных И.И. Блехманом и Г.Ю. Джанелидзе [29]) было получено условие, определяющее одновременно область существования и устойчивости режимов с непрерывным подбрасыванием модели слоя фуражного зерна:

$$(1+k)\pi p \frac{1-R}{1+R} < W_0 < \frac{1+k}{(1+R)^2} \sqrt{\pi^2 p^2 (1-R^2)^2 + 4(1+R^2)^2}, \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности;

π – математическая константа;

p – кратность периода переключений режимов движения материальной частицы;

R – коэффициент восстановления;

w_0 – параметр интенсивности вибраций ($W_0 = \frac{A\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha}$),

где A – амплитуда колебаний, м;

ω – угловая частота колебаний, с^{-1} ;

β – угол направления вибраций, град;

α – угол наклона вибрирующей плоскости, град.).

Коэффициент пропорциональности k учитывает степень влияния вышележащих слоев на материальную частицу и зависит от высоты слоя и влажности сыпучего материала. Значения коэффициента k и коэффициента восстановления R определили экспериментально.

После обработки опытных данных было установлено, что коэффициент пропорциональности k является функцией от влажности и высоты слоя зерна:

$$k = 0,46 + 20h - 0,01W - 0,03hW - 300h^2 - 0,008W^2. \quad (2)$$

В результате математической обработки экспериментальных данных получено выражение для определения коэффициента восстановления R в зависимости от влажности зерна:

$$R = 0,385 + 4,4 \cdot 10^{-3}W - 3,3 \cdot 10^{-4}W^2. \quad (3)$$

Определение средней скорости является одним из основных вопросов вибротранспортирования, требующих решения при рассмотрении задач прикладного характера.

Теоретическое определение средней скорости вибротранспортирования осуществили на основе принятой ранее модели слоя фуражного зерна в виде материальной частицы с приведенными параметрами

$$V = (1 + \kappa) \frac{\pi \rho g}{\omega} \left[\frac{1 - R}{1 + R} \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta - \frac{2 - \lambda}{\lambda} \sin \alpha \right], \quad (4)$$

где λ – коэффициент мгновенного трения при ударе.

Однако следует иметь в виду, что не все режимы движения частицы с подбрасыванием достаточно исследованы и поэтому не исключена возможность попадания при определенных значениях параметров в область неизученных движений. Уравнение (4) не учитывает влияния амплитуды скорости $A\omega$ и амплитуды ускорений $A\omega^2$ колебаний на значения средней скорости вибротранспортирования, что существенно сужает область применения полученного выражения.

Поэтому при решении задач прикладного характера появляется необходимость получения достаточно простого и удобного в ис-

пользовании уравнения для определения средней скорости, которое позволило бы наиболее полно учитывать все влияющие на процесс вибротранспортирования факторы и обеспечивало бы достаточную точность получаемых результатов.

Определение такого уравнения осуществили методом анализа размерностей. При этом теоретическое выражение для определения средней скорости (4) использовали при обосновании факторов, включенных для решения поставленной задачи.

Исходя из этого среднюю скорость вибротранспортирования можно представить в виде функции

$$V = \varphi(A, \omega, k, g, R, \lambda, \alpha, \beta). \quad (5)$$

Коэффициенты пропорциональности k , восстановления R , мгновенного трения λ зависят от физико-механических свойств зерна, в частности от его влажности. Кроме того, коэффициент пропорциональности k зависит и от высоты транспортируемого слоя зерна h . Поэтому с целью сокращения числа переменных факторов эти три коэффициента следует заменить двумя параметрами: влажностью зерна W и высотой слоя зерна h . Для обеспечения низкого уровня скоростей вибротранспортирования и лучшего использования инерционных сил при создании виброкипящего слоя целесообразнее использовать углы вибрации, близкие к 90° . Поэтому в настоящих исследованиях применялись вертикальные вибрации, а сам угол вибрации как переменный фактор исключили из дальнейшего рассмотрения.

С учетом вышеприведенного средняя скорость вибротранспортирования слоя фуражного зерна в общем виде запишется в виде функции

$$V = \varphi(A, \omega, h, g, i, W), \quad (6)$$

где i – уклон вибрирующей плоскости, заменивший угол наклона поверхности к горизонту α .

После выполнения необходимых теоретических исследований получено уравнение для определения средней скорости вибротранспортирования:

$$V = DA\omega \left(\frac{h}{A} \right)^c \left(\frac{g}{A\omega^2} \right)^d i^e W^f, \quad (7)$$

где D – постоянный коэффициент;

c, d, e, f – показатели степени.

Постоянный коэффициент D и показатели степени c, d, e, f в уравнении (7) определили опытным путем:

$$D = 0,157, c = -0,49, d = -0,22, e = 0,42, f = -0,38.$$

Таким образом, выражение для определения средней скорости вибротранспортирования фуражного зерна с учетом полученных значений запишется в следующем виде:

$$V = 0,157 A \omega \left(\frac{h}{A} \right)^{-0,49} \left(\frac{g}{A \omega^2} \right)^{-0,22} i^{0,42} W^{-0,38}. \quad (8)$$

Повышение качества фуражного зерна в процессе микронизации происходит в результате преобразования его биополимеров в форму, более доступную для организма животного. Преобразование сложных биополимеров в простые, происходящее под действием влияющих на процесс микронизации факторов, имеет сложный характер и изучено недостаточно. Поэтому построение математической модели микронизации фуражного зерна, определяющей зависимость качественных и энергетических показателей процесса от влияющих на него факторов, осуществили с использованием метода планирования эксперимента.

В результате отсеивающих экспериментов были определены наиболее значимые факторы, которые включены в дальнейшие исследования. Эксперименты выполнялись по сверхнасыщенному многоуровневому плану, составленному специально для данного исследования, и по критерию Боза-Кокса наилучшим образом соответствующему задаче математического описания процесса.

В результате применения дискриминационного метода к полученным моделям были выбраны следующие уравнения:

$$Y_1 = 81,4 + 17,7X_2 + 17,4X_3 + 1,85X_4 - 0,67X_1^2 - 0,92X_3^2 + 6X_5^2 - 0,37X_1^2X_4 - 0,27X_1^2 + 1,04X_5^2X_2 + 1,19X_5^2X_3 + 1,2X_1X_5 + 6X_2X_3 - 5,8X_2X_5 - 5,3X_3X_5 + 0,46X_1X_2X_3 - 1,44X_2X_3X_5 \quad (9)$$

и

$$Y_2 = 5,6 - 0,06X_1 + 0,014X_2 + 0,038X_3 - 0,25X_4 - 0,124X_5 - 0,045X_1^2 + 0,053X_5^2 - 0,0213X_3^2 + 0,192X_2^2X_4 + 0,0305X_3^2X_4 + 0,0365X_3X_4 + 0,044X_4X_5 - 0,025X_3X_4X_5, \quad (10)$$

которые и являются математической моделью процесса микронизации фуражного зерна.

Полученная модель была использована для оптимизации факторов, входящих в ее состав. Оптимизация выполнялась путем решения компромиссной задачи. Критерием оптимизации в данном случае был удельный расход электроэнергии Y_1 , а качество конечного продукта Y_2 служило ограничением. В результате расчетов были определены оптимальные значения факторов, позволяющие получать микронизированное зерно необходимого качества (количество декстринов – $Y_2 \geq 6,5\%$) с минимальными удельными затратами электроэнергии ($Y_1 = 84 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$) (табл. 28).

28. Оптимальные значения факторов, входящих в математическую модель процесса микронизации фуражного зерна

Факторы	Обозначение	Размерность	Значения факторов	
			кодированные	натуральные
Влажность зерна	X_1	%	- 0,66	19,9
Время обработки	X_2	с	- 0,16	73
Удельная мощность источников ИК-излучения	X_3	кВт/м ²	0,72	37,5
Расстояние от источников ИК-излучения до вибрирующей плоскости	X_4	м	- 3	0,04
Высота слоя зерна	X_5	м	0	0,0125

Химическому консервированию подвергают зерно естественной влажности (с какой оно убирается с поля), которая в основном определяется погодно-климатическими условиями в уборочный период времени и в зависимости от них может иметь широкий разброс своих значений. Поэтому зачастую законсервированное фуражное зерно имеет влажность, значения которой не совпадают с оптимальным для выполнения процесса микронизации ($W_{\text{опт.}} = 19,9 \%$). Доводить влажность законсервированного зерна до оптимальных ее значений какими-либо способами неэффективно (связано с дополнительными инвестиционными и энергетическими затратами), поэтому целесообразно подвергать микронизации законсервированное зерно той влажности, с какой оно хранится. Однако для эффек-

тивной микронизации (минимальные затраты энергии с соблюдением требуемого качества) необходимо выполнять ее с соответствующими конкретной влажности зерна оптимальными значениями факторов.

Таким образом, возникает необходимость оптимизации процесса микронизации фуражного зерна, имеющего различную исходную влажность. Эта задача была решена в результате исследования математической модели процесса микронизации (выражения 9, 10). При этом влажность зерна фиксировалась на определенном уровне, а оптимальные значения факторов и удельные энергозатраты определялись путем решения компромиссной задачи. В результате исследований математической модели были получены уравнения, позволяющие определять оптимальные значения факторов при различных значениях исходной влажности консервированного зерна:

$$X_2 = 463,3 - 49,9X_1 + 2,024X_1^2 + 0,0254X_1^3, \quad (11)$$

$$X_3 = 64,2 - 2,6X_1 + 0,064X_1^2, \quad (12)$$

$$X_5 = 0,0342 - 0,0022X_1 + 0,00006X_1^2, \quad (13)$$

$$Y_1 = 188,1 - 9,98X_1 + 0,24X_1^2 + 0,00001X_1^3. \quad (14)$$

В процессе микронизации происходит непрерывное снижение влажности зерна на протяжении всего периода обработки. Это приводит к соответственному непрерывному изменению средней скорости вибротранспортирования в сторону ее увеличения и, как следствие, уменьшению времени пребывания зерна в зоне обработки. Поэтому использование уравнения (8) для определения средней скорости вибротранспортирования фуражного зерна при его микронизации возможно лишь после корректировки данного выражения.

В результате экспериментальных исследований было получено уравнение, которое позволяет определять среднюю скорость вибротранспортирования зерна при его микронизации с любой исходной влажностью

$$V = 0,157A\omega \left(\frac{h}{A}\right)^{-0,49} \left(\frac{g}{A\omega^2}\right)^{-0,22} i^{0,42} (0,88W - 1,6)^{-0,38}. \quad (15)$$

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований процессов вибротранспортирования и микронизации был изготовлен опытный образец установки для обработки фуражного зерна ИК-излучением.

Технологический процесс, выполняемый установкой, протекает следующим образом. Зерно из приемного бункера подается питателем-дозатором на поверхность первого лотка. Под воздействием вибрации, сообщаемой лоткам электроприводом, слой зерна переходит в состояние виброкипения и одновременно перемещается по поверхности лотка. По достижении конца верхнего лотка зерно пересыпается на нижний и продолжает свое перемещение в виброкипящем состоянии до окончательного выхода из установки. Во время прохождения по поверхности лотков зерновой слой подвергается воздействию мощного потока ИК-излучения, в результате которого и осуществляется процесс микронизации. Для контроля температурного режима процесса микронизации фуражного зерна на конце нижнего лотка была установлена термопара.

**Техническая характеристика установки
для обработки фуражного зерна ИК-излучением**

Тип	стационарный
Привод	электрический
Производительность, т/ч	до 0,6
Установленная мощность, кВт	до 50
Вместимость приемного бункера, м ³	0,02
Габаритные размеры, мм	1700x550x2200
Масса, кг	290
Обслуживающий персонал	1

При лабораторных испытаниях опытного образца установки процесс микронизации выполнялся с зерном различной исходной влажности. Это дало возможность сопоставить получаемые в ходе испытания данные с результатами теоретических и экспериментальных исследований процессов вибротранспортирования и микронизации фуражного зерна.

Анализ полученных в ходе лабораторных испытаний данных показал их хорошую сходимость с результатами выполненных ранее исследований. Так, расхождение экспериментальных значений средней скорости вибротранспортирования фуражного зерна при

его микронизации с расчетными не превышает 6,1 % (рис. 14). Расхождение экспериментальных значений удельной энергоемкости процесса микронизации с расчетными значениями, полученными из математической модели процесса, не превышает 5 % (рис. 15).

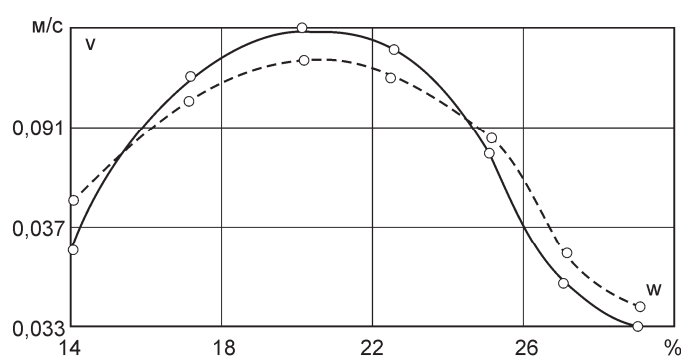


Рис. 14. Зависимость средней скорости вибротранспортирования фуражного зерна от его влажности:
— — расчетные значения; - - - - экспериментальные значения.

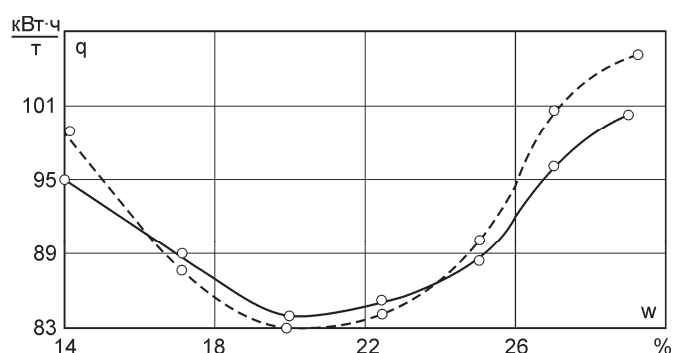


Рис. 15. Зависимость удельной энергоемкости процесса микронизации от влажности зерна:
— — расчетные значения; - - - - экспериментальные значения

В качестве контролирующего параметра процесса микронизации может быть использована температура слоя фуражного зерна на выходе из установки.

При изменении влажности зерна 14-29% температура слоя зерна изменяется от 122 до 102°С (рис. 16). В результате математической

обработки данных, полученных в ходе лабораторных испытаний, было получено выражение

$$T = 236W^{-0,25}, \quad (16)$$

которое позволяет определять температуру слоя зерна в зависимости от его исходной влажности.

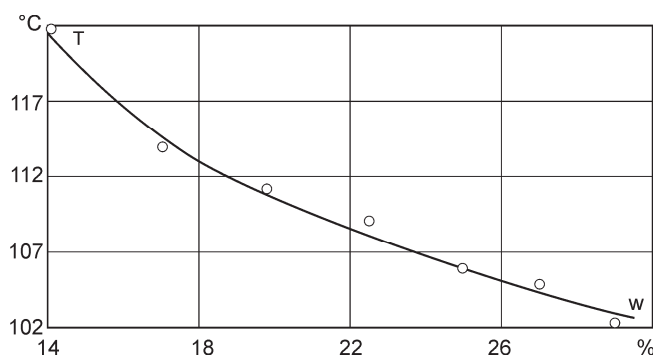


Рис. 16. Зависимость температуры слоя фуражного зерна от его влажности

Эффективность различных технологий консервирования и подготовки фуражного зерна к скармливанию животным проверялась на молочной ферме племзавода им. Радищева Гагаринского района Смоленской области. Фуражное зерно в хозяйстве консервировалось двумя способами: первый – сушка (обычный для хозяйства), второй – химическое консервирование с использованием КНМК. Приготовление кормов из высушенного зерна осуществлялось традиционным для этого хозяйства способом (на основе измельчения в молотковой дробилке) и путем микронизации и плющения, а влажного консервированного зерна – путем плющения и микронизации с последующим плющением.

В общем виде технологические схемы приготовления кормов в ходе научно-хозяйственных опытов и производственной проверки выглядят следующим образом:

традиционная для данного хозяйства (сушка и дробление, контроль):

уборка зерновых культур → транспортировка → очистка зернового вороха → сушка до критической влажности → закладка на хранение → выемка и транспортировка → измельчение на молот-

ковой дробилке → дозирование и смешивание с обогатительными добавками → кратковременное хранение с последующей отгрузкой и транспортировкой на ферму;

опытная (сушка, микронизация и плющение):

уборка зерновых культур → транспортировка → очистка зернового вороха → сушка до критической влажности → закладка на хранение → выемка и транспортировка → микронизация → плющение → охлаждение → дозирование и смешивание с обогатительными добавками → кратковременное хранение с последующей отгрузкой и транспортировкой на ферму;

опытная (консервация и плющение):

уборка зерновых культур → транспортировка → очистка зернового вороха → химическое консервирование → закладка на хранение → выемка и транспортировка → плющение → дозирование и смешивание с обогатительными добавками → кратковременное хранение с последующей отгрузкой и транспортировкой на ферму;

опытная (консервация, микронизация и плющение):

уборка зерновых культур → транспортировка → очистка зернового вороха → химическое консервирование → закладка на хранение → выемка и транспортировка → микронизация → плющение → охлаждение → дозирование и смешивание с обогатительными добавками → кратковременное хранение с последующей отгрузкой и транспортировкой на ферму

Корма на основе высушенных зерновых компонентов производились на комбикормовом заводе хозяйства. Для производства кормов с микронизированной зерновой частью в помещении комбикормового завода была смонтирована линия в составе установки для микронизации фуражного зерна, плющилки, охладителя, смесителя и шнековых транспортеров.

Анализ полученных в ходе хозяйственных испытаний данных по химическому составу ячменя (табл. 29) показал, что при микронизации и плющении сухого зерна содержание в нем крахмала снижается на 7,28%, тогда как концентрация сахара возрастает в 1,2 раза, а декстринов – в 3,7 раза по сравнению с аналогичными показателями дробленого сухого зерна. Микронизация и плющение влажного консервированного зерна снижают содержание крахмала на 6,96%, повышают уровень сахара в 1,2 раза, а декстринов – в 3,8 раза по сравнению с контролем. Плющение микронизированного зерна повы-

шает содержание декстринов в нем на 0,8-1,2%. Значения таких показателей как удельные затраты электроэнергии, количество декстринов и температура слоя зерна соответствовали расчетным.

**29. Химический состав ячменя,
обработанного различными способами, %**

Показатели	Способ обработки			
	сухое зерно (влажность 14%), дробленое	сухое зерно (влажность 14%), микронизированное и плющенное	влажное зерно (влажность 25%), консервированное и плющенное	влажное зерно (влажность 25%), консервированное, микронизированное и плющенное
Протеин	12,23	12,08	14,34	14,31
Клетчатка	4,42	3,89	4,58	4,05
Жир	2,24	2,17	2,28	1,97
Крахмал	59,6	52,32	57,17	50,21
Сахар	2,17	2,54	1,93	2,57
Декстрины:				
до плющения	2,1	6,9	1,6	6,7
после плющения	-	7,7	1,7	7,9

Изучение влияния кормов, включающих в свой состав микронизированный ячмень, на продуктивность животных проводилось специалистами ГНУ ВИЖ на четырех группах животных: одна – контрольная (для которой применялся традиционный для этого хозяйства тип кормления) и три опытные (использовались различные варианты кормления) (табл. 30).

Основной рацион коров всех четырех групп был одинаковым и состоял из сена, силоса, кормовой свеклы и гранул травяной муки зимой и зеленого корма летом. Кроме того, коровам первой контрольной группы скармливали зерносмесь ячменя и овса влажностью 10% в виде дерти, второй группы – ячмень такой же влажности, подвергнутый микронизации и плющению, третьей – ячмень влажностью 22-27%, законсервированный с помощью концентрата низкомолекулярных жирных кислот в дозе 1-1,5% и обработанный способом холодного плющения, и четвертой – тот же ячмень, обработанный способом последовательной микронизации и плющения.

30. Схема научно-хозяйственного опыта

Номер группы	Наименование группы	Число коров	Характеристика кормления
Первая	Контрольная	10	ОР (основной рацион) + зерно- месь (дёрть) + БВМД
Вторая	Опытная	10	ОР + ячмень (влажность 14 %) микронизированный и плюще- ный + БВМД
Третья	Опытная	10	ОР + ячмень (влажность 25 %) консервированный и плющенный + БВМД
Четвертая	Опытная	10	ОР + ячмень (влажность 25 %) консервированный, микронизи- рованный и плющенный + БВМД

Балансировали рационы по протеину, минеральным веществам и витаминам по всем группам скормливанием БВД в количестве 20-25% от массы концентратов следующего состава: шрот подсолнечный – 49%, шрот соевый – 17, кормовые дрожжи – 11,3, рыбная мука – 8,7, кормовой фосфат – 6, соль – 4, премикс – 4%. Опыт продолжался в течение всей лактации, которая составила по группам соответственно 276, 271, 280 и 277 дней.

Включение в рацион коров зерна, обработанного приведенными способами, улучшает переваримость питательных веществ на 1,2-6%. Некоторое увеличение потребления сухого вещества рациона и переваримости сопровождалось повышением энергетической питательности рациона коров опытных групп на 0,3-0,7 корм. ед.

Анализ полученных данных (табл. 31) показал, что валовой удой натурального молока у коров опытных групп был выше по сравнению с контрольной группой на 264, 348 и 586 кг соответственно, или на 5,5; 7,1 и 11,9%. Среднесуточный удой натурального молока у коров опытных групп также был больше на 1,1; 1 и 2 кг соответственно, или на 5,6-11,3% выше по сравнению с контрольной группой.

Затраты концентрированных кормов на производство 1 кг молока у коров опытных групп были на 11-21 г (4,3-8,2%) ниже, чем у коров контрольной группы.

31. Результаты научно-хозяйственного опыта
(значения показателей приведены в расчете на одну корову)

Показатели	Группа коров			
	первая	вторая	третья	четвертая
Длительность опыта, дни	276	271	280	277
Валовой удой натурального молока, кг	4875	5121	5223	5464
Среднесуточный удой натурального молока, кг	17,7	18,9	18,7	19,7
Содержание жира в молоке, %	3,66	3,67	3,71	3,66
Валовой надой молока 4%-ной жирности, кг	4628	4874	5004	5182
Среднесуточный удой молока 4%-ной жирности, кг	16,8	17,9	17,8	18,7
Затраты кормов на 1 кг молока 4%-ной жирности:				
корм. ед.	0,8	0,77	0,78	0,76
комбикорма, г	256	245	244	235

Существенных различий по содержанию жира в молоке не наблюдается, хотя отмечена некоторая тенденция увеличения концентрации жира в молоке у коров третьей группы.

Таким образом, применение всех опытных партий комбикормов способствует увеличению продуктивности животных по сравнению с контролем. Наибольшая молочная продуктивность коров наблюдается у животных четвертой группы.

По окончании научно-хозяйственного опыта была проведена производственная проверка полученных результатов по той же схеме, что и опыт: на четырех группах животных по 30 голов в каждой продолжительностью 90 дней. Полученные данные подтверждают результаты научно-хозяйственного опыта (табл. 32).

Так, продуктивность всех опытных групп животных превысила показатели контрольной группы. Наибольшая молочная продуктивность получена у коров четвертой опытной группы. Затраты концентрированных кормов на производство 1 кг молока 4%-ной жирности были самыми низкими также в четвертой группе животных.

32. Результаты производственной проверки
(значения показателей приведены в расчете на одну корову)

Показатели	Группа животных			
	первая	вторая	третья	четвертая
Число коров	30	30	30	30
Продолжительность опыта, дни	90	90	90	90
Валовой удой натурально-го молока, кг	1278	1332	1350	1404
Среднесуточный удой натурального молока, кг	14,2	14,5	15,0	15,6
Содержание жира, %	3,71	3,70	3,73	3,72
Валовой удой молока 4%-ной жирности, кг	1222	1272	1295	1345
Среднесуточный удой молока 4%-ной жирности, кг	13,6	14,1	14,4	14,9
Затраты кормов на 1 кг молока 4%-ной жирности:				
корм. ед.	0,89	0,86	0,84	0,83
комбикорма, г	304	295	292	288

Несмотря на то, что корма, приготовленные по второй опытной технологии, обеспечили увеличение молочной продуктивности животных, реализация этой технологии на практике целесообразна только в исключительных случаях. Это обусловлено тем, что сушка зерна с последующей его микронизацией приводит к большим затратам ресурсов. Такая технологическая схема консервирования и подготовки к скармливанию фуражного зерна может быть рекомендована в случаях, когда требуются легкоусвояемые корма высокой питательной ценности (например, для молодняка животных) или для инактивации грибной и бактериальной микрофлоры зерна в случаях его заражения при хранении.

Наиболее высокую молочную продуктивность животных обеспечивает применение кормов, приготовленных на основе консервирования, микронизации и последующего плющения фуражного зерна (четвертая схема). Такая технологическая схема является ресурсосберегающей по сравнению с традиционной (сушка + дробление зерна) и первой опытной (сушка + микронизация + плющение), так как в ней исключена самая энергоемкая операция консервиро-

вания зерна – сушка, а также обеспечен рост продуктивности коров, а значит, увеличен валовой выход молочной продукции. Такая технологическая схема консервирования и подготовки к скармливанию фуражного зерна может быть рекомендована для использования при организации кормления высокопродуктивного молочного стада, где можно ожидать наибольшей отдачи от использования высококачественного обеззараженного корма, в племенных хозяйствах и для молодняка животных.

Технологическая схема, основанная на консервировании и плющении фуражного зерна (третья), также обеспечивает повышение молочной продуктивности, хотя и в несколько меньшей степени по сравнению с четвертой схемой. Однако она менее энергозатратна (исключена операция микронизации) и поэтому с успехом может применяться при организации кормления крупного рогатого скота всех категорий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее известным и распространенным способом консервации зерна является сушка, для чего используется сложное, дорогое и энергозатратное оборудование. И если сушка является единственным приемлемым методом хранения и обеспечения сохранности потребительских свойств продовольственного и семенного зерна, то для консервирования фуражного зерна разработаны и используются на практике другие ресурсосберегающие технологии.

Анализ способов консервации влажного фуражного зерна показал, что наиболее эффективной альтернативой сушке является химическое консервирование фуражного зерна, которое обеспечивает сохранность урожая зерновых без сушки влажного зерна перед закладкой на хранение, что может дать существенную экономию материальных и финансовых ресурсов.

На практике наибольшее распространение получило химическое консервирование измельченного зерна. Измельчение зерна осуществляется путем его плющения – наиболее рациональным способом переработки влажного зерна для скармливания, так как применение молотковых дробилок в этом случае неэффективно.

В зависимости от развития инженерной инфраструктуры сельхозпредприятий, их технической оснащенности и природно-климатических условий ГНУ СЗ НИИМЭСХ предлагает использовать четыре технологические схемы плющения и химического консервирования влажного фуражного зерна: производство кормов с плющением зерна и внесением консерванта в поле, производство кормов с плющением зерна и внесением консерванта в хранилище, плющение и консервирование зерна на стационарном пункте (открытой площадке), закладка плющеного и консервированного фуражного зерна в полиэтиленовый рукав.

В предлагаемых технологических схемах зерновая масса подвергается обработке в том виде, в котором поступает от зерноуборочного комбайна без выполнения одной из важнейших технологических операций послеуборочной обработки – очистки зернового вороха. Однако при низкой культуре производства зерна, что не является исключением для многих хозяйств нашей страны, проблема засоренности зернового вороха выдвигается на первый план. Поэтому очистка зернового вороха от сорной примеси является не-

обходимой технологической операцией, обеспечивающей соответствие кормового зерна требуемым показателям качества и создающей хорошие предпосылки для его длительного хранения без потери питательности при экономном расходовании консерванта.

По сравнению с химическим консервированием плющеного зерна консервирование целого влажного фуражного зерна имеет ряд преимуществ: целое зерно предоставляет более широкие возможности для выбора технологии его дальнейшей переработки; требуются менее производительные, а соответственно, и более дешевые плющилки, которые равномерно эксплуатируются в течение всего года; хранится обработанное консервантом фуражное зерно может насыпью в любых помещениях и др.

Консервирование целого зерна предоставляет возможность повышения его питательности за счет тепловой обработки, так как эффективность использования кормов в целом в значительной степени зависит от качества предварительной подготовки фуражного зерна. Анализ результатов использования в рационах животных и птицы кормов, подвергнутых различным видам тепловой обработки, показал, что наиболее эффективной является микронизация.

В ходе научно-хозяйственного опыта и его производственной проверки было установлено, что наиболее высокую молочную продуктивность животных обеспечивает применение кормов, приготовленных на основе химического консервирования, микронизации и последующего плющения фуражного зерна. Такая технологическая схема является ресурсосберегающей по сравнению с традиционной, предусматривающей сушку и дробление зерна, и может быть рекомендована для использования при организации кормления высокопродуктивного молочного стада, где можно ожидать наибольшей отдачи от использования высококачественного обеззараженного корма, в племенных хозяйствах и для молодняка животных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сырьевая база комбикормового производства [Электронный ресурс]. URL: <http://fermer1.ru/kombikormovoe-proizvodstvo> (дата обращения 17.10.2012 г.).
2. НТП-АПК 1.10.10.001-02. Нормы технологического проектирования семейных ферм зернового направления и зерноперерабатывающих предприятий малой мощности. М.: Минсельхоз России, 2002. 30 с.
3. **Никитинский Я.Я.** Лекционный курс «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» [Электронный ресурс]. URL: [http://gendocs.ru/v25246/лекции технология хранения и...](http://gendocs.ru/v25246/лекции%20технология%20хранения%20и...) (дата обращения 18.10.2012 г.).
4. Жизнедеятельность зерна. ООО НПФ «СКАРАБЕЙ». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fumigaciya.ru> (дата обращения 12.09.2012 г.).
5. Зерносушилки [Электронный ресурс]. URL: <http://bibliotekar.ru> «Сельскохозяйственные здания» Зерносушилки (дата обращения 16.10.2012 г.).
6. Как обеспечить качественное хранение зерна [Электронный ресурс]. URL: [http://www.prime-flowers.ru/kak-obespechit zerna.html](http://www.prime-flowers.ru/kak-obespechit-zerna.html) (дата обращения 17.10.2012 г.).
7. Методические рекомендации по выбору и эффективному использованию зерносушильного оборудования. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. 140 с.
8. **Дринча В., Лаури Х., Цыдендоржиев Б.** Сушка зерна и выбор сушилок в хозяйствах Скандинавии [Электронный ресурс]. URL: <http://agropressa.ru/index.php> (дата обращения 03.10.2012 г.).
9. Машины и оборудование для послеуборочной обработки и хранения зерна и семян: кат. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 92 с.
10. Хранение зерна и семян. Режимы хранения зерновых масс. [Электронный ресурс]. URL: <http://chitalky.ru?p=1496> (дата обращения 05.10.2012 г.).
11. Хранение зерновых масс в герметических условиях [Электронный ресурс]. URL: <http://okade.ru/hranenie-zerna...germeticheskikh-usloviyah> (дата обращения 09.10.2012 г.).
12. **Костин А.Е.** Совершенствование технологии хранения фуражного зерна повышенной влажности в герметичных условиях: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 05.18.01. Мичуринск-наукоград, 2011. – 22 с.
13. Технология консервации (хранения) зерна охлаждением. [Электронный ресурс]. URL: <http://urozhayna-gryadka.narod.ru/hold.htm> (дата обращения 11.10.2012 г.).
14. Механизация, хранение зерна, охлаждение зерна, экономия расходов на сушку [Электронный ресурс]. URL: <http://prime-flowers.ru/konservaciya-zerna.html> (дата обращения 03.10.2012 г.).

15. **Баранов Л. Н.** Повышение эффективности производства плющеного зерна путем совершенствования технологий и комплекса технических средств: дис... канд. техн. наук: 05.20.01. СПб., Павловск, 2005. 167 с.
16. **Анискин В.И.** Конвейер для обработки зерна. М.: Колос, 1975. 76 с.
17. Справочник по консервации кормов. Решение проблем сельскохозяйственного предприятия. BASF SE. 75 с.
18. Рекомендации по заготовке и использованию высоковлажного фуражного зерна. М.: Россельхозакадемия, 2006. 131 с.
19. Плющение и консервирование зерна – путь к рентабельности животноводства: проспект: Aimo Kortteen Konepaja Oy. 4 с.
20. **Одегов В.А., Соболева Н.Н., Заболотских И.Ю.** Результаты предварительных исследований двухступенчатой плющилки // Межвуз. сб. науч. тр. ВГСХА/Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики. Киров, 2004. Вып. 3. С. 64-68.
21. Насос-дозатор внесения консервантов в плющенное зерно. [Электронный ресурс]. URL:<http://sznii.ru> (дата обращения 04.10.2012 г.).
22. **Перекопский А.Н., Баранов Л.Н.** Технологические решения производства плющеного фуражного зерна в Ленинградской области // Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК. Ч. III: сб. науч. тр. – Ярославль: ЯГСХА, 2004. С. 15-17.
23. **Перекопский А.Н., Баранов Л.Н.** Формирование технологических схем производства корма плющением и консервированием зерна // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства: сб. науч. тр. – Вып. 76. – СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ, 2004. С. 71-74.
24. **Попов В., Перекопский А., Баранов Л.** Заготовка высоковлажного зерна // Комбикорма. 2005. № 3. С. 37-38.
25. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства. Ч. II. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 492 с.
26. **Акивис С.И.** Изменение состояния и качества сырого зерна при хранении. Сообщения и рефераты ВНИИЗ. М., 1955. Вып. 3. С. 17-26.
27. **Мишуров Н.П.** Перспективные технологии тепловой обработки комбикормов. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. 84 с.
28. **Афанасьев В.А.** Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002. 296 с.
29. **Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю.** Вибрационное перемещение. М.: Наука, 1964. 412 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ И КОНСЕРВИРОВАНИЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА	5
2. СПОСОБЫ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ВЛАЖНОГО ФУРАЖНОГО ЗЕРНА	12
2.1. Сушка.....	12
2.2. Создание герметичных условий.....	20
2.3. Консервация зерна охлаждением	25
2.4. Химическое консервирование	28
3. РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛЮЩЕНИЯ И ХИМИЧЕСКОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ ВЛАЖНОГО ЗЕРНА.....	36
4. РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО ХИМИЧЕ- СКОМУ КОНСЕРВИРОВАНИЮ И ПОДГОТОВКЕ К СКАРМЛИВА- НИЮ ВЛАЖНОГО ЦЕЛОГО ЗЕРНА	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	80

Николай Петрович Мишуров
**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНСЕРВИРОВАНИЯ
И ПЛЮЩЕНИЯ ВЛАЖНОГО ФУРАЖНОГО ЗЕРНА**

Научное издание

Редактор *В.И. Сидорова*
Художественный редактор *Л.А. Жукова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *Л.И. Болдиной, Т.П. Речкиной*
Корректоры: *В.А. Белова, В.А. Сулова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 20.11.2012 Формат 60x84/16 Печать офсетная
Бумага офсетная Гарнитура шрифта Times New Roman
Печ. л. 5,25 Тираж 500 экз. Изд. заказ 155 Тип. заказ 553

Отпечатано в типографии ФГБНУ “Росинформагротех”,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-0953-3



9 785736 709472