



УДК 338.43:633.2/.4(571.1/.5)

П.А. ПАТРИН, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
А.Ф. КОНДРАТОВ, доктор технических наук, профессор,  
Е.А. ПШЕНОВ, кандидат технических наук, доцент,  
Д.С. РУДАКОВ, инженер

*Новосибирский государственный аграрный университет*

630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

e-mail: d.s.rudakov@mail.ru

### ПРОИЗВОДСТВО ЗЕРНОКОРМОВЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ СИБИРИ

Показаны проблемы производства зернокармовых смесей в условиях Сибири. Они заключаются в монополизме производства продовольственного зерна и комбайновом способе уборки, что обязывает начинать сбор зерна в фазу полной спелости. Это приводит к высоким потерям зерна, снижению белковой ценности, поражению зерна плесенью и токсинотобразующими грибами. Обоснован рациональный срок сбора зерна на кормовые цели, позволяющий увеличить сбор зерна с 1 га и значительно повысить его биологическую и питательную ценность: в фазе молочно-восковой спелости. Для инактивации антипитательных веществ, декстринизации крахмала, деструкции материала оболочки зерна, создания микропористой структуры в зернокармовых смесях возникает необходимость применения энергоемких физических способов. Представлены результаты исследований зависимости усилия деформации зерна от его фазы зрелости. Приведена оценка применяемых способов приготовления зерна к скармливанию. При тепловой обработке зерна самым энергосодатратным является поджаривание, менее энергосодатратным – пропаривание с плющением. Представлены результаты исследований зависимости усилия деформации зерна от его фазы зрелости. При сравнении процесса дробления сухого зерна с плющением влажного отмечено, что коэффициент энергоемкости у последнего в 3,6 раза меньше, чем при дроблении. В процессе плющения нарушается связь оболочки с зерновкой, которая препятствует доступу ферментов желудочно-кишечного тракта к питательным веществам зерновки. Предложено сбор зерна на кормовые цели осуществлять очесом. Проведено сравнение традиционно применяемой технологии производства зернокармовой смеси и защищенного патентом нового способа; сформулированы зоотехнические требования к технологии производства зерновой смеси.

**Ключевые слова:** комбикорм, зернокармовая смесь, питательные вещества, способ обработки, деформация, потери зерна, белок.

Снижение себестоимости получаемой животноводческой продукции – ключевая задача для производителей и ученых, разрешение которой возможно за счет внедрения новых быстрокупаемых технологий. В структуре себестоимости животноводческой продукции стоимость кормов достигает 65–70 % [1]. Наличие зерна в кормовой смеси объясняется высокой концентрацией питательных веществ, необходимых для поддержания жизненных функций животных и птиц, и обеспечения продуктивности. В объеме рационов птицы комбикорма занимают 100 %, свиней – от 60–100, при откорме крупного рогатого скота – 30–50, дойных коров 30–40 % [2]. Высокая себестоимость комбикормов и растущие на них цены [3] вынуждают по-

купателей с целью сокращения себестоимости продукции организовывать производство комбикормов на территории своих предприятий. При этом значительная часть зерна используется в чистом виде [3]. Применение неполноценных комбикормов приводит к увеличению затрат на производство продукции животноводства: на 1 ц молока – в 1,5 раза, мяса – в 2–2,5 раза [4]. В составе комбикормов зерновая смесь составляет в среднем 83,3 % [4], оставшаяся часть – различные добавки.

Уборку зерновых культур на кормовые, семенные и продовольственные цели в Западной Сибири осуществляют в одни и те же сроки, что приводит к реальным потерям урожая во время уборочных работ. Данные потери из-за сложных погодных условий [5], недостатка техники, ее высокого износа [6] могут достигать до 40 % [7]. При этом снижается качество зерна, возрастает вероятность поражения его плесенью и токсинообразующими грибами.

С биологической точки зрения окончание прироста пластических веществ в зерне на абсолютно однородном материале заканчивается в фазе начала восковой спелости при влажности зерна 36–40 % [5]. Отсюда следует, что сбор зерна на кормовые цели можно начинать раньше на 1,5–2 нед, когда достигается максимальный биологический урожай.

Зерно, собранное в фазе молочно-восковой спелости, обладает высоким содержанием низкомолекулярных азотистых соединений (аминокислот), легкорастворимых альбуминов и глобулинов с полным содержанием незаменимых аминокислот, определяющих белковую ценность корма (табл. 1). При полном созревании зерна состав суммарного белка меняется в пользу проламинов и глютеминов, сумма которых составляет 64,7 %. Проламины организмом животных почти не усваиваются, так как растворяются только в спиртовых растворах. Глютемины имеют низкое содержание незаменимых аминокислот, поэтому используются как энергетический корм. Этим объясняется низкая протеиновая ценность зерна злаковых культур, собранных в фазу полной спелости.

Биохимические процессы в полисахаридах, белках, липидах и в других веществах интенсивно протекают при тепловой сушке зерна и в первые месяцы хранения [8], в результате чего снижается питательная ценность углеродно-протеинового комплекса зерна. В связи с этим для инактивации антипитательных веществ, декстринизации крахмала, декструкции материала оболочки зерновки, создания микропористой структуры в готовом продукте необходимо применять энергоемкие физические способы подготовки зерна к скармливанию.

Таблица 1  
Фракционный состав белков зерна ячменя в различные фазы спелости, % суммы белкового и небелкового азота [8]

| Фаза спелости зерна | Небелковый азот | Альбумины | Глобулины | Проламины | Глютемины |
|---------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Молочное состояние  | 30,3            | 32,5      | 7,7       | 4         | 17,8      |
| Начало восковой     | 19,6            | 19,6      | 11,5      | 23,3      | 18,8      |
| Восковая            | 13,4            | 12,9      | 11,8      | 33,8      | 21,1      |
| Полная              | 6,7             | 13,9      | 5,8       | 33,4      | 31,3      |

Ученые доказали, что под длительным влиянием высокой температуры в зерне снижаются растворимые формы протеина (от 18,6 до 7,1 %), усвояемость лизина и триптофана падает на 62 %, происходит образование веществ типа гликозидов, которые животным организмом не используются [9]. Для оценки применяемых способов подготовки зерна к скармливанию животным с целью выявления энергетических затрат для достижения определенной эффективности введем коэффициент удельной эффективной энергоемкости  $K$ , который показывает, какое количество энергии необходимо подвести к единице массы корма (зерна), чтобы увеличить его эффективность на 1 %. Чем меньше значение  $K$ , тем менее затратный процесс подготовки зерна к скармливанию:

$$K \approx \frac{W}{\Pi \cdot E \cdot 100}$$

где  $W$  – установленная мощность, кВт;  $\Pi$  – производительность машины, т/ч;  $E$  – получаемая эффективность при скармливании зерна животным (рост привесов, снижение затрат кормов) в зависимости от способа обработки, %.

Чтобы достичь 1 % эффективности привеса у группы поросят за счет скармливания им зерна, подвергнутого тепловой обработке, необходимо подвести к 1 т зерна от 2,52 кВт·ч (пропаривание с плющением) до 66,7 кВт·ч (поджаривание) (табл. 2). Высокая удельная энергоемкость процесса поджаривания объясняется ее малой эффективностью. Если сравнить пропаривание и пропаривание с плющением, то значение коэффициента  $K$  у последнего процесса будет в 12 раз меньше, чем у первого, при одинаковой эффективности.

При сравнении процесса дробления сухого зерна с плющением влажного отмечено, что коэффициент энергоемкости у последнего в 3,6 раза меньше, чем при дроблении. В процессе плющения нарушается связь оболочки с зерновкой, которая препятствует доступу ферментов желудочно-кишечного тракта к питательным веществам зерновки, а также разрушается структура зерен крахмала. Большая поверхность и форма хлопьев способствуют равномерному их распределению по всему желудку (рубцу) животного и ведут к улучшению усвояемости зерна. При дроблении этого не происходит [10].

Из проведенного анализа видно, что производство зернокармливаемых смесей в условиях Сибири обладает следующими недостатками: высокими потерями в процессе уборки и низкими кормовыми качествами зерна, полимеризацией питательных веществ в процессе сушки и хранения зерна, необходимостью использования энергозатратных процессов обработки зерна с целью безопасного его скармливания и повышения переваримости питательных веществ корма.

На основе представленного материала и защищенного патентом нового способа производства зернокармливаемых смесей для животноводства [11] сформулируем зоотехнические требования к технологии производства зерновой смеси на корм животным, которые частично, а некоторые полностью исключают обозначенные недостатки:

Таблица 2

Результаты обработки фуражного зерна [4] и расчетные значения коэффициентов удельной эффективной энергоемкости

| Технология обработки                  | Вид животных            | Средний рост привесов, % | Среднее снижение затрат кормов, % | Средняя мощность, кВт | Средняя производительность машины, т/ч | К, кВт·ч/т (рост привесов), % | К, кВт·ч/т (по снижению затрат кормов), % |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Термическая обработка</i>          |                         |                          |                                   |                       |                                        |                               |                                           |
| Двойное гранулирование                | Телята                  | 5,5                      | 6,7                               | 14                    | 0,53                                   | 4,8                           | 3,9                                       |
| Экструдирование                       | Поросята-отъемыши       | 18,6                     | 9,7                               | 14,7                  | 0,15                                   | 5,3                           | 10,1                                      |
| Экструдирование                       | Поросята                | 5,8                      | 3,9                               | 14,7                  | 0,15                                   | 16,9                          | 25,1                                      |
|                                       | Цыплята                 | 5,5                      | 4,2                               | 14,7                  | 0,15                                   | 17,8                          | 23,3                                      |
| Микронизация                          | Поросята-отъемыши       | 13,8                     | 11,9                              | 26,4                  | 0,42                                   | 4,6                           | 5,3                                       |
| Поджаривание                          | Телята до 95 дней       | 6,9                      | 6,6                               | 26,4                  | 0,42                                   | 9,1                           | 5,9                                       |
|                                       | Поросята раннего отъема | 0,6                      | –                                 | 20                    | 0,5                                    | 66,7                          | –                                         |
| Пропаривание                          | Поросята раннего отъема | 2,9                      | 2,7                               | 273,3                 | 3,1                                    | 30,4                          | 32,7                                      |
| Пропаривание с плющением              | Поросята до 60 дней     | 12,4                     | 11,2                              | 300,1                 | 9,6                                    | 2,52                          | 2,79                                      |
|                                       | Телята до 95 дней       | 9                        | 4,5                               | 300,1                 | 9,6                                    | 3,47                          | 6,95                                      |
| <i>Механическая обработка</i>         |                         |                          |                                   |                       |                                        |                               |                                           |
| Плющение влажного зерна (W = 17–20 %) | Бычки на откорме        | 15                       | 10                                | 26,8                  | 9,6                                    | 0,19                          | 0,3                                       |
| Дробление (W = 10–16 %)               | Бычки на откорме        | 11                       | –                                 | 29,8                  | 3,9                                    | 0,69                          | –                                         |

– для выращивания зерна на корм животным необходимо использовать зернокарманные культуры, обладающие не только высокой урожайностью, но и ценными для животных питательными веществами;

– сбор зерна необходимо начинать в начале восковой спелости при влажности зерна в колосе 35–40 %, когда достигается максимальный биологический урожай и высокая кормовая ценность;

– процесс сбора зерна должен иметь наименьшую зависимость от погодных условий (осадков) и минимально допустимые потери зерна;

– приготовление зернокармальной смеси (пшеница, ячмень, овес, горох и др.) необходимо осуществлять согласно рецепту для каждого вида животных и включать в себя следующие операции: дозирование, смешивание, плющение с внесением консерванта, закладки на хранение;

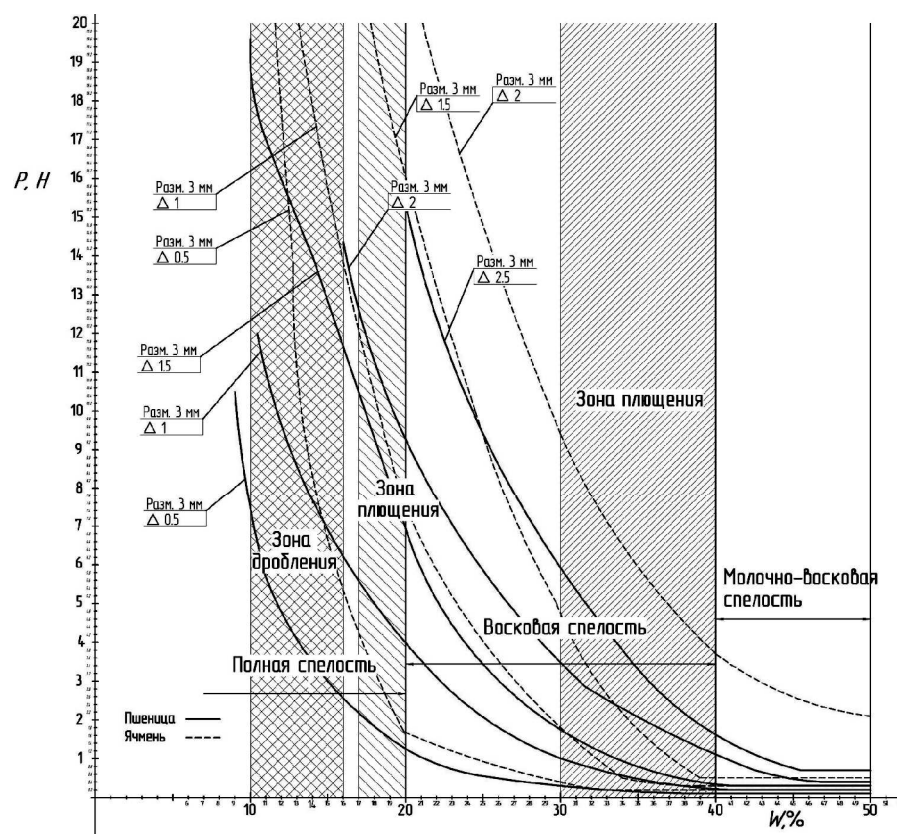
– процесс хранения должен обеспечивать полную сохранность питательных веществ в смеси (минимум до следующего урожая);

– зернокармальную смесь необходимо вынимать из хранилища, смешивать с белково-витаминно-минеральными концентратами и другими ком-

понентами перед скармливанием, чтобы исключить окисление питательных веществ.

Из приведенных требований наиболее сложным является сбор зерна при его естественной влажности 35–40 %, поэтому обмолот для этих целей непригоден [12], так как нарушается процесс сепарации зерна рабочими органами комбайна. В связи с этим сбор зерна предлагается осуществлять очесом. Проведенные предварительные лабораторные опыты показали, что очес колоса можно начинать в начале восковой спелости, когда завершается процесс отчленения зерновки от материнского организма. При очесе единичных колосьев со средней естественной влажностью зерна в колосе 27, 35 и 41 % очес колоса осуществлялся без его отрыва.

В результате оценки способов подготовки зерна к скармливанию выявлено, что плющение влажного зерна является самым выгодным [13]. В связи с этим нами проведены исследования по определению зависимости усилия деформации зерна от его фазы зрелости. Исследования проведены на зернах злаковых культур пшеницы и ячменя в разных фазах созревания при его естественной влажности, толщина зерна составляла 3 мм. На рисунке представлены усредненные кривые усилия, необходимого для деформации зерновок на 0,5; 1; 1,5; 2 и 2,5 мм при разной влажности. Из



Зависимость усилия деформации зерна от влажности

рисунка видно, что при одинаковой влажности и величине деформации для зерна ячменя необходимо приложить больше усилия, чем для пшеницы. Если сравнить усилия, необходимые для плющения зерна пшеницы, собранного при влажности 30–35 %, и зерна, собранного по традиционной технологии при влажности 18–20 %, то усилие будет больше в 3–4 раза во втором случае.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлена проблема производства зерна на корм животным и птицам в условиях Сибири, объясняющая высокую себестоимость животноводческой продукции. Обоснован рациональный срок сбора зерна на кормовые цели, позволяющий увеличить сбор зерна с 1 га и значительно повысить его биологическую и питательную ценность. Сформулированы требования к технологии производства зернокормовой смеси для животных. Результаты исследований показывают, что энергоёмкость процесса подготовки зерна к скармливанию плющением по предлагаемой технологии в 2–3 раза ниже в сравнении с традиционной. Необходимы исследования для обоснования рациональных параметров устройства для очеса зерновых культур с высокой влажностью зерна.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов Ю.А. Инновационные направления развития механизации и автоматизации животноводства // Вестн. ВНИИМЖ. – 2011. – № 3. – С. 6–15.
2. Характеристика зерновых кормов – [Электронный ресурс]: <http://biofile.ru/bio/35469.html>
3. Афанасьев В.А. Разработка и внедрение инновационных технологических решений для комбикормовой промышленности // Технологии пищевой и перерабатывающей продукции АПК – продукты здорового питания. – 2013. – № 1. – С. 45–52.
4. Ревякин Е.Л., Пахомов В.И. Опыт освоения современных технологий и оборудования для внутрихозяйственных комбикормовых предприятий. – М.: Росинформагротех, 2007. – 128 с.
5. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М., Кузнецов А.В. и др. Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири. – М.: Росинформагротех, 2001. – 176 с.
6. Ежеский А., Березин П. Гонка разоружения // Председатель. – 2005. – № 49. – С. 24–27.
7. Беляев В.И., Камша С.А. Оценка биологических потерь урожая пшеницы в Алтайском крае // Вестн. Алтайского ГАУ. – 2009. – № 2. – С. 51–55.
8. Гриценко В.В., Колошина З.М. Семеноведение полевых культур. – М.: Колос, 1984 – 272 с.
9. Алексеева З.Н., Реймер В.А., Сивильгаева А.В., Клемешова И.Ю., Чужена Л.В. Активированные корма из отходов зернового производства. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2009. – 134 с.
10. Пристач Н.В. Плющить нельзя дробить // Агробизнес. – 2011. – № 5 (10). – С. 47.
11. Пат. № 2490860 (Российская Федерация). Способ производства зернокормовых смесей для животноводства / П.А. Патрин, Д.С. Рудаков, А.Ф. Кондратов, В.С. Поликарпов; заявл. 16.12.2011; опубл. 16.08.2013.
12. Патрин В.А., Патрин П.А., Рудаков Д.С. Консервирование плющеного зерна в условиях хозяйства Новосибирской области // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2010. – № 11. – С. 6–7.
13. Подготовка кормов к скармливанию – [Электронный ресурс]: <http://agro-archive.ru/tehnologicheskie-osnovy/634-podgotovka-kormov-k-skarmlivaniyu.html>

Поступила в редакцию 01.02.2016

**P.A. PATRIN, Candidate of Science in Engineering, Senior Researcher,  
A.F. KONDRATOV, Doctor of Science in Engineering, Professor,  
E.A. PSHENOV, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor,  
D.S. RUDAKOV, Engineer**

*Novosibirsk State Agrarian University*

160, Dobrolyubova St, Novosibirsk, 630039 Russia

e-mail: : d.s.rudakov@mail.ru

## **PRODUCTION OF GRAIN-FEED MIXTURES UNDER CONDITIONS OF SIBERIA**

Problems in producing grain-feed mixtures under conditions of Siberia are shown. They consist in the monopolism of bread grain producers and in combine harvesting that obliges starting harvesting of grain in the full maturity stage. It results in high grain losses, reduced protein value, affections of grain with mold and toxin-forming fungi. We have substantiated the optimal date of harvesting grain for forage purposes that allows increasing yields per 1 ha and considerably improving its biological and nutritive value, and this is the milk-wax stage. To inactivate anti-nutritive matters, dextrinize starch, destruct the material of grain coat, create the microporous structure in grain-feed mixtures, a necessity arises to use power consuming physical methods. Results are given from studies on grain deforming force depending on grain maturity stage. There is given the evaluation of methods applied for preparing grain to be fed. The most power consuming method for heat treatment of grain is roasting; the less power consuming one is steaming with flaking. When comparing dry grain crushing with wet grain flaking was observed that the power consumption coefficient of the latter was 3.6 times lower than that of crushing. During the process of flaking the connection between the seed coat and the kernel is disturbed, which interferes with access of enzymes in the gastrointestinal tract to nutritive matters of the kernel. We suggest harvesting grain for forage purposes by combing. Zootechnic requirements for the technology for producing grain mixtures have been formulated based on studying shortcomings of the traditionally used technology and advantages of a new method patented.

**Keywords:** combined feed, grain-feed mixture, nutrients, processing method, deformation, grain losses, protein.