

**ЧАСТНАЯ ЗООТЕХНИЯ, КОРМЛЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ И ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА / PRIVATE ANIMAL HUSBANDRY, FEEDING, FEED PREPARATION TECHNOLOGIES AND PRODUCTION OF LIVESTOCK PRODUCTS**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.86>

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЛИЯНИЮ ЭКСТРУДИРОВАННОГО КОМБИКОРМА, ПОЛУЧЕННОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОХЛАЖДЕННОГО ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ЗЕРНА, НА ПРИРОСТ ЖИВОЙ МАССЫ ПОРОСЯТ**

Научная статья

**Антимонов С.В.<sup>1,\*</sup>, Соловых С.Ю.<sup>2</sup>, Кишкилев С.В.<sup>3</sup>**

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0001-9044-6337;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0003-2262-1863;

<sup>1,2,3</sup> Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (antimonov.stas[at]yandex.ru)

**Аннотация**

В статье рассмотрены особенности влияния комбикормов, полученных различными способами, на живую массу поросят. Было изучено изменение химического состава двух образцов одинакового сырьевого состава, но отличающихся способом обработки – без применения замороженного сырья и с его использованием. Проведен анализ воздействия предварительной криозаморозки зернового сырья на качественный состав комбикорма и последующее его влияние на перевариваемость корма и рост животных. Выявлено, что скармливание экструдированного комбикорма, приготовленного с применением предварительно замороженного сырья, положительно сказывается на приросте живой массы животных, повышая мясную продуктивность в среднем на девятнадцать процентов.

**Ключевые слова:** измельчение, экструдирование, криозаморозка, кормление.

**STUDIES ON THE EFFECT OF EXTRUDED MIXED FODDER OBTAINED WITH PRE-COOLED CRUSHED GRAIN ON PIGLET BODY WEIGHT INCREASE**

Research article

**Antimonov S.<sup>1,\*</sup>, Solovykh S.<sup>2</sup>, Kishkilev S.V.<sup>3</sup>**

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0001-9044-6337;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0003-2262-1863;

<sup>1,2,3</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

\* Corresponding author (antimonov.stas[at]yandex.ru)

**Abstract**

In the article, the specifics of the effect of mixed fodder obtained by different methods on the body weight of piglets are examined. The change in the chemical composition of two samples with the same raw material composition, but with different processing methods – without using frozen raw materials and when using them – was studied. The effect of preliminary cryo-freezing of grain raw materials on the qualitative composition of mixed fodder and its subsequent effect on the digestibility of feed and growth of animals was analysed. It was found that the feeding of the extruded mixed fodder prepared with the use of preliminary frozen raw materials has a positive effect on the body weight gain of animals, increasing the meat productivity by an average of nineteen percent.

**Keywords:** grinding, extruding, cryo-freezing, feeding.

**Введение**

Для каждого вида сырья, в зависимости от его первоначальных структурно-механических свойств, следует предусмотреть оптимальные условия его преобразования, в том числе преобразования химического состава.

Уже давно не обсуждается тот факт, что экструдированные корма имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с сыпучими. Они менее гигроскопичны, а значит – менее подвержены заплесневению, что позволяет увеличить сроки хранения и обеспечить перевозку на значительные расстояния без потери качества. Кроме того, экструзия обеспечивает наибольшую доступность питательных веществ для животных при скармливании, облегчает механическую и ферментативную переработку кормов в пищеварительном канале, а также улучшает вкусовые свойства корма и, соответственно, аппетит у животных. С производственной точки зрения, такой способ изготовления комбикорма достаточно доступен, и экструдеры, на сегодняшний день, широко применяются в комбикормовой промышленности для получения высококачественных экструдированных кормов для сельскохозяйственных животных. В этой области наибольшее применение нашли одношнековые прессы-экструдеры [1], [2], [3].

Преобразования химического состава должны производиться как можно более интенсивно, но при этом не должны нарушать ограничения, накладываемые на технологический процесс, связанные с обеспечением требуемых показателей качества готового экструдированного продукта.

Для преобразования исходного комбикормового сырья, кроме экструзии, возможно использование других технологических операций подготовки зернового сырья и его отходов, позволяющих снизить энергоемкость всего процесса получения корма и получить более качественный и однородный продукт.

Одной из таких операций может являться измельчение сырья перед экструдированием, которое проводят в молотковых или роторных дробилках.

Измельчение – очень энергоемкий процесс. Кроме того, к недостаткам можно отнести получение неоднородного по фракционному составу измельченного сырья со значительным количеством пылевидной фракции. Возникает задача исключения или, по крайней мере, снижения дополнительных энергозатрат, появляющихся с добавлением этой операции в технологическую цепочку.

На кафедре машин и аппаратов химических и пищевых производств Оренбургского государственного университета длительное время проводятся исследования по снижению энергоемкости процесса измельчения, как зернового сырья, так и продуктов его переработки, применяемых в технологии производства рассыпных и экструдированных кормов. Одним из предлагаемых вариантов снижения энергозатрат при измельчении – предварительная заморозка сырья, используя криотехнологии или предложенную авторами же оригинальную конструкции криоизмельчителя [4], [5].

В рамках литературного анализа по данному вопросу было выяснено, что ранее уже проводились исследования влияния низких и высоких температур на механические свойства зерна пшеницы, однако, предназначенной для переработки в муку [6], [7], [8].

Низкие температуры действуют не только на оболочки, но и на весь объем зерна. Если температура зерна отрицательна (минус 10 °С и ниже), то свободная и связанная влага, всегда находящаяся в порах, капиллярах и межклеточных пространствах зерна, превращаясь в лед и расширяясь, расшатывает структуру зерна и ослабляет связи между его составными частями. В результате этого сопротивляемость зерна измельчению снижается. Кроме того, снижение температуры приводит к уменьшению кинетической энергии поступательного движения молекул вещества, снижает их скорость и длину свободного пробега – зерно становится менее вязким и пластичным, увеличивается его хрупкость [6]. Сумма этих двух однозначно действующих факторов (расшатывание структуры и повышение хрупкости зерна) обуславливает резкое уменьшение сопротивляемости зерна измельчению. Исследования также показали, что сопротивляемость зерна измельчению с понижением температур уменьшается [9].

#### **Методы и принципы исследования**

**Цель исследования** состояла в изучении изменения энергетической ценности зернового сырья в процессе экструзионной обработки с использованием базовой и доработанной конструкций измельчителя.

**Объект исследования.** Влияния измельченного с применением отрицательных температур и впоследствии экструдированного комбикорма на мясную продуктивность поросят.

Было изучено изменение химического состава двух образцов одинакового сырьевого состава, но отличающихся способом обработки. Оба образца включали в свой состав: пшеницу – 10%, овёс – 19%, ячмень – 70%, соль поваренная – 1 %. Контрольный образец – кормовой продукт, измельченный на стандартной конструкции дробилки, после – экструдированный. Опытный образец – кормовой продукт, измельченный на доработанной конструкции измельчителя и также экструдированный после этого. Измельчение зернового сырья в данном случае проводили с применением отрицательных температур [10].

Для оценки поедаемости и продуктивности было отобрано 32 поросенка 30-ти дневного возраста, средней массы 8 кг, разница в весе не превышала 5%. Для эксперимента были созданы равные условия по комфорту содержания. Далее, по методу пар-аналогов были сформированы две равные группы. Эксперимент проводили в течение 17 недель.

Производственные эксперименты проведены на базе ПСК «Приуральский», п. Приуральский, Оренбургского района, Оренбургской области.

#### **Основные результаты**

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Анализ изменения химического состава сырья в процессе производства измельченных и экструдированных кормовых продуктов

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.86.1>

| Показатели                               | Химический состав   |                 |
|--|---------------------|-----------------|
|  | Контрольный образец | Опытный образец |
| Сырой протеин, г/кг СВ                   | 133,1 ± 4,98        | 134,7 ± 5,38    |
| Сырая клетчатка, г/кг СВ                 | 59,6 ± 1,24         | 52,4 ± 1,23     |
| Сырой жир, г/кг СВ                       | 28,6 ± 1,16         | 29,0 ± 1,20     |
| Сухое вещество, %                        | 92,0 ± 1,56         | 92,0 ± 1,54     |
| БЭВ, г/кг СВ                             | 672,1               | 677,6           |
| Кормовые единицы, г/кг СВ                | 1,44 ± 0,005        | 1,48 ± 0,005    |
| Концентрация обменной энергии, МДж/кг СВ | 12,62               | 12,88           |
| КПИ ОЭ                                   | 0,442               | 0,451           |
| Аминокислоты, мг на 100 г СВ             |                     |                 |
| Лизин                                    | 435,40 ± 13,81      | 458,48 ± 13,19  |
| Метионин                                 | 220,35 ± 11,67      | 223,52 ± 11,18  |
| Цистин                                   | 324,06 ± 12,62      | 429,48 ± 12,83  |
| Триптофан                                | 186,03 ± 10,51      | 197,04 ± 10,13  |

Для сравнительной оценки образцов комбикормов построена диаграмма, показывающая результаты перевариваемости корма у поросят (по сухому веществу) (рисунок 1).

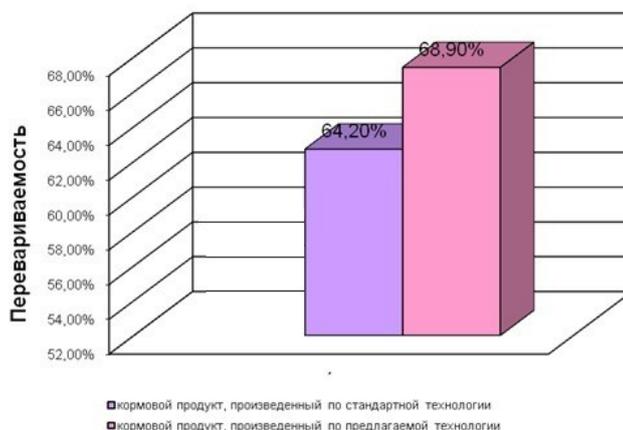


Рисунок 1 - Перевариваемость кормовых продуктов у поросят (по сухому веществу корма)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.86.2>

Показатели роста и развития поросят контролировали индивидуальным еженедельным взвешиванием утром до кормления. По этим данным были построены графики изменения живой массы поросят (рисунок 2), абсолютного прироста живой массы поросят (рисунок 3), среднесуточного прироста живой массы поросят (рисунок 4).

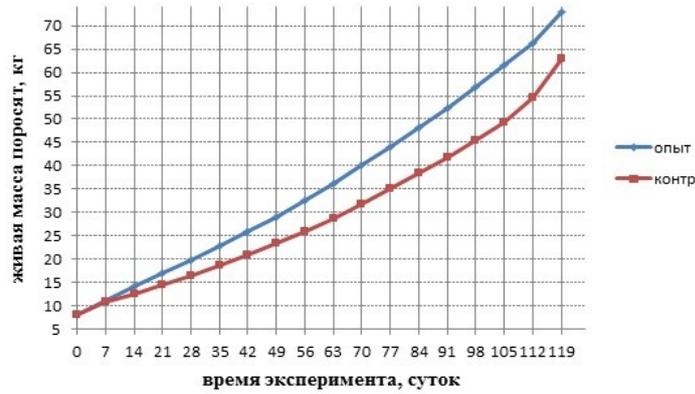


Рисунок 2 - График изменения живой массы поросят  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.86.3>



Рисунок 3 - График абсолютного прироста живой массы поросят  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.86.4>

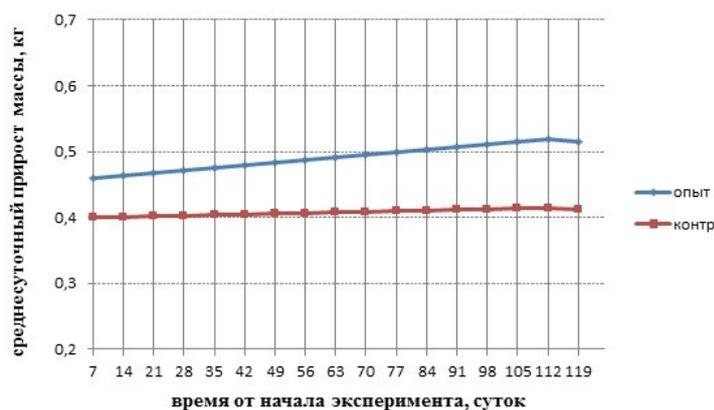


Рисунок 4 - График среднесуточного прироста живой массы поросят  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.86.5>

Из анализа графиков следует, что спустя неделю после начала эксперимента среднесуточный прирост живой массы в опытной группе поросят составил 0,46 кг, в то время как в контрольной группе он составил лишь 0,40 кг на голову.

Также выявлено, что абсолютный прирост живой массы поросят спустя неделю проведения эксперимента в опытной группе так же оказался выше, чем в контрольной группе и составил 3,22 кг против 2,8 кг.

Результаты опыта на конец исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты производственного эксперимента

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.86.6>

| Показатель на конец эксперимента   | Группа          |             |
|------------------------------------|-----------------|-------------|
|                                    | контрольная, кг | опытная, кг |
| Живая масса                        | 63              | 73          |
| Абсолютный прирост живой массы     | 50,4            | 60,1        |
| Среднесуточный прирост живой массы | 0,412           | 0,515       |

Изучая динамику абсолютного прироста поросят за весь период исследования, следует отметить, что абсолютный прирост в опытной группе был выше на 9,7 кг по сравнению с контрольной группой. Среднесуточный прирост живой массы поросят так же оказался выше на всём протяжении опыта. Следовательно, мясная продуктивность опытных животных, рацион которых состоял из измельченного и экструдированного продукта, полученного с применением отрицательных температур на стадии измельчения, была выше на 19,2%, в отличие от контрольных животных, получавших в составе рациона измельченный и экструдированный кормовой продукт, полученный без применения отрицательных температур.

Таким образом установлено, что в течение всего времени проведения эксперимента показатели роста и развития поросят в опытной группе были выше, чем в контрольной группе.

### Заключение

Производственный эксперимент показал, что введение в рацион измельченного и экструдированного комбикорма, полученного с применением отрицательных температур на стадии измельчения, положительно влияет на абсолютные и среднесуточные приросты живой массы поросят.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Экструзионная технология для производства комбикормов // Комбикормовая промышленность. — 2005. — 2. — с. 43.
2. Мартынова Д.В. Разработка математической модели экструзии зернового белково-клетчатко-крахмалосодержащего сырья на шнековом пресс-экструдере. / Д.В. Мартынова, В.П. Попов, С.Ю. Соловых и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2017. — 1(63). — с. 64-67.
3. Неменуца Л.А. Преимущества экструдирования в кормопроизводстве. / Л.А. Неменуца // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции; — Чебоксары: Чувашский ГАУ, 2021. — с. 182-186.
4. Пат. 2517231 Russian Federation, МПК2012152227 В02С 13/00. Дробилка / Попов В.П., Антимонов С.В., Кишкилев С.В. и др.; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. — № 2012152227; заявл. 2012-12-04; опубл. 2014-05-27, — 6 с.
5. Пат. 2215400 Russian Federation, МПК2001107876 В02С 13/18. Дробилка кормов / Коротков В.Г., Соловых С.Ю., Антимонов С.В. и др.; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. — № 2001107876; заявл. 2001-03-23; опубл. 2003-11-10, — 3 с.
6. Егоров Г.А. Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна / Г.А. Егоров — М.: Колос, 1973. — 262 с.
7. Наумов И.А. Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи / И.А. Наумов — М.: Колос, 1975. — 175 с.
8. Сысуев В.А. Кормоприготовительные машины. Теория, разработка, эксперимент: в 2 т.; / В.А. Сысуев, А.В. Алешкин, П.А. Савиных. — Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2008. — Т. 1.
9. Коротков В.Г. Измельчение и охлаждение сырья при получении экструдированных кормов и добавок. / В.Г. Коротков, С.В. Кишкилев, В.П. Попов и др. // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2013. — 3. — с. 17-20.
10. Кишкилев С.В. Технический расчет параметров дробилки для измельчения зернового сырья с применением отрицательных температур. / С.В. Кишкилев, С.В. Антимонов, В.П. Попов и др. // Кормопроизводство. — 2021. — 10. — с. 42-45.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Ekstruzionnaya tekhnologiya dlya proizvodstva kombikormov [Extrusion technology for the production of compound feeds] // *Kombikormovaya promyshlennost'* [Feed industry]. — 2005. — 2. — p. 43. [in Russian]
2. Marty'nova D.V. Razrabotka matematicheskoy modeli e'kstruzii zernovogo belkovo-kletchatko-kraxmalosoderzhashhego sy'r'ya na shnekovom press-e'kstrudere [Development of a mathematical model of extrusion of grain protein-fiber-starch-containing raw materials on a screw press extruder]. / D.V. Marty'nova, V.P. Popov, S.Yu. Solovy'x et al. // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]. — 2017. — 1(63). — p. 64-67. [in Russian]
3. Nemenushhaya L.A. Preimushhestva e'kstrudirovaniya v kormoproizvodstve [Advantages of extrusion in feed production]. / L.A. Nemenushhaya // *Scientific, educational and applied aspects of the production and processing of agricultural products. Collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference*; — Cheboksary': Chuvashskij GAU, 2021. — p. 182-186. [in Russian]
4. Pat. 2517231 Russian Federation, МРК2012152227 В02С 13/00. Drobilka [Crusher] / Попов В.П., Антимонов С.В., Кишкилев С.В. и др.; the applicant and the patentee Orenburg State University. — № 2012152227; appl. 2012-12-04; publ. 2014-05-27, — 6 p. [in Russian]
5. Pat. 2215400 Russian Federation, МРК2001107876 В02С 13/18. Drobilka kormov [Feed Crusher] / Коротков В.Г., Соловых С.Ю., Антимонов С.В. и др.; the applicant and the patentee Orenburg State University. — № 2001107876; appl. 2001-03-23; publ. 2003-11-10, — 3 p. [in Russian]
6. Egorov G.A. Vliyanie tepla i vlagi na processy' pererabotki i xraneniya zerna [Influence of heat and moisture on grain processing and storage processes] / G.A. Egorov — M.: Kolos, 1973. — 262 p. [in Russian]
7. Naumov I.A. Sovershenstvovanie kondicionirovaniya i izmel'cheniya pshenicy' i rzhi [Improvement of conditioning and grinding of wheat and rye] / I.A. Naumov — M.: Kolos, 1975. — 175 p. [in Russian]
8. Sisuev V.A. Kormoprigotovitelnie mashini. Teoriya, razrabotka, eksperiment [Feed preparation machines. Theory, development, experiment]: in 2 vol.; / V.A. Sisuev, A.V. Aleshkin, P.A. Savinikh. — Kirov: Zonal Research Institute of the Northeast, 2008. — Vol. 1. [in Russian]
9. Korotkov V.G. Izmel'chenie i oxlazhdenie sy'r'ya pri poluchenii e'kstrudirovanny'x kormov i dobavok [Grinding and cooling of raw materials in the production of extruded feed and additives]. / V.G. Korotkov, S.V. Kishkilev, V.P. Popov et al. // *Xranenie i pererabotka sel'xozsy'r'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. — 2013. — 3. — p. 17-20. [in Russian]
10. Kishkilev S.V. Texnicheskij raschet parametrov drobilki dlya izmel'cheniya zernovogo sy'r'ya s primeneniem otriczatel'ny'x temperatur [Technical calculation of the parameters of the crusher for grinding grain raw materials using negative temperatures]. / S.V. Kishkilev, S.V. Antimonov, V.P. Popov et al. // *Kormoproizvodstvo* [fodder production]. — 2021. — 10. — p. 42-45. [in Russian]