

# Проектирование и моделирование новых продуктов питания

УДК 632.085.55

DOI: 10.14529/food200204

## ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИКОРМОВ НА ОСНОВЕ КОРМОВОГО ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА

*Ж.С. Алимкулов, М.Т. Велямов, К.Н. Фазылова,  
К.Т. Шаулиева, М.Ж. Бектурсынова*

*ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности»,  
г. Алматы, Казахстан*

Использование комбикормов позволяет сбалансировать потребность животных в питательных и биологически активных веществ. Известно, что при этом более чем на 15...20 % увеличивается продуктивность животных, снижается расход корма на единицу продукции, повышается качество продукции. Расширение ассортимента комбикормов за счет большого количества используемых видов сырья в значительной степени усложняет технологический процесс их получения. С целью получения оптимизационных математических моделей процессов многокомпонентного измельчения сырья проведены факторные эксперименты на дробилках У1-ЕМЛ и ДДМ. В качестве входных параметров (факторов) выступали диаметры отверстий сита в дробилке и содержание кормовых обогатительных концентратов в измельчаемых смесях. В качестве выходных параметров (функций отклика) по всем факторным экспериментам приняты: модуль крупности продуктов измельчения (М), количество мелкой фракции в продуктах измельчения (Р), энергозатраты на измельчения (Э). На комбикормовых предприятиях с двухступенчатым способом производства побочные продукты перерабатывающих предприятий – жмыхи, шроты, отруби – целесообразно вводить в составе кормового обогатительного концентрата (КОК). На дробилке У1-ЕМЛ проведен полный факторный эксперимент типа  $2^2$ . Управляемыми (варьируемыми) факторами являлись: содержание кормового обогатительного концентрата в измельчаемых смесях; диаметр отверстий сита дробилки на первой стадии измельчения. На второй стадии измельчения во всех опытах в дробилке устанавливали сито с диаметром 3 мм (неуправляемый фактор). Установка других сит при этом нецелесообразна по технологическим требованиям (из-за малой разницы в крупности продуктов измельчения).

**Ключевые слова:** комбикорма, кормовой обогатительный концентрат, измельчение, модуль крупности размола, энергозатраты.

### Введение

Комбикормовая промышленность вырабатывает комбикорма практических для всех видов и возрастных групп сельскохозяйственных животных, птицы и рыб. Использование комбикормов позволяет сбалансировать потребность животных в питательных и биологически активных веществ. Известно, что при этом более чем на 15...20 % увеличивается продуктивность животных, снижается расход корма на единицу продукции, повышается качество продукции. Для достижения сбалансированности комбикормов в их состав вводится до 20...25 % биологически активных компонентов [1, 2]. При этом используется большое количество разнообразных видов

полноценного сырья: зерновое и зернобобовое, продукты животного происхождения, побочные продукты различных перерабатывающих отраслей промышленности, минеральное сырье, биологически активные вещества и др. [3–5]. Расширение ассортимента комбикормов за счет большого количества используемых видов сырья в значительной степени усложняет технологический процесс их получения.

Поиск различных форм и схем организации производства комбикормов, направленный на увеличение их производства и улучшение качества, при одновременном снижении удельных капитальных вложений, текущих и транспортных затрат приводит к необ-

## Проектирование и моделирование новых продуктов питания

ходимости строительства комбикормовых цехов небольшой мощности на глубинных хлебоприемных предприятиях, агропромышленных комплексах и фермерских хозяйствах республики [6–9]. Производство комбикормов в этих цехах должно осуществляться на базе местного фуражного зерна, мучнистого сырья и кормового обогатительного концентрата (КОК), вырабатываемого в головных предприятиях (двухступенчатый способ производства) [10, 11].

**Целью работы** является создание научно-практических основ разработки высокоэффективной технологии и двухэтапного способа производства комбикормов, обеспечивающих снижение совокупных приведенных затрат для их производства и повышения качества продукции.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись комбикорма для мясного откорма свиней разного рецептурного состава – КОК 55-К и К-55-1к.

Для мясного откорма свиней в составе КОК 55-К в качестве наполнителя используют

отруби пшеничные в соответствии с рецептурой представленной в табл. 1.

Схема технологического процесса производства КОК55-К состоит из следующих технологических линий: подготовки отрубей, подготовки жмыхов и шротов, подготовки минералов, обогащения премиксами, дозирования и смешивания.

Для мясного откорма свиней в составе К-55-1к наполнителем используют зерно пшеницы и ячменя в соответствии с рецептурой, представленной в табл. 2.

Схема технологического процесса производства комбикормов предусматривает следующие операции:

- дозирование зернового сырья и КОК в соответствии с рецептурой
- очистку зерновой смеси и КОК от металломагнитных примесей;
- многокомпонентное измельчение зерновой смеси и КОК на молотковой дробилке с установкой сит с диаметром отверстий 4 мм;
- смешивание всех компонентов;

Таблица 1

Рецептурный состав КОК 55-К для мясного откорма свиней

№ п/п	Компоненты	Процент ввода
1	Отруби пшеничные	47,1
2	Шрот подсолнечниковый	19,4
3	Жмых льняной	5,0
4	Трикальций фосфат	4,0
5	Мел	9,5
6	Соль	5,0
7	Премикс 51-7	10,0
	Итого:	100,0

Таблица 2

Рецептурный состав комбикорма К-55-1к для мясного откорма свиней

№ п/п	Компоненты	Процент ввода
1	Пшеница	10,0
2	Ячмень	55,0
3	Отруби	20,0
4	Мучка кормовая	5,0
5	КОК	10,0
	Итого:	100,0

– складирование и отпуск готовой продукции.

Физико-технологические свойства готовых продуктов определяют по существующим методикам:

- отбор проб для анализа по ГОСТ 13496.0-80;
- влажность по ГОСТ 13496.3-92;
- гранулометрический состав по ГОСТ 13496.8-72;
- содержание сырого протеина по ГОСТ 13496.4-93;
- содержание сырого жира по ГОСТ 13496.15-97;
- содержание сырой клетчатки по ГОСТ 13496.2-91;
- содержание фосфора по ГОСТ 26657-97;
- содержание кальция по ГОСТ 26570-95;
- расчет обменной энергии – по методическим рекомендациям;
- питательность комбикорма на основе данных химического состава.

Обменную энергию – по энергетическим эквивалентам, перевариваемый протеин с помощью коэффициентов переваримости.

Одним из основных требований, предъявляемых к качеству комбикормов для сельскохозяйственных животных, является их крупность и гранулометрический состав. Для ранних возрастных групп поросят и телят средний размер частиц комбикорма должен быть в пределах 0,7...1,1 мм при наличии сходовой фракции (сито с отверстиями диаметром 2,0 мм) не более 5 % и мучнистой фракции (сито с отверстиями размером 0,2×0,2 мм) не более 25 % [12, 13].

Комбикорма с такими показателями крупности обеспечивают высокую эффективность при скармливании их телятам и поросятам [14, 15].

Традиционная технология производства комбикормов для сельскохозяйственных животных на комбикормовых предприятиях основана на одностадийном процессе измельчения сырья, которое приводит к переизмельчению компонентов, значительному расходу электроэнергии, снижению производительности измельчающего оборудования, и следовательно, предприятия в целом [16, 17].

Известно, что перспективным технологическим приемом является двухстадийное измельчение сырья с промежуточным просеиванием, способствующее увеличению произво-

дительности измельчающего оборудования, снижению энергозатрат и гарантирующее производство продуктов измельчения требуемой крупности [18–20].

#### Результаты и их обсуждение

При проведенных исследований содержание КОК в измельчаемых смесях принято в пределах 10...50 %, что наиболее часто имеет место при производстве комбикормов. Диаметры отверстий сит дробилки на первой стадии измельчения приняты 1 и 4 мм. Диаметры отверстий сит на второй стадии измельчения приняты 6 и 4 мм, так как в этих пределах они употребляются на практике для получения продуктов крупного и среднего размола. На дробилке ДДМ проведено два полных факторных эксперимента: типа  $2^3$  при содержании КОКа 10...30 % и типа  $2^2$  при его содержании 30...50 %.

Варьируемыми для полного факторного эксперимента (ПФЭ) типа  $2^3$  являлись:

$X_1$  – содержание КОКа в смесях;

$X_2$  – диаметр отверстий сита дробилки на первой стадии измельчения;

$X_3$  – диаметр отверстий сита дробилки на второй стадии измельчения.

Для ПФЭ типа  $2^2$  варьируемыми факторами были:

$X_1$  – содержание КОКа в смесях;

$X_2$  – диаметр отверстий сита на второй стадии измельчения.

Диаметр отверстий сита на первой стадии измельчения во всех опытах ПФЭ типа  $2^2$  принят 8 мм.

Уровни варьирования факторов в опытах ПФЭ типа  $2^3$  и  $2^2$  на дробилке ДДМ приведены в табл. 3.

Матрицы планирования и результаты опытов ПФЭ типа  $2^3$  и  $2^2$  приведены в табл. 4 и 5.

Математическая обработка результатов опытов показала, что процесс воспроизводим и линейные модели адекватны для всех функций отклика, кроме  $Y_1$  (модуль крупности продуктов измельчения) для ПФЭ типа  $2^3$ . После отбрасывания остальных незначимых коэффициентов регрессии оптимизационные математические модели процесса выражаются уравнениями:

ПФЭ типа  $2^3$

модуль крупности

$$Y_1 = 1,3125 - 0,0875X_1 + 0,2775X_2 + 0,0975X_3 + 0,0975X_2X_3;$$

Таблица 3

Уровни варьирования факторов в опытах ПФЭ типа 2<sup>3</sup> и 2<sup>2</sup>

Уровень	ПФЭ типа 2 <sup>3</sup>			ПФЭ типа 2 <sup>2</sup>	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
Нулевой (0)	20	6	5	40	5
Интервал варьирования	10	2	1	10	1
Нижний (-)	10	4	4	30	4
Верхний (+)	30	8	6	50	6

Таблица 4

Матрица планирования и результаты опытов ПФЭ типа 2<sup>3</sup>

Опыты	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
1	-	-	-	+	+	+	-	1,12	66,4	8,8
2	+	-	-	-	-	+	+	0,95	69,6	7,2
3	-	+	-	-	+	-	+	1,46	39,6	6,9
4	+	+	-	+	-	-	-	1,33	46,6	5,4
5	-	-	+	+	-	-	+	1,12	66,4	8,8
6	+	-	+	-	+	-	-	0,95	69,6	7,2
7	-	+	+	-	-	+	-	1,90	31,1	4,6
8	+	+	+	+	+	+	+	1,67	42,3	3,6

Таблица 5

Матрица планирования и результаты опытов ПФЭ типа 2<sup>2</sup>

Опыты	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
1	-	-	+	1,33	46,6	5,4
2	+	-	-	1,12	61,2	4,2
3	-	+	-	1,67	46,2	3,6
4	+	+	+	1,36	57,4	2,9

мелкая фракция

$$Y_2 = 54,1875 + 3,3125 X_1 - 13,8125 X_2 - 1,8625 X_3 - 1,8625 X_2 X_3;$$

энергозатраты

$$Y_3 = 6,5625 - 0,7125 X_1 - 1,4375 X_2 - 0,5175 X_3.$$

ПФЭ типа 2<sup>2</sup>

модуль крупности

$$Y_1 = 1,37 - 0,13 X_1 + 0,145 X_2;$$

мелкая фракция

$$Y_2 = 52,35 + 6,95 X_1;$$

энергозатраты

$$Y_3 = 4,025 - 0,775 X_2.$$

Полученные математические модели согласуются с результатами лабораторных исследований. Как видно из уравнений, при со-

держании КОКа в измельчаемых смесях до 30 % наибольшее влияние на все функции отклика оказывает фактор X<sub>2</sub> (диаметр отверстий сита на первой стадии измельчения). При количестве КОКа свыше 30 % содержание мелкой фракции в продуктах измельчения практически зависит только от содержания КОКа в измельчаемых смесях, а на энергозатраты оказывает влияние диаметр отверстий сита дробилки. Результаты факторных экспериментов подтверждают вывод о том, что при содержании КОКа в измельчаемых смесях до 30 % можно применять одностадийное измельчение, а при большем его содержании следует применять двухстадийное измельчение.

### Заключение

При достаточно больших размерах отверстий сита в дробилке переизмельчение при совместном многокомпонентном измельчении можно свести к минимуму. Для выработки крупного комбикорма возможно применение одностадийного измельчения, для более мелкого предполагается двухстадийное измельчение.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Материалы подготовлены в рамках выполнения проекта программно целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан в составе научно-технической программы 0.0875 «Обеспечение технологического развития предприятий крахмала-паточной, масложировой, комбикормовой, сахарной отраслей АПК на основе инновационных технологий хранения и переработки растениеводческого сырья» по бюджетной программе 267 «Повышение доступности знаний и научных исследований».

### Литература

1. Алимкулов Ж.С., Егоров В.А. Использование новых видов сырья для производства комбикормов // *Материалы международной научно-технической конференции «Проблемы стабилизации и развития сельского хозяйства Казахстана, Сибири и Монголии»*. – Алматы, 2000. – С. 337–338.
2. Алимкулов Ж.С., Султанова М. Ж. Исследование эффективности использования комбикормов про биотического действия сельскохозяйственным животным // *Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в производстве, переработке и хранении продукции сельского хозяйства»*. – Астана, 2009. – С. 121–128.
3. Елемесов К.Е., Кинеев М.А., Жазылбеков Н.А., Альжанов Ш.Д. Современное состояние и перспективы развития кормовой базы животноводства республики в условиях многоукладной экономики // *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. – 2002. – № 5. – С. 36–38.
4. Рыжов С. Производство комбикормов в новой системе технологий и машин // *Комбикормовая промышленность*. – М., 1997. – № 8. – С. 16–19.
5. Климко В.М., Алимкулов Ж.С., Изтаев А.И. Физико-технологические свойства кормовых обогатительных концентратов (КОК) с различными наполнителями и их изменение при хранении // *Пищевая технология и сервис*. – 1999. – № 2. – С. 7–10.
6. Орлов А.И. Современное состояние и перспективы развития технологии производства комбикормов // *Труды ЗАО «ВНИИКП»*. – Вып. 37. – М., 1997. – С. 23–28.
7. Зимин С. Комбикормовая промышленность: рынок и сырье // *Комбикорма*. – М., 2000. – № 8. – С. 2–4.
8. Жирембаева Г.М., Тауханова С.С., Изтаев А.И., Алимкулов Ж.С. Усовершенствованная технология производства комбикормов // *Пищевая технология и сервис*. – 2018. – № 1. – С. 43–47.
9. Столяров Г. Сбалансированные комбикорма – залог высокопродуктивного животноводства // *Комбикорма*. – М., 2002. – № 3. – С. 41–42.
10. Ковалев А. От корма к конечному продукту // *Комбикорма*. – М., 2002. – № 7. – С. 37–39.
11. Шевчик П.П. *Зерновой рынок Казахстана: Состояние, проблемы и тенденции развития*. – Алматы: Ату, 2003. – 218 с.
12. Калиев Г.А. *Аграрные проблемы на рубеже веков*. – Алматы: РГП «НИИЭАПК и РСР», 2003. – 257 с.
13. Черняев Н.П. *Производство комбикормов*. – М.: Агропромиздат, 1989. – 25 с.
14. Дудикова Г.Н., Тулемисова К.А. Препарат пробиотического действия для животноводства // *Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции*. – 2017. – № 10. – С. 25–26.
15. Шереметьев В.Г. Использование нетрадиционных кормов в Швеции // *Животноводство*. – 2014. – № 3. – С. 57–58.
16. Уланова Р. Получение дрожжевой белковой добавки // *Комбикорма*. – 2001. – № 6. – С. 17.
17. Феофанов В.Н., Егоров В.А., Алимкулов Ж.С. Производство комбикормов для сельскохозяйственных животных по двухступенчатой схеме в Казахской ССР // *ЦНИИТЭИ Минхлебопродукта СССР, ЭИ, сер: Комбикормовая промышленность*. – М., 1987. – Вып.1. – 16 с.
18. Алимкулов Ж.С., Феофанов В.Н., Егоров В.А. Производство комбикормов для сельскохозяйственных животных на базе кормо-

вого обогатительного концентрата. – Кайнар, Алматы, 1987. – 16 с.

19. Орлов А.И. Современное состояние и перспективы развития технологии производства комбикормов // Труды ВНИИКП. –

М., 1985. – Вып. 26. – С. 47–53.

20. Глебов Л., Гамзаев Г. Гранулометрический состав измельченного зерна. // Комбикормовая промышленность. – М., 1997. – № 8. – С. 15.

**Алимкулов Жексенкулов Сарманкулович**, д.т.н, профессор, заведующий лабораторией технологии зернопродуктов и комбикормов, ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Алматы).

**Велямов Масимжан Турсунович**, д-р биол. наук, профессор, заведующий лабораторией биотехнологии, качества и пищевой безопасности, ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Алматы), vmasim58@mail.ru

**Фазылова Кулдариха Найрахмановна**, старший научный сотрудник лаборатории технологии хлебопекарного производства, ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Алматы), dariganairahmanovna@mail.ru

**Шаулиева Кыздыгой Турлыкбековна**, научный сотрудник лаборатории технологии хлебопекарного производства, ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности», (Казахстан, г. Алматы), gayhap1979@mail.ru

**Бектурсунова Мая Жумадиловна**, старший научный сотрудник лаборатории технологии зернопродуктов и комбикормов, ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Алматы), bek\_maya@mail.ru

*Поступила в редакцию 27 марта 2020 г.*

---

DOI: 10.14529/food200204

### OPTIMIZATION MATHEMATICAL MODELS OF RAW MATERIAL CRUSHING IN THE PRODUCTION OF COMPOUND FEEDS BASED ON ENRICHING FEED CONCENTRATE

**Zh.S. Alimkulov, M.T. Veliamov, K.N. Fazylova,  
K.T. Shauliyeva, M.J. Bektursunova**

*LLP “Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry”, Almaty, Kazakhstan*

The use of compound feeds allows to balance the animal needs for nutrients and biologically active substances. It is known that in this case, animal productivity increases by more than 15 ... 20%, feed consumption per unit of production decreases, and product quality increases. Expanding the range of compound feeds due to the large number of raw materials used, the technological process of their production is significantly complicated. In order to obtain optimization mathematical models of the processes of multicomponent raw material grinding, factor experiments were conducted on crushers U1-EML and DDM. The input parameters (factors) were the diameters of the sieve holes in the grinder and the content of feed enrichment concentrates in the crushed mixtures. As output parameters (response functions) for all factor experiments are accepted: the modulus of fineness of the grinding products (M), the amount of fine fraction in the grinding products (P), energy consumption for grinding (E). At mixed-feed plants with a two-stage production method, the by-products of processing enterprises – oilcake, meal, bran, – it is advisable to introduce as part of the feed enrichment concentrate (FEC). A complete factorial experiment of type 2<sup>2</sup> was carried out on the U1-EML grinder. The controlled (variable) factors were: the content of the feed enrichment concentrate in the crushed mixtures; the diameter of the sieve holes of the grinder in the first stage. At the second stage of grinding in all experiments, a sieve with a diameter of 3 mm was installed in the crusher (an uncontrolled factor). The installation of other sieves is impractical due to technological requirements (the small difference in the size of the grinding products).

**Keywords:** mixed Feed, enriching feed concentrate, crushing, modulus size of crushing, the energy.

### References

1. Alimkulov Zh.S., Egorov V.A. [The use of new types of raw materials for the production of animal feed]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Problemy stabilizatsii i razvitiya sel'skogo khozyaystva Kazakhstana, Sibiri i Mongolii* [Materials of the international scientific and technical conference “Problems of stabilization and development of agriculture in Kazakhstan, Siberia and Mongolia”]. Almaty, 2000, p. 337–338. (in Russ.)
2. Alimkulov Zh.S., Sultanova M.Zh. [The study of the effectiveness of the use of animal feed about the biotic action of agricultural animals]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno – prakticheskoy konferentsii «Innovatsionnye podkhody v proizvodstve, pererabotke i khranении produktsii sel'skogo khozyaystva»* [Materials of the international scientific and practical conference “Innovative approaches in the production, processing and storage of agricultural products”]. Astana, 2009, pp. 121–128. (in Russ.)
3. Yelemesov K.E., Kineev M.A., Zhazylybekov N.A., Alzhanov Sh.D. [Current state and prospects of development of the livestock feed base of the Republic in the conditions of a multi-layered economy]. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki Kazakhstana* [Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan], 2002, no. 5, pp. 36–38. (in Russ.)
4. Ryzhov S. [Production of compound feeds in a new system of technologies and machines]. *Kombikormovaya promyshlennost'* [Compound Feed Industry], 1997, no. 8, pp. 16–19. (in Russ.)
5. Klimko V.M., Alimkulov Zh.S., Iztaev A.I. [Physical and technological properties of feed processing concentrates (KOC) with various fillers and their changes during storage]. *Pishchevaya tekhnologiya i servis* [Food technology and service], 1999, no. 2, pp. 7–10. (in Russ.)
6. Orlov A.I. [Modern state and prospects of development of technology of production of compound feeds]. *Trudy ZAO «VNIKP»* [Proceedings of JSC “VNIKP”], 1997, vol. 37, pp. 23–28. (in Russ.)
7. Zimin S. [Compound Feed industry: market and raw materials]. *Kombikorma* [Compound Feed], 2000, no. 8, pp. 2–4. (in Russ.)
8. Zhirenbayeva G.M., Tarkhanova S.S., Iztaev A.I., Alimkulov Zh.S. [Improved technology of compound feed production]. *Pishchevaya tekhnologiya i servis* [Food technology and service], 2018, no. 1, pp. 43–47. (in Russ.)
9. Stolyarov G. [Balanced compound feed-the key to highly productive livestock]. *Kombikorma* [Compound Feed], 2002, no. 3, pp. 41–42. (in Russ.)
10. Kovalev A. [From feed to final product]. *Kombikorma* [Compound Feed], 2002, no. 7, pp. 37–39. (in Russ.)
11. Shevchik P. *Zernovoy rynek Kazakhstana: Sostoyanie, problemy i tendentsii razvitiya* [Grain market of Kazakhstan: State, problems and development trends]. Almaty, 2003. 218 p.
12. Kaliev G.A. *Agrarnye problemy na rubezhe vekov* [Agrarian problems at the turn of the century]. Almaty, 2003. 257 p.
13. Chernyaev N.P. *Proizvodstvo kombikormov* [Production of compound feeds]. Moscow, 1989. 25 p.
14. Dudikova G.N., Tulemisova K.A. [Drug of probiotic action for animal husbandry]. *Khraneniye i pererabotka sel'skokhozyaystvennoy produktsii* [Storage and processing of agricultural products], 2017, no. 10, pp. 25–26. (in Russ.)
15. Sheremetiev V.G. [Use of non-traditional feed in Sweden]. *Zhivotnovodstvo* [Animal Husbandry], 2014, no. 3, pp. 57–58. (in Russ.)
16. Ulanova R. [Getting a yeast protein Supplement]. *Kombikorma* [Compound Feed], 2001, no. 6, pp. 17. (in Russ.)
17. Feofanov V.N., Egorov V.A., Alimkulov Zh.S. [Production of compound feeds for farm animals according to a two-stage scheme in the Kazakh SSR]. *TsNIITEI Minkhleboprodukta SSSR, EI, ser: Kombikormovaya promyshlennost'*, 1987, vol. 1, p. 16. (in Russ.)

## Проектирование и моделирование новых продуктов питания

---

18. Alimkulov Zh.S., Feofanov V.N., Egorov V.A. *Proizvodstvo kombikormov dlya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh na baze kormovogo obogatitel'nogo kontsentrata* [Production of compound feeds for farm animals on the basis of feed concentrating concentrate]. Kainar, Almaty, 1987. 16 p.

19. Orlov A.I. [Modern state and prospects of development of technology of production of compound feeds]. *Trudy VNIKIP* [Proceedings of VNIKIP], 1985, vol. 26, pp. 47–53. (in Russ.)

20. Glebov L., Gamzaev G. [Granulometric composition of crushed grain]. *Kombikormovaya promyshlennost'* [Feed industry], 1997, no. 8, p. 15. (in Russ.)

**Zh. S. Alimkulov**, doctor of engineering, professor, head of laboratory of technology of grain products and compound feeds, LLP “Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry”, Kazakhstan, Almaty.

**Masimzhan T. Velyamov**, dr. biol. Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Biotechnology, Quality and Food Safety, LLP “Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry”, Kazakhstan, Almaty, vmasim58@mail.ru

**Kuldarikha N. Fazylova**, Senior Researcher at the laboratory of bakery production technology, LLP “Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry”, Kazakhstan, Almaty, dariganairahmanovna@mail.ru

**Kyzdygoy. T. Shauliyeva**, Researcher at the laboratory of bakery production technology, LLP “Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry”, Kazakhstan, Almaty, gayhap1979@mail.ru

**Maya. J. Bektursunova**, Senior Researcher at the laboratory of technology of grain products and compound feeds, LLP “Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry”, Kazakhstan, Almaty, bek\_maya@mail.ru

*Received March 27, 2020*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Оптимизационные математические модели измельчения сырья при производстве комбикормов на основе кормового обогатительного концентрата / Ж.С. Алимкулов, М.Т. Велямов, К.Н. Фазылова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т. 8, № 2. – С. 29–36. DOI: 10.14529/food200204

### FOR CITATION

Alimkulov Zh.S., Veliyamov M.T., Fazylova K.N., Shauliyeva K.T., Bektursunova M.J. Optimization Mathematical Models of Raw Material Crushing in the Production of Compound Feeds Based on Enriching Feed Concentrate. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 29–36. (in Russ.) DOI: 10.14529/food200204