

# Пищевая биотехнология

---

УДК 579.676:636.084.55

Доцент А.В. Гребенщиков, соискатель Н.Н. Казаков  
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра пищевой биотехнологии и переработки  
животного и рыбного сырья, тел. (473) 255-37-51

## Информационные технологии в производстве мясных кормов для животных

Современная наука по кормлению сельскохозяйственных животных утверждает, что эффективным может быть лишь рацион, сбалансированный по всем значимым компонентам питания, которые отражены в нормах кормления. Современные информационные технологии позволяют разработать систему показателей, использование которых увеличивает эффективность рационов.

The modern science of feeding of agricultural animals argues that could be effective only diet, balanced on all significant components of power, which are reflected in the norms of feeding. Modern information technologies allow us to develop a system of indicators, the use of which allows to increase the efficiency of diets.

*Ключевые слова:* малоценное сырье, мясная отрасль, корма для животных, промышленное производство, белково- витаминно-минеральная добавка.

На мировом рынке программных продуктов предлагаются десятки программ для расчёта рационов, базирующихся на общем методическом принципе, сформулированном в середине прошлого столетия: «Добиться минимальной стоимости рациона при обеспечении заданной питательности», где питательность устанавливается через задание интервалов допустимых значений компонентов и учитываемых соотношений [1, 2, 3].

Прогрессивный в своё время методический подход к расчёту рационов на сегодняшний день не обеспечивает требований современной науки по кормлению животных, так как не позволяет выполнить экономический анализ издержек и потерь, вызываемых несбалансированностью рационов.

С целью устранения противоречий между традиционной методикой оптимизации рационов и современной теорией кормления животных, учитывающей экономические критерии при оценке качества кормления, авторами программ КОРАЛЛ разработана методика оптимизации рационов и кормосмесей, при которой решаемая задача формулируется так:

«Из заданного набора кормов и кормовых добавок составить рацион, обеспечивающий наибольшую экономическую эффективность при текущих (прогнозируемых) ценах на продукцию, корма и животных».

Программы по кормлению характеризуются рядом принципиально новых качеств.

- Расчет и учет потерь, вызываемых дисбалансом.
- Общая оценка сбалансированности рациона.
- Критерии оптимизации (без ограничений и с ограничениями на компоненты питания): максимальная прибыль, сбалансированность, рентабельность, продуктивность; минимальная стоимость рациона при заданной сбалансированности; максимальная прибыль при заданной сбалансированности, стоимости рациона, продуктивности.
- Контроль плана расходования кормов через экономическую оценку отклонений масс кормов в рационе от плана.
- Комплексный зоотехнический и экономический анализ рационов.
- Комплексная оптимизация рационов, комбикормов и кормовых добавок.
- Расчет предельной и оптимальной цен кормового продукта.

Набор экономических критериев оптимизации рационов в программах КОРАЛЛ позволяет гибко настраивать процесс кормления животных таким образом, чтобы добиваться максимальной эффективности производства при различных производственных и экономических ситуациях.

Для формирования кормового плана отмечаются заявки, которые должны входить в кормовой план и указывать период расчета.

В результате расчёта формируется список дней кормового плана на заданный период, где для каждого дня указывается потребность в кормах, и по каждому корму показано, в каких заявках этот корм используется и в каких количествах.

Таким образом, можно оценить динамику потребления различных кормов, входящих в заявки.

На следующем шаге расчёта определяется суммарная потребность в кормах на период расчета. Сравниваются требуемые количества с текущим наличием на складе, выводятся значения остатков и дефицита по каждому корму.

Для каждого корма формируется динамика расхода по дням кормового плана.

Следующим этапом моделирования является структурирование групп кормов при расчете рационов и комбикормов.

Решение этой задачи обеспечивается специальной функцией, при использовании которой перед расчетом рациона или комбикорма предварительно задаётся структура группы кормов - указывается диапазон процентного содержания в группе каждого из выделенных кормов. При оптимизации рациона или комбикорма заданная структура будет соблюдаться.

Отмечаются корма, включаемые в группу структурируемых кормов. Затем вводятся границы диапазона процентного содержания каждого корма в группе кормов.

В программах КОРАЛЛ-Кормление анализ рассчитанного или заданного вручную рациона может выполняться в нескольких разрезах.

Началом анализа рациона являются первичные данные о его составе. Помимо кормов, имеющихся в наличии или запланированных к закупке, в составе рациона могут присутствовать составляющие премикса россыпью (ингредиенты премикса), идеально дополняющие питательность основных кормов до требуемых норм (рис. 1).

На основе этих ингредиентов можно сформировать адресный рецепт премикса с последующей распечаткой его питательности, состава и заявки на изготовление требуемого количества.

Состав	З	мин, кг	Макс, кг	Стоимость, руб	Макс. прибыль
Кормовый концентрат	3,575	0,000	4,000 кг	4,000	4,24
Зерно пшеница	2,897	0,000	1,132 кг	3,952	1,13
Минерал витаминная	2,382	0,000	1,000 кг	1,000	0,00
Пшеница 1 годная	9,743	0,000	4,000 кг	15,542	0,00
Силоса люцерновый	21,363	0,000	0,900 кг	15,246	0,00
Субпродукты коровье	54,277	0,000	22,705 кг	13,671	0,00
Меласса А	0,000	0,000	393,915 кг	0,201	0,00
Меласса В	0,000	0,000	25,318 кг	0,000	0,00
Мел. красочный	0,000	0,000	8,203 кг	0,006	0,00
Кормовый концентрат 18%	0,000	0,000	2,536 кг	0,000	0,00
Кормовый концентрат	0,000	0,000	305,191 кг	0,000	0,00
Меласса	0,007	0,000	3,094 г	0,216	0,00
Мел. сахарно-кормовый	0,000	0,000	11,541 кг	0,012	0,00
Мел. сахарно-кормовый	0,003	0,000	1,251 г	0,001	0,00

Рис. 1. Состав рациона по кормам

Соответствие питательности рациона рекомендуемым или задаваемым перед расчетом нормам показывают диаграммы сбалансированности по компонентам и соотношениям (рис. 2.). Влияние дисбаланса проявляется в возникновении различного вида потерь, снижающих эффективность использования рациона. По дисбалансу рациона программа рассчитывает потери, связанные с отклонением от нормы каждого компонента и соотношения.

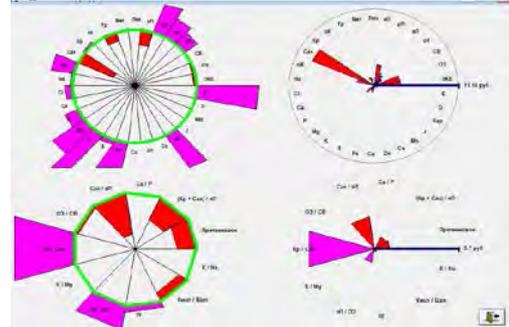


Рис. 2. Сбалансированность и потери по дисбалансу компонентов и соотношений

При анализе рациона поддерживаются и традиционные способы отражения питательности рациона - представление в виде таблиц (рис. 3 - 4).

Наименование	Расчет	Норма	Отклонение
Всё клетчаточное сырье	11,000	10,200	0,800
Витаминизированный концентрат	170,8821	183,5470	-12,665
Сухое вещество	18,2956	18,3980	-0,010
Сырой протеин	2275,7768	2434,4405	-158,663
Перевариваемый протеин	2038,5488	1686,4549	352,094
Растворимый протеин	2184,5932	1682,2782	502,315
Нерастворимый протеин	814,2220	881,2204	-66,998
Липиды	121,5695	121,5695	0,000
Меласса	59,3916	59,2618	0,129
Силос люцерновый	39,6620	43,5705	-3,908
Силос кукурузный	4194,7180	4191,0574	3,661
Силоса	3127,6888	2978,3864	149,302
Силоса	145,8720	1710,5149	-1,563
Сырой жир	666,3460	589,8798	76,466
Натрий	33,8622	33,6640	0,198
Хлор	30,5548	64,2276	-33,673
Кальций	114,8770	112,0890	2,788
Магний	82,4552	80,6180	1,837
Медь	45,6446	28,4193	17,225
Кобальт	280,3474	112,4950	167,852
Сера	32,2768	32,2768	0,000
Железо	4751,2588	1261,6376	3489,621
Минер.	150,2664	145,6563	4,610
Цинк	1032,6363	1032,6363	0,000
Кобальт	11,9960	11,9960	0,000
Марганец	1440,0840	1037,6303	402,454
Иод	13,7440	13,7440	0,000
Каротин	790,1952	790,1952	0,000

Рис. 3. Таблица питательности рациона по компонентам

Наименование	План	Факт	Отклонение
Углеводы (г/кг)	2.512	4.67%	-0.11
Углеводы (г/кг)	1.832	2.512	0.68
Кальций/Фосфор	1.2078	1.2078	0.00
Селен/Кремний	0.3156	1.0042	-0.69
Цинк/Медь	9.2405	9.0902	0.15
Кремний/Селен	4.232	1.9026	2.33
Кальций/Магний	4.1827	4.1827	0.00
Органический протеин/Энергия	11.5003	3.2123	8.29
Витамин	53.5963	50.0000	3.59
Кислотность	0.6522	0.8432	-0.19
Кальций/Натрий	3.4747	3.4742	0.00

Рис. 4. Таблица соотношений компонентов рациона

Отклонение содержания компонента рациона от нормы в большую или меньшую сторону приводит к различным нарушениям.

Эффективность рассчитанного рациона можно оценить на основе системы зоотехнических и экономических показателей, по которым дается экономическая и зоотехническая оценка рациона, определяется структура стоимостных показателей - прибыли и потерь (рис. 5 - 7).

Критерий оптимизации	Макс. сбалансированность	Структура
Стоимость рациона	63.96 руб	Структура
Цена кормов	1.622 руб / кг	Структура
Сбалансированность	79.99 %	
Потери по дисбалансу	31.83 руб / (гол * сут)	
Прибыль	56.39 руб / (гол * сут)	
Уровень рентабельности	74.53 %	
Стоимость продукции, обеспечиваемой рационом	132.96 руб / (гол * сут)	

Рис. 5. Эффективность рациона

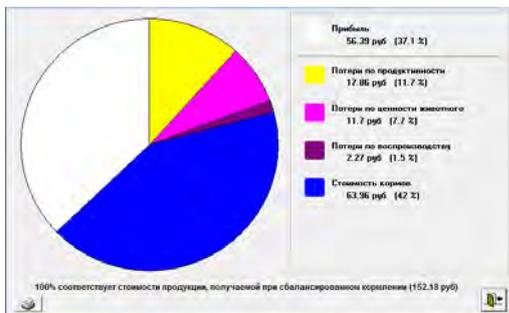


Рис. 6. Структура стоимостных показателей

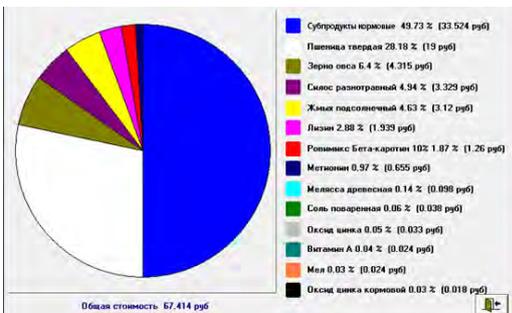


Рис. 7. Структура стоимости рациона по составу

По каждому из нормируемых компонентов питания выполняется анализ по содержанию данного компонента в кормах рациона (рис. 8).

Такой анализ необходим в случае поиска корма, содержание компонента в котором максимально и должно быть ограничено в рационе.



Рис. 8. Содержание компонента питания «Крахмал» в кормах

При планировании рационов задается план расхода по кормам, входящим в рацион, т.е. задать норму скармливания по корму. При этом по результатам расчета программа анализирует отклонения расхода корма от заданной нормы и показывает это на графике (рис. 9).



Рис. 9. Отклонение фактического расходования кормов от планового

Результат моделирования рецептуры предлагаемого корма представлен в табл. 1. При сравнении данных полученной мясной основы и норм безопасности видно, что по целому ряду показателей выявляются недостатки, которые могут быть устранены путем введения комплексной белково-витаминно-минеральной добавки в готовую мясную основу.

Т а б л и ц а 1

Характеристика модельного корма по ряду нутриентов

Показатели	Нормы по требованиям безопасности	Мясорастительный корм для собак
Влага, %	-	72,6
Жир, не более, %	5	5,0
Белок, не менее, %	18	19,1
Углеводы, %	-	4,3
Витамин А, МЕ/кг	5000	5450
Витамин Д, МЕ/кг	500	521
Витамин Е, МЕ/кг	50	56
Кальций, %	0,6	1,2
Фосфор, %	0,5	0,53
Железо, мг/кг	80	63
Медь, мг/кг	7,3	5,8
Йод, мг/кг	1,5	0,65
Энергетическая ценность, Ккал/100 г	-	137,2

Формирование рецептов премиксов на основе оптимизации рационов выполняли в программе КОРАЛЛ следующим образом.

При выборе кормов для расчёта рационов дополняли список кормов списком элементов премикса – микроэлементов и витаминов, или списком ингредиентов премикса – солей и концентратов, содержащих микроэлементы и витамины.

После этого выполняли расчёт оптимального рациона по заданному критерию оптимизации. На рис. 10 представлены результаты расчёта рациона с элементами премикса для племенного кобеля.

Наименование	Σ	мин, кг	Расчет
Дицальцийфосфат	0,304	0,000	100,480 г
Зерно кукурузы	5,634	0,000	2,016 кг
Зерно ячменя	5,884	0,000	2,084 кг
Патока кормовая	6,312	0,000	2,226 кг
Сено разнотравно-злаково-бобовое	16,945	0,000	6,000 кг
Силос разнотравный	61,815	0,000	21,888 кг
Соль поваренная	0,044	0,000	15,600 г
Шрот рапсовый	2,745	0,000	972,000 г
Витамин А	0,000	0,000	270,745 мг
Витамин Д	0,000	0,000	0,000 мг
Витамин Е	0,000	0,000	5,000 мг
Иод	0,001	0,000	277,889 мг
Кобальт	0,000	0,000	5,009 мг
Железо	0,108	0,000	38,222 г
Медь	0,000	0,000	59,542 мг
Митгаван	0,076	0,000	26,819 г
Триптофан	0,068	0,000	24,082 г
Цинк	0,001	0,000	436,987 мг

Рис. 10. Рецепт рациона с элементами премикса, оптимизированного по критерию «Максимальная сбалансированность»

Сформированным таким образом премиксом дополняется справочник кормов программы, и далее премикс может быть использован при расчете других рационов. Состав премикса может быть распечатан. Этот рецепт используется для оформления заказа на изготовление. С учётом рассчитанного премикса сохраняется рецепт рациона (рис. 11).

Состав	%
Дицальцийфосфат	0.304
Зерно кукурузы	5.651
Зерно ячменя	5.840
Патока кормовая	6.265
ПР лак-18 заказной 1%	1.000
Сено разнотравно-злаково-бобовое	16.818
Силос разнотравный	61.352
Соль поваренная	0.044
Шрот рапсовый	2.725

Влажность: 53.01 %

Рис. 11. Рецепт рациона с включением рассчитанного премикса

На рис. 12 приведён результат расчёта рациона, аналогичного рассмотренному, но при дополнении основных кормов не элементами, а ингредиентами премикса.

Исходный набор	Σ	мин, кг	Расчет	макс
Дицальцийфосфат	0,304	0,000	100,480 г	
Зерно кукурузы	5,634	0,000	2,016 кг	
Зерно ячменя	5,884	0,000	2,084 кг	
Патока кормовая	6,312	0,000	2,226 кг	
Сено разнотравно-злаково-бобовое	16,945	0,000	6,000 кг	
Силос разнотравный	61,815	0,000	21,888 кг	
Соль поваренная	0,044	0,000	15,600 г	
Шрот рапсовый	2,745	0,000	972,000 г	
Витамин А	0,000	0,000	447,265 мг	
Витамин Д	0,000	0,000	21,796 мг	
Иод адистиллированный	0,000	0,000	6,041 мг	
Кобальт элементарный	0,000	0,000	21,100 мг	
Железо	0,105	0,000	36,024 г	
Иод элементарный	0,001	0,000	229,024 мг	
Митгаван	0,072	0,000	25,203 г	
Полоса цинка элементарного	0,003	0,000	1,201 г	
Раммингс Бета каротин 10%	0,002	0,000	534,120 мг	

Влажность: 52.84 %      Масса: 35,143 кг

Рис. 12. Рецепт рациона с ингредиентами премикса, оптимизированного по критерию «Максимальная сбалансированность»

Раскрывается очередное диалоговое окно (рис. 13), в котором выполняется расчёт цены премикса. По щелчку на кнопке «Сохранить» рецепт премикса сохраняется для последующего анализа и печати и заносится в справочник «Корма».

С учётом рассчитанного премикса сохраняется рецепт рациона (рис. 14).

Статья	Вклад в цену
Производственные потери	0,300 руб
Грануляция	0,600 руб
Плановые издержки	7,593 руб
Процент за кредит	7,821 руб
Прибыль	0,020 руб

Итого: 49,554 руб / кг

Рис. 13. Расчёт цены премикса

Рацион		Примечания	Исходные данные	Производственное задание
по названию		по группе		
Состав		%		
Дикальцийфосфат		0.298		
Зерно кукурузы		7.051		
Зерно ячменя		4.003		
Патока кормовая		6.466		
ПР лак-18 ингр 0.5%		0.500		
Сено разнотравно-злаково-бобовое		16.090		
Силос разнотравный		62.074		
Соль поваренная		0.044		
Шрот рапсовый		3.471		
Влажность		52.99 %		
Корм	Сбалансированность	Питательность	Компонент	

Рис. 14. Рецепт рациона с рассчитанным премиксом

По полученному рецепту премикса формируется задание на его производство.

Для увеличения ассортимента кормов в качестве растительных компонентов можно использовать рис, гречку, частичную замену крупы (до 20 % от массы) на морковь или тыкву.

Для оценки биологической ценности готовых кормов была исследована переваримость белков пищеварительными ферментами в опытах *in vitro*.

Показатели перевариваемости системой пищеварительных ферментов «пепсин-

трипсин» (*in vitro*) позволяют оценить скорость ферментативного гидролиза опытных образцов. Данные рис. 14 показывают, что наибольшая скорость гидролиза белков ферментами желудочно-кишечного тракта наблюдается в опытных образцах корма. При максимальной расчётной сбалансированности рациона его переваримость в среднем увеличивается в опытном образце на 9 % по сравнению с контрольным.

Изучение биобезопасности и биоактивности на культуре *Paramecia caudatum* выявило, что готовый корм в минимальном разведении (1:1000) был индифферентен по отношению к инфузориям. При изучении показателей плотности инокулята и индекса биологической активности выяснили, что инфузории в образцах реагировали активным размножением табл. 2.

Эффективность влажного мясорастительного корма для собак подтверждена результатами биологических исследований.

Т а б л и ц а 2

Биологическая активность корма на культуре *P. Caudatum*

Разведение	Биологическая безопасность	Плотность Инокулята (ПИ) <sup>2</sup>	Индекс биологической активности (ИБА) <sup>3</sup>
1:1000	ИН	1,0±0,1	0,96±0,1
1:10000	ИН	1,0±0,1	1,0±0,1
1:100000	ИН	1,1±0,1	1,0±0,1

Поедаемость корма определяется его вкусовыми качествами, потребностью организма в питательных веществах и предыдущим опытом. На первом этапе была изучена поедаемость разработанного корма в сравнении с контрольными образцами, реализуемыми в торговых сетях, различных классов (корм премиум класса и корм супер премиум класса).

Исследования показали, что предлагаемый корм собаки поедали, так же, как и корма премиум и супер премиум класса. Можно отметить, что разработанный корм не уступает кормам промышленного производства и может составить им конкуренцию.

Таким образом, моделирование рецептов премиксов одновременно с оптимизацией рационов с использованием различных программных комплексов в том числе системы

КОРАЛЛ – Кормление повышает экономическую эффективность как кормления животных, так и производства премиксов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лукьянов, Б.В. Новая информационная технология оптимизации рационов для сельскохозяйственных животных (Компьютерные программы «КОРАЛЛ»). [Текст]: учебно-методическое пособие / Б.В. Лукьянов, П.Б. Лукьянов. – М., 2009.
2. Лукьянов Б.В., Лукьянов П.Б. КОРАЛЛ - Комплексная оптимизация рационов, комбикормов, премиксов. – файл «рацион.doc», 2011
3. [www.korall-agro.ru](http://www.korall-agro.ru)