

## Определение устойчивого оптимального рациона кормления для производства экологически чистых яиц

*Н.В. Спешилова, д.э.н., профессор, М.А. Древина, соискатель, Оренбургский ГАУ; В.Н. Шепель, д.э.н., профессор, Оренбургский ГУ*

Птицеводство является одним из производств в сельском хозяйстве, призванным обеспечивать население диетическими и высококалорийными продуктами питания. В этой отрасли широко развиты процессы специализации, кооперации и интеграции. Пищевое значение имеют в основном куриные яйца, для производства которых целесообразно разведение кур яичного направления продуктивности. В мясном птицеводстве используют кур мясных пород, уток, индеек, гусей, реже цесарок и перепелов.

Оренбуржье, как крупный зернопроизводящий район, обладает хорошей кормовой базой и условиями для развития птицеводства. Производство мяса птицы и яиц осуществляется в основном индустриальными методами на птицефабриках и

в специализированных хозяйствах. География птицеводства практически не зависит от природных условий и тяготеет к потребителю, транспортным узлам и крупным населённым пунктам. Предприятия отрасли размещаются в Оренбургском, Гайском, Сорочинском и Соль-Илецком районах [1]. Поголовье птицы в Оренбургской области за период с 2008 г. по 2012 г. показано в таблице 1.

Как видно по таблице 1, динамика поголовья птицы с 2008 г. по 2011 г. шла на увеличение. Однако в 2012 г. произошло резкое снижение на 719 тыс. гол. по сравнению с 2011 г., что явилось следствием резкого увеличения стоимости кормов.

На рисунке приведена диаграмма изменения объёма производства яиц в Оренбургской области по данным [3] за период с 2008 г. по 2012 г.

Производство яиц в Оренбургской области возросло за последние 5 лет на 12,5% и составило в 2012 г. 1135,1 млн шт. По данным Госкомстата

1. Поголовье птицы в Оренбургской области (на 1 января; тыс. гол.) [2]

Показатель	Год				
	2008	2009	2010	2011	2012
Поголовье птицы в хозяйствах всех категорий	8339,4	8414,6	8545,0	8784,0	8065,0
В том числе в сельскохозяйственных организациях	5099,7	5126,4	5227,3	5565,8	5436,4
из него взрослой птицы	2087,8	2287,2	2241,5	2495,7	2585,7
в том числе кур и петухов	2026,6	2253,1	2202,5	2454,5	2538,2
гусей	32,0	26,1	25,5	23,4	25,4

[3], производство яйца увеличилось практически во всех территориях Оренбургской области. К апрелю 2013 г. рост объёмов производства яйца составил 4%.

Для успешного развития птицеводства большое значение имеет организация кормовой базы, поскольку от её состояния и организации во многом зависит здоровье и продуктивность птицы, себестоимость производимой продукции.

По сравнению с сегодняшними высокими ценами на белковое сырьё, синтетические компоненты L-Треонин, DL-Метионин, L-Триптофан достаточно доступны, что позволяет существенно снижать общие затраты на корм и увеличивать рентабельность. Современное интенсивное птицеводство использует синтетические фосфорные добавки. В мировой практике широко применяют моно-, ди-, трикальцийфосфат. DL-Метионин и трикальцийфосфат также используются при кормлении кур. Производители этих добавок утверждают, что в них минимальные концентрации тяжёлых металлов и вредных элементов, однако многие добавки, считающиеся безвредными или такими, чьё негативное воздействие на организм не установлено, являются в действительности весьма опасными. Они, например, распадаются на токсичные компоненты при температуре тела или под воздействием желудочного сока. Вред многих синтетических добавок проявляется при химических реакциях с другими продуктами питания [4].

В ряде стран существуют чёткие критерии, позволяющие отнести продукт к категории экологически чистых (органических) продуктов. Среди них отсутствие генетически модифицированных ингредиентов и ингредиентов, выращенных при использовании пестицидов, гербицидов, ядохимикатов и искусственных удобрений; искусственных консервантов, красителей, вкусовых и синтетических добавок. Кроме того, экологически чистые (органические) продукты обязаны иметь на упаковке специальные лицензионные символы. Поэтому в организации кормовой базы важную роль играет качество корма, который не содержит химических и синтетических добавок.

Рационы кормления должны удовлетворять потребность животных не только в питательных веществах (энергетическом, протеиновом, макро- и микроэлементном, аминокислотном и витаминном составе), но и иметь определённое соотношение различных групп и видов кормов, питательных веществ. Кроме того, они должны иметь минимальную себестоимость.

Таким образом, задача сводится к выполнению двух этапов:

- 1) нахождение оптимального рациона кормления для производства экологически чистых яиц;
  - 2) проведение анализа полученного решения.
- Первый этап осуществлялся на основе адап-

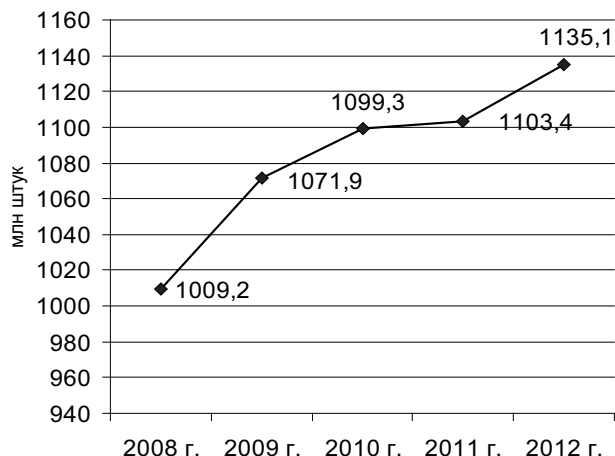


Рис. – Производство яиц (на конец года; млн шт.)

тации известной задачи о смесях [5] к оптимизации кормового рациона для кур-несушек 11–14 месяцев (по материалам ЗАО «Птицефабрика «Родина» Сорочинского района Оренбургской области), не содержащего каких-либо синтетических и химических добавок, который бы минимизировал затраты и отвечал требованиям по содержанию в нём питательных веществ, соотношению отдельных видов и групп кормов.

Ориентируясь на стандартный состав рациона кормления с учётом условий, сложившихся на предприятии, в состав переменных модели оптимизации не будем включать синтетические и химические компоненты, а также те компоненты, цена которых при их допустимой вариации мало влияет на изменения суммарных затрат. Кроме того, в целях уменьшения размерности задачи будем находить оптимальное решение минимизации себестоимости только по основным составляющим комбикорма. Сведения по содержанию в кормах питательных веществ и обменной энергии в соответствии со справочными данными [2] приведены в таблице 2.

Кроме того, в состав рациона должен входить премикс. Нормы кормления кур-несушек 11–14 месяцев [6] приведены ниже в таблице 3.

Для выполнения поставленной задачи (с учётом отказа от химических добавок) предлагаем ввести в рацион овёс (который не применяется на предприятии), исходя из данных таблицы 2. Таким образом, определим следующий состав переменных:  $x_1$  – пшеница мягкая, кг;  $x_2$  – шрот подсолнечный, кг;  $x_3$  – мука мясокостная, кг;  $x_4$  – дрожжи кормовые, кг;  $x_5$  – премикс, кг;  $x_6$  – известняк, кг;  $x_7$  – овёс, кг;  $x_8$  – соль поваренная, кг. Тогда экономико-математическая модель будет выглядеть так.

I. Критерий оптимальности – минимальная стоимость кормового рациона:

$$Z = \sum_{j=1}^8 c_j x_j \rightarrow \min.$$

2. Содержание обменной энергии и питательных веществ в кормах для птицы, в 100 г

Корма	Обменная энергия, ккал	Сырой протеин, %	Фосфор, %	Кальций, %	Натрий, %
Пшеница мягкая	295	12,6	0,40	0,06	0,02
Шрот подсолнечный	267	38,8	0,91	0,32	0,08
Мука мясокостная	200	34,1	5,35	10,50	1,55
Дрожжи кормовые	275	42,3	1,40	1,03	0,16
Известняк	–	–	–	33,00	–
Овёс	295	12,0	0,25	0,11	0,03
Соль поваренная	–	–	–	–	37,20

3. Нормы содержания обменной энергии и питательных веществ в кормах для птицы, в 100 г

Вид птицы	Обменная энергия, ккал	Сырой протеин, %	Фосфор, %	Кальций, %	Натрий, %
Куры яичных кроссов	260	16,0	0,70	3,10	0,30

II. Система ограничений:  
по содержанию питательных веществ и обменной энергии:

$$\sum_{j=1}^8 a_{ij} x_j \geq b_i;$$

по содержанию кормов в рационе по максимально и минимально допустимым границам:  
 $x_j \geq Q'_j, x_j \leq Q''_j$ .

III. Условие неотрицательности переменных:  
 $x_j \geq 0$ ,

где  $c_j$  – цена за 1 кг корма, руб.

$a_{ij}$  – содержание обменной энергии и питательных веществ в 100 г корма;

$b_i$  – нормы содержания обменной энергии, сырого протеина, фосфора, кальция, натрия в кормах для птицы, в 100 г;

$Q'_j$  – минимально допустимая граница содержания кормов в рационе;

$Q''_j$  – максимально допустимая граница содержания кормов в рационе;

$i = 1, \dots, 5; j = 1, \dots, 8$ .

Для рассмотренной задачи оптимальное решение находилось посредством использования MS Excel. Расходы на кормовой рацион 8323 кур-несушек 11–14 месяцев составят  $Z = 4,5774$  руб. Данные по переменным представлены в таблице 6 (первый и второй столбцы).

На втором этапе осуществлялось исследование устойчивости модели оптимизации и определялись предельные значения переменных. Проведённый расчёт по устойчивости [7] интересен с точки зрения изменения коэффициентов целевой функции и объёма возможного использования ресурсов. Это связано со спецификой модели: ввиду обеспечения кормления согласно нормам все введённые переменные обязательно остаются в структуре задачи. Для достижения полученного минимального значения целевой

функции вариация же по ограничениям возможна (табл. 4).

По таблице видно, что наибольшее допустимое увеличение возможно по обменной энергии и сырому протеину (21269,32 г и 11273,73 г соответственно), а уменьшение – таких составляющих, как овёс и шрот подсолнечный (81 и 10 г соответственно). При минимизации целевой функции решение будет оптимальным в том случае, когда в системе ограничений объёмы ресурсов будут варьировать в допустимых пределах. Однако с изменением цены за 1 кг корма в сторону увеличения естественным будет стремление организации к достижению нижних границ полученных значений.

Исследование по пределам показало, как изменится стоимость кормового рациона, вошедшего в оптимальное решение, при сохранении его структуры, что представлено в таблице 5.

При нижнем пределе переменных результат целевой функции никаких изменений не претерпевает, чего нельзя сказать о верхнем: в частности, при увеличении объёмов овса затраты увеличатся на 3240 руб. и составят 7817 руб., а также при увеличении шрота подсолнечного вырастут на 550 руб.

Проведя анализ полученного результата решения экономико-математической модели, можно сделать вывод, что оптимальная стоимость предлагаемого кормового рациона выше фактической (табл. 6). Удорожание произошло за счёт исключения из него различных синтетических добавок и добавления овса. В таблице 6 приведены данные фактической стоимости рациона только по части включённых в исследование параметров с целью сравнимости с рассчитанным вариантом.

Несмотря на то что расчётный рацион дороже фактического, его использование целесообразно в связи с востребованностью экологически чи-

4. Отчёт по устойчивости модели оптимизации кормового рациона

Показатель	Результативное значение	Допустимое увеличение	Допустимое уменьшение
Обменная энергия	215,2032	212,6932	0
Сырой протеин	112,903	112,7373	0
Фосфор	0,8023	0,7982	0
Кальций	2,7272	2,6893	0
Натрий	0,2508	0,249	0
Пшеница мягкая	0,6	0	0,05
Шрот подсолнечный	0,1	0	0,1
Мука мясокостная	0,04	0	0,03
Дрожжи кормовые	0,03	0	0,04
Премикс	0,005	0	0,005
Известняк молотый	0,06	0	0,04
Овёс	0,09	0	0,81
Соль поваренная	0,0002	0	0,0001

5. Отчёт по пределам модели оптимизации кормового рациона

Переменная	Значение переменной	Изменение пределов значений переменных и результата целевой функции			
		нижний предел значения переменной	результат целевой функции при нижнем пределе	верхний предел значения переменной	результат целевой функции при верхнем пределе
$x_1$	0,6	0,6	4,5774	0,65	4,8274
$x_2$	0,1	0,1	4,5774	0,2	5,1274
$x_3$	0,04	0,04	4,5774	0,07	4,7124
$x_4$	0,03	0,03	4,5774	0,07	4,8494
$x_5$	0,005	0,005	4,5774	0,01	4,8299
$x_6$	0,06	0,06	4,5774	0,1	4,5974
$x_7$	0,09	0,09	4,5774	0,9	7,8174
$x_8$	0,0002	0,0002	4,5774	0,0003	4,57785

6. Сравнение фактического и расчётного вариантов

Показатель	Фактический вариант	Расчётный вариант	
		показатель	разница с фактическим уровнем, руб.
Затраты на корм в расчёте на курицу-несушку 11–14 мес., руб. в день	0,53	0,55	0,02
Затраты на 1 т корма, руб.	4452	4577	125

стых (органических) продуктов питания. Содержание питательных веществ в расчётном рационе соответствует нормам, при этом дополнительные химические добавки не применяются.

С учётом вышесказанного при введении расчётного кормового рациона в качестве эксперимента для 10000 кур-несушек 11–14 месяцев затраты на корма за квартал увеличатся на 18 тыс. руб. Однако если птицефабрика отметит свою продукцию знаком экологического качества и коэффициента экологической чистоты, то прибыль увеличится на 10–15% [8]. Следовательно, затраты будут компенсированы и предприятие получит даже большую прибыль.

В случае увеличения оптовой цены перекупщики также будут повышать цены на свои товары. В результате яйцо до населения будет доходить с некоторой надбавкой цены, однако данная продукция будет востребована. Потребителями яйца с маркировкой «Экологически чистый продукт» могут быть 25,9% населения [8]. Среди них семьи, имеющие детей от 1 года до 14 лет с доходом выше среднего. Тогда, по нашим расчётам, с целью гарантированной реализации предприятию выгодно около 1/5 части выпускаемой продукции проводить под маркой «Экологически чистый продукт». При организации пропаганды здорового питания

объёмы такого вида продукции могут быть увеличены, а значит, и прибыль предприятия будет возрастать.

Таким образом, нами сформулирована задача оптимизации кормового рациона птицы для производства экологически чистого яйца. Найдено решение, минимизирующее затраты, а также проведён его анализ по устойчивости, пределам изменения компонентов рациона. Обоснован вывод о целесообразности выпуска данного вида продукции. Перспективным является определение оптимальной доли экологически чистого яйца в общем объёме производства.

### Литература

1. Оренбургская область: природа, промышленность, достопримечательности... URL: <http://www.orenobl.ru/>
2. Сельское хозяйство, охота и лесоводство Оренбургской области. 2012: стат. сб. / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. Оренбург, 2012. 154 с.
3. Оренбургстат, Федеральная служба государственной статистики... URL: <http://orenstat.gks.ru/>
4. Харчук Ю. Справочник современного фермера. Птицеводство, животноводство, коневодство. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 163 с.
5. Бронштейн И.Н., Семедяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. М.: Наука, 1981. 720 с.
6. Калашников А.П., Клейменов Н.И., Баканов В.Н. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
7. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. СПб.: ВНУ – Санкт-Петербург, 1997. 384 с.
8. Учебно-научно-технический комплекс сертификации и проблем качества. URL: <http://certificatefe.ru/>